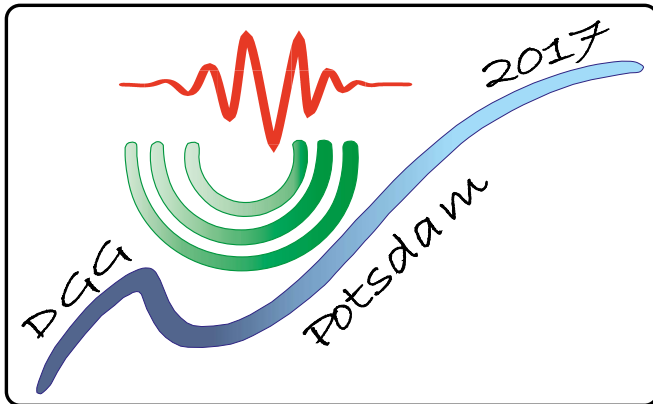




**77. Jahrestagung der
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft
27.–30. März 2017 in Potsdam**



ISSN 0344-7251

DOI: <http://doi.org/10.2312/dgg77>

Deutsche Nationalbibliothek

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

Redaktion: Helmholtzzentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum,
Telegrafenberg 1, 14473 Potsdam

Druck: bud - brandenburgische universitätsdruckerei
und verlagsgesellschaft potsdam mbh

Herzlich Willkommen

zur 77. Jahrestagung

der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft

in Potsdam!

2016 und 2017 feiern die Universität Potsdam und das GFZ, die beiden Ausrichter der Tagung, ihr 25-jähriges Bestehen – ein guter Anlass, unsere Jahrestagung in Potsdam abzuhalten.

Auf der DGG-Tagung 2017 werden wir, einer modernen Tradition folgend, Schwerpunktthemen und prominente Vortragende haben, welche die geophysikalischen Forschungsaktivitäten am Standort Potsdam widerspiegeln.

Im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung wird ein „Company Slam“ stattfinden, bei dem die auf der Tagung vertretenen Firmen die Möglichkeit haben, ihre Aktivitäten kurz vorzustellen. Die Firmenausstellung wird anschließend eröffnet.

Wir hoffen, viele jüngere Kolleginnen und Kollegen auf der DGG-Tagung begrüßen zu können, insbesondere, da wir Aktivitäten wie „Meet & Greet“ für Nachwuchswissenschaftlerinnen fortführen und erstmalig ein „Lunchseminar Karriereperspektiven“ zu unserem Programm hinzugefügt haben.

Das Programm wird weiterhin durch einen öffentlichen Abendvortrag und das Kolloquium „Angewandte Geophysik“ ergänzt.

Wir hoffen, Sie zahlreich in Potsdam auf der DGG-Tagung 2017 begrüßen zu dürfen!

Michael Weber
Charlotte Krawczyk
Jens Tronicke
Anke Lerch
und das Tagungsteam

NEXUS: Earth Surface Dynamics

a research initiative by Potsdam University

Bodo.Bookhagen@uni-potsdam.de

www.uni-potsdam.de/nexus



Combined excellence in research

NEXUS will connect research in the geological, biological, and climate sciences with data sciences and complex network analysis. The research focus will be on the transient periods following rapid transitions in the Earth's Systems triggered either by large-magnitude impulses or gradual forcing mechanisms leading to tipping points.

Introducing the concept of abrupt transitions

In NEXUS, we will focus on the coupling and feedbacks of the Earth Surface and Ecological systems in the terrestrial realm. The transient periods are key to understanding the rapidly changing environmental conditions of the past, present, and future.

Expanding the focus

In order to capture the full dynamic range of spatiotemporal scales of the Earth Surface and Ecological systems, NEXUS will combine research on environmental and geological archives with the growing number of environmental sensor data to quantify processes shaping the Earth's surface



Mathematisch-
Naturwissenschaftliche Fakultät

Inhaltsverzeichnis

Tagungsorganisation

Veranstalter/ Ausrichter/ Tagungsbüro	9
Organisationsteam	11

Mitgliederversammlung DGG

Einladung/ Tagesordnung	13
-------------------------------	----

Sponsoren und Firmenaussteller

15

Allgemeine Hinweise

Tagungsgebühren und Anmeldefristen	17
Hinweise zu Vorträgen und Postern	17
Hörsäle und Sitzungsräume	19
Internetzugang	19

Übersicht Tagungsprogramm

19

Wissenschaftliches Tagungsprogramm

Schwerpunktthemen	22
Plenarvorträge	22
DGG-Kolloquium	25

Rahmenprogramm

Begrüßungsabend	25
Eröffnungsveranstaltung	25
Firmenausstellung	25
Studentischer Abend	27
Meet & Greet	27
Gesellschaftsabend	27
Führung Telegrafenberg	27
Lunchseminar Karriereperspektiven	27
Öffentlicher Abendvortrag	29
Lunch´n´Learn	29
Abschlussveranstaltung mit Preisverleihung	29

EAGE-DGG Workshop

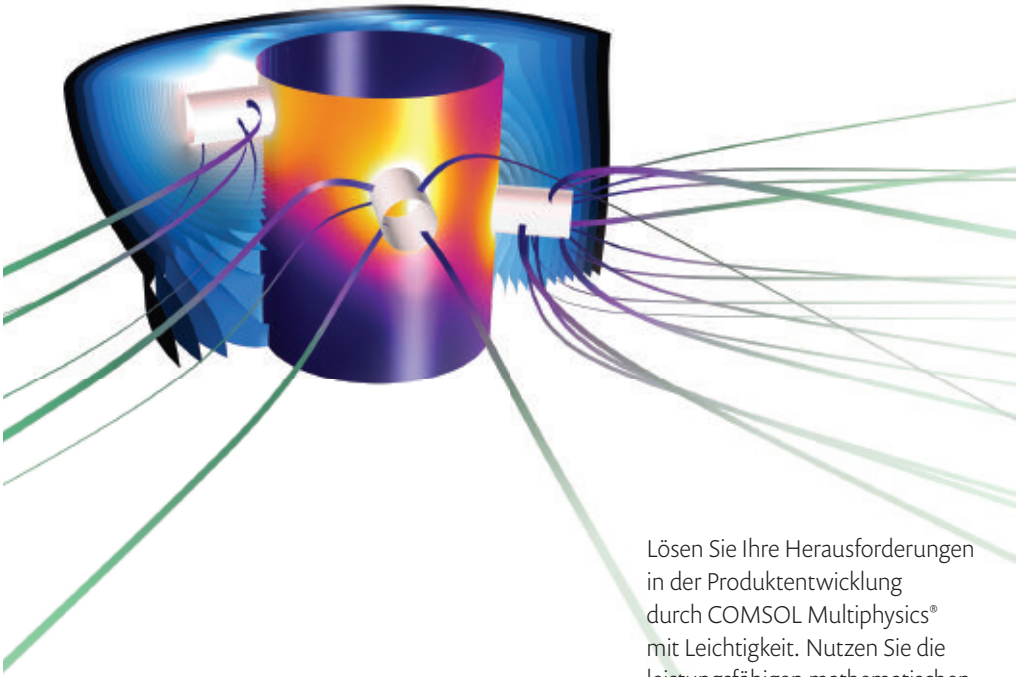
29

Weitere Sitzungstermine

29

Sessions (thematische Übersicht)

31



Lösen Sie Ihre Herausforderungen in der Produktentwicklung durch COMSOL Multiphysics® mit Leichtigkeit. Nutzen Sie die leistungsfähigen mathematischen Modellierungswerkzeuge und Löser-Technologien für die Erstellung genauer und verständlicher Simulationen.

TESTEN UND OPTIMIEREN SIE IHRE PRODUKTE

mit COMSOL Multiphysics®

Die Entwicklung der numerischen Simulation physikbasierter Systeme hat den nächsten Meilenstein erreicht.

Entwickeln Sie aus diesen benutzerdefinierte Apps mit dem Application Builder und stellen Sie Ihren Kollegen und Kunden weltweit die Möglichkeiten der Simulation auf Ihrer COMSOL Server™ -Installation bereit.

Profitieren Sie schon heute von den Möglichkeiten der Multiphysik-Simulation
[comsol.de/products](https://www.comsol.de/products)

Übersicht Programm, Vorträge und Poster

Sonntag/Montag, 26./27. März 2017	34
Dienstag, 28. März 2017	49
Mittwoch, 29. März 2017	61
Donnerstag, 30. März 2017	83

Abstracts

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik .	92
S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche	93
S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik	94
S4 Globale Beobachtungen und Modellierung	95
AG Archäogeophysik	96
BL Bohrlochgeophysik	97
DL Didaktik/ Lehre	101
EM Elektromagnetik/ Georadar	102
EP Extraterrestrische Physik	107
GD Geodynamik	112
GE Geoelektrik/IP	119
GF Geodäsie/Fernerkundung	130
GO Geophysik in der Öffentlichkeit	132
GR Gravimetrie	133
GS Geschichte der Geophysik	134
GT Geothermie/Radiometrie	135
MA Magnetik/Erdmagnetismus	138
MG Marine Geophysik	140
S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik	148
S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche	158
S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik	175
S4 Globale Beobachtungen und Modellierung	188
SM Seismik	197
SO Seismologie	207
UI Umwelt- und Ingenieurgeophysik	237
A1 Poster	242
B1 Poster	312

Sie suchen die sichersten C-14 Datierungen? - Vertrauen Sie auf unsere Expertise!



- ✓ Detaillierte technische Beratung
- ✓ Hervorragender Kundenservice
- ✓ Ergebnisbericht in 3 - 14 Tagen
- ✓ ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert

www.radiocarbon.com



RADIOCARBON DATING

Consistent accuracy
Delivered on time

Tagungsorganisation der 77. Jahrestagung der DGG

<http://dgg2017.dgg-tagung.de>

Veranstalter

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.

Geschäftsstelle: Deutsches GeoForschungsZentrum – GFZ

Telegrafenberg

14473 Potsdam

Telefon: +49 (0)331 288 1206

E-Mail: birger-gottfried.luehr@gfz-potsdam.de

Internet: <http://www.dgg-online.de>

Ausrichter

Universität Potsdam

Am Neuen Palais 10

14469 Potsdam

www.geo.uni-potsdam.de

Helmholtz-Zentrum Potsdam

Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)

Telegrafenberg

14473 Potsdam

www.gfz-potsdam.de

Eventmanagement

witago - Agentur für Kongress- und Eventmanagement

Kerstin Biegemann

Quintschlag 37, 28207 Bremen

Telefon/Büro: +49 (0)421 48 543 526

Telefon/vor Ort: +49 (0)176 2073 6349

E-Mail: dgg2017@witago.com

Internet: www.witago.com

Das Deutsche GeoForschungsZentrum GFZ

Als nationales Forschungszentrum für Geowissenschaften erforschen wir weltweit das „System Erde“ mit seinen geologischen, physikalischen, chemischen und biologischen Prozessen – vom Erdkern bis zum Weltall.

Das Ziel unserer fachübergreifenden Forschung ist es, diese Vorgänge in allen Größenordnungen zu verstehen, also unabhängig davon, ob sie sich auf der Skala von Atomen und Molekülen oder der von Planeten abspielen, egal ob sie rasend schnell in Nanosekunden oder unendlich langsam in Milliarden von Jahren geschehen. Dabei untersuchen wir nicht nur die Vorgänge im Inneren des Planeten selbst, sondern studieren auch die vielfältigen Wechselwirkungen, die es zwischen der festen Erde, der belebten Welt, der Hydrosphäre, der Lufthülle und dem Weltall gibt. Wir analysieren aber auch, wie der Mensch in seinem Lebensraum an der Erdoberfläche auf unseren Planeten einwirkt: also das „System Erde“ unter dem Einfluss des Menschen.



HELMHOLTZ-ZENTRUM POTSDAM
Deutsches GeoForschungsZentrum
GFZ

Telegrafenberg · 14473 Potsdam
Telefon: +49 (0)331 288-1040
E-Mail: presse@gfz-potsdam.de

www.gfz-potsdam.de

Zahlen und Fakten

Gründungsjahr:

1992

Beschäftigte:

1282, davon

505 Wissenschaftler/innen
(darunter 148 Gäste) und

229 Doktorand/innen

Jahresetat 2017:

73 Mio. € Haushalt

37 Mio. € Drittmittel

110 Mio € gesamt

Gemeinsame

Berufungen: 33

(alle Angaben, Stand: Herbst 2016)

Lokales Organisationsteam/Kontakte

Tagungsleitung

Michael Weber	mhw@gfz-potsdam.de
Jens Tronicke	jens.tronicke@geo.uni-potsdam.de
Charlotte Krawczyk	charlotte.krawczyk@gfz-potsdam.de
Anke Lerch	lerch@gfz-potsdam.de

Wissenschaftliches Programm

Torsten Dahm	torsten.dahm@gfz-potsdam.de
Jens Tronicke	jens.tronicke@geo.uni-potsdam.de

Firmenausstellung

Christian Haberland	haber@gfz-potsdam.de
Daniel Vollmer	Daniel.Vollmer@geo.uni-potsdam.de

Posterausstellung

Matthias Ohrnberger	matthias.ohrnberger@geo.uni-potsdam.de
Thomas Walter	thomas.walter@gfz-potsdam.de

Tagungsband

Frederik Tilmann	tilmann@gfz-potsdam.de
Frank Krüger	kruegerf@geo.uni-potsdam.de

Sponsoring

Alexander Rudloff	rudloff@gfz-potsdam.de
-------------------	------------------------

Raumplanung/ Catering

Tanja Klaka-Tauscher	klaka-tauscher@geo.uni-potsdam.de
Martina Heidemann	heidemann@geo.uni-potsdam.de
Anke Lerch	lerch@gfz-potsdam.de

Outstanding performance. Outstandingly easy installation.

IGM brings you what's new and exciting from Nanometrics, the world's leader in broadband, direct-bury instrumentation

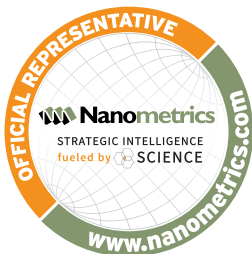
Trillium 360 | The world's highest performing broadband seismometer, available in three form factors. The Trillium 360 meets GSN operational requirements and gives you full bandwidth coverage for global seismology and teleseismic monitoring with a single instrument.



◀ **Trillium Cascadia** | This dual-use, ultra-wide dynamic range sensor measures both strong and weak motion, with absolutely no compromise in performance. The Trillium Cascadia combines the Trillium Compact, the world's most popular broadband seismometer, with the Titan, the best class-A accelerometer in the world.

Like integration? Ask us about the Meridian, which combines the sensor and digitizer in a single instrument.

Ingenieurgesellschaft für
Geophysikalische Messtechnik mbH



Beratung | Service | Vertrieb

Untere St.-Leonhard-Str. 16 | 88662 Überlingen
Tel: +49 - 75 51 - 40 77 | info@igm-geophysik.de
www.igm-geophysik.de

Einladung zur Mitgliederversammlung der DGG

B.-G. Lühr, Geschäftsführer, <ase@gfz-potsdam.de>

Im Namen des Vorstandes der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) lade ich alle Mitglieder der DGG zur Mitgliederversammlung ein, die im Rahmen unserer 77. Jahrestagung 2017 am

Mittwoch, 29. März 2017 in der Zeit von 17:00 bis 19:00 Uhr

im Haus 6, Hörsaal H05 der Universität Potsdam, Campus III, stattfinden wird. Um zahlreiches Erscheinen wird gebeten.

Tagesordnung:

- TOP 1: Begrüßung, Feststellung der fristgerechten Einberufung und der Beschlussfähigkeit
- TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung
- TOP 3: Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung am 15. März 2016 in Münster
- TOP 4: Bericht des Präsidenten
- TOP 5: Bericht des Geschäftsführers
- TOP 6: Bericht des Schatzmeisters
- TOP 7: Bericht der Kassenprüfer und Entlastung des Schatzmeisters
- TOP 8: Bericht des deutschen Herausgebers des *Geophysical Journal International*
- TOP 9: Bericht der Redaktion der DGG-Mitteilungen / GMit
- TOP 10: Kurzberichte der Leiter/innen / Sprecher/innen der DGG-Komitees und Arbeitskreise. *Komitees*: Publikationen, Öffentlichkeitsarbeit, Internet, Jahrestagungen, Ehrungen, Firmen, Mitglieder, Studierende, Studienfragen, Kooperationen. *Arbeitskreise*: Angewandte Geophysik, Elektromagnetische Tiefenforschung, Dynamik des Erdinneren, Hydro- und Ingenieur-Geophysik, Seismik, Induzierte Polarisation, Geothermie, Vulkanologie, Geschichte der Geophysik
- TOP 11: Neues aus dem Dachverband Gesellschaften der Festen Erde, DVGeo
- TOP 12: Aussprache
- TOP 13: Entlastung des Vorstandes
- TOP 14: Wahlen (designierte(r) Präsident/in, Geschäftsführer/in, Beisitzer/in)
- TOP 15: Protokollarische Feststellung des neuen Vorstandes
- TOP 16: Wahl der Kassenprüfer/innen
- TOP 17: Info zur Rechtslage der Retrodigitalisierung geophysikalischer Zeitschriften mit dem Springer-Verlag + Votum der Mitgliederversammlung
- TOP 18: Anträge und Beschlüsse
- TOP 19: Verschiedenes

ANREGUNG, AUFZEICHNUNG UND ÜBERTRAGUNG SEISMISCHER DATEN - ALLES AUS EINER HAND!

GEMEINSAM IN DIE ZUKUNFT!

Omnirecs UG und DIGOS Potsdam GmbH bündeln Ihre Expertise und Ihre sich ergänzenden Kompetenzen, um auf einer verbreiterten Basis optimal auf die zunehmenden Kundenwünsche eingehen zu können. Mit diesem sorgfältig geplanten Schritt garantieren wir auch in Zukunft eine gleichbleibend hohe Produktqualität und aufgrund von Synergieeffekten wird ein erweitertes Leistungsspektrum im Bereich geodätischer Observationssysteme ermöglicht. Diese Zusammenführung wird im 1. Halbjahr 2017 unter dem Dach von DIGOS erfolgen.

Wir freuen uns auch zukünftig auf eine langfristige und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit unseren Kunden.



DATA-CUBE 3



CC-CUBE



SDD-6800



Bisher wurden mehr als 1000 DATA-CUBE* durch die Fa. Omnirecs in über 20 Länder weltweit geliefert. Dabei wurden sehr weit gefächerte Kundenwünsche berücksichtigt. Durch die Fusion wird DIGOS künftig noch besser in der Lage sein, maßgeschneiderte Lösungen anzubieten: Ganz gleich, ob für kurzfristige seismische Messkampagnen oder integriert als Netzwerk auch mit anderen Sensorsystemen.

Sprechen Sie mit uns über Ihre geplante Anwendung! Wir unterstützen Sie gern.



DIGOS Potsdam GmbH
Phone +49 331 288 11 33
Info@digos.de



* Mobile P-Wellenquelle Einringtiefe: 1500 m / Energie pro Impuls: 8000 Nm / Fallgewicht: 340 kg aus 2 m Höhe / Impulse pro Tag: bis zu 600 / Transport: Anhänger für P/W / LKW (Ankappbar/Faltarm) Passt in Standard Seefracht-Container

Sponsoren und Firmenaussteller

Wir bedanken uns bei Ihnen!

Advanced Geoscience Europe S.L.

Alberding GmbH

Allied Associates Geophysical GmbH (SILBER)

BDG – Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e.V.

B.E.S.T. – Transient Technologies

Beta Analytic Limited

CDM Smith Consult GmbH

Comsol GmbH (SILBER)

DEA Deutsche Erdöl AG (BRONZE)

Deutsches GeoForschungsZentrum (GOLD)

DIGOS Potsdam GmbH (BRONZE)

DMT GmbH & Co. KG

European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE)

E. Schweizerbart´sche Verlagsbuchhandlung

Geosym GmbH

Geotomographie GmbH

GGL GmbH

Gravity Consult GmbH

IGM GmbH & Nanometrics (GOLD)

Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG

Lennartz Electronic GmbH

NTK "Diogen"

Omnirecs UG (BRONZE)

SEG–Society of Exploration Geophysicists

Sensors & Software Europe

Seismic Solutions

Sonicon

SENSYS–Sensorik und Systemtechnologie GmbH

tegeo–Tegtmeyer Geophysik GmbH (SILBER)

Universität Potsdam (GOLD)

pulseEKKO PRO

Come to our booth to see the new features that make GPR surveys faster and easier



Touchscreen • GPS • Wi-Fi • Bluetooth • USB • Depth Slicing

Allgemeine Hinweise

Tagungsgebühren & Anmeldefristen

	Early Bird (bis 13.01.2017)	Pre-Registration (bis 17.02.2017)	Late & On-Site (ab 18.02.2017)
DGG-Mitglied, normal	130 €	160 €	210 €
DGG-Mitglied, Junior/innen*	20 €	40 €	70 €
Nichtmitglieder, normal	170 €	200 €	250 €
Nichtmitglieder, Junior/innen*	35 €	55 €	85 €
Senior / Schullehrer/innen*	70 €	80 €	130 €
Gesellschaftsabend Nicht-Junioren/innen Junioren* Begleitpersonen	35 € 25 € 60 €	35 € 25 € 60 €	35 € 25 € 60 €
Tageskarte	–	–	150 €

*Junioren/innen sind am 27.03.2017 jünger als 30 Jahre und Senioren/innen älter als 65 Jahre. Der Beitrag für Schullehrer/innen gilt nur für Lehrkräfte an Schulen, jedoch nicht von Hochschulen.

Antrag auf Zuschüsse für Studierende bis:16.12.2016

Vorträge, Poster, Abstracts - Anmeldeschluss:13.01.2017

Besprechungsräume durch Arbeitskreise - Anmeldeschluss:06.02.2017

Hinweise zu Vorträgen und Postern

Poster

Für die Poster werden Stellwände im A0 Portrait-Format bereitgestellt. Pro Poster steht eine Posterstellwand zur Verfügung. Befestigungsmaterial wird vor Ort zur Verfügung gestellt.

Es wird zwei große Posterblöcke (A und B) während der Tagung geben, so dass jedes Poster zwei Tage präsentiert werden kann. Die Poster der Gruppe A (Kennung *.A-*) können bereits ab Montagvormittag aufgehängt werden und werden direkt am Dienstag nach dem letzten Zeitblock von einem der Autoren abgehängt. Die Poster der Gruppe B (Kennung *.B-*) können ab Mittwochmorgen aufgehängt werden und

TEGTMAYER GEOPHYSIK CMRTH BOHRLOCHMESSUNGEN

www.tegeo.de • Tel: +49 (0) 5141-83061 • Celle/Germany

TE GEO



▶ ERFAHRUNG

▶ FACHWISSEN

▶ MOBILITÄT

FASZINIEREND TIEFGRÜNDIG



werden am Donnerstagnachmittag vor der Abschlussveranstaltung von einem der Autoren abgehängt.

Die Anwesenheit eines Autors wird in den folgenden Zeitblöcken erwartet:

- Gruppe A: A1 (Mo, 27.3., 15:00–16:00)
- A2 (Di, 28.3., 10:30–11:30)
- A3 (Di, 28.3., 16:00–17:00)
- Gruppe B: B1 (Mi, 29.3., 10:30–11:30)
- B2 (Mi, 29.3., 16:00–17:00)
- B3 (Do, 30.3., 10:30–11:30)

Vorträge

Die Vortragszeit beträgt 15 Minuten einschließlich drei Minuten für die Diskussion. Um eine optimale Präsentationsqualität zu gewährleisten, sind die Powerpoint bzw. pdf-Dateien im 4:3 Format vorzubereiten. In den Hörsälen steht Vortragstechnik mit Laptops bereit, auf welche die Dateien rechtzeitig (d.h. am Morgen vor Beginn der ersten Veranstaltung) aufgespielt werden müssen. Mitgebrachte Laptops können nicht angeschlossen werden.

Internetzugang

Im Tagungsgebäude ist WLAN verfügbar. Bei der Registrierung vor Ort werden die Zugangsdaten ausgegeben, die für die Zeit der Tagung gültig sind. Alternativ kann das eduroam Netzwerk genutzt werden. Es werden keine PCs für den Internetzugang zur Verfügung gestellt.

Übersicht Tagungsprogramm

Sonntag, 26. März 2017

ab 19:00 Uhr: Begrüßungsabend und Tagungsunterlagen für angemeldete Teilnehmer

Montag, 27. März 2017

09:00 – 10:00 Uhr: Registrierung

10:00–11:00 Uhr: Vorträge

11:00–11:30 Uhr: Kaffeepause

11:30–13:00 Uhr: Vorträge

13:00–14:00 Uhr: Mittagspause

14:00–15:00 Uhr: Plenarvortrag Heidrun Kopp

15:00–16:00 Uhr: Posterausstellung A1 + Kaffee

16:00–17:45 Uhr: Eröffnungsveranstaltung anschließend
Eröffnung der Firmenausstellung

ab 19:30 Uhr: studentischer Abend

SUMMIT X One

Unique Flexibility for Seismic Experts



The SUMMIT X One represents the latest generation of DMT's long-standing SUMMIT product line of field seismographs.

Ultra small remote units linking to a lightweight SUMMIT line cable via the new optimized SUMMIT SNAP-ON technology result in the world's most flexible wired seismic data acquisition system.

System benefits:

- For 2D/3D seismic surveys
- Most flexible field deployment
- Fully scalable system
- Highest productivity
- Option for continuous recording
- Only one battery per line segment of 330 m length

Dienstag, 28. März 2017

- 08:00–09:30 Uhr: Meet&Greet**
09:30–10:30 Uhr: Vorträge
10:30–11:30 Uhr: Posterausstellung A2 + Kaffee
11:30–13:00 Uhr: Vorträge
13:00–14:00 Uhr: Mittagspause/ **Firmenvorführungen**
14:00–15:00 Uhr: Plenarvortrag Warner Marzocchi
15:00–16:00 Uhr: Vorträge
16:00–17:00 Uhr: Posterausstellung A3 + Kaffee
17:00–18:00 Uhr: Vorträge
- ab 19:00 Uhr: Gesellschaftsabend**

Mittwoch, 29. März 2017

- 09:00–10:30 Uhr: Vorträge
10:30–11:30 Uhr: Posterausstellung B1 + Kaffee
11:30–13:00 Uhr: Vorträge
13:00–14:00 Uhr: Mittagspause/ **Lunchseminar**
14:00–15:00 Uhr: Plenarvortrag Stéphane Garambois
15:00–16:00 Uhr: Vorträge
16:00–17:00 Uhr: Posterausstellung B2 + Kaffee
17:00–19:00 Uhr: Mitgliederversammlung
- 20:00–21:00 Uhr: Öffentlicher Abendvortrag Thomas Braun**
- 09:00–13:00 Uhr: DGG Kolloquium "Angewandte Geophysik"**
(parallel zu regulärem Programm)
- 10:00–11:00 Uhr: Führung auf dem historischen Telegrafenberg**
(deutsch/englisch)

Donnerstag, 30. März 2017

- 09:00–10:30 Uhr: Vorträge
10:30–11:30 Uhr: Posterausstellung B3 + Kaffee
11:30–13:00 Uhr: Vorträge
13:00–14:00 Uhr: Mittagspause/ **Lunch'n'Learn**
14:00–15:00 Uhr: Plenarvortrag Paul Tackley
15:00–16:00 Uhr: Abschlussveranstaltung mit Preisverleihung

Wissenschaftliches Tagungsprogramm

Schwerpunktthemen und Plenarvorträge

Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik (S1)

T. Dahm, F. Krüger, F. Tilmann (alle Potsdam), M. Jegen (Kiel)

Unser Verständnis der inneren Erde und ihrer geophysikalischen Prozesse wurde häufig durch die Entwicklung neuer Methoden und Sensoren vorangetrieben. So haben die Entwicklungen in der marinen Geophysik ganz entscheidend zur Formulierung der Plattentektonik beigetragen. Die Einführung der modernen Breitbandseismologie stellte eine Revolution in unseren Möglichkeiten dar, die dreidimensionale Struktur im Erdinneren aufzulösen und die Komplexität der Bruchprozesse von großen Erdbeben zu beobachten. Die Entwicklung der seismischen Interferometrie ermöglicht es uns, kleinste Änderungen der elastischen Eigenschaften der Erde zu vermessen und neue Beobachtungsgeometrien zu realisieren. Insbesondere im letzten Jahrzehnt haben die Entwicklungen in der Mikroelektronik eine Miniaturisierung der Sensorik vorangetrieben, die ganz neue Beobachtungskonzepte erlaubt. Neue methodische Ansätze wurden auch in anderen Feldern entwickelt, zum Beispiel im Bereich Machine-Learning in der Mathematik und Informatik, wobei das Potenzial dieser Innovationen bisher in der Geophysik nur teilweise erkannt oder genutzt wird.

Daher soll das erste Schwerpunktthema Beiträge zu neuen instrumentellen und methodischen Entwicklungen aus allen Gebieten der Geophysik zusammenbringen, aber es sind insbesondere auch Beiträge zu geophysikalischen Anwendungen von Methoden und Technologien erwünscht, die ursprünglich in anderen Feldern entwickelt wurden. Die Präsentationen sollen Diskussionen und Austausch zwischen Entwicklern und Anwendern fördern und die Planung von methodisch innovativen Feldmessungen anregen.

Plenarvortrag: Heidrun Kopp (GEOMAR): Seafloor geodesy:

Monitoring offshore crustal deformation at mm-scales (Montag, 14:00 Uhr)

Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche (S2)

F. Cotton, E. Rivalta, Th. Walter, N. Hovius (alle Potsdam)

Sowohl die Anzahl der Gefährdungsereignisse, die durch geologische, hydrologische und meteorologische Extreme hervorgerufen wurden, als auch die Schwere ihrer Auswirkungen sind in den letzten Jahrzehnten dramatisch gestiegen. Die rasche Abfolge oder das gleichzeitige Auftreten solcher Ereignisse belastet die Bevölkerung durch signifikante Schäden. Die wissenschaftliche Gemeinschaft hat darauf mit einer Reihe von Denkansätzen reagiert, die darauf abzielen, die individuellen Gefährdungen und ihre Entstehung zu beobachten, deren Ursachen und Ausbreitung zu modellieren und deren Entwicklung zu prognostizieren. Die Methoden reichen von Feldeinsätzen bis zur Fernerkundung, von Bohrloch- und Bodenstationen bis zu unbemannten fliegenden Plattformen (UAV) und anderen raumbasierten Verfahren und werden genutzt für die Einschätzung und das Verständnis natürlicher Gefährdungen und ihrer Konsequenzen. Dieses Schwerpunktthema lädt zu Beiträgen ein, die Fortschritte in unserem Verständnis der natürlichen Gefährdung auf der Grundlage von neuen Daten, Methoden und Modellen diskutieren, offene Fragen definieren und Visionen über zukünftige Beobachtungsstrategien aufzeigen. Die Themenbereiche umfassen Erdbebengefähr-

dung, Gefährdung durch Vulkane oder Erdbeben, und andere von der festen Erde ausgehende Naturgefahren, ob natürlich oder menschengemacht, wie zum Beispiel in der induzierten Seismizität. Beiträge zur Verbesserung und Demonstration von allgemeinen Analysetechniken und ihrer Anwendung auf Modelle und deren Unsicherheiten sind ebenfalls willkommen. Sie gehören von Natur aus zu dieser Thematik, da wir das zukünftige Auftreten von seltenen komplexen Phänomenen betrachten, worüber wir nur wenig wissen und Daten fehlen. Beiträge, die sich mit extremen Ereignissen und der Evaluierung und Kommunikation der Unsicherheit von Gefährdung und Risiko beschäftigen, sind ebenfalls erwünscht.

Plenarvortrag: Warner Marzocchi (INGV Roma): Forecasting seismic and volcanic hazards: scientific challenges and practical implications (Dienstag, 14:00 Uhr)

Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik (S3)

J. Troncke, C. Krawczyk (Potsdam), W. Rabbel (Kiel), E. Lück (Potsdam)

Geophysikalische Methoden werden vermehrt zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes (Tiefen im Zehnermeterbereich) eingesetzt. Dieser Bereich beherbergt den Großteil unserer Infrastruktur und Ressourcen wie Wasser und mineralische Rohstoffe, dient aber gleichzeitig auch als Abfalldepot und ist besonders empfänglich für anthropogene Modifikationen.

Daneben ergeben sich aus Disziplinen wie der Archäologie, Geologie, Hydrologie und Bodenkunde eine Reihe wissenschaftlicher Fragestellungen. Insgesamt resultieren daraus diverse Anwendungen, in denen die Geophysik zur Strukturabbildung, zur Abschätzung wichtiger Materialeigenschaften und zur Beobachtung der interessierenden Prozesse eingesetzt wird. In diesem Schwerpunkt sind Fallstudien aus allen Anwendungsbereichen eingeladen, die den Stand der Technik, das Potenzial aber auch die Limitationen der Geophysik aufzeigen. Auch sind methodische Beiträge willkommen, die innovative Ansätze der Datenakquisition, Analyse und Interpretation präsentieren, was die Vorstellung neuer Instrumente, Modellierungs- und Inversionsansätze mit einschließt.

Plenarvortrag: Stéphane Garambois (Université Grenoble): Potential and limits of seismo-electromagnetic wave conversion for geophysical imaging (Mittwoch 14:00 Uhr)

Globale Beobachtungen und Modellierung (S4)

C. Stolle, S. Sobolev (Potsdam), Ch. Thomas (Münster)

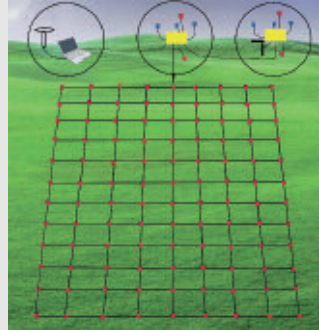
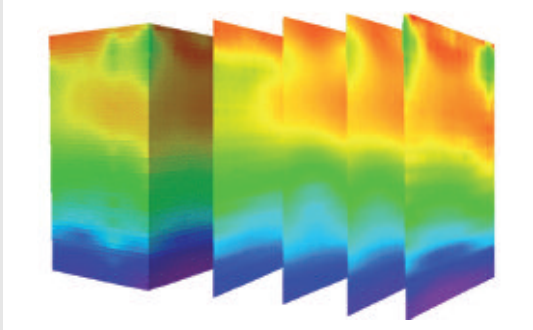
Unsere Erde ist ein stark gekoppeltes System, so dass die Erforschung der verschiedenen Bereiche (Erdkern und -mantel, Lithosphäre, Hydro- und Atmosphäre) grundlegend für unser Verständnis ihrer Wechselwirkungen ist. Durch neue Möglichkeiten in der globalen Vermessung verschiedener geophysikalischer Parameter mittels Bodenstationsnetzwerken oder Satellitenmissionen ist dieses Feld der Analyse in den Fokus der Geoforschung gerückt. Neue Datenquellen haben die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von regionaler und globaler physikalischer und empirischer Modellierung, aber auch der Datenassimilation deutlich verbessert. Beiträge von Arbeiten aus der Modellierung oder Datenanalyse auf mittleren und großen Skalen in einem der Bereiche oder deren Wechselwirkung sind besonders willkommen.

Plenarvortrag: Paul Tackley (ETH Zürich): Modeling the coupled long-term evolution of Earth's mantle-lithosphere-core system (Donnerstag 14:00 Uhr)

NEU



Geode EM3D Multi-Channel, Distributed Network CSAMT System



- 3-D CSAMT Tensor - Messungen
- skalierbar von 6 bis 240 Kanälen
- Sender-Entfernungen von mehr als 30 km



Minimus Kompakter 24-bit Digitizer



RADIAN Posthole and borehole



The ultra slim Radian can operate at any angle



WIR BIETEN:

Produkte für Seismik, Geoelektrik, Magnetik, Elektromagnetik, Magnetotellurik, Georadar, NMR, Cosmic Ray, Ultraschall, uvm. von den Herstellern Förster, Geometrics, GF Instruments, Geonics, Geosym, GSSI, Güralp, Hydroinnova, Oyo Geospace, Proceq und Vista Clara.

Allied Associates Geophysical GmbH, Geophysikalische Messgeräte
Butenwall 56, 46325 Borken, Deutschland, Tel. +49 (0) 2861 - 80 85 648
www.allied-germany.de

DGG-Kolloquium

Das 29. DGG-Kolloquium beschäftigt sich mit dem Thema „Neue Entwicklungen in der Angewandten Seismik“ und findet als Teil der Tagung parallel zu den anderen wissenschaftlichen Sitzungen statt. Das Kolloquium wird vom Arbeitskreis „Angewandte Geophysik“ organisiert.
Zur Abschätzung der Teilnehmerzahl wird bei Registrierung um eine Anmeldung zum Kolloquium gebeten. Dort gibt es auch die Möglichkeit, den Kolloquiumsband verbindlich zu bestellen.

Programm

09:00–09:30 Uhr: Thomas Forbriger (KIT, Karlsruhe): Oberflächenwellen - Nutzen und Tücken für die seismische Erkundung

09:30–10:00 Uhr: Daniel Köhn, Michaela Schwardt, Denise De Nil, Dennis Wilken, Wolfgang Rabbel (Uni Kiel):
SH-Wellenforminversion in der oberflächennahen Geophysik

10:00–10:30 Uhr: Wolfgang Schott (DMT, Essen): Flözwellenseismik

Pause

11:30–12:00 Uhr: Christoph Sens-Schönfelder (GFZ, Potsdam): Interferometrie seismischer Wellen - versteckte Signale in komplexen Wellenformen.

12:00–12:30 Uhr: Stefan Buske, Felix Hlousek, Olaf Hellwig (TU Freiberg): Prinzipien und Anwendungen fokussierender prestack Migrationsverfahren.

Rahmenprogramm

Sonntag, 26. März 2017

Begrüßungsabend

Der Begrüßungsabend findet am Sonntag, dem 26. März 2017 von 19:00–22:00 Uhr in der Schmiede 9 (Le Manège), Am Neuen Markt 9 a/b, 14467 Potsdam nahe Stadtzentrum statt. Registrierte Teilnehmer/innen, die sich für den Begrüßungsabend angemeldet haben, können dort ihre Tagungsunterlagen erhalten.

Montag, 27. März 2017

Eröffnungsveranstaltung

Die feierliche Eröffnungsveranstaltung findet am Montag, dem 27. März 2017, von 16:00–17:45 Uhr im Hörsaal 05 (Haus 6 Campus Griebnitzsee) statt.

Firmenausstellung

Die Firmenausstellung beginnt am Montag, dem 27. März 2017, ab ca. 17:45 Uhr mit einem maximal halbstündigem „Company Slam“ während der Eröffnungsveranstaltung, in dem sich die teilnehmenden Aussteller auf einer Folie kurz präsentieren. Im Anschluss wird die Firmenausstellung mit Snacks und Getränken eröffnet.



CDM Smith Consult GmbH
Ingersheimer Str. 10
D-70499 Stuttgart
Tel.: +49 (0)711 63076-0
stuttgart@cdmsmith.com

+ Wasser
+ Umwelt
+ Infrastruktur

+ Energie
+ Bauwerke
+ Geotechnik

**CDM
Smith**
listen.think.deliver.

Vertriebspartner des
GUIDELINEGEO ABER

Elektromagnetik
> WalkTEM

Geoelektrik
> Terrameter LS

Seismik
> Terraloc Pro



Growing with Responsibility

Embracing responsibility, increasing efficiency, and sustainable growth – these are the ingredients of DEA's success story. The Mittelplate Drilling and Production Island at the edge of the Wadden Sea National Park in Germany is a good example of DEA's approach towards the environment. DEA is currently producing more than 50% of Germany's domestic crude oil from Mittelplate and has been operating the field without any harmful influence on the nature reserve for 29 years now. DEA takes responsibility towards humankind and the environment in all its upstream activities – in countries like Germany, Norway, Denmark, Egypt and Algeria – every day.



Growing with Energy

DEA

DEA Deutsche Erdoel AG, Überseering 40, 22297 Hamburg, Germany

dea-group.com

Studentischer Abend

Der studentische Abend findet am Montag, dem 27. März 2017, ab 19:30 Uhr im Nil StudentInnenkeller auf dem Campus Neues Palais der Universität Potsdam (<http://nilklub.net/>) statt und wird wie üblich durch die Geophysikstudierenden organisiert sowie durch die DGG unterstützt.

Dienstag, 28. März 2017

„Meet & Greet“-Frühstück für Wissenschaftlerinnen

In diesem Jahr wird zum vierten Mal ein „Meet & Greet“-Frühstück für Geophysikerinnen und Studentinnen der Geophysik stattfinden. Ziel des „Meet & Greet“-Frühstücks ist es, eine Plattform für den gegenseitigen Austausch anzubieten. Studentinnen erhalten hier die Gelegenheit, beruflich fortgeschrittene Geophysikerinnen zu treffen und im persönlichen Gespräch verschiedene berufliche Werdegänge kennenzulernen. Das Frühstück findet am Dienstag, dem 28. März 2017, von 08:00 - 09:30 Uhr in Raum 3.01.H10 über der Mensa der Uni Potsdam, Campus Griebnitzsee statt. Für die Teilnahme ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich (max. 60 Teilnehmerinnen).
Impulsreferat: Sina Küster (Potsdam Graduate School) zum Thema „Mentoring und Karriereplanung“.

Gesellschaftsabend

Der traditionelle Gesellschaftsabend der DGG findet am Dienstag, dem 28. März 2017, ab 19:00 Uhr in der Schinkelhalle, Schiffbauergasse 4a, 14467 Potsdam statt.
Ein Abendessen ist im Preis für den Gesellschaftsabend inbegriffen.
Zur Teilnahme an dem Gesellschaftsabend ist eine gesonderte Anmeldung bei der Registrierung erforderlich. Die Anzahl der Teilnehmer/innen ist auf 350 begrenzt (35 € p.P.). Erfahrungsgemäß gibt es wenige oder keine Restkarten.

Mittwoch, 29. März 2017

Führung Telegrafenberg

Am Mittwoch, dem 29. März, 10:00 - 11:00 Uhr wird eine Führung auf dem historischen Telegrafenberg (u. a. Sitz des GFZ) angeboten (in deutsch und englisch).
Der Treffpunkt ist vor Haus G (an den Säulen). Für diese Führung ist eine verbindliche Anmeldung bei der Registrierung erforderlich.

Lunchseminar Karriereperspektiven

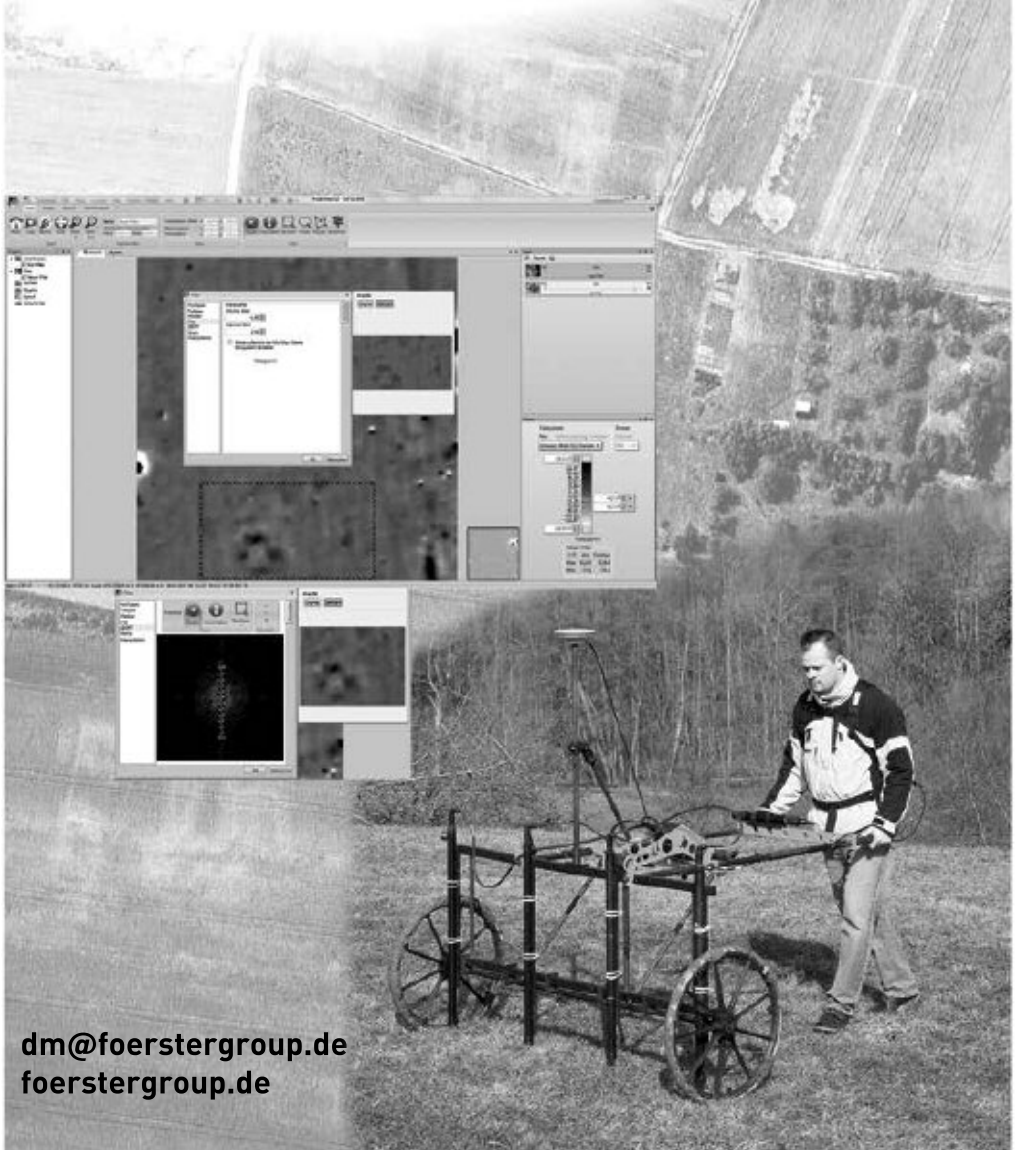
Am Mittwoch, dem 29. März, von 13:00–14:00 Uhr wird es erstmals ein „Lunchseminar Karriereperspektiven“ geben. Geophysikerinnen und Geophysiker stellen exemplarisch ihre Werdegänge im Kontext der Geophysik vor und stehen für Fragen zur Verfügung (Tamara Fahry Seelig – Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler; Daniela Kühn – NORSAR; Patricia Ritter – GFZ; Ralf Fritschen – DMT).
Für die Teilnahme ist eine Anmeldung bei der Registrierung erforderlich (max. 70 Personen).

Ihr Partner für geomagnetische Erkundungen



FEREX® - Magnetometer

DATA2LINE® - Analysesoftware



dm@foerstergroup.de
foerstergroup.de

Öffentlicher Abendvortrag

Der öffentliche Abendvortrag findet am Mittwoch, dem 29. März 2017, 20:00–21:00 Uhr im Potsdam Museum, Am Alten Markt 9, 14467 Potsdam statt. Der Vortrag wird von Dr. Thomas Braun, INGV, Arezzo, Italien mit folgendem Titel gehalten:
„Erdbeben in Italien: Von Friaul (1976) bis Amatrice (2016) – wie geht es weiter?“

Donnerstag, 30. März 2017

Lunch'n'Learn

Am Donnerstag, dem 30. März von 13:00–14:00 Uhr findet bei ausreichender Teilnehmerzahl zum fünften Mal ein GSSPE (German Section Society of Petroleum Engineers) Young Professionals Lunch'n'Learn Event statt, das kurze Vorträge und einen Mittagsimbiss beinhaltet. Ziel dieser Veranstaltung ist die Vernetzung junger Geowissenschaftler/innen, um den Austausch sowohl auf professioneller als auch persönlicher Ebene zu fördern. Die Teilnahme ist auf 30 Personen begrenzt, die Teilnehmer/innen sollten unter 36 Jahre alt sein. Kosten: 5 € p. P.;
Anmeldung per Mail an: yp-gsspe@web.de

Abschlussveranstaltung mit Preisverleihung

Die Abschlussveranstaltung mit Preisverleihung findet am letzten Tag der Tagung von 15:00–16:00 Uhr in Hörsaal 05 statt. Die drei besten Poster und Vorträge von jungen Erstautorinnen und Erstautoren werden in diesem Rahmen prämiert.

EAGE-DGG-Workshop

Im Anschluss an die Tagung wird am Freitag, dem 31. März, ein gemeinsamer Workshop von EAGE und DGG zum Thema „Fibre optics, smart acquisition and distributed arrays“ stattfinden. Alle Informationen inklusive der Registrierung für den Workshop sind auf der Internetseite <http://www.eage.org> zu finden.

Weitere Sitzungstermine

FKPE-Sitzung (auf Einladung): Sonntag, 26. März 2017, 09:00-18:00 Uhr, WIS (Wissenschaftsetage im Bildungsforum Potsdam, Am Kanal 47, 14467 Potsdam)
DGG-Komitee Studienfragen: Montag, 27.03.2017, 18:30–20:30 Uhr, Haus 6, Raum S23
DEPAS (auf Einladung): Montag, 27.03.2017, 18:30–20:30 Uhr, Haus 6, Raum S22
BDG-Ausschuss: Dienstag, 28.03.2017, 14:00–18:00 Uhr, Haus 6, Raum S23
DGG-Arbeitskreis EMFT: Dienstag, 28.03.2017, 17:30–18:30 Uhr, Haus 6, Raum S24
DGG-Arbeitskreis Geothermie: Mittwoch, 29.03.2017, 10:00–11:30 Uhr, Haus 6, Raum S23
AG Induzierte Seismizität: Mittwoch, 29.03.2017, 15:00–17:00, Haus 6, Raum 23

DGG-Vorstandssitzungen (auf Einladung)

Dienstag, 28. März 2017, 09:00–13:00 Uhr, Haus 6, Raum S22
Donnerstag, 30. März 2017, 16:00–16:30 Uhr, Raum H5



GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

- Geophysikalische Untersuchungen
Gravimetrie, Geoelektrik, Seismik, Magnetik,
Elektromagnetik, Georadar
- Rohstoffexploration: Geothermische Energie,
Kali und Salz, Steine und Erden, Kohle, Erze,
Erdöl und Erdgas, Wasser
- Schwachstellenanalysen an Deichen und Dämmen
- Geoelektrisches und gravimetrisches Monitoring
- Karsterkundung, Ortung von Hohlräumen
- Erschütterungs- und Dehnungsmessungen
- Planung, Beratung, Qualitätskontrolle
- Forschung und Entwicklung



Gravimetrische Feldmessungen

Bautzner Str. 67 | 04347 Leipzig

Tel. 0341-2421 310 | info@ggl-gmbh.de | www.ggl-gmbh.de



Gravity Consult GmbH

Ingenieurbüro für Geodynamik, Bonn



See-Gravimeter ZLS Corporation Land-Gravimeter
Komplette Mess-Systeme und Beratungsleistungen:
Standortuntersuchungen und Begutachtungen

Information: www.gravity-consult.de

Tel.: 0228-81287551

Kontakt: info@gravity-consult.de

Fax: 0228-81287552

Gravity Consult GmbH Annetenstr. 2 53175 Bonn

Sessions

Archäogeophysik	AG
Bohrlochgeophysik	BL
Didaktik/Lehre	DL
Elektromagnetik/Georadar	EM
Extraterrestrische Physik	EP
Geodäsie/Fernerkundung	GF
Geodynamik	GD
Geoelektrik/IP	GE
Geophysik in der Öffentlichkeit	GO
Geothermie/Radiometrie	GT
Geschichte der Geophysik	GS
Glaziologie/Permafrost	GP
Gravimetrie	GR
Magnetik/Erdmagnetismus	MA
Marine Geophysik	MG
Seismik	SM
Seismologie	SO
Umwelt- und Ingenieurgeophysik	UI
Vulkanologie	VU

**Wir bedanken uns sehr herzlich bei allen,
die zum Gelingen der Tagung beigetragen haben!
Die Tagungsleitung**

Programm

So, 26. März 2017	S. 34
Mo, 27. März 2017	S. 34
Di, 28. März 2017	S. 49
Mi, 29. März 2017	S. 61
Do, 30. März 2017	S. 83

FKPE-Sitzung (auf Einladung)

Sonntag, 26. März 2017 | 09:00–18:00

WIS (Wissenschaftsetage im Bildungsforum Potsdam), Am Kanal 47, 14467 Potsdam

Begrüßungsabend

Sonntag, 26. März 2017 | 19:00 - 22:00

Schmiede 9 – Am Neuen Markt 9a/b (im Hinterhof)

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik

Montag, 27. März 2017 | 10:00–11:00 | Raum: H01

Moderation: Frederik Tilmann

10:00–10:15 **S1.1-001**

Neues miniaturisiertes und monolithisches Tiltmeter mit Nanorad Auflösung

M. Kühnel, T. Froehlich

10:15–10:30 **S1.1-002**

Der Faser-Optische Gyroskop - ein portabler Rotationssensor für die Seismologie

J. Wassermann, F. Bernauer, F. Guattari, T. Braun, M. Ripepe, H. Igel

10:30–10:45 **S1.1-003**

ROMY: Ein 3D Rotationssensor für Geophysik und Geodäsie

A. Gebauer, U. Schreiber, H. Igel, C. Hadziioannou, S. Donner, F. Bernauer, J. Wassermann, S. Egdorf, A. Simonelli

10:45–11:00 **S1.1-004**

Inversion for moment tensors including rotational ground motion: the possibility of a single station approach

S. Donner, F. Bernauer, J. Wassermann, H. Igel

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

Montag, 27. März 2017 | 10:00–11:00 | Raum: H02

Moderation: Mehdi Nikkhoo, Anne Schöpa

10:00–10:15 **S2.1-001**

Seismic Tremor as Eruption Forecasting Tool During the Bárðarbunga Eruption, Iceland

E.P.S. Eibl, C.J. Bean, K.S. Vogfjörd, Y. Ying, I. Lokmer, M. Möllhoff, G.S. O'Brien, F. Pálsson

10:15–10:30 **S2.1-002**

Is the seismicity swarm at long-dormant Jailolo volcano (Indonesia) a signature of a magmatic unrest?

L. Passarelli, C. Simone, N. Heryandoko, J.A. Lopez Comino, A. Strollo, E. Rivalta, S. Rohadi, T. Dahm, C. Milkereit

10:30–10:45 **S2.1-003**

Lava fountaining and vent morphology analyzed at the 2014 Holuhraun eruption, Iceland, by video monitoring and topographic mapping

T. Witt, T.R. Walter, D. Müller, A. Schöpa

10:45–11:00 **S2.1-004**

The Role of Rheology in Strombolian Volcanism

J. von der Lieth

GE Geoelektrik/IP

Montag, 27. März 2017 | 10:00–11:00 | Raum: H06

Moderation: Sabine Kruschwitz

10:00–10:15 **GE.1-001**

Geophysikalische Untersuchungen am zentralen Karbonatitkomplex des Kaiserstuhls

M. Tauchnitz, D. Kopp, K. Brauch, A. Weller

10:15–10:30 **GE.1-002**

Beobachtung von Massenbewegungen mittels der elektrischen Eigenpotential-Methode

J.K. Limbrock, T. Heinze, S.P. Pudasaini, A. Kemna

10:30–10:45 **GE.1-003**

Kapazitive Geoelektrik zur Bestimmung der elektrischen Permittivität – Messungen und 2D Inversionsergebnisse vom Schilthorn (Schweiz)

J. Mudler, A. Hördt, A. Przyklenk, G. Fiandaca, P.K. Maurya, C. Hauck

10:45–11:00 **GE.1-004**

Monitoring the Dynamics of Water Flow at a High-Mountain Permafrost Site Using Electrical Self-Potential Measurements

A. Kemna, M. Weigand, F. Wagner, C. Hilbich, C. Hauck

Kaffeepause

Montag, 27. März 2017 | 11:00–11:30

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik

Montag, 27. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H01

Moderation: Frank Krüger

11:30–11:45 **S1.2-001**

Development and Operation of a Microbarometer Array at BFO to Improve the Pressure Correction of Long-Period Seismometer and Strain Meter Data

R. Widmer-Schnidrig, K.-H. Jäckel, U. Klein

11:45–12:00 **S1.2-002**

Facilitating open global data use in earthquake source modelling to improve geodetic and seismological approaches

H. Sudhaus, S. Heimann, A. Steinberg, M. Isken, H. Vasyura-Bathke

12:00–12:15 **S1.2-003**

A refined methodology for stress inversions of earthquake focal mechanisms

P. Martínez-Garzón, Y. Ben-Zion, N. Abolfathian, G. Kwiątek, M. Bohnhoff

12:15–12:30 **S1.2-004**

Spatial and temporal analysis of gas seep activity in Eckernförde Bay and assessment of its linkage to pockmark morphology and sub-bottom strata using marine acoustic methods

A. Lohrberg, J. Schneider von Deimling

12:30–12:45 **S1.2-005**

Automated imaging and inversion of single-channel seismic data using diffractions

B. Schwarz, A. Bauer, D. Gajewski

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

Montag, 27. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H02

Moderation: Ellen Gottschaemmer

11:30–11:45 **S2.2-001**

Numerical simulations of dike pathways below Etna and the Hyblean Plateau, Eastern Sicily

M. Neri, E. Rivalta, F. Maccaferri, V. Acoella, R. Cirrincione

11:45–12:00 **S2.2-002**

The effect of giant flank collapses on magma pathways and location of volcanic vents

F. Maccaferri, N. Richter, T. Walter

12:00–12:15 **S2.2-003**

Influence of magma chamber shape on eruption productivity

E. Rivalta, I. Ian D Bastow, R. Trumbull, D. Keir, F. Maccaferri, M. Beleggia

12:15–12:30 **S2.2-004**

Modelling lava flow hazard at Fogo Volcano, Cabo Verde, on the base of a locally updated digital elevation model

N. Richter, M. Favalli, E. de Zeeuw-van Dalssen, A. Fornaciai, R.M. da Silva Fernandes, N.M. Pérez, J. Levy, S. Silva Victória, T.R. Walter

12:30–12:45 **S2.2-005**

Numerical modeling of volcanic ash deposits using Ash3D and HAZMAP – a comparative study

N. Steinau, E. Gottschämmer, L. Mastin, F. Wenzel

12:45–13:00 **S2.2-006**

Imaging and structural analysis of the Geysir field, Iceland, from underwater and drone based photogrammetry

T. R. Walter

GE Geoelektrik/IP

Montag, 27. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H06

Moderation: Andreas Kemna

11:30–11:45 **GE.2-001**

Understanding the Impedance Spectroscopy Response of Rocks – Recent Developments

N. Klitzsch

11:45–12:00 **GE.2-002**

Untersuchungen an Karbonatgesteinen mittels Spektraler Induzierter Polarisation

S. Hupfer, M. Halisch, A. Weller

12:00–12:15 **GE.2-003**

Einfluss der Entsättigung von Eisenmineral-Quarzsand-Gemischen auf das SIP Signal

L. Behling, T. Martin, S. Costabel

12:15–12:30 **GE.2-004**

Systematische Untersuchung der Eigenschaften von zertrümmerten Karbonatgesteinen mit Hilfe von SIP und NMR

J.H. Börner, V. Herdegen, E. Müller-Huber, K. Spitzer

12:30–12:45 **GE.2-005**

Porenraumanalyse mittels MIP, NMR, SIP, BET, μ -CT und Auflichtmikroskopie

Z. Zhang, S. Kruschwitz, C. Prinz, M. Halisch, A. Weller

12:45–13:00 **GE.2-006**

Betrachtung der SIP Relaxationseigenschaften in Zusammenhang mit einer erweiterten Porenraumanalyse durch Quecksilberporosimetrie (MIP), Gassorption (BET), μ -CT und NMR

S. Kruschwitz, Z. Zhang, S. Costabel, T. Hiller, M. Müller-Petke, M. Halisch, C. Prinz

Mittagspause

Montag, 27. März 2017 | 13:00–14:00

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik – Plenarvortrag

Montag, 27. März 2017 | 14:00–15:00 | Raum: H05

Moderation: Frederik Tilmann

14:00–15:00 **S1.PV.S1**

Seafloor geodesy: Monitoring offshore crustal deformation at mm-scales

H. Kopp, D. Lange, K. Hannemann, F. Petersen

A1 Poster

Montag, 27. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: SR 1. OG

S1.A-001

Apparatur zur synchronen Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes von 4 Gesteinsproben im Frequenzbereich 100 mHz – 250 kHz

T. Radic, M. Halisch

S1.A-002

Entwicklung eines CPT basierten seismischen Tomographiesystems zur geotechnischen Untergrunderkundung und Standortbewertung

U. Sauer, S. Mackens, P. Dietrich, T. Fechner

S1.A-003

Instrumentierung für H/V-Messungen im Flachwasserbereich

K.-H. Jäckel, M. Hönig, M. Haxter, T. Ryberg, C. Haberland

S1.A-004**Automated stacking of seismic reflection data based on ideas from non-rigid image registration**

S. Reiche, B. Berkels

S1.A-005**3D potential field modelling and 3D prints of complex geological structures**

H.-J. Götze, S. Schmidt, P. Menzel

S1.A-006**Earthquake location including rotational ground motion: a single station approach**

S. Donner, F. Bernauer, H. Igel, J. Wassermann

S1.A-007**Applicability and Bias of Vp/Vs Estimates by P and S Differential Arrival Times of Spatially Clustered Earthquakes - why the method of Lin and Shearer (2007) will yield biased results in nearly all realistic configurations**

M. Palo, F. Tilmann, B. Schurr

S1.A-008**Mystery of the first teleseismic earthquake record in Potsdam.**

G. Kulikova

S1.A-009**Deformation Offshore Northern Chile monitored by a Seafloor Geodetic Network (GeoSEA)**

K. Hannemann, D. Lange, H. Kopp, F. Petersen, E. Contreras-Reyes

S1.A-010**Software Toolbox Development for Rapid Earthquake Source Optimisation Combining InSAR Data and Seismic Waveforms.**

M.P. Isken, H. Sudhaus, S. Heimann, A. Steinberg, H.M. Bathke

S1.A-011**Latest Developments in Very Broadband Seismometer Deployment Possibilities**

T. Parker, P. Devanney, G. Bainbridge

S1.A-012**Anwendung der Reverse-Time Migration auf Ultraschall-Echo-Daten zur Detektion von Rissen in Betonkörpern**

M. König, E. Niederleithinger, M. Grohmann

S1.A-013**Erste Ergebnisse faseroptischer Langzeit-Temperaturmessungen in der Bohrung KB Moxa 1/13 am Geodynamischen Observatorium Moxa (Germany)**

C. Schwarze, A. Goepel, P. Methe, N. Kukowski

S1.A-014**Eine neue, modulare Messzelle für hochgenaue SIP-Labormessungen**

M. Halisch, T. Grelle, S. Hupfer, J.-T. Blanke, C. Lehne

S1.A-015**Beispiele für thermografische Untersuchungen der Oberflächenbeschaffenheit historischer Bauwerke**

M. Tesch, E. Erkul, D. Schulte-Kortnack, K. Jepsen, D. Wilken, L. Cristiano, M. Auras, R. Sobott, T. Meier

S1.A-016**Rückblick auf die Entwicklung des Geophilus-Messsystems zur großflächigen Bodenkartierung**

E. Lück, J. Guillemoteau, J. Rühlmann

S1.A-017**Die Switch-Box - eine kostengünstige Geräteerweiterung für geoelektrische Messinstrumente**

M. Maier-Rotter, V. Nawa, A. Junge

SO.A-018**SplitRacer – a semi-automatic tool for the analysis and interpretation of teleseismic shear-wave splitting**

M.C. Reiss, G. Rümpler

SO.A-019**StackSplit - a plugin for multi-event shear wave splitting analyses in SplitLab**

M. Grund

SO.A-020**Anisotropieuntersuchungen in SW-Deutschland mit SKS-Splitting-Analysen**

Y. Sanz Alonso, M. Grund, J. Ritter

SO.A-021**DSEBRA - eine Gerätekomponente des neuen SPP 2017 „Gebirgsbildung in 4 Dimensionen“ und der deutsche Beitrag zum AlpArray Seismic Network**

W. Friederich, M. Korn, T. Meier, J. Ritter, G. Rümpler, C. Thomas, F. Tilmann, J. Wassermann

SO.A-022**LITHOS-CAPP: LITHOspheric Structure of Caledonian, Archaean and Proterozoic Provinces**

A. Mauerberger, H. Sadeghisorkhani, M. Grund, O. Gudmundsson, F. Tilmann, J. Ritter

SO.A-023**Untersuchung des unteren Erdmantels hinsichtlich möglicher Niedriggeschwindigkeitszonen unter dem Pazifik mittels Scherwellen**

N. Christiansen, L. Schumacher, C. Thomas

SO.A-024**Working towards a numerical solver for seismic wave propagation in unsaturated porous media**

M.S. Boxberg, W. Friederich

SO.A-025**Shear wave velocity anomalies underneath Scandinavia deduced from global travel time tomography**

F. Lutz, M. Grund, J. Ritter, C. Weidle

SO.A-026**KNIPAS – exploring active seafloor spreading processes at segment-scale**

V. Schlindwein, F. Krüger, F. Schmid, W. Czuba, T. Janik

SO.A-027**Ambient noise characteristics and Green's Functions across the Oman ophiolite**

L. Wiesenberg, C. Weidle, P. Agard, C. Ducassou, I. El-Hussain, C. Prigent, T. Meier

SO.A-028**Crustal thickness of the Pamir and Hindu-Kush deduced from receiver functions**

F.M. Schneider, X. Yuan, B. Schurr, J. Mechie, C. Sippl, S.K. Kufner, L. Ratschbacher

SO.A-029**What Do Earthquake Depths Tell Us About Deformation Processes in the Lower Continental Crust?**

J. Strehlau

SO.A-030**Anisotropic crustal structures of southern Madagascar from ambient seismic noise**

J. Dreiling, F. Tilmann, X. Yuan, E. Rindraharisaona, G. Rümpler

SO.A-031**Acht seismische Diskontinuitäten bis in 1700 km Tiefe unter Indonesien**

I. Wölbern, G. Rümpler

GF.A-032**Status of the Ground Motion Service Germany**

A.C. Kalia, M. Frei, T. Lege

EM.A-033**Abbildbarkeit von Auftauschicht und Eiskeilen in Permafrostgebieten mittels Georadar**

S. Schennen, S. Bricheva, J. Tronicke

EM.A-034**Experimentelle Untersuchung des Auflösungsvermögens von Georadar**

F. Sandring, N. Allroggen, J. Tronicke

EM.A-035**Georadar zur Strukturerkundung im Karstgebiet Innerste Mulde, Niedersachsen**

M. Miensopest, J. Igel

EM.A-036**Ground-penetrating radar investigation of glaciallacustrine delta and subaqueous fan deposits**

J. Igel, M. Loewer, J. Sievers, J. Lang, J. Winsemann

EM.A-037**Electrical anisotropic asthenosphere under the Pyrenees**

M. Cembrowski, A. Junge, J. Campanyà, J. Ledo, P. Queralt

EM.A-038**Land-based application of differential electrical dipole and transient electromagnetic measurements to investigate a freshwater aquifer in de Panne, Belgium**

J. Böckmann, K. Lippert, A. Haroon, B. Tezkan, L. Lebbe

EM.A-039**Evaluation of different laboratory NMR devices in a tripartite round robin test**

T. Hiller, S. Costabel, M. Müller-Petke, S. Kruschwitz

EM.A-040**A sensitivity study of step-on and step-off signals in marine time-domain controlled source electromagnetic applications**

A. Haroon, B. Tezkan

EM.A-041**Electromagnetic monitoring of IDDP2 (DEEPEGS)**

N. Haaf, E. Schill, R. Karlsdóttir, K. Árnason, Y. Abdelfettah

EM.A-042**An approach in 2D axisymmetric TEM forward modelling**

C. Ader, R.-U. Börner

EM.A-043**COMET - Coupled magnetic resonance electrical resistivity tomography**

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

EM.A-044**Time-Lapse borehole transient electromagnetic measurements at a pilot CO₂-sequestration site in Brooks, Alberta (CA)**

M. Bär, K. Spitzer

EM.A-045**A new 3D FEM modeling toolbox based on FEniCS for arbitrary CSEM setups (DESMEX project)**

R. Rochlitz, N. Skibbe, T. Günther

EM.A-046**Joint AMT and TEM aquifer study in the Atacama Desert, North Chile**

A.D. Ruthsatz, H. Brasse, D. Diaz, P. Salazar, A. Sarmiento

EM.A-047**Long offset transient electromagnetics to investigate deep mineral deposits in Germany within the DESMEX project: 1D inversion results of the LOTEM Survey 2016**

W. Mörbe, P. Yogeshwar, B. Tezkan

EM.A-048**Effects of the sea floor topography on the 1D inversion of time domain marine controlled source electromagnetic data**

J. Cai, B. Tezkan, Y. Li

EM.A-049**A 1D inversion algorithm for the interpretation of ground based and airborne SQUID/COIL TDEM data from arbitrarily shaped sources**

S. Janser, P. Yogeshwar, B. Tezkan

EM.A-050**Untersuchung des Einflusses von Hydratisierung und Feuchte auf die Radarstreuung an der Heterogenität von Beton**

M. Klee, T. Kind

EM.A-051**Berechnung und Untersuchung der Sensitivitätsfunktionen vom DUALEM-21S**

T. Klose, J. Guillemoteau, J. Tronicke

EM.A-052**Radiomagnetotelluric Measurements to Investigate the Critical Zone**

N. Pützer, B. Tezkan, M. Gurk, U. Weckmann, I. Muttaqien

EM.A-053**3-D reinterpretation of early magnetotelluric data in the Central Volcanic Zone in Northern Chile**

M. Buchner, C. Kühn, H. Brasse

EM.A-054**Magnetotellurik im nördlichen Odenwald**

L. Mailänder, A. Junge, P. Hering

EM.A-055

The coast effect by two opposite oceans on induction vectors and phase tensors: Magnetotelluric modelling studies for the Pyrenean Area and Central America

M. Cembrowski, A. Junge

EM.A-056

A magnetotelluric profile across the Mérida Andes (Venezuela) – preliminary results and directionality analysis

J. Cruces, O. Ritter, U. Weckmann, K. Tietze, M. Schmitz

GE.A-057

Einfluss petrophysikalischer Parameter auf die Sättigungsdehnung von Sandsteinen

M. Moeller, G. Buntebarth, A. Weller

GE.A-058

Uncertainty analysis of water content estimation at landslide-prone hillslopes using structurally-constrained inversion of electrical resistivity data

T. Heinze, J. Budler, S. Möhring, M. Weigand, A. Kemna

GE.A-059

Mapping of Saltwater Intrusion Using Geoelectrical Methods in Durusu Basin, Istanbul

A. ARDALI, A. GURER, B. TEZKAN

GE.A-060

Complex electrical conductivity of black shale from the Himalayas of central Nepal

J.H. Börner, F. Girault, F. Perrier, M. Bhattarai, L.B. Adhikari, K. Spitzer

GE.A-061

3D Inversion of VES data to map the peat-lignite deposit in the Philippi sub-basin, northern Greece

M. Gurk, F. Monteiro Santos, N. Tougiannidis, I. K. Oikonomopoulos

GE.A-062

Electrical resistivity tomography for CO2 migration monitoring at the Field Research Station near Brooks, AB (Canada)

D. Rippe, A. Strom, C. Schmidt-Hattenberger, M. Jordan, D. Lawton, A. Saeedfar

GE.A-063

Einsatz von Geoelektrik und Spektral Induzierter Polarisation im Monitoring von Schwachstellen entlang einer Kalirückstandshalde in Sonderhausen, Thüringen

N. Scholz, T. Schicht, A. Rohlf, C. Rücker, K. Dünnbier, F. Börner

GE.A-064

Small-scale borehole-to-surface ERT (Electrical Resistivity Tomography)

J. Ochs, N. Klitzsch

GE.A-065**Kleinskalige geoelektrische Kartierung an einem Erzgang in der Reichen Zeche (Freiberg)**

L. Römhild, J. Börner, K. Spitzer

GE.A-066**OhmMapper- und Gleichstromgeoelektrikmessungen im Vergleich**

M. Isik, M. Grinat

GE.A-067**Supporting the 2D-inversion of ERT profiles with laboratory-based conductivity measurements**

H. Thoss, H. Wilke, T. Blume, A. Güntner

GE.A-068**SIP-monitored denitrification processes in an aquifer sediment on laboratory scale**

M. Sonntag, J. Börner, N. Klammerth, K. Spitzer

GE.A-069**SIP Messungen an Fontainebleau Sandsteinen**

L. Gürlich, S. Kruschwitz, M. Halisch, A. Weller

GE.A-070**Entwicklung eines geoelektrischen Messkonzeptes zur Detektion von struktureller Anisotropie der elektrischen Leitfähigkeit**

V. Nawa, A. Junge

GE.A-071**A processing workflow for large-scale ERT - the example pre-investigation in Schleiz (DESMEX)**

T. Günther, R. Rochlitz, F. Oppermann

GE.A-072**Messzelle für kombinierte petro- und bodenphysikalische Labormessungen - Stand der Entwicklung**

S. Costabel, T. Martin, R. Lieth, S. Hupfer, L. Behling

GE.A-073**Numerical simulation of the membrane polarization effect for gradually varying pore sizes**

N. Rezaii, A. Hördt

GE.A-074**Shallow electrical resistivity tomography monitoring at the Svelvik Field Lab, Norway**

A. Strom, D. Rippe, C. Schmidt-Hattenberger, M. Barrio, P. Eliasson, M. Jordan

DL.A-075**Studentische (Inter-) Aktion im Forschungsseminar im Masterstudiengang Geophysik am KIT**

E. Gottschämmer

DL.A-076**Das Konzept der In-Situ-Lehre in den Geophysik-Studiengängen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)**

E. Gottschämmer, J. Ritter

DL.A-077**Innovative Lehrformate – interaktiver Austausch zwischen Lehrenden und Studierenden**

P. Rulff

DL.A-078**Mechanische Kalibration von Breitbandsensoren**

T. Dahm, J. Buelow, K.-H. Jäckel, C. Milkereit, S. Mikulla

DL.A-079**Aufbau eines Praktikumsversuchs zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften von Bohrkernproben**

C. Kulüke, A. Hördt, C. Virgil

DL.A-080**iBRIDGE – Interaktiver BRückenkurs In Das GEophysik-Masterstudium am KIT und Aufbau eines deutschlandweiten, digitalen Lehrmittelpools**

A. Barth, E. Gottschämmer

DL.A-081**Programmieren mit Python - Einbindung in Bachelor- und Mastermodule**

A. Zoporowski, F. Wagner, A. Kemna

DL.A-082**Das MSc-Studium der Geophysik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

N. Kukowski, U. Wegler, A. Goepel, T. Jahr, P. Methé

DL.A-083**Role-playing in Geophysics: Learning to communicate**

A.R. Jonkers, C. Thomas

GO.A-084**3D Druck - ein anschauliches Präsentationsmittel für geophysikalische Inhalte**

P. Menzel, H.-J. Götze, S. Schmidt, A. Steinberg

GO.A-085**Erdbebeninformations- und Koordinations-System für Experten**

S. Heimann, H. Woith, T. Dahm, F. Tilmann, R. Milkereit, P. Evans, J. Saul

GS.A-086**Seismologisches Observatorium Berggießhübel - 50 Jahre kontinuierliche seismische Registrierung**

R. Mittag

S2.A-087**Dependency of near-field ground motions on the structural maturity of the North Anatolian Fault Zone**

E. Türker, F. Cotton

S2.A-088**Distinct Element modeling of geophysical signatures during sinkhole collapse**

D. Al-Halbouni, E.P. Holohan, A. Taheri, T. Dahm

S2.A-089**Subduction-related structure at the southwest end (Albatross segment) of the Mw 9.2, 1964 megathrust rupture area offshore Kodiak Island, Alaska**

A. Krabbenhoeft, R. von Huene, D. Klaeschen, J. Miller

S2.A-090**Can animals predict earthquakes?**

H. Woith, G.M. Petersen, S. Hainzl, T. Dahm

S2.A-091**Spatio-temporal evolution of the 2016 Norcia earthquake sequence**

A. Zoporowski, A. Kemna, K. Winkler

S2.A-092**Variability of earthquake size and recurrence interval at different scales: insights from rate-state simulations**

C. Cattania, P. Segall

S2.A-093**Smart Cluster Method – Analyse des Raum-Zeit Verhaltens von Erdbeben**

A. Schäfer, F. Wenzel, J. Daniell

S2.A-094**A Comparison between the Forecast by the United States National Seismic Hazard Maps with Recent Ground Motion Records**

S. Mak

S2.A-095**Landslides triggered by the 2016 Kumamoto earthquake sequence: role of ground-motion directionality**

S. Specht, U. Ozturk, G. Veh, F. Cotton, O. Korup

S2.A-096**Liquefaction of sandy silts as the key failure mechanism for the southern Tuaheni landslide complex (TLC)?**

J. Kuhlmann, K. Huhn, N. Kukowski, T. Freudenthal, G. Crutchley, A. Goepel, S. Henrys, S. Kasten, N. Kaul, J. Mountjoy, A. Orpin, T. Pape, C. Schwarze, K.U. Totsche, M. Torres, H. Villinger

S2.A-097**Mitteldeutsche Erdbebenbeobachtung – Datenzentrum Leipzig und Routineauswertung**

S. Funke, S. Wendt, T. Burghardt

S2.A-098**Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands – Version 2016 – als seismologische Grundlage für die neue nationale Erdbebenbaunorm**

G. Grünthal, D. Stromeyer, C. Bosse, F. Cotton, D. Bindi

S2.A-099**Combining an earthquake forecast model with a data-driven tectonic regionalization scheme to improve testability of seismic hazard models**

J.A. Bayona Viveros, D. Schorlemmer, F. Cotton, Y.-S. Chen, G. Weatherill

S2.A-100**Offshore-aftershock sequence of the Mw8.1 2014 Iquique earthquake**

D. Lange, I. Grevemeyer, K. Hannemann, H. Kopp, S. Barrientos, E. Contreras-Reyes, E. Vera

S2.A-101**Dependence of b-value on depth, co-seismic slip, and time for large magnitude earthquakes: The Kumamoto Earthquake Case Study**

J. Aiken, F. Cotton

S2.A-102**Prospective Evaluation of the Global Earthquake Activity Rate Model (GEAR1) Earthquake Forecast: Preliminary Results**

A. Strader, D. Schorlemmer

S2.A-103**A volcanic dome in high-resolution: insights from multi-temporal photogrammetry at Merapi Volcano, Indonesia**

H. Darmawan, T. Walter

S2.A-104**Analysis of volcanic low-frequency events using multiple small-aperture arrays: an example from Villarrica Volcano**

J. Lehr, M. Thorwart, W. Rabbel

S2.A-105

High-resolution TerraSAR-X interferometry reveals small-scale morphological changes within the summit crater system of Láscar Volcano, Chile

N. Richter, J. Salzer, E. de Zeeuw-van Dalssen, M. Nikkhoo, T.R. Walter

VU.A-106

Untersuchung der Auswirkung einer Vulkaneruption auf die Gesundheit der Bevölkerung

A.S. Dietzmann, E. Gottschämmer, F. Wenzel

VU.A-107

First results from a magnetotelluric survey at the Ceboruco Volcano in Mexico

P. Hering, L. Gonzalez-Castillo, A. Junge, F.J. Núñez-Cornú, J.I. Pinzon, V.H. Márquez-Rámirez, Q.j. Gutierrez

Eröffnungsveranstaltung

Montag, 27. März 2017 | 16:00–17:45 | Raum: H05

Eröffnung Firmenausstellung

Montag, 27. März 2017 | ab 17:45 | Foyer

Studentischer Abend

Nil StudentInnenkeller (UP, Campus Neues Palais)

Montag, 27. März 2017 | 19:00

Meet & Greet – Frühstück für Geophysikerinnen

Dienstag, 28. März 2017 | 08:00–09:30

UP, Campus Griebnitzsee (Raum 3.01.H10)

DGG Vorstandssitzung (auf Einladung)

Dienstag, 28. März 2017 | 09:00–13:00

UP Campus Griebnitzsee (Haus 6, S22)

Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

Dienstag, 28. März 2017 | 09:30–10:30 | Raum: H02
Moderation: Henriette Sudhaus

09:30 - 09:45 **S2.3-001**

Identification of ULF Anomaly as Indication of Pre-seismic Event in South of Java

A. Ratri, M.T. Gunawan, A. Septiadhi, R. Prasetya

09:45–10:00 **S2.3-002**

Comparison of earthquake source complexity inferred from seismological waveforms and geodetic surface displacement data

A. Steinberg, H. Sudhaus, S. Heimann, M. Isken, F. Krüger

10:00–10:15 **S2.3-003**

Testing stress shadowing effects at the South American subduction zone

F. Roth, T. Dahm, S. Hainzl

10:15–10:30 **S2.3-004**

Revisiting the aftershock decay function

S. Hainzl, A. Christophersen

SO Seismologie – Deep structure

Dienstag, 28. März 2017 | 09:30–10:30 | Raum: H04
Moderation: Christine Thomas

09:30 - 09:45 **SO.1-001**

On the rigidity near the inner core boundary of the Earth

J. Attanayake, A. Wirp, V.F. Cormier, C. Thomas

09:45–10:00 **SO.1-002**

Crustal anisotropy in different tectonic regimes inferred from the stacking of radial and transverse receiver functions

F. Link, G. Rümpker, A. Kaviani

10:00–10:15 **SO.1-003**

Deep subduction of Indian Plate and origin of Tengchong volcano: Insight from mantle transition zone structures beneath SE Tibet

M. Xu, H. Huang, Z. Huang, L. Wang, M. Xu, Z. Ding, X. Yuan

10:15–10:30 **SO.1-004**

Lithospheric delamination in the Alboran region as responsible for the intermediate-depth seismicity

B. Heit, X. Yuan, F.d.L. Mancilla, J. Morales, D. Stich, A.M. Aguilera

EM Elektromagnetik/ Georadar

Dienstag, 28. März 2017 | 09:30–10:30 | Raum: H06

Moderation: Jan Igel

09:30 - 09:45 **EM.1-001**

Auswertung von Reflexionen in Crosshole Georadar Daten

N. Allroggen, J. Tronicke

09:45–10:00 **EM.1-002**

Zerstörungsfreie Feuchtemessungen an Estrichen mittels der geophysikalischen Methoden Georadar und NMR

S. Nagel, S. Kruschwitz, J. Wöstmann, C. Strangfeld

10:00–10:15 **EM.1-003**

Statistical modeling of EMI and LiDAR spatial data series to quantify the framework geology controls on barrier island evolution

B. Weymer, P. Wernette, M. Everett, C. Houser

10:15–10:30 **EM.1-004**

On the effects of current channelling on Controlled Source Radiomagnetotelluric (CSRMT) data

I. Muttaqien, M. Gurk, B. Tezkan

GS Geschichte der Geophysik

Dienstag, 28. März 2017 | 09:30–10:00 | Raum: H08

Moderation: Rainer Kind

09:30 - 09:45 **GS.1-001**

Der Apsidensatz von I. Newton als direkter Nachweis für das $1/r^2$ - Abstandsgesetz der Mondbahn

J. Fertig

09:45–10:00 **GS.1-002**

Wieso Wegener Plattentektonik nicht erkannte.

W. Jacoby

DL Didaktik/ Lehre

Dienstag, 28. März 2017 | 10:00–10:15 | Raum: H08

Moderation: Rainer Kind

10:00–10:15 **DL.1-001**

OpenBuildingMap - Extending open-source software to develop a Global Dynamic Exposure system

T. Beutin, D. Schorlemmer, K. Prehn, F. Cotton

GO Geophysik in der Öffentlichkeit

Dienstag, 28. März 2017 | 10:15–10:30 | Raum: H08
Moderation: Rainer Kind

10:15–10:30 **GO.1-001**

FID GEO: Digitale Transformation und Open Access für die deutschen Geowissenschaften

A. Hübner, G. Martinson, R. Bertelmann, K. Elger, N. Pfurr, M. Schüler

Kaffeepause

Dienstag, 28. März 2017 | 10:30–11:30

A2 Poster – siehe A1, S. 38

Dienstag, 28. März 2017 | 10:30–11:30 | Raum: SR 1. OG

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik

Dienstag, 28. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H01
Moderation: Torsten Dahm

11:30–11:45 **S1.3-001**

Evaluating links between deformation, topography and surface temperature at volcanic domes: Results from a multi-sensor study at Volcán de Colima, Mexico

J. Salzer, P. Milillo, N. Varley, D. Perissin, M. Pantaleo, T.R. Walter

11:45–12:00 **S1.3-002**

Accuracy assessment of Artificial Neural Network for modelling the geoid height; a comparative approach

M. Hassani, H. Zomorrodian

12:00–12:15 **S1.3-003**

A high resolution lithospheric magnetic field model over southern Africa and estimation of the mean magnetic thickness and magnetization

F. Vervelidou, E. Thébault, M. Korte

12:15–12:30 **S1.3-004**

Messungen mit dem TEM Spulensystem „MARTEMIS“ am mittelatlantischen Rücken in der Umgebung des TAG Hydrothermalfeldes

S. Hölz, M. Jegen

12:30–12:45 **S1.3-005**

A Fram Strait Experiment: Sensing Sea Ice Conditions using Shipborne GNSS Reflectometry

M. Semmling, A. Rösel, M. Ludwig, M. Bratrein, S. Gerland, J. Wickert

12:45–13:00 **S1.3-006**

Mapping GNSS Reflection power observed by the Snow and Ice Reflectometry Station on Spitsbergen

L. Peraza, M. Semmling, J. Wickert, C. Falck, O. Pavlova, S. Gerland

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

Dienstag, 28. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H02

Moderation: Jens Turowski

11:30–11:45 **S2.4-001**

Charakterisierung der submarinen südlichen Grenze der instabilen Flanke des Ätna anhand seismischer und marin-geodätischer Messungen

M. Urlaub, F. Gross, S. Krastel, F. Petersen, D. Lange

11:45–12:00 **S2.4-002**

The seismic records of the 21 July 2014 Askja landslide

A. Schöpa, W.-A. Chao, R.G. Green, R.S. White, N. Hovius, A. Burtin

12:00–12:15 **S2.4-003**

Seismic insight into alpine rockfall activity: drivers, precursors and evolution

M. Dietze, J.M. Turowski, N. Hovius

12:15–12:30 **S2.4-004**

Automatic detection of avalanche seismic signals and resultant implications

C. Hammer, D. Fäh

12:30–12:45 **S2.4-005**

Erosion and phase-separation – coupled and dominant processes in geophysical mass flows

S.P. Pudasaini, J.-T. Fischer

12:45–13:00 **S2.4-006**

Statistische Methoden für die Gefährdungsabschätzung von Massenbewegungen. Beispiele aus der Praxis und Problemstellungen.

J. Torizin, M. Fuchs, D. Balzer, D. Kuhn

SO Seismologie - Deep structure

Dienstag, 28. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H04
Moderation: Georg Rümpker

11:30–11:45 **SO.2-001**

Detection of a new Sub-Lithospheric Discontinuity in Central Europe with S-Receiver Functions

R. Kind, M. Handy, X. Yuan, T. Meier, H. Kämpf, S. Riaz

11:45–12:00 **SO.2-002**

Indications for complex anisotropy beneath Scandinavia derived from shear wave splitting analysis

M. Grund, J.R.R. Ritter

12:00–12:15 **SO.2-003**

Complex seismic anisotropy beneath the IPOC stations of northern Chile

M.C. Reiss, I. Wölbern, G. Rümpker

12:15–12:30 **SO.2-004**

Observations of guided waves from the Pamir seismic zone

J. Mechie, B. Schurr, X. Yuan, C. Haberland, C. Sippl, F. Schneider, V. Minaev, M. Gadoev, I. Oimahmadov, U. Abdybachaev, B. Moldobekov, S. Orunbaev, S. Negmatullaev

12:30–12:45 **SO.2-005**

Imaging the Mudurnu Segment of North Anatolian Fault Zone Using Converted Phases

B. Najdahmadi, M. Bohnhoff, P. Hrubcová, V. Vavrycuk

12:45–13:00 **SO.2-006**

Gebirgsbildende Prozesse in 4 Dimensionen – Mountain Building Processes in 4-Dimensions (4D-MB) - neuer Ansatz zum Verständnis von gekoppelten Prozessen, vom tiefen Mantel bis zur Oberfläche

M.R. Handy, W. Friederich, B. Kaus, H. Kopp, C. Spiegel, M. Weber

GE Geoelektrik/IP

Dienstag, 28. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H06
Moderation: Andreas Weller

11:30–11:45 **GE.3-001**

Die Rolle der Porenradien in der Membranpolarisation

A. Hördt, K. Bairlein, M. Bücken, H. Stebner

11:45–12:00 **GE.3-002**

Einfluss verschiedener chemischer und physikalischer Größen auf die Spektrale Induzierte Polarisation von Biokohlen in Bodenmaterialien

F.-H. Haegel, O. Esser, Z. Gao, E. Zimmermann, J.A. Huisman, H. Vereecken, M. Ilić, A. Lolić, A. A. Žekić

12:00–12:15 **GE.3-003**

Chemische Aktivität von Sandsteinen bei SIP-Messungen

A. Bielefeld, M. Halisch, A. Hördt

12:15–12:30 **GE.3-004**

Simulation von Porennetzwerken in der Spektralen Induzierten Polarisation und Vergleich mit Labormessungen

H. Stebner, M. Halisch, A. Hördt

12:30–12:45 **GE.3-005**

Erste Anwendung des 3D zeitbereichs Inversions Algorithms IP3DInv für die Induzierte Polarisation auf Messdaten aus Krauthausen, Deutschland

H. Langenbach, B. Tezkan

12:45–13:00 **GE.3-006**

Application of the Newly Developed 2D DCR/TDIP Inversion Algorithm: Inversion Studies and Analysis of Field Data Acquired on a Copper Ore Deposit

J. Adrian, B. Tezkan

Mittagspause

Dienstag, 28. März 2017 | 13:00–14:00

Firmenvorführungen

Dienstag, 28. März 2017 | 13:00–14:00 | Freifläche gegenüber Parkplatz

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche – Plenarvortrag

Dienstag, 28. März 2017 | 14:00–15:00 | Raum: H05

Moderation: Eleonora Rivalta

14:00–15:00 **S2.PV.S2**

Forecasting natural hazards: scientific challenges and practical implications

Warner Marzocchi

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik

Dienstag, 28. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H01

Moderation: Jens Tronicke

15:00–15:15 **S3.1-001**

Detektions- und Lokalisierungsfähigkeit eines seismischen Netzwerkes in einem urbanen Erdfallgebiet

D. Becker, T. Dahm, F. Schneider

15:15–15:30 **S3.1-002**

Influence of wind turbines on seismic noise at monitoring stations in Northern Germany

T. Neuffer, S. Kremers

15:30–15:45 **S3.1-003**

Characterization of intramontane valley fills in the Quebrada del Toro (NW-Argentina) using seismic ambient noise

A.M. Lontsi, B. Bookhagen, M. Zeckra, F. Krüger, G. Aranda, F. Hongn, M. Ohrnberger

15:45–16:00 **S3.1-004**

The potential of detecting groundwater flow direction by VSH/VSV

L. Gao, Y. Pan, J. Xia, T. Bohlen, G. Tian

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

Dienstag, 28. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H02

Moderation: Fabrice Cotton

15:00–15:15 **S2.5-001**

Probabilistic TSUnami Hazard MAPS for the NEAM Region: The TSUMAPS-NEAM Project and Preliminary Results

A. Hoechner, A. Babeyko, R. Basili, TSUMAPS-NEAM Team

15:15–15:30 **S2.5-002**

A transparent and data-driven global tectonic regionalisation model for seismic hazard assessment

Y.-S. Chen, G. Weatherill, M. Pagani, F. Cotton

15:30–15:45 **S2.5-003**

Regional Variations in Seismological Characteristics: Observations from shallow crustal European Earthquakes

S. Bora, F. Cotton, F. Scherbaum, B. Edwards

15:45–16:00 **S2.5-004**

Probabilistic Seismic Hazard Analysis of Induced Seismicity in Southern Germany

A. Azari sisi, J. Schlittenhardt, T. Spies

SO Seismologie - Surface waves and synthetic seismograms

Dienstag, 28. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H04

Moderation: Wolfgang Friederich

15:00–15:15 **SO.3-001**

Surface wave tomography across the Alpine-Mediterranean mobile belt

A. El-Sharkawy, C. Weidle, L. Christiano, R. Soomro, S. Lebedev, T. Meier

15:15–15:30 **SO.3-002**

Non-unique dispersion relation for Rayleigh modes

T. Forbriger, L. Gao, P.G. Malischewsky, M. Ohrnberger, Y. Pan

15:30–15:45 **SO.3-003**

Complete synthetic seismograms based on a spherical self-gravitating Earth model with an atmosphere-ocean-mantle-core structure

R. Wang, S. Heimann, Y. Zhang, H. Wang, T. Dahm

15:45–16:00 **SO.3-004**

NEXD: A Software Package for High Order Simulation of Seismic Waves using the Nodal Discontinuous Galerkin Method

M.S. Boxberg, A. Lamert, T. Möller, L. Lambrecht, W. Friederich

EM Elektromagnetik/ Georadar

Dienstag, 28. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H06

Moderation: Michael Becken

15:00–15:15 **EM.2-001**

Application of the Marine Differential Electric Dipole for Offshore Groundwater Studies: A Case Study from Bat Yam, Israel

A. Haroon, K. Lippert, M. Goldman, B. Tezkan

15:15–15:30 **EM.2-002**

3D Inversion of magnetotelluric data from San Felipe (Mexico) for geothermal exploration

D. Ruiz-Aguilar, B. Tezkan, C. Arango-Galván

15:30–15:45 **EM.2-003**

Development of new magnetic field sensors for electromagnetic mineral exploration in the DESMEX project

M. Schiffler, A. Chwala, N. Kukowski, H.-G. Meyer, M. Meyer, U. Meyer, R. Stolz

15:45–16:00 **EM.2-004**

The Mahalanobis distance: A new measure to detect outliers in Magnetotelluric data

A. Platz, U. Weckmann

EP Extraterrestrische Physik

Dienstag, 28. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H08

Moderation: Claudia Stolle

15:00–15:15 **EP.1-001**

Numerical Investigation of the Formation of Complex Impact Craters

E. Martellato, K. Wünnemann

15:15–15:30 **EP.1-002**

Generation of impact melt by giants impacts during late accretion onto terrestrial planets.

L. Manske, K. Wünnemann

15:30–15:45 **EP.1-003**

The formation of impact basins on the Moon - combination of numerical modeling, gravity and remote sensing data

T. Fröchtenicht, D. Wahl, K. Wünnemann, J. Oberst

15:45–16:00 **EP.1-004**

On the deposition of impact ejecta: influences by target properties and atmospheric interaction

R. Luther, K. Wünnemann, N. Artemieva

Kaffeepause

Dienstag, 28. März 2017 | 16:00–17:00

A3 Poster – siehe A1, S. 38

Dienstag, 28. März 2017 | 16:00–17:00 | Raum: SR 1. OG

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik

Dienstag, 28. März 2017 | 17:00–18:00 | Raum: H01

Moderation: Charlotte Krawczyk

17:00–17:15 **S3.2-001**

Mittelskalige Erfassung von Bodenwasser über Messung der oberflächennahen Neutronenalbedo

S. Oswald, G. Baroni, L. Scheiffele, M. Schrön

17:15–17:30 **S3.2-002**

Simultaneous calibration and multi-layer soil inversion using short-offset electromagnetic induction (EMI) data acquired at multiple elevations

X. Tan, A. Mester, C. von Hebel, J. van der Kruk, E. Zimmermann, H. Vereecken, S. van Waasen

17:30–17:45 **S3.2-003**

Die Anwendung von adiabatischen Anregungspulsen bei der Oberflächen-NMR Sondierung

R. Dlugosch, M. Müller-Petke

17:45–18:00 **S3.2-004**

Petrophysikalische Effekte bei der Verkarstung

F. Mai, R. Kirsch, C. Rücker, F. Börner

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

Dienstag, 28. März 2017 | 17:00–18:00 | Raum: H02

Moderation: Arno Zang

17:00–17:15 **S2.6-001**

Die Bedeutung der Paläoseismologie für seismische Gefährdungsanalysen

T. Spies

17:15–17:30 **S2.6-002**

Starkbeben & Tsunamis - Über die Quantifizierung von Subduktionszonen

A. Schäfer, F. Wenzel

17:30–17:45 **S2.6-003**

Numerical modelling of underground seismic hazard in geological disposal of nuclear wastes

J.S. Yoon, A. Zang, O. Stephansson, F. Lanaro, K.-B. Min

17:45–18:00 **SO.6-004**

Modeling Induced Seismicity by Gas Depletion in a Postglacial, Prestressed Regime

G. Li, M. Joswig

SO Seismologie - Ambient noise

Dienstag, 28. März 2017 | 17:00–18:00 | Raum: H04

Moderation: Matthias Ohrnberger

17:00–17:15 **SO.4-001**

Cross-correlation of ambient seismic noise recorded in the surroundings of the Longyearbyen CO2 Lab (Svalbard)

D. Kühn, J. Albaric, B. Dando, B. Goertz-Allmann, D. Harris, N. Langet, M. Ohrnberger, K. Senger

17:15–17:30 **SO.4-002**

Seismische Signale an Windenergieanlagen – Lang- und Kurzzeitmessungen in SW Deutschland

T. Zieger, J. Ritter

17:30–17:45 **SO.4-003**

Noise source localization using Matched Field Processing: wind turbines, mofettes and geysirs.

J. Umlauf, H. Flores Estrella, A.C. Obermann, M. Korn

17:45–18:00 **SO.4-004**

Artificial neural networks for automated classification of ambient noise correlation data

P. Paitz, A. Gokhberg, A. Fichtner

EP Extraterrestrische Physik

Dienstag, 28. März 2017 | 17:00–17:30 | Raum: H08

Moderation: Kai Wünnemann

17:00–17:15 **EP.2-001**

Stabile Umlaufbahnen für Raumfahrzeuge im binären Asteroidensystem 1996 GT Didymos

F. Damme, J. Oberst

17:15–17:30 **EP.2-002**

A numerical method for automated SSC detection using ground based magnetic observations

J. Matzka, C. Stolle

GF Geodäsie/Fernerkundung

Dienstag, 28. März 2017 | 17:30–18:00 | Raum: H08

Moderation: Kai Wünnemann

17:30–17:45 **GF.1-001**

High resolution digital elevation modelling from TLS and UAV campaign reveals structural complexity at the 2014 Holuhraun eruption site

D. Müller, T.R. Walter

17:45–18:00 **GF.1-002**

Bestimmung des 3D-Geschwindigkeitsfeldes im Oberrheingraben aus einer Fusion von Nivellement, GNSS und SAR-Interferometrie

M. Westerhaus, T. Fuhrmann, M. Mayer, K. Zippelt, B. Heck

Gesellschaftsabend

Dienstag, 28. März 2017 | 19:00 | Schinkelhalle Potsdam – Schiffbauergasse 4a

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik

Mittwoch, 29. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H01

Moderation: Erika Lück

09:00 - 09:15 **S3.3-001**

Untertägige Vergleichsmessung mit seismischen Oberflächenquellen im salinaren Gestein

H. Richter, R. Giese, K. Jaksch, K. Krüger, A. Jurczyk, A. Zirkler, S. Zeibig

09:15 - 09:30 **S3.3-002**

Detektion von Bombenblindgängern mittels horizontaler geomagnetischer Bohrlochsondierung

J. Köhler, H. Sandhäger, F. Ludwig

09:30 - 09:45 **S3.3-003**

Geophysikalische Messungen und ein abgeleitetes Strukturmodell am Beispiel einer Höhle im Südharz

G. Kaufmann, D. Romanov

09:45–10:00 **S3.3-004**

Aerogeophysikalische und petrophysikalische Untersuchungen zur Erkundung tiefer Erzlagerstätten in Deutschland

T. Martin, M. Ibs-von Seht, S. Costabel, A. Steuer, B. Siemon, U. Noell, U. Meyer

10:00–10:15 **S3.3-005**

Probabilistic integration of tomograms and logging data accounting for tomographic ambiguity and logging data errors

A. Asadi, P. Dietrich, H. Paasche

10:15–10:30 **S3.3-006**

Über datengetriebene Integration geophysikalischer Tomographie mit Bohrlochdaten

H. Paasche

MG Marine Geophysik

Mittwoch, 29. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H02

Moderation: Christian Hübscher

09:00 - 09:15 **MG.1-001**

Seismische Strukturerkundung der Seen Levinson-Lessing und Taymyr im nördlichen Eurasien: Erste Ergebnisse

S. Krastel, E. Lebas, B. Wagner, R. Gromig, G. Fedorov, M. Melles

09:15 - 09:30 **MG.1-002**

Reflexionsseismische Abbildung der nord-chilenischen Subduktionszone im Bereich des 2014 Iquique Erdbebens

I. Storch, S. Buske

09:30 - 09:45 **MG.1-003**

Oberflächennahe sedimentäre und tektonische Prozesse in der Ionischen See südlich der Straße von Messina, Italien

E. Klein, F. Gross, M. Urlaub, A. Micallef, I. Schulze, J. Geersen, S. Krastel

09:45–10:00 **MG.1-004**

Methoden zur Aufsuchung von Massivsulfiden an mittelozeanischen Rücken

U. Barckhausen, I. Dressel, A. Ehrhardt, I. Heyde, B. Schreckenberger, K. Schwalenberg, U. Schwarz-Schampera

10:00–10:15 **MG.1-005**

Implications of deep-reaching serpentinization for the deformation mode at ultraslow opening mid-ocean ridges

F. Schmid, V. Schlindwein

10:15–10:30 **MG.1-006**

Does fluid infiltration affect the motion of sediment grains? – A 3-D numerical modelling approach using SPH

G. Bartzke, B.D. Rogers, G. Fourtakas, A. Mokos, R.B. Canelas, K. Huhn

SO Seismologie - Source characterization

Mittwoch, 29. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H04

Moderation: Marco Bohnhoff

09:00 - 09:15 **SO.5-001**

On the exploitation of seismic resonances for cavity detection

F.M. Schneider, S. Esterhazy, I. Perugia, G. Bokelmann

09:15 - 09:30 **SO.5-002**

Preparation phase of a M4.2 earthquake below the eastern Sea of Marmara offshore Istanbul observed from GONAF downhole recordings

F. Blümle, P.E. Malin, M. Bohnhoff, G. Dresen, U. Ceken, F.T. Kadirioglu, R.F. Kartal, K. Yanik

09:30 - 09:45 **SO.5-003**

Swarm-dependent velocity analysis in the West Bohemia seismic zone

C. Alexandrakis, M. Calo, V. Vavryčuk, S. Buske

09:45–10:00 **SO.5-004**

Source mechanisms of shallow seismicity along the central Hellenic Volcanic Arc and its relation to the local seismotectonic setting

A. Blanke, G. Kwiatek, M. Bohnhoff

10:00–10:15 **SO.5-005**

Challenges in regional moment tensor inversion and decomposition for shallow sources

S. Cesca, S. Heimann

10:15–10:30 **SO.5-006**

Herdmechanismen kleiner Erdbeben in der Subduktionszone der Zentralen Anden

W. Bloch, B. Schurr, J. Kummerow, P. Salazar, S.A. Shapiro

DGG-Kolloquium

Mittwoch, 29. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H05

GD Geodynamik

Mittwoch, 29. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H06

Moderation: Bernhard Steinberger

09:00 - 09:15 **GD.1-001**

Thermo-mechanical two-phase flow models of magma ascent in the continental crust with and without extension

H. Schmeling, G. Marquart

09:15 - 09:30 **GD.1-002**

How plume-ridge interaction shapes the crustal thickness pattern of the Réunion hotspot track

E. Bredow, B. Steinberger, R. Gassmöller, J. Dannberg

09:30 - 09:45 **GD.1-003**

Maximum Magnitudes of Subduction Earthquakes: Estimations from Cross-Scale Geodynamic Model

I. Muldashev, S. Sobolev

09:45–10:00 **GD.1-004**

Grain size assisted thermal runaway: a mechanism to generate intermediate-depth earthquakes and ductile shear zones

M. Thielmann, A. Rozel, B. Kaus, Y. Ricard

10:00–10:15 **GD.1-005**

Defining tectonic boundaries with satellite gravity gradients

P. Haas, J. Ebbing, C. Gaina

10:15–10:30 **GD.1-006**

The Cyclades, central Aegean Sea: Crust and Upper mantle properties of an exhumed margin

I. Papoulia, J. Makris

Führung auf dem historischen Telegrafenberg

(Anmeldung erforderlich)

Mittwoch, 29. März 2017 | 10:00–11:00

Treffpunkt: Telegrafenberg, Eingang GFZ (vor Haus G/Säulenforum)

Kaffeepause

Mittwoch, 29. März 2017 | 10:30–11:30

B1 Poster

Mittwoch, 29. März 2017 | 10:30–11:30 | Raum: SR 1. OG

AG.B-001

Sikyon - erste geophysikalische Prospektion einer sedimentierten antiken Stadtruine am Golf von Korinth

K. Rusch, H. Stümpel, W. Rabbel, S. Müth-Frederiksen, K. Kissas

AG.B-002

Seismische Untersuchung eines hellenistischen Grabhügels in Bergama (Türkei)

R. Mecking, W. Rabbel, E. Erkul, B. Driehaus

AG.B-003

Geophysikalische Prospektion der antiken Hafenstadt Ainos: von der Magnetik zur seismischen Wellenforminversion

M. Schwardt, D. Köhn, T. Wunderlich, D. Wilken, W. Rabbel, H. Brückner, M. Seeliger, T. Schmidts, M. Kocak, S. Başaran

AG.B-004

Der Karlsgraben im Fokus verschiedener geophysikalischer Verfahren (seismische Tomographie, GPR, ERT)

D. Wilken, T. Wunderlich, A. Fediuk, L. Werther, W. Rabbel

AG.B-005

Erkundung von Hohlräumen mit Georadar im Merseburger Dom

E. Erkul, T. Wiemann, K. Özkap, R. Sobott, T. Meier

GT.B-006

Geothermal Prospection in NE Bavaria - crustal heat supply by sub-sediment Variscan granites in the Franconian basin?

A. Schaarschmidt, H. de Wall, C. Dietl, L. Scharfenberg, M. Kämmlin, G. Gabriel

GT.B-007

Aufblicke und Einblicke in das Bruch- und Störungsmuster des Fränkischen Beckens -Ergebnisse aus LIDAR- und Bohrkernanalyse

I. Donhauser, M. Bestmann, C. Dietl, E. Zimmermann, L. Scharfenberg, H. de Wall

GT.B-008

Temporal variations in natural gamma radiation due to meteorological variabilities, cosmic radiation, and instrument characteristics

S. Schwarz, E. Erkul, M. Ibs-von Seht, W. Rabbel

UI.B-009

Borehole measurements and experimental investigations show significant mass transport in monitoring wells

S. Berthold

UI.B-010

Multimethodische Laboruntersuchungen von Lösungsprozessen an salzhaltigen Sedimenten

A. Rohlf, N. Scholz, K. Dünnbier, F. Börner

UI.B-011

Untersuchung von Veränderungen in Beton mit Codawelleninterferometrie

E. Niederleithinger, A.-S. Bertschat, V. Mierschke

UI.B-012**Ultraschall-Oberflächenmessungen an Sandstein-Epitaphen des Merseburger Doms**

H.-S. Hilbert, N.-P. Finger, A. Zink, R. Sobott, T. Meier

UI.B-013**Wirkung von Porositätsänderungen auf die komplexe elektrische Leitfähigkeit**

F. Börner, E. Müller-Huber

UI.B-014**Stress data and multi-stage 3D geomechanical-numerical modelling for the site selection process of a nuclear waste disposal site in Germany**

O. Heidbach, M. Ziegler, A. Henk, K. Reiter, T. Reiter, J. Reinecker, T. Röckel, B. Müller

UI.B-015**Aktive und passive Thermographie am Merseburger Dom**

Y. Esel, M. Tesch, D. Schulte-Kortnack, E. Erkul, R. Sobott, T. Meier

UI.B-016**Construction site investigation at Tønsberg hospital area**

U. Polom, J.S. Rønning, G. Tassis, J. Gellein, G. Druivenga

GD.B-017**Post-magma ocean mixing of reservoirs inside the angrite parent body**

G. Golabek, B. Bourdon, A. Rozel, T. Gerya

GD.B-018**Joint high-resolution seismic and large-scale geoelectrical surveys for the characterization of planned PIER-ICDP fluid-monitoring sites in the Eger Rift zone of NW-Bohemia**

H. Simon, S. Buske, C. Flechsig, T. Günther, T. Nickschick

GD.B-019**Rheology of the lithosphere in the foreland of the central Andes from data-integrative gravity, thermal and rheological modelling**

C. Meeßen, M. Scheck-Wenderoth, J. Sippel, M. Strecker

GD.B-020**Influence of heat-piping on the onset of plate tectonics**

P. Baumeister, N. Tosi

GD.B-021**Present-day Mars' seismicity predicted from 3-D thermal evolution models of interior dynamics**

A.-C. Plesa, M. Knapmeyer, M. Golombek, D. Breuer, M. Grott, N. Tosi

GD.B-022**Analytical calculations of salt-tectonic deformation driven by sub-salt normal faulting and coeval syn-kinematic sedimentation**

M. Warsitzka, N. Kukowski, J. Kley

GD.B-023**On the relative importance of thermal and chemical buoyancy in impact-induced melting on Mars**

T. Ruedas, D. Breuer

GD.B-024**Interior responses to impacts by different impactor types**

T. Ruedas, D. Breuer

GD.B-025**A complex melt network: Geometric properties and application to the matrix viscosity of the olivine-basalt-system**

J.P. Kruse

GD.B-026**Onset of solid state mantle convection and mixing during magma ocean solidification**

M. Maurice, N. Tosi, H. Samuel, A.-C. Plesa, C. Hüttig, D. Breuer

GD.B-027**Foreland uppermost crustal deformation in orogens: first results of high-resolution thermomechanical models in Central Andes**

S. Liu, S. Sobolev, A. Babeyko, F. Krüger, J. Quinteros, A. Popov

MA.B-028**Detection and characterisation of magnetic heavy mineral lag deposits at Orokawa Beach (New Zealand) using high-resolution core images and magnetic susceptibility measurements**

A. Schürer, T. von Dobeneck

MA.B-029**Vergleichsstudie zu aeromagnetischen Totalfeld- und Gradientendaten im Geyerschen Wald, Erzgebirge**

M. Queitsch, M. Schiffler, M. Ibs-von Seht, B. Siemon, U. Meyer, M. Meyer, R. Stolz, N. Kukowski

MA.B-030**Satellite data and the long-wavelength part of aeromagnetic compilations – Examples using the Australian National database**

Y. Dilixiati, J. Ebbing, N. Holzrichter

MA.B-031**Assessment of global Late Quaternary geomagnetic field variations**

S. Panovska, M. Korte, C. Constable

MA.B-032**Analysis of magnetic and gravity data on the mid-Norwegian margin**

N.-P. Finger, J. Ebbing, P. Roy Chowdhury

S3.B-033**Investigation of sinkhole areas using 2D shear wave reflection seismics and zero-offset VSP**

S. Tschache, S. Wadas, U. Polom, C.M. Krawczyk

S3.B-034**Steigerung des Signal zu Rausch Verhältnisses bei Feld-NMR (SNMR, MRS) Messungen mittels Vorpolarisation.**

T. Radic, S. Costabel

S3.B-035**Seismic Investigation of the Glacier de la Plaine Morte, Switzerland**

G. Laske, M. Krage, F. Lindner, F. Walter

S3.B-036**Deformationsüberwachung mit Gravimetrie? Ein Experiment im Erdfallgebiet in Hamburg-Flottbek**

A. Weise, G. Gabriel, T. Kersten, S. Schön, L. Timmen, D. Vogel

S3.B-037**Evaluation of a fast 3D linear theory for interpreting EMI conductivities measured with portable multi-configuration sensors**

J. Guillemoteau, J. Tronicke

S3.B-038**An Investigation of the Vertical Water-Content Distribution Using Guided GPR Waves**

S. Stadler, J. Igel, K. Spitzer

S3.B-039**Field Data Application of Sequential Full-Waveform Inversion of Refracted and Rayleigh Waves**

N. Athanasopoulos, T. Bohlen

S3.B-040**Oberflächennahe geophysikalische Untersuchungen des Aufbaus der Verwitterungszone im Schwarzwald und im Bayerischen Wald**

B. Preugschat, M. Stiller, A. Rohlfs, D. Uhlig

S3.B-041**Bestimmung der Fließdynamik in einem Mäanderbogen mittels invasiver sowie nicht invasiver geophysikalischer und direct push-gestützter Messverfahren**

M. Pohle, M. Kreck, N. Trauth, L. Busato, J. Boaga, P. Dietrich, C. Schütze, T. Vienken, U. Werban

S4.B-042**Combined Radiation Belt - Plasma Sheet System Modeling**

N. Aseev, Y. Shprits, A. Kellerman, A. Drozdov, H. Zhu

S4.B-043**Modeling Anomalous Rayleigh-wave Azimuthal Anisotropy near Hawaii**

G. Laske, L. Ramme

S4.B-044**Validation of three-dimensional data assimilation and reanalysis of radiation belt electrons**

J.S. Cervantes-Villa, Y.Y. Shprits

S4.B-045**Geodynamic modelling of the ice-ocean system on Enceladus**

H. Hellard, F. Sohl, W. Van der Wal, T. Steinke

S4.B-046**EMIC Waves Observed by Van Allen Probe in the Inner Magnetosphere**

D. Wang, Z. Yuan, X. Yu, C.A. Kletzing, J.R. Wygant

S4.B-047**Earthquake Induced Surface Deformation Measured by VLBI**

N. Thoonsaengngam, H. Schuh, R. Heinkelmann, M. Karbon

S4.B-048**The new World Stress Map database release 2016 - global crustal stress pattern across scales vs. absolute plate motion**

O. Heidbach, M. Rajabi, K. Reiter, M. Ziegler

S4.B-049**Observation and modelling of scattering in the deep Earth**

C. Thomas, M. Thorne

S4.B-050**Untersuchung der Ozeanauflast anhand nicht-linearer, nicht-stationärer Ozeanmodelle an verschiedenen, europäischen supraleitenden Gravimetern**

E. Schroth, T. Forbriger, M. Westerhaus, M. Müller, A. Mehra, L. Liu, M. Thomas, J. Saynisch

S4.B-051**Global moment tensor computation at GFZ Potsdam**

J. Saul, W. Hanka, J. Becker

S4.B-052**Modeling long-term magnetospheric field perturbations recorded by geomagnetic observatories**

L. Pick, M. Korte

BL.B-053**Interpretation geophysikalischer Bohrlochmessungen: Empirische Gleichungen für thermische Parameter von Sedimentgesteinen**

S. Fuchs, N. Balling, A. Förster

BL.B-054**Combined borehole seismic and downhole logging to characterise mid-crustal deformation patterns in the Scandinavian Caledonides**

F. Krauß, P. Hedin, B. Almqvist, H. Simon, S. Pierdominici, R. Giese, S. Buske, C. Juhlin, H. Lorenz

BL.B-055**Correlation of small scale variability of rock physical properties revealed from geophysical borehole and core logging**

P. Methe, N. Kukowski, A. Goepel

BL.B-056**Eine Fallstudie über die Änderung der petrophysikalischen Eigenschaften von Bohrkernen aus Werkendam (Holland) aufgrund der Interaktion mit superkritischem CO₂**

N. Hbib, A. Mansfeld, G. Nover

BL.B-057**Dreikomponentige Bohrlochmagnetik in der Angewandten Geophysik**

C. Virgil, M. Neuhaus, S. Ehmann, A. Hördt, M. Leven, R. Giese

BL.B-058**Methodische Entwicklung zur automatisierten Bestimmung des elektrischen Gebirgswiderstandes aus Elektro-Log-Messungen**

S. Nagel, F. Triller, C. Rücker, F. Börner

BL.B-059**Erste Ergebnisse des wissenschaftlichen Bohrens am frontalen Akkretionsrücken „Rock Garden“ der Hikurangi Subduktionszone vor der Ostküste der Neuseeländischen Nordinsel**

C. Schwarze, A. Goepel, N. Kukowski, T. Freudenthal, K.-U. Totsche, G. Crutchley, S. Henrys, S. Karsten, N. Kaul, J. Kuhlmann, J. Mountjoy, T. Pape, M. Torres, H. Villinger, K. Huhn, A. Orpin

SM.B-060

Imaging the Alpine Fault: preliminary results from a detailed 3D-VSP experiment at the DFDP-2 drill site in Whataroa, New Zealand

V. Lay, S. Buske, J. Townend, R. Kellett, M. Savage, D.R. Schmitt, A. Constantinou, J. Eccles, D. Lawton, K. Hall, M. Bertram, A. Gorman, DFDP Whataroa 2016 Science Team

SM.B-061

Simulation der seismischen Wellenausbreitung in realistischen Tunnelmodellen

A. Lorenz, O. Hellwig, A. Kassel, S. Buske

SM.B-062

Seismic investigation of a geothermal reservoir in southern Tuscany, Italy

F. Loch, L. Schreiter, S. Buske

SM.B-063

Ableitung eines Geschwindigkeitsmodells mittels Ersteinsatztomographie zur mineralischen Rohstoffexploration im Raum Geyer (Erzgebirge)

C. Seupel, F. Hlousek, S. Buske

SM.B-064

3D seismic first-arrival travel-time tomography at the Alpine Fault in Whataroa, New Zealand

S.B. Bodenburg, V. Lay, S. Buske, DFDP Whataroa 2016 Seismic Project Team

SM.B-065

Geschwindigkeitsanalyse in transversal-isotropen Medien

C. Mann, M. Riedel, S. Buske

SM.B-066

Charakterisierung unverfestigter Kippensedimente mittels Wellenfeldinversion

F. Hlousek, S. Buske, J. Keßler, W. Kudla, B. Lucke, R. Mittag, G. Pratt, H. Thoma

SM.B-067

S-Wellen-Tomographie aus seismischen Dreikomponenten Oberflächen- und Bohrloch-Daten an der COSC-1 Tiefbohrung (Schweden)

M. Klaffenbach, H. Simon, S. Buske, R. Giese, C. Juhlin

SM.B-068

Wavelet Transformation zur Abgrenzung von seismischen Mustern für die Fazies Interpretation

H. von Hartmann, H. Bunes

SM.B-069

Sparse acquisition for cable-less seismic exploration

S. Jang, S. Hwang, D. Lee

SM.B-070

Cable-free seismic exploration for tunnel design and lava cavity detection

S. Hwang, S. Jang, D.H. Lee, T. Kim, H. Jung, H. Yi

SM.B-071

Characterization of Bright Reflectors imaged in the West Bohemia Seismic Zone

C. Alexandrakis, L. Schreiter, T. Jusri, S. Buske

SM.B-072

Oberflächennahe Seismik in Hartoušov Süd und im Nationalpark Soos

H. Melaku, H. Flores Estrella, M. Korn

SM.B-073

Near surface seismic by windpark Neumark, Sachsen, Germany

K. Schering, H. Flores Estrella, E. Sondermayer, M. Korn

SM.B-074

Noise attenuation on 3D Seismic project „Juzni Banat I“

V. Stojanovic

SM.B-075

A solution to irregular binning of two different orientation 3D seismic surveys

I. Petrovic

SM.B-076

Beschleunigungssensoren bei einer 3D-Seismik in München: Eine Alternative?

B. Wawerzinek, H. Buness, R. Thomas

SM.B-077

Geothermal prospecting and the role of seismic velocity uncertainties

W. Rabbel, D. Köhn, H.B. Motra, J. Niederau, M. Thorwart, F. Wuttke,
T. DESCRAMBLE Working Group

GR.B-078

Gravimetrische Wiederholungsmessungen und Präzisionsnivellements im Erdfallgebiet Bad Frankenhausen

M. Kobe, G. Gabriel, C.M. Krawczyk, A. Weise, D. Vogel

GR.B-079

Effekt mariner und kontinentaler Sedimentbecken auf die Schweregradienten in der Antarktis

R. Hartmann, F. Pappa, J. Ebbing

GR.B-080

Implications of a deep Moho for the isostatic state of the Northern Scandinavian Mountains

T.J. Schulze Dieckhoff, J. Ebbing, W. Ben Mansour

MG.B-081

Microtremor H/V(z, f) modeling for shallow sedimentary subsurface in marine environment

A.M. Lontsi, J.C. Molina-Villegas, A. García-Jerez, F.J. Sánchez-Sesma, M. Ohrnberger, F. Krüger, C. Molkenthin

MG.B-082

Structural evolution of deep-water submarine intraplate volcanoes / Azores

J. Stakemann, C. Hübscher, C. Beier, A. Hildenbrand, P. Nomikou, P. Terrinha, B. Weiß

MG.B-083

Tectonic Evolution of the Terceira Rift (Azores)

S. Stratmann, C. Hübscher, P. Terrinha, F.O. Marques, B. Weiß

MG.B-084

Deep Sea Basins - South of Turkey's Beydağları&Isparta Angle Complex in Eastern Mediterranean

M. Senoz

MG.B-085

Relationship between tectonics, glacial erosion, fluid migration as well as contourite and cyclic step deposition in the Skagerrak Trench

J. Preine, M. Hüsing, H. Grob, C. Hübscher

MG.B-086

Image of the crustal structure beneath the Ionian Sea using seismic wide-angle reflection and refraction data

M. Wieprich, A. Dannowski, H. Kopp, M.-A. Gutscher, F. Klingelhoefer, D. Dellong, A. Krabbenhoeft, D. Klaeschen

MG.B-087

Crustal structure of the eastern Sunda margin offshore Java, Lombok, and Sumba from deep-penetrating seismic reflection data

Y. Xia, D. Klaeschen, H. Kopp, M. Schnabel

MG.B-088

Ein geophysikalischer Ansatz zur On- und Offshore-Vermessung von oberflächen-nahen Süßwasser-Salzwasserübergängen

E. Erkul, A. Fediuk, M. Gräber, D. Wilken, T. Wunderlich, J. Scholten

SO.B-089

Balochistan (Pakistan) earthquake of 28 October 2008 and its later effect: Coulomb Stress transfer Model Analysis

R. K. GUPTA

SO.B-090**Hydraulic fracturing at the Wysin site (Poland): detection performance using a microseismic synthetic catalogue and real data**

J.A. López Comino, S. Cesca, M. Kriegerowski, S. Heimann, T. Dahm, J. Mirek, S. Lasocky

SO.B-091**Detecting, locating and characterizing acoustic emissions of hydraulic fractures at Äspö (Sweden)**

J.A. López Comino, S. Cesca, S. Heimann, F. Grigoli, C. Milkereit, T. Dahm, A. Zang

SO.B-092**Towards an automated full waveform regional moment tensor inversion in Northern Chile**

F. Gehrke, S. Cesca

SO.B-093**Earthquake source-type variations at the Salton Sea geothermal field, California**

S. Bentz, P. Martínez-Garzón, G. Kwiatek, M. Bohnhoff, J. Renner

SO.B-094**Deep Micro-earthquake Detection Threshold in the East Eifel Volcanic Field (DEEP-TEE Recording)**

M. Koushesh, J. Ritter

SO.B-095**Identification of potential seismogenic active faults in NW Germany**

P. Uta, C. Brandes, C. Bönemann, T. Plenefisch, J. Winsemann

SO.B-096**Modeling the Holocene slip history of the Wasatch fault (Utah): coseismic and post-seismic Coulomb stress changes and implications for seismic hazard**

M. Bagge, A. Hampel, R. Gold

SO.B-097**Untersuchungen zur Triggerung der seismischen Aktivität im Schwarmbebengebiet von Nový Kostel (NW-Böhmen) durch Porendruckänderungen**

J. Heinicke, H. Woith, C. Alexandrakis, S. Buske

SO.B-098**Seismoelectric ground response to local and regional earthquakes**

L. Dzieran, W. Rabbel, M. Thorwart, O. Ritter

SO.B-099**Long-period tilt-induced accelerations associated with hydraulic fracturing**

T. Dahm, C. Milkereit, J.A. Lopez Comino, N. Nooshiri, S. Cesca, A. Zang

SO.B-100**Seismic signals due to wind turbines - techniques to investigate the impact of wind turbines on seismic records**

T. Zieger, J. Ritter

SO.B-101**Diffraction stacking seismic event localization based on the Akaike Information Criterion**

A. Hendriyana, K. Bauer, U. Muksin, M. Weber

SO.B-102**Analysis of the 2016 seismic sequence in Central Italy**

T. Braun, S. Cesca, F. Grigoli, M. Kriegerowski, J.A. Lopez Comino, T. Dahm

SO.B-103**Detektion von seismischen Ereignissen in der Umgebung der GRSN – Station Bad Segeberg mittels Wellenformähnlichkeitsdetektors**

J. Peikert, S. Mader, K. Olbert, T. Meier

SO.B-104**Lowering the threshold of centroid moment tensor (CMT) estimation by implementing source-specific station terms**

N. Nooshiri, S. Heimann, T. Dahm

SO.B-105**Linear diffusion of pore-fluid pressure in hydraulically heterogeneous media: An approach to explain spatio-temporal features of fluid-induced seismicity**

L. Johann, C. Dinske, S.A. Shapiro

SO.B-106**Seismicity and neotectonics of the Laptev sea region (SIOLA project)**

F. Krüger, W. Geissler, S. Shibaev, C. Haberland, B. Baranov

SO.B-107**Rupture Directivity of Aftershocks of the 2014 Mw8.1 Iquique Earthquake, Northern Chile, using P wave Polarization Analysis**

J. Folesky, J. Kummerow, S. Shapiro, F. Tilmann

SO.B-108**Location of microseismic events in the Schlema-Alberoda mining area**

H. Hassani, F. Hlousek, C. Alexandrakis, S. Buske

SO.B-109**Die Erdbebenserie im Hegau 2016/2017**

S. Stange, M. Hensch, F.-A. Rodler, W. Brüstle

SO.B-110

Time Reverse Imaging to localise and characterise seismic events

C. Werner, F. Stöckhert, E.H. Saenger

SO.B-111

Relative t^* tomography approach from spectral ratio pairs in seismic clusters

M. Kriegerowski, S. Cesca, T. Dahm, F. Krüger

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik

Mittwoch, 29. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H01

Moderation: Wolfgang Rabbel

11:30–11:45 **S3.4-001**

Time-domain full waveform inversion of Rayleigh waves in presence of free surface topography

Y. Pan, L. Gao, T. Bohlen

11:45–12:00 **S3.4-002**

ActiveSeismoPick3D - a tool for automatic picking of 3D active seismic data, fast refraction tomography and velocity model visualization

M. Paffrath, S. Wehling-Benatelli, L. Küperkoch, N. Hauburg, M.S. Boxberg, W. Friederich

12:00–12:15 **S3.4-003**

Magnetische Kartierung sowie 3D-refraktionsseismische und elektrische Tomographie zur Untersuchung eines Phonolith-Diatrems bei Rockeskyll, Westeifel

M.S. Boxberg, N. Hauburg, N. Plumpe, M. Paffrath, W. Friederich

12:15–12:30 **S3.4-004**

Der Erdfall von Schmalkalden – Hochauflösende Abbildung der oberflächennahen Strukturen mit SH-Wellen Reflexionsseismik

S.H. Wadas, S. Tschache, U. Polom, C.M. Krawczyk

MG Marine Geophysik

Mittwoch, 29. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H02

Moderation: Udo Barckhausen

11:30–11:45 **MG.2-001**

The structure of a Mesozoic to Paleozoic basin in the northern Barents Sea

A. Ehrhardt, P. Klitzke, K. Berglar, R. Lutz

11:45–12:00 **MG.2-002**

Multichannel Seismic Investigation within the Laurentian Fan System, Offshore Newfoundland

K. Lindhorst, S. Krastel

12:00–12:15 **MG.2-003**

Baltic sector of the Trans-European Suture Zone revisited – First results from the "BalTec" expedition

C. Hübscher, V. Damm, M. Engels, C. Juhlin, C. Krawczyk, M. Malinowski, V. Noack, M. Schnabel, E. Seidel

12:15–12:30 **MG.2-004**

Near Surface Tectonics in the Baltic Sea Sector of the North German Basin and the Tornquist Zone

M. Al-Hseinat, C. Hübscher

12:30–12:45 **MG.2-005**

The formation of seafloor sediment waves by internal waves along the Israel continental slope

S. Reiche, C. Hübscher, S. Brenner, C. Betzler, J.K. Hall

12:45–13:00 **MG.2-006**

Investigations on Gas Hydrate Occurrences in the Western Black Sea with the Sputnik Controlled Source Electromagnetic System

S. Hölz, S. Duan, G. Li, K. Schwalenberg, M. Jegen

SO Seismologie - Seismicity and earthquake studies

Mittwoch, 29. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H04

Moderation: Joachim Saul

11:30–11:45 **SO.6-001**

Anatomy of a subduction zone – seismicity structure of the northern Chilean forearc from >100,000 double-difference relocated earthquake hypocenters

C. Sippl, B. Schurr

11:45–12:00 **SO.6-002**

Seismotectonic setting of the Marmara segment of the North Anatolian Fault Zone from local stress inversion based on a refined high precision hypocenter catalogue (2006-2016)

C. Wollin, M. Bohnhoff, L. Küperkoch, P. Martínez-Garzón

12:00–12:15 **SO.6-003**

The 2015 M7.2 Sarez, Central Pamir, Earthquake And The Importance Of Strike-Slip Faulting In The Pamir Interior: Insights From Geodesy And Field Observations

S. Metzger, B. Schurr, L. Ratschbacher, T. Schöne, S.-K. Kufner, Y. Zhang, H. Sudhaus

12:15–12:30 **SO.6-004**

Co-Seismische Spannungsveränderungen durch die beiden Mw 6 Erdbeben in Süd-Island im Mai 2008

M. Hensch, B. Lund, T. Arnadóttir, B. Brandsdóttir

12:30–12:45 **SO.6-005**

Analysis of volcano-related seismicity to constrain the magmatic plumbing system beneath Fogo, Cape Verde, by (multi-) array techniques

C. Dietrich, I. Wölbern, B. Faria, G. Rümpker

12:45–13:00 **SO.6-006**

Compound dislocation models (CDMs) for volcano deformation modelling with application to the 2015 Calbuco eruption, Chile

M. Nikkhoo, T.R. Walter, P.R. Lundgren, P. Prats-Iraola

DGG-Kolloquium

Mittwoch, 29. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H05

GD Geodynamik

Mittwoch, 29. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H06

Moderation: Magdalena Scheck-Wenderoth

11:30–11:45 **GD.2-001**

Conversion of passive margins into subduction zones triggered by the mantle flow

M. Baes, S. Sobolev

11:45–12:00 **GD.2-002**

Three-dimensional thermo-mechanical finite element modelling of the Andean subduction zone – A Parameter Study

C. Salomon, T. Jahr, K. Ustaszewski

12:00–12:15 **GD.2-003**

Zooming into the Hindu Kush slab break-off: a rare glimpse on the terminal stage of subduction

S.-K. Kufner, B. Schurr, C. Haberland, Y. Zhang, J. Saul, A. Ischuk, I. Oimahmadov

12:15–12:30 **GD.2-004**

Numerical and analog models of along-strike changes in rift architecture: Interaction between the Kenyan and Ethiopian rifts across the Turkana depression

S. Brune, G. Corti, G. Ranalli

12:30–12:45 **GD.2-005**

Shallow thermal field variations across continental volcanic passive margins that significantly contrast in the breakup age

E. Gholamrezaie, M. Scheck-Wenderoth, J. Sippel

12:45–13:00 **GD.2-006**

Geophysical-petrological modeling of the Saharan Metacraton lithosphere

M. Sobh, J. Ebbing, H.-J. Götze, M. Abdelsalam

UI Umwelt- und Ingenieurgeophysik

Mittwoch, 29. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H08

Moderation: Ulrike Werban

11:30–11:45 **UI.1-001**

Reservoir characterization by stress rotation

M. Ziegler, O. Heidbach, A. Zang

11:45–12:00 **UI.1-002**

From Characterizing Subsurface Aquifer Structures to Understanding Nutrient Pathways: Exploring Surface Geophysical, Direct Push, Chemical, and Nitrate Stable Isotopic Tools

A.U. Utom, U. Werban, P. Dietrich

12:00–12:15 **UI.1-003**

Direct Push gestützte geotechnische und hydrogeologische Charakterisierung einer aktiven Erdfallzone

T. Tippelt, T. Vienken, R. Kirsch, P. Dietrich, U. Werban

12:15–12:30 **UI.1-004**

Schnellfahrende Zustandsuntersuchung von Bahntrassen

J. Wolf, D. Hofmann, J. Niessen

12:30–12:45 **UI.1-005**

Prognose von Erschütterungen bei Baumaßnahmen an Wasserstraßen

J. Götz, R. Zierach, U. Zerrenthin

Mittagspause

Mittwoch, 29. März 2017 | 13:00–14:00

Lunchseminar Karriereperspektiven

UP, Campus Griebnitzsee (Hörsaal H1)

Mittwoch, 29. März 2017 | 13:00–14:00

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik – Plenarvortrag

Mittwoch, 29. März 2017 | 14:00–15:00 | Raum: H05

Moderation: Jens Tronicke

14:00–15:00 **S3.PV.S3**

Potential and limits of seismo-electromagnetic wave conversions for geophysical imaging

Stéphane Garambois

S4 Globale Beobachtungen und Modellierung

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H01

Moderation: Nikita Aseev

15:00–15:15 **S4.1-001**

Dynamic Evolution of the Van Allen Radiation Belts

Y. Shprits

15:15–15:30 **S4.1-002**

Global dynamic evolution of the cold plasma inferred with neural networks

I. Zhelavskaya, Y. Shprits, M. Spasojevic

15:30–15:45 **S4.1-003**

Empirical models of thermospheric mass density derived from CHAMP satellite

C. Xiong, H. Luehr, C. Stolle

15:45–16:00 **S4.1-004**

Global monitoring by the Swarm satellite constellation mission

C. Stolle, G. Kervalishvili, H. Lühr, I. Michaelis, J. Rauberg, J. Rodriguez-Zuluaga, M. Rother, C. Xiong

SM Seismik

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H02

Moderation: Stefan Buske

15:00–15:15 **SM.1-001**

Seismostratigraphy of the Eastern Lomonosov Ridge and Adjacent Amundsen Basin

E. Weigelt, W. Jokat

15:15–15:30 **SM.1-002**

Integrative velocity model building for imaging a geothermal reservoir in southern Tuscany, Italy

L. Schreiter, S. Ciuffi, S. Buske

15:30–15:45 **SM.1-003**

Joint acoustic full-waveform and gravity inversion applied to a synthetic salt dome model

M. Pontius, T. Bohlen, P. L. Smilde, C. Mueller

15:45–16:00 **SM.1-004**

A correlation-based time-lapse full-waveform inversion for cross-well data

I. Abakumov, D. Kiyashchenko, B. Kashtan, D. Gajewski

SO Seismologie - Seismicity and earthquake studies

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H04

Moderation: Martin Hensch

15:00–15:15 **SO.7-001**

GEOFON services for the German geophysical community

A. Strollo, J. Saul, J. Quinteros, P. Evans, R. Zaccarelli, A. Heinloo, S. Hemmleb, T. Zieke, M. Guenther, K.-H. Jäckel, W. Hanka, F. Tilmann

15:15–15:30 **SO.7-002**

A New Seismic Bulletin for the European Arctic

J. Schweitzer, Y. Konechnaya, A. Fedorov, S. Gibbons, M. Pirli

15:30–15:45 **SO.7-003**

Überarbeitung des Erdbebenkataloges des International Seismological Centre (ISC)

K. Lieser, J. Harris, D. Storchak, L. Brown, B. Shumba, E. Delahaye, R. Verney

15:45–16:00 **SO.7-004**

STRATEGY - Seismic neTWork/Array in norThwEstern arGentina

M. Zeckra, F. Krüger, A. Landgraf, G. Aranda, F. Hongn, F. Morales, P. Alvarado

GR Gravimetrie

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:00–15:30 | Raum: H06

Moderation: Andreas Hördt

15:00–15:15 **GR.1-001**

Antarctica's lithosphere revealed in an integrated 3D density model

F. Pappa, J. Ebbing, F. Ferraccioli, W. van der Wal

15:15–15:30 **GR.1-002**

The rim of Baltica – 3D Modeling of lithospheric transition along the northern segment of the Trans-European Suture Zone

E. Berndt, J. Ebbing, C. Weidle

UI Umwelt- und Ingenieurgeophysik

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:00–15:30 | Raum: H08

Moderation: Niklas Allroggen

15:00–15:15 **UI.2-001**

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

M. Grohmann, E. Niederleithinger, S. Buske

15:15–15:30 **UI.2-002**

Lokalisierung von geotechnischen Ereignissen mittels Diffraktionssummation

F. Hlousek, S. Buske, J. Keßler, W. Kudla, B. Lucke, R. Mittag, H. Thoma

MA Magnetik/Erdmagnetismus

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:30–16:00 | Raum: H06

Moderation: Andreas Hördt

15:30–15:45 **MA.1-001**

Correlation Based Bayesian Modelling of the Holocene Geomagnetic Field

S. Mauerberger, M. Korte, M. Holschneider

15:45–16:00 **MA.1-002**

A qualitative interpretation of Aeromagnetic Data over Dahomey basin, southwest Nigeria

G. Mosuro, J. Ebbing

AG Archäogeophysik - AG

Mittwoch, 29. März 2017 | 15:30–16:00 | Raum: H08

Moderation: Niklas Allroggen

15:30–15:45 **AG.1-001**

PingPong: Ein marines Reflexionsseismiksystem für die archäologische Prospektion in flachen Gewässern

D. Wilken, T. Wunderlich, H. Hollmann, M. Schwardt, W. Rabbel, C. Mohr,
D. Schulte-Kornack

15:45–16:00 **AG.1-002**

Geophysikalische Erkundung von Pfahlbauresten im oberen Zürichsee

J. Hugenschmidt, A. Mäder

Kaffeepause

Mittwoch, 29. März 2017 | 16:00–17:00

B2 Poster – siehe B1, S. 64

Mittwoch, 29. März 2017 | 16:00–17:00 | Raum: SR 1. OG

Mitgliederversammlung

Mittwoch, 29. März 2017 | 17:00–19:00 | Raum: H05

Öffentlicher Abendvortrag Erdbeben in Italien: Von Friaul (1976) bis Amatrice (2016) – wie geht es weiter?

Mittwoch, 29. März 2017 | 20:00–21:00 | Potsdam Museum

Sprecher: Thomas Braun

S4 Globale Beobachtungen und Modellierung

Donnerstag, 30. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H01

Moderation: Stephan Sobolev

09:00 - 09:15 **S4.2-001**

Can a single plume explain widespread volcanism in the North Atlantic / Greenland region around 60 Ma?

B. Steinberger, E. Bredow, S. Lebedev, A. Schaeffer, T. Torsvik

09:15 - 09:30 **S4.2-002**

Are Superplumes a Myth?

B. Steinberger, C. Conrad

09:30 - 09:45 **S4.2-003**

A worldwide census of continental rifting since 250 Ma: Impact on global plate motions and paleo-climate

S. Brune, S. Williams, N. Butterworth, D. Müller

09:45–10:00 **S4.2-004**

Evaluating the influence of plate boundary friction and mantle viscosity on plate velocities

A. Osei Tutu, B. Steinberger, I. Rogozhina, S. Sobolev

10:00–10:15 **S4.2-005**

Sub-lithospheric structure beneath the Iranian Plateau from integrated geo-physical-petrological modeling of slab breakoff

N. Mousavi, J. Ebbing

10:15–10:30 **S4.2-006**

Begrenzte Polwanderung als Hinweis auf beständige Triaxialität der nichthydro-statischen Figur der Erde

B. Steinberger, M.-L. Seidel, T. Torsvik

SM Seismik

Donnerstag, 30. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H02

Moderation: Thomas Bohlen

09:00 - 09:15 **SM.2-001**

Seismische Abbildungsmethoden von Übertiefen Alpinen Tälern und Becken

T. Burschil, H. Bunn, D.C. Tanner, G. Gabriel, C.M. Krawczyk

09:15 - 09:30 **SM.2-002**

Geophysikalische Erkundung für die Tunnelneubaustrecke Dresden-Prag im Bereich der Struktur Börnersdorf

L. Sonnabend, F. Hlousek, S. Buske

09:30 - 09:45 **SM.2-003**

Anwendbarkeit von Migrationsoperatoren für die Zustandsüberwachung von industriellen Strukturen mittels geführten elastischen Wellen

R. Neubeck, S. Buske, B. Weihnacht

09:45–10:00 **SM.2-004**

Analytische Fernfeldlösung der seismischen Wellenausbreitung im Rahmen der Bohrlochvorauserkundung

M. Linke, T. Geerits, O. Hellwig, S. Buske

10:00–10:15 **SM.2-005**

Implementierung exakter Randbedingungen an der Bohrlochachse für seismische Finite-Differenzen-Simulationen in Zylinderkoordinaten

O. Hellwig, M. Linke, S. Buske

10:15–10:30 **SM.2-006**

Geschwindigkeitsvoraussage mittels des Porositätsdeformationsansatzes: einige unterstützende Bedingungen für die Parameter

S. Mayr, V. Sviridov, S. Shapiro

SO Seismologie - Induced seismicity

Donnerstag, 30. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H04

Moderation: Simone Cesca

09:00 - 09:15 **SO.8-001**

Insight into subdecimeter fracturing processes during hydraulic fracture experiment in Äspö hard rock laboratory, Sweden

G. Kwiatek, P. Martínez-Garzón, K. Plenkers, M. Leonhardt, A. Zang, M. Bohnhoff, G. Dresen, O. Stephansson, L. Stenberg

09:15 - 09:30 **SO.8-002**

Volumetric components in the earthquake source related to fluid-injection and stress state

P. Martínez-Garzón, G. Kwiatek, M. Bohnhoff, G. Dresen

09:30 - 09:45 **SO.8-003**

Rezente Seismizität im Raum Rotenburg – Resume und Perspektiven

G. Mokolke, R. Häfner, Z. Heinrich, S. Kolß, B. Sick, M. Walter, M. Joswig

09:45–10:00 **SO.8-004**

Charakterisierung lokaler Standorteffekte durch Bestimmung von 1D-Vs-Geschwindigkeitsprofilen und Wellenforminversion im Bereich der norddeutschen Gaslagerstätten

M. Fehr, S. Kremers, R. Fritschen

10:00–10:15 **SO.8-005**

Passive seismische Standortcharakterisierung für Endlager radioaktiver Abfallstoffe: Fallbeispiel Mont Terri, Schweiz

M. Walter, P. Blascheck, C. Nussbaum, S. Schefer, M. Joswig

BL Bohrlochgeophysik

Donnerstag, 30. März 2017 | 09:00–10:30 | Raum: H06

Moderation: Thomas Wonik

09:00 - 09:15 **BL.1-001**

Messsystem zur Charakterisierung von Horizontalfilterbrunnen

M. Lay, S. Berthold, F. Börner, P. Reimann, T. Daffner, M. Huber

09:15 - 09:30 **BL.1-002**

Die Analyse von NMR-Relaxationsmoden zur hydraulischen Charakterisierung von verockerten Sanden und Kiesen

S. Costabel, C. Weidner, M. Müller-Petke, G. Houben

09:30 - 09:45 **BL.1-003**

Characterizing Two-Phase Fluid Flow Experiments by Means of Continuous NMR Monitoring

T. Hiller, G. Hoder, A. Amann-Hildenbrand, N. Klitzsch

09:45–10:00 **BL.1-004**

Petrophysical anisotropy study of several parameters by multiple method analysis

F. Dertnig, N. Gegenhuber

10:00–10:15 **BL.1-005**

Combining multi-scale geophysical and drill-core data to improve hydraulic characterization of continental sedimentary basins

N. Kukowski, A. Goepel, P. Methe

10:15–10:30 **BL.1-006**

Petrophysical Characterization and Oil Potentialities of Unconventional Resource Development by utilizing Well Log Analysis and Delta Log R technique, Gulf of Suez, Egypt

A. Rashed

Kaffeepause

Donnerstag, 30. März 2017 | 10:30–11:30 | Raum: H01

B3 Poster – siehe B1, S. 64

Donnerstag, 30. März 2017 | 10:30–11:30 | Raum: SR 1. OG

S4 Globale Beobachtungen und Modellierung

Donnerstag, 30. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H01

Moderation: Jörg Ebbing

11:30–11:45 **S4.3-001**

New insights into the mineralogy of D" beneath the North Atlantic region

S. Durand, C. Thomas

11:45–12:00 **S4.3-002**

Observations of high frequency teleseismic wave scattering at distances beyond 140 degrees

C. Sens-Schönfelder, K. Bataille, M. Bianchi

12:00–12:15 **S4.3-003**

Impact of crustal model errors on mantle gravity residuals

W. Szwillus, J. Ebbing, W.D. Mooney

12:15–12:30 **S4.3-004**

Consistent 3D Earth modelling by integrating seismological and satellite gravity data

J. Ebbing, B. Root, W. Szwillus, 3D Earth Study Team

12:30–12:45 **S4.3-005**

On global and regional aspects of archeomagnetic intensity spikes

M. Korte, C. Constable

12:45–13:00 **S4.3-006**

Identifying ENSO's footprints in the oceanic tidal magnetic field

J. Petereit, J. Saynisch, M. Thomas

SM Seismik

Donnerstag, 30. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H02

Moderation: Christian Haberland

11:30–11:45 **SM.3-001**

Seismic imaging of the K-Horizon below a geothermal field in mid-southern Tuscany

T. Jusri, R. Bertani, I. Dini, S. Buske

11:45–12:00 **SM.3-002**

Pre-stack depth migration of surface and VSP data in an anisotropic crystalline environment at the COSC-1 borehole, central Sweden

H. Simon, S. Buske, F. Krauß, R. Giese, P. Hedin, C. Juhlin

12:00–12:15 **SM.3-003**

Advanced 3D CRS processing

J. Walda, I. Abakumov, D. Gajewski

12:15–12:30 **SM.3-004**

Quantifying diffracted and passive event location uncertainties with local wavefront measurements

A. Bauer, B. Schwarz, D. Gajewski

12:30–12:45 **SM.3-005**

Analysis of the influence of wind turbine noise on seismic recordings

H. Flores Estrella, M. Korn, K. Alberts, F. Hänel, E. Sondermayer

SO Seismologie - Signal detection and processing

Donnerstag, 30. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H04

Moderation: Christoph Sens-Schönfelder

11:30–11:45 **SO.9-001**

Theoretical limits on detection and analysis of small earthquakes

G. Kwiatek, Y. Ben-Zion

11:45–12:00 **SO.9-002**

Understanding the limits and benefits of the full waveform inversion of polarization observables with energy streamlines

R. Valensi, R. Brossier

12:00–12:15 **SO.9-003**

Supervised machine learning approaches to facilitate seismological data intensive applications

R. Zaccarelli, D. Bindi, F. Cotton, A. Strollo

12:15–12:30 **SO.9-004**

Suche nach mit Gravitationswellen korrelierten Signalen in geophysikalischen Beobachtungen

M. Welsch, R. Widmer-Schmidrig

GT Geothermie/Radiometrie

Donnerstag, 30. März 2017 | 11:30–13:00 | Raum: H06

Moderation: Christian Bucker

11:30–11:45 **GT.1-001**

Verringerung des Fündigkeitsrisikos von Geothermiebohrungen im bayrischen Malm durch seismische Attribute

A.-I. Symank, M. Alber

11:45–12:00 **GT.1-002**

Statistical distributions of seismicity in the Cooper Basin geothermal field – a way towards predictive models of induced seismicity

A. Barth, P. Carstens, S. Baisch

12:00–12:15 **GT.1-003**

VEGAS – Improved hazard analysis for induced seismicity during exploration, construction, and operation of geothermal energy projects

L. Krieger, H. Deckert, S. Abe, G. Rumpker, U. Schneider

12:15–12:30 **GT.1-004**

The 3D thermal field of the Upper Rhine Graben

J. Freymark, J. Sippel, M. Scheck-Wenderoth, K. Bär, M. Stiller, J.-G. Fritsche, M. Kracht

12:30–12:45 **GT.1-005**

3D thermohydraulic modelling of shallow-deep interactions in the subsurface of Berlin, Germany

M. Frick, M. Scheck-Wenderoth, M. Cacace, M. Schneider

Mittagspause

Donnerstag, 30. März 2017 | 13:00–14:00

S4 Globale Beobachtungen und Modellierung – Plenarvortrag

Donnerstag, 30. März 2017 | 14:00–15:00 | Raum: H05

Moderation: Stephan Sobolev

14:00–15:00 **S4.PV.S4**

Modelling the coupled long-term evolution of Earth's mantle-lithosphere-core system

Speaker: Paul Tackley

Abschlussveranstaltung

Donnerstag, 30. März 2017 | 15:00–16:00 | Raum: H05

DGG Vorstandssitzung (auf Einladung)

Donnerstag, 30. März 2017 | 16:00–16:30

UP Campus Griebnitzsee (Haus 6, Hörsaal 5)

EAGE/DGG Workshop (nach Anmeldung)

Freitag, 31. März 2017 | 09:00–17:15 | Seminaris SeeHotel Potsdam

Abstracts

Plenarvorträge

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik	92
S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdbeben 93	93
S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik	94
S4 Globale Beobachtungen und Modellierung	95

Vorträge

AG Archäogeophysik	96
BL Bohrlochgeophysik	97
DL Didaktik/ Lehre	101
EM Elektromagnetik/ Georadar	102
EP Extraterrestrische Physik	107
GD Geodynamik	112
GE Geoelektrik/IP	119
GF Geodäsie/Fernerkundung	130
GO Geophysik in der Öffentlichkeit	132
GR Gravimetrie	133
GS Geschichte der Geophysik	134
GT Geothermie/Radiometrie	135
MA Magnetik/Erdmagnetismus	138
MG Marine Geophysik	140
S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik	148
S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdbeben	158
S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik	175
S4 Globale Beobachtungen und Modellierung	188
SM Seismik	197
SO Seismologie	207
UI Umwelt- und Ingenieurgeophysik	237

Poster

A1 Poster	242
B1 Poster	312

Plenarvorträge

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik

S1.PV.S1

Seafloor geodesy: Monitoring offshore crustal deformation at mm-scales

H. Kopp, D. Lange, K. Hannemann, F. Petersen*

GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel

Seafloor deformation is intrinsically related to tectonic processes, which potentially may evolve into geohazards, including earthquakes and tsunamis. The nascent scientific field of seafloor geodesy provides a way to monitor crustal deformation at high resolution comparable to the satellite-based GPS technique upon which terrestrial geodesy is largely based. The measurements extract information on stress and elastic strain stored in the oceanic crust. Horizontal seafloor displacement can be obtained by acoustic/GPS combination to provide absolute positioning or by long-term acoustic telemetry between different beacons fixed on the seafloor. The GeoSEA (Geodetic Earthquake Observatory on the SEAfloor) array uses acoustic telemetry for relative positioning at mm-scale resolution. The transponders within an array intercommunicate via acoustic signals for a period of up to 3.5 years. The seafloor acoustic transponders are mounted on ~4 m high tripod steel frames to ensure clear line-of-sight between the stations. The transponders also include high-precision pressure sensors to monitor vertical movements and dual-axis inclinometers in order to measure their altitude as well as any change in the seafloor. Sound velocity sensor measurements are used to correct for water sound speed variations. A further component of the network is GeoSURF, a self-steering autonomous surface vehicle (Wave Glider), which monitors system health and is capable to upload the seafloor data to the sea surface and to transfer it via satellite. The GeoSEA array is capable of both continuously monitoring horizontal and vertical ground displacement rates along submarine fault zones and characterizing their behavior (locked or aseismically creeping).

Seafloor transponders are currently installed on the flank of Mt Etna in Sicily and along the Siliviri segment of the North Anatolian Fault offshore Istanbul for measurements of strain build-up along the fault. The first 18 month of baseline ranging were analyzed by a joint-least square inversion and forward modeling for across-fault baseline changes. The initial results of the long-term observation period preclude fault-displacement at rates larger than a few millimeters-per-year, suggesting a locked state for the Istanbul-Siliviri segment, indicating that this portion of the fault is accumulating stress rather than continuously creeping at a slip-rate higher than 10 mm/yr during the observation period.

An additional three arrays are currently deployed on the marine forearc and outer rise of the South American subduction system around 21°S. This segment of the Nazca-South American plate boundary has last ruptured in an earthquake in 1877 and was identified as a seismic gap prior to the 2014 Iquique/Pisagua earthquake (Mw=8.1). The southern portion of the segment remains unbroken by a recent earthquake.

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdrutsche

S2.PV.S2

Forecasting natural hazards: scientific challenges and practical implications

*W. Marzocchi**

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rom, Italy

Owing to their scale, complexity, and openness to interactions within a larger environment, most natural systems cannot be replicated in the laboratory, and direct observations of their inner workings are always inadequate. As a consequence, the unavoidable and pervasive uncertainties in the formal representation of natural systems imply that the forecasting of emergent phenomena such as natural hazards must be based on probabilistic rather than deterministic modeling. The use of probabilities poses important scientific and practical challenges, and some of them are often overlooked, nurturing in the past well-founded criticism and pushing some scientists to claim that natural hazard analysis "is not science". Here I discuss the most important challenges that we have to face in the future with examples from seismology and volcanology.

From a scientific point of view, forecasting natural hazard is per se a formidable endeavor, with a lot of complexities that are often peculiar of each specific natural threat; however, I think that one of the most compelling challenges is that probabilistic forecasts are rarely rooted in a clear and coherent probabilistic framework. The definition of a proper probabilistic framework is not a mere philosophical issue; on the contrary, it has huge scientific implications. For instance, a reasonable merging of objective data and models, and subjective experts' opinion into a forecasting/hazard model, or the possibility to meaningfully test the model against independent data (that is the cornerstone of science), cannot be made in any kind of probabilistic framework. Conversely, it is not unusual that forecasts and natural hazard assessments are based on incoherent probabilistic frameworks, where the probability is first considered as a "degree of belief", and then used as a "frequency" for testing the model. From a practical point of view, probabilistic forecasts pose tough challenges to decision makers. "Decision making under uncertainty" implies that it is not possible to make decisions that are always the same that we would have made after the fact. I think that there are not "right" or "wrong" decisions, but decisions that can be rationally justified, or not. This can be achieved integrating in a proper way quantitative forecasts (deterministic predictions or probabilistic forecasts) and rationale decision making procedures. I show some examples in the seismic and volcanic context, emphasizing the need to clarify roles and responsibilities of the partners in the whole decision making process. This distinction allows each partner involved to protect the integrity of his/her specific assessment, and to establish clear, rationale and auditable decision making protocols. This is still far to be a common practice, but it is essential to use at best, rationally and ethically, scientific information to reduce the risk for society.

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik

S3.PV.S3

Potential and limits of seismo-electromagnetic wave conversions for geophysical imaging

*S. Garambois**

ISTerre, University Grenoble Alpes, France

Conversion between seismic and electromagnetic waves originates from electrokinetic phenomena occurring at the pore scale in wet poroelastic media. There is a reciprocal electro-seismic phenomenon where electromagnetic sources can generate seismic waves due to pore-scale electro-osmotic effects. At the macroscopic scale, electrokinetic phenomenon generates two distinct effects: i) co-seismic local electric and magnetic fields, accompanying P- and S-waves respectively and ii) electromagnetic disturbances created at deep interfaces when seismic waves pass through them. These seismo-electromagnetic couplings, and particularly those occurring at interfaces, have long been recognized as an emerging and original geophysical technique because they theoretically offer the resolution capacity of the seismic reflection technique associated to the sensitivity to elastic and fluid properties contrasts that are generally imaged using low-resolution electric or electromagnetic methods. This interest has considerably grown since the macroscopic governing equations controlling the propagation of seismo-electromagnetic waves have been obtained in 1994. This theoretical work has led to a better understanding of the coupling properties, initially through numerical modelling developments, which have then been pursued by laboratory and field-scale experiments as well as specific signal processing developments. However, despite all these efforts, this method is slow to be operational, mainly because of the difficulty in clearly detecting the deep-generated electromagnetic disturbances, whose amplitude is weak compared to co-seismic signals and to electromagnetic noise.

After a presentation of the phenomena and effects involved in seismo-electromagnetic conversions, we propose first to review the main results obtained through numerical, laboratory and field-scale studies, as well as the difficulties encountered for each approach. In a second step, we will present some recent numerical extensions to unsaturated media and to electro-seismic phenomenon. Finally, we will introduce an original acquisition approach dedicated to seismo-electromagnetic signals, which could pave the way for an operational geophysical tool. This approach takes benefit from multi-electrode arrays, which have been tested both numerically and experimentally, and which could dramatically increase the interface response compared to others electromagnetic signals.

S4 Globale Beobachtungen und Modellierung

S4.PV.S4

Modelling the coupled long-term evolution of Earth's mantle-lithosphere-core system

*P. Tackley**

ETH Zürich, Schweiz

Mantle convection and plate tectonics are a coupled system that are responsible for driving the dynamical processes we observe on the solid Earth, including continental drift, earthquakes and volcanoes, as well as the long term thermal and compositional evolution of Earth's interior. Mantle convection also controls the heat flux extracted from the core, which determines whether Earth has a geodynamo. Thus, lithosphere, mantle and core must be treated as a coupled system in order to understand long-term Earth evolution. We perform coupled modelling of mantle and core using a 2D or 3D mantle convection model with a parameterized core. Plate tectonics is self-consistently generated by plastic yielding. Our recent models demonstrate that crustal production arising from partial melting plays a major role in facilitating plate tectonics. These models also demonstrate transitions between tectonic models as the planet cools. Considering Earth's core evolution, there is only a limited parameter range in which the heat extracted from the core is large enough at all times for a geodynamo to exist, but small enough that the core did not cool more than observed, a balance that becomes even more difficult if the core thermal conductivity is as high as recently. Our latest models treat Earth evolution from the magma ocean phase to the present day. In the early phases of system evolution the rheological transition between solid and melt plays a major role.

Vorträge

AG Archäogeophysik

AG.1-001

PingPong: Ein marines Reflexionsseismiksystem für die archäologische Prospektion in flachen Gewässern

D. Wilken, T. Wunderlich, H. Hollmann, M. Schwardt, W. Rabbel, C. Mohr, D. Schulte-Kortnack*

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Aufgrund des wachsenden Interesses an archäologischer Prospektion in küstennahen Bereichen werden seit einiger Zeit unterschiedliche, kompakte, 3D marine seismische Reflexionssysteme entwickelt und eingesetzt. So auch im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP1630: „Häfen von der Römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter“. Die seismische Prospektion von Häfen bedeutet hier, daß zumeist im Übergangsbereich von Land zu Wasser, also in extrem flachen (wenige Meter Wassertiefe) und oft schlecht zugänglichen Gewässern gearbeitet werden muss. Ein System, welches in solchen Gebieten eingesetzt werden soll, muss also folgende Eigenschaften aufweisen:

- Mehrkanal/Array-Akquisition, um größere Flächen abdecken zu können
- geringer Tiefgang und geringes Gewicht
- stabiles Manövrierverhalten
- Quellfrequenzen im kHz Bereich.

Das im SPP 1630 entwickelte Systems mit dem Namen „PingPong“ wurde also entsprechend dieser Vorgaben konstruiert und dann anhand von drei Fallbeispielen getestet. Hierzu gehören ein frühmittelalterliches Wrack eines slawischen Handelsbootes, ein Wikingerzeitliches Wrack sowie die Vermessung des mittelalterlichen Rudeklosters. Das Rudekloster liegt unterhalb des Schlossteiches von Schloss Glücksburg und bietet die einmalige Gelegenheit, die reflexionsseismischen Daten mit GPR- und Magnetikdaten zu vergleichen, welche in zu einem Zeitpunkt aufgenommen wurden, als der Schlossteich kurzzeitig trockengelegt war. Dieser Beitrag stellt das System „PingPong“ sowie die Ergebnisse der Teststudien vor.

AG.1-002

Geophysikalische Erkundung von Pfahlbauresten im oberen Zürichsee

*J. Hugenschmidt*¹, A. Mäder²*

¹Institut für Bau und Umwelt, Hochschule für Technik Rapperswil, Rapperswil, Schweiz,

²Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie, Zürich, Schweiz

Im Bereich der voralpinen Seen im Raum Deutschland, Österreich und Schweiz existieren Reste von Pfahlbaukulturen aus dem 5.-1. Jahrtausend vor Chr., die aufgrund ihrer Bedeutung unter der Bezeichnung "Prähistorische Pfahlbauten um die Alpen" als UNESCO Welterbe geführt werden. Diese somit schützenswerten Überreste bestehen vielfach aus sogenannten Kulturschichten, d.h. oberflächennahen Sedimentschichten mit einem hohen Anteil von organischen Materialien aus Holzgeräten, Konstruktionshölzern der Pfahlbauhäuser, Fischernetzen und Textilien bis hin zu Pollen, Pflanzen- und Speiseresten. Um diese einzigartigen Archive zu erhalten werden verschiedene Massnahmen ergriffen.

Grundlage für die Planung derartiger Massnahmen ist die Kenntnis der genauen Lage dieser Schichten.

Im Bereich des bekannten Pfahlbaufeldes „Freienbach-Hurden“ im oberen Zürichsee wurden im Auftrag des Kantons Schwyz und im Rahmen diverser Kooperationen zahlreiche Untersuchungen durchgeführt. Eine Georadaruntersuchung diente der genauen Eingrenzung der Lage der Kulturschichten und deren Schnittflächen mit dem Seegrund. Dazu wurden Radardaten aufgezeichnet, verarbeitet und mit Hilfe von Bohrungen interpretiert. Die Ergebnisse flossen in ein 3-D Modell ein, welches nun als Grundlage für die Planung von Schutzmassnahmen zur Verfügung steht.

BL Bohrlochgeophysik

BL.1-001

Messsystem zur Charakterisierung von Horizontalfilterbrunnen

*M. Lay*¹, S. Berthold¹, F. Börner², P. Reimann³, T. Daffner⁴, M. Huber⁵*

¹Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Dresden, ²Technische Universität Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, ³Umweltbüro GmbH Vogtland, Senftenberg, ⁴Umweltbüro GmbH Vogtland, Weischlitz im Vogtland, ⁵H. Anger's Söhne - Bohr- und Brunnenbaugesellschaft, Horizontalbrunnenbau, Hessisch Lichtenau

Horizontalfilterbrunnen fördern langfristig große Mengen Grundwasser. Sie werden beispielsweise für die Trinkwassergewinnung oder zur Begrenzung des Grundwasseranstiegs genutzt. Die Effizienz von Horizontalfilterbrunnen kann unter anderem wesentlich durch die Ermittlung der optimalen hydraulischen Anregung einzelner Filterstränge und deren Überwachung während der Betriebsphase gesteigert werden.

Zur gezielten Charakterisierung des hydraulischen und geochemischen Zustandes in Horizontalfilterbrunnen während des Betriebs wurde ein Messsystem („HoriWell Inspector“) am Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. im Rahmen eines Kooperationsprojektes entwickelt. Durch Adaption und Weiterentwicklung von Verfahren der geophysikalischen Bohrlochmessung in Vertikalbohrungen und der zusätzlichen Entwicklung einer speziellen Schleuse und Antriebseinheit wurde eine wirtschaftlich effiziente und technisch praktikable Lösung realisiert, die auf die komplexen Anforderungen von Horizontalfilterbrunnen abgestimmt ist.

Die entlang des Filterstrangs registrierbaren Messgrößen sind neben der Zuflussmenge die Mileuparameter pH-Wert, Redoxspannung, Temperatur, Sauerstoffgehalt und elektrische Leitfähigkeit des Wassers. Das Messsystem ist modular aufgebaut und bietet Kapazitäten für weitere Sensoren und zusätzliche Messmodule.

Die Funktionalität des Messsystems wurde nach umfangreichen Voruntersuchungen und Tests in der Technikumsanlage von UBV bestätigt. Die Anlage besteht aus mehreren unterschiedlichen Filterrohren, die mit den in Horizontalfilterbrunnen üblicherweise verwendeten Bautypen identisch sind. Durch die zusätzliche Einteilung in vier Segmente können verschiedene hydraulische und geochemische Zustände mit unterschiedlichen Ausbau- und Gesteinsmaterialien in der Anlage simuliert werden.

Im Anschluss an die Einsätze im Technikumsmaßstab fanden Komponententests in einem realem Horizontalfilterbrunnen während des Betriebs statt. Es ist geplant, das Messsystem im Rahmen von Filterstrangentwicklungs- und -regenerierungsmaßnahmen in Horizontalfilterbrunnen einzusetzen.

BL.1-002

Die Analyse von NMR-Relaxationsmoden zur hydraulischen Charakterisierung von verockerten Sanden und Kiesen

*S. Costabel^{*1}, C. Weidner², M. Müller-Petke³, G. Houben²*

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Abteilung 2 Grundwasser und Boden, Berlin, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, ³Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

In einer Laborstudie wurde untersucht, inwieweit die Methode der Nuklearmagnetischen Resonanz (NMR) zur Abschätzung hydraulischer Eigenschaften von verockerten Sanden und Kiesen geeignet ist. Normalerweise verursacht die Existenz von paramagnetischen Eisenoxiden eine Verfälschung des sonst linearen Zusammenhangs zwischen NMR-Relaxationszeit und Porengröße und die entsprechenden empirischen Formeln zur Abschätzung der hydraulischen Leitfähigkeit sind nicht mehr gültig. Theoretische Untersuchungen zeigen, dass das NMR-Relaxationsverhalten in einer großen Pore mit hohem Anteil an paramagnetischen Mineralen an der Porenwand multimodal wird, d.h. die Pore weist dann ein multi-exponentielles Relaxationsverhalten auf. NMR-Experimente mit wassergesättigten Sand- und Kiesproben und künstlichen, bzw. natürlichen Eisenhydroxid-Ausfällungen im Porenraum konnten nachweisen, dass mit zunehmendem Eisengehalt auch das Auftreten von höheren Relaxationsmoden zunimmt. Dies kann unter der Annahme eines Bündels von Kapillaren mit einheitlichem Radius als Porenraummodell quantifiziert werden. Eine entsprechende Datenapproximation führt zu einer eindeutigen Lösung für den Kapillarradius, wenn die NMR-Messung außerhalb des sogenannten „fast-diffusion“ Regimes stattfindet, was für alle hier untersuchten Proben zutrifft. In diesem Fall lassen sich also die Porengröße und damit die hydraulische Leitfähigkeit auch ohne die übliche Kalibration aus NMR-Daten bestimmen, was anhand unserer Proben experimentell bestätigt werden konnte. Wie für technisch verwendete Filtersande und -kiese üblich, weisen die untersuchten Proben ein relativ enges Porengrößenspektrum auf. Zukünftige Arbeiten sollten den Einfluss eines breiteren Porenspektrums auf diese Art der NMR-Datenbearbeitung erforschen.

BL.1-003

Characterizing Two-Phase Fluid Flow Experiments by Means of Continuous NMR Monitoring

*T. Hiller^{*1}, G. Hoder^{1,2}, A. Amann-Hildenbrand², N. Klitzsch¹*

¹Institut für Angewandte Geophysik und Geothermische Energie, RWTH Aachen, Aachen, ²Institut für Geologie, Geochemie und Lagerstätten des Erdöls und der Kohle (LEK), RWTH Aachen, Aachen

Nuclear magnetic resonance (NMR) is a well established laboratory / borehole method to characterize the storage and transport properties of rocks due to its direct sensitivity to the corresponding pore fluid saturation (water or oil) and pore sizes. Thereby, the correct estimation of these properties depends strongly on the calibration of the underlying pore model. Here, we present results of state-of-the-art two-phase flow experiments in a high-pressure NMR flow cell carried out on tight gas sandstones. The samples are installed at high confining pressures and are initially fully water saturated. Subsequently, the samples are drained with nitrogen gas by applying increasing differential pressures and the relative gas permeabilities are measured. The whole drainage process is monitored by NMR relaxation measure-

ments to continuously determine the saturation of the sample. This allows for a direct estimation of saturation dependent relative permeability, a key parameter when estimating production rates of reservoir rocks. Additionally, we evaluate the experimental results with a novel inversion approach that uses an angular pore model and different levels of saturation to directly determine the pore size distribution and surface relaxivity of the sample.

BL.1-004

Petrophysical anisotropy study of several parameters by multiple method analysis

F. Dertnig, N. Gegenhuber*

Lehrstuhl für Angewandte Geophysik, Montanuniversität Leoben, Leoben, Austria

Explicit knowledge of rock formations like pore space anisotropy are overall questioned in engineering geoscience applications. This petrophysical study uses directional obtained experimental data of multiple different hand samples from Austria, to derive a method that estimates the minimum-, mean- and maximum values for different parameters in spatial directions. Lab measurements of several oriented rock samples together with other data constitute the base of this study. By using the whole dataset and further petrophysical assumptions a first good verified model could be established. For the laboratory measurements plugs with \varnothing 25 mm and length 22 mm in three perpendicular directions were drilled. Consequently our measurement procedure consists of density (ρ), permeability (k) and elastic properties (V_p , V_s) for dry samples and of porosity (Φ), specific electrical resistivity (R), elastic properties (V_p , V_s) and heat capacity (c) for saturated samples. All these measured parameters can be divided into directional (k , R , V_p and V_s) and non-directional (ρ , Φ and c). By assuming a simple model of elongated stretched pores measured data could partly be described. This model gives directional relations of minimum-, mean- and maximum values of the directional parameters. However some measured parameters (k , R , V_p and V_s) particular for some limestone samples follow the model clearly. Others don't which might be the effect of transverse oriented pores, microstructures or other interfering reasons. The data of directional parameters can easily be compared among each other but also connections to the non-directional parameters are used for further clarification.

Besides the standard measurements also similar oriented thin sections are made of every sample succession. These are used for mineralogical investigations and are later on for model calculations. Further selected thin sections get prepared for raster electron microscope measurements to identify the pore space in detail. Likewise this is being done in different orientations to verify possible deviations from another. This data in connection with the other data will lead us to a deeper understanding in this research field.

This research received funding from by the Austrian Science Fund (FWF), Project P 27959, Petrographic coded correlations in Petrophysics.

BL.1-005

Combining multi-scale geophysical and drill-core data to improve hydraulic characterization of continental sedimentary basins

N. Kukowski, A. Goepel, P. Methé*

Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena

Rock physical properties in sedimentary basins are very heterogeneously distributed and often anisotropic. Electrical resistivity or seismic tomography only allows the identification

of physical properties' variability on scales of tens to several hundred meters, and even high-resolution seismic reflection data do not allow to identify layers thinner than about one meter. In contrast, drill cores reveal physical heterogeneity on the cm-scale. To study the impact of small scale acoustic and hydraulic heterogeneities on fluid flow processes in a sedimentary basin we use combined data sets from the Thuringian Basin in Germany. Our data sets consist of three reflection seismic profiles with a total length of 76 km acquired within the framework of the project INFLUINS (INtegrated FLUId dynamics IN Sedimentary basins), geophysical logging data from a 1,179 m deep drill hole, and Multi Sensor Core Logger (MSCL) data of the cores recovered from this drill hole.

Reflection seismic data reveals high data quality throughout the entire Permian-Triassic sediments being imaged. In the vicinity of the drill site these sediments are stratiform and no fault zones may be evidenced. Geophysical borehole logging was performed on the highest vertical resolution (about 10 cm) possible using state of the art commercial logging tools. MSCL-data were acquired at an even higher resolution of about 1 to 2 cm, which enables calibrating logging data and zooming in spatial heterogeneities of physical properties. Here, we focus on seismic (sonic velocity, density) and hydraulic (porosity, permeability) parameters. This multi-methodological approach allows us to estimate improved local to regional average values for physical parameters and to highlight the role of thin layers, whose physical properties can differ significantly from other, thicker layers, and, therefore, may have a major influence on large scale fluid flow patterns.

The combination of high-resolution information from borehole logging (1D) on the cm- to meter-scale with 2D seismic reflection data and therefore up to 2.5D velocity models on the tens to hundreds meter-scale provides a basis suitable to interpret basin architecture on the seismic to sub-seismic scale and also reveal potential fluid flow. Our data sets show overall high seismic velocities suggesting that all drilled rock formations do not show physical indications suitable for fluid flow, which could be due to compaction and the lack of tectonic fractures.

BL.1-006 Petrophysical Characterization and Oil Potentialities of Unconventional Resource Development by utilizing Well Log Analysis and Delta Log R technique, Gulf of Suez, Egypt

A. Rashed*

Cairo University, Cairo, Egypt

Looking at a formation as a source rock, then turning around and considering it a viable reservoir requires you to be able to shift your thinking and to analyze a great deal of data in a new way. If you don't, you risk not understanding the nature of "sweet spots".

Method and/or Theory

Petrophysical well log and formation micro-imager data (FMI) were integrated in an analysis of the reservoir characteristics. The study essentially determined reservoir properties such as lithology, shale volume, porosity (Φ), permeability (K), fluid saturation, and net pay thickness. Shale volume (Vsh) was calculated by CGR instead of total GR due to influence of organic matter and uranium concentration. Log interpretation indicated porosity in the 8-20 PU range by using neutron & density model, as well as movable hydrocarbons.

The well was tested and produced oil at a fair rate. The methodology of Passey et al (1990) was used for Delta Log R calculation of TOC and involved overlay and base-lining of the resistivity and sonic logs and consideration of thermal maturity patterns.

$\Delta\log R$ technique is proposed by EXXON and ESSO company (Passey,1990) which employs the overlaying of porosity logs (sonic, density, neutron) in arithmetic coordinate and resistivity log in logarithmic coordinate with fixed superposition coefficient to identify and calculate TOC. With the appropriate baseline, we can calculate the $\Delta\log R$ distribution to establish the quantitative interpretation relationship between TOC and $\Delta\log R$. Best calibration was made using the available data such as Image logs and $\Delta\log R$ technique through wire line logs. Old wells was drilled on the same structure and exhibited the same characteristics (shows, logs).

Conclusions

These Source rocks are found to be highly productive reservoirs themselves, exhibit very good Porosity and fracture network. They give low and high productivity in some intervals according production logging tool (PLT). High geothermal gradient caused maturation of these formations. Uranium content masked the total GR response, So Spectral GR logs (SGR) should be highly recommended in unconventional resources to evaluate the clay content. $\Delta\log R$ technique reflects mature source rocks with excellent quality, TOC is in the range of 2-9%, and matching with production.

DL Didaktik/ Lehre

DL.1-001

OpenBuildingMap - Extending open-source software to develop a Global Dynamic Exposure system

T. Beutin, D. Schorlemmer, K. Prehn, F. Cotton*

GFZ, Sektion 2.6, Potsdam

In-depth characterisation of local exposure is essential for the detailed understanding of risk factors on the local scale. A perfect source of data (~3.5 billion nodes and 200 million building footprints) is the crowd collected OpenStreetMap database, available on a liberal open data license. The rich and constantly changing dataset (~100.000 buildings per day are added) requires a robust end-to-end data processing software stack to combine it with expert knowledge and keep the exposure calculation updated in near real-time.

The open source community developed an incredible amount of software tools to process and visualize OpenStreetMap data, but the quality of this software varies extremely.

To achieve our project goals we had to decide of either going the time consuming process of starting the development of our own software from scratch, or contribute to the development of already existing tools or projects to add the features we need.

Here we give an overview of our evaluation and selection process of open source projects to build our world wide database and visualisation interface of buildings and their exposure indicators.

EM Elektromagnetik/ Georadar

EM.1-001

Auswertung von Reflexionen in Crosshole Georadar Daten

N. Allroggen, J. Tronicke*

Universität Potsdam, Angewandte Geophysik, Potsdam

Crosshole-Georadar (GPR) Messungen sind ein etabliertes Werkzeug zur detaillierten Charakterisierung des Untergrundes und der Beantwortung hydrologischer sowie ingenieurtechnischer Fragestellungen. Typischerweise beruht die Auswertung solcher Durchstrahlungsmessungen auf unterschiedlichen tomographischen Inversionsansätzen. Das Ergebnis ist typischerweise ein geglättetes Abbild der Verteilung physikalischer Untergrundeigenschaften, wie zum Beispiel der Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen. Im Gegensatz dazu resultiert eine reflexionsbasierte Auswertung, in einem strukturellen Abbild des Untergrundes. Beide Ansätze bieten somit weitgehend unabhängige, sich ergänzende Informationen bezüglich der Zusammensetzung, bzw. der Struktur des Untergrundes. Jedoch wird die reflexionsbasierte Auswertung von Crosshole-Georadar Daten, im Gegensatz zu ihrer Anwendung auf seismische Daten auf der Reservoirskala, nur selten durchgeführt.

Anhand von synthetischen Beispielen stellen wir einen Bearbeitungsansatz zur reflexionsbasierten Auswertung von Crosshole-Georadar Daten vor und betrachten essentielle Bearbeitungsschritte wie z.B. die Trennung der Wellenfelder anhand einer f_k -Filterung sowie die Anwendung einer generalisierten Kirchhoff Migration. Nach der erfolgreichen Anwendung auf synthetische Beispiele zeigen wir die Anwendung auf ein Felddatenbeispiel. Unsere Resultate zeigen, dass sich besonders durch den Vergleich der erzeugten Reflexionsabbilder mit den Ergebnissen einer Laufzeiteinversion ein detaillierteres Verständnis der Untergrundstrukturen zwischen zwei Bohrlöchern ergibt und der Ansatz zur Verbesserung der Interpretation tomographischer Ergebnisse berücksichtigt werden sollte.

EM.1-002

Zerstörungsfreie Feuchtemessungen an Estrichen mittels der geophysikalischen Methoden Georadar und NMR

S. Nagel^{1,2}, S. Kruschwitz^{1,3}, J. Wöstmann¹, C. Strangfeld¹*

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin,

²Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Berlin, Berlin,

³Institut für Bauingenieurwesen, TU Berlin, Berlin

Die Ermittlung der Belegreife von Fußbodenestrichen ist im Bauwesen von hoher Bedeutung, da es bei dem Verlegen von Parkett oder anderen Bodenbelägen auf Estrichen zu erheblichen feuchtigkeitsbedingten Schäden kommen kann, wenn diese noch nicht hinreichend getrocknet sind. Für die Messung des Feuchtegehalts wird üblicherweise auf zerstörende Methoden wie das Darr- und CM-Verfahren zurückgegriffen, die Probenahmen erfordern und nur punktuelle Informationen liefern.

Ziel dieser Forschungsstudie ist die Untersuchung der Eignung und Anwendbarkeit des Georadars und der Kernspinresonanz (NMR) zur zerstörungsfreien und flächendeckenden Feuchtemessung von Estrichen. Dazu wurden Messungen mit beiden Verfahren an einer Gruppe zementgebundener (CT) und einer Gruppe anhydritgebundener (CA) Estriche während ihres Austrocknungsprozesses bei einem Konstant-Klima durchgeführt. Bei dem Radarverfahren werden Amplitude und Laufzeit elektromagnetischer Reflexionen, die durch

den Wassergehalt beeinflusst werden, gemessen. Die Radarmessungen erfolgten auf jeder Probe entlang von zwei senkrechten Profilen mit einer 2GHz-Antenne. Die Kernspinresonanz steht aufgrund ihrer Abhängigkeit zur magnetischen Kernresonanz der ^1H -Wasserstoffatomen in Relation mit dem Wassergehalt in dem Messvolumen der zu untersuchenden Probe. Die Untersuchungen erfolgten mit dem NMR MOUSE System in Aufsatztechnik. Dabei liegt die Eindringtiefe bei 24,8 mm.

Bei den Untersuchungen lässt sich für CT-Estriche ein starker vertikaler Feuchtegradient feststellen. Die CA-Estriche weisen hingegen nur einen schwachen Feuchtegradienten bis nahezu konstante Amplituden über die gesamte Tiefe auf. Nach Erreichen einer Amplitude von ca. 5-8 lässt sich keine weitere Amplitudenveränderung registrieren bzw. sind ab diesen Zeitpunkt die Änderungen im Wassergehalt zu gering, um von der NMR aufgelöst zu werden. In den Ergebnissen des Radarverfahrens lässt sich ebenfalls ein von dem Feuchtegehalt abhängiges Verhalten der Messparameter beobachten. Mit zunehmender Trocknung kann man eine Abnahme der Laufzeit zwischen direkter und an der Rückwand reflektierter Welle messen. Die Amplituden beider Wellen hingegen nehmen während des Austrocknungsprozesses zu. Im Gegensatz zur NMR erhält man keine tiefenbezogenen Informationen. Es lassen sich aber Rückschlüsse auf den Feuchtegehalt im Gesamtvolumen ziehen.

EM.1-003

Statistical modeling of EMI and LiDAR spatial data series to quantify the framework geology controls on barrier island evolution

B. Weymer^{*1}, *P. Wernette*², *M. Everett*², *C. Houser*³

¹GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel, Kiel, ²Texas A&M University, College Station, United States, ³University of Windsor, Windsor, Canada

Shorelines are statistically self-affine exhibiting long-range dependence (LRD) that have been shown in some environments to approximate a power law characteristic of scale-independence. Recent evidence suggests that the geomorphology of barrier islands can, however, exhibit scale-dependence as a result of a variable and localized framework geology. Models of barrier island evolution need to ascertain the degree to which the island is either free (large sand body), or forced by the geology. The possible LRD of framework geology, which influences island geomorphology and response to storms and sea level rise has not been previously examined. Electromagnetic induction (EMI) surveys conducted along the world's longest undeveloped barrier island, Padre Island National Seashore (PAIS) Texas, USA, reveal that EMI apparent conductivity σ_a measurements, and by inference, the framework geology exhibits LRD at scales of 10^1 to 10^2 km. Our study demonstrates the utility of statistically fitting EMI σ_a and LiDAR data by an auto-regressive integrated moving average (ARIMA) process that specifically models LRD. This method offers a robust and compact way for quantifying the geological complexity of a barrier island using three statistical parameters (p, d, q) that model short, and/or long-range correlations. We introduce the importance of ARIMA (0, d , 0) models that use a single differencing parameter d , which provides a quantitative measure of the degree of LRD, and is used here as a metric for determining free ($d = 0$) and forced ($0 < d < 0.5$) behaviors of island geomorphology across different scales. Statistical analyses at regional (100 km), intermediate (~ 30 km), and local (10 km) scales suggest the geologic framework within an area of known paleo-channels exhibits a first-order control on dune height. The exchange of sediment amongst nearshore, beach and dune in areas outside this region are scale-independent, meaning that barrier islands like PAIS exhibit a combination of free and forced behaviors that will affect the response of the island to storms and sea level rise. We propose that this approach is not only limited to barrier islands, but may have far-reaching applications in other coastal systems and geologic environments.

EM.1-004

On the effects of current channelling on Controlled Source Radiomagnetotelluric (CSRMT) data

*I. Muttaqien**, *M. Gurk*, *B. Tezkan*

Institute for Geophysics and Meteorology, University of Cologne, Cologne

Cultural noise from pipelines powerlines and railways has been known for a long time to decrease the quality of electromagnetic data. To overcome this problem, a controlled source transmitter (CS) is used to increase the signal to noise ratio and to provide an appropriate signal bandwidth.

We carried out CSRMT, RMT, AMT and VES soundings in the Krauthausen area to study the conductivity distribution in a hydrogeological test area. For this purpose we set up a remote controlled source transmitter, broadside and inline, to provide transmitter signals in two polarisations in a frequency range between 1 – 1000 kHz. The transmitter receiver distance was 1.5 km to ensure far field conditions at the receiver site. Three subsequent RMT data sets were collected in the two polarizations and when the transmitter was shut down. Additional AMT and a cross VES sounding were used to check the assumed 1D conductivity distribution.

When analyzing the CSRMT powerspectra, we found that the broadside transmitter signal was not detectable. Contrarily we found that the RMT data are consistent with previous RMT measurements and our VES data, while the CSRMT data show the typical near field/transition zone behaviour of a transmitter in broadside configuration. Therefore we revisited the area and used a cable locator to check for hidden pipelines and found a pipeline that connects the transmitter location with the survey area in such a way that inline and broadside transmitter currents are both injected into the survey area providing there a near field broadside source. We call this observation a “shifted transmitter”. We modelled the data with this ‘shifted’ transmitter, the observed data were fitted and can be well explained.

EM.2-001

Application of the Marine Differential Electric Dipole for Offshore Groundwater Studies: A Case Study from Bat Yam, Israel

*A. Haroon**¹, *K. Lippert*¹, *M. Goldman*², *B. Tezkan*¹

¹Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln,

²University of Haifa, Marine Geosciences, Haifa, Israel

Recent marine long-offset transient electromagnetic (LOTEM) measurements yielded the offshore delineation of a fresh groundwater body in the region of Bat Yam, Israel. The LOTEM application was effective in detecting this freshwater body underneath the Mediterranean Sea and allowed an estimation of its seaward extent. However, the measured data set was insufficient to understand the hydro-geological configuration and mechanism controlling the occurrence of this fresh groundwater discovery. Especially the lateral geometry of the freshwater boundary, important for the hydro-geological modelling, could not be resolved. Without such an understanding, a rational management of this unexploited groundwater reservoir is not possible.

The marine Differential Electric Dipole (DED) method is applied for the first time to study this sub-seafloor groundwater body in the coastal region of Bat Yam, Israel. This novel elec-

tromagnetic transmitter is composed of two horizontal electric dipoles in an in-line configuration that share a common central electrode. Theoretically, DED has similar detectability/resolution characteristics compared to the conventional LOTEM system. However, the superior lateral resolution towards multidimensional resistivity structures make an application desirable.

The first DED measurements were carried out in Israel in April 2016. The measured data is processed and subsequently interpreted using 1D inversion followed by a large-scale 2D modelling study. In total, over 425,600 forward calculations were conducted on the CHEOPS cluster at the University of Cologne. The results of the 2D data interpretation indicate that the aquifer ends 3600 m - 3700 m from the Israeli coastline. Moreover, a brackish water zone of 3 Ω m to 5 Ω m with a lateral extent of less than 300 m is likely located at the head of the freshwater aquifer. Based on these results, it is predicted that the sub-seafloor freshwater body is indeed open to the sea and may be vulnerable to seawater intrusion.

EM.2-002

3D Inversion of magnetotelluric data from San Felipe (Mexico) for geothermal exploration

*D. Ruiz-Aguilar*¹, B. Tezkan¹, C. Arango-Galván²*

¹Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln,

²Institute of Geophysics, National Autonomous University of Mexico, Mexico, Mexico

San Felipe's area, which is located in the eastern part of Baja California peninsula (Mexico), has geothermal surface manifestations such as hot springs and high temperature in drinking water wells. In order to define the geometry and volume of this feasible geothermal system, a regional geophysical survey has been carried out during March, 2014. 17 TEM (Transient Electromagnetic) and MT (Magnetotellurics) soundings were recorded along 4 different lines, with NW-SE and NE-SW orientation. Both techniques were applied in the same spots, so that the static shift correction for MT data and a constrained inversion could be realized. TEM soundings were acquired using 50 x 50 m single-loop configuration with a terraTEM device (Geonics Ltd.). On the other hand, MT signals were recorded using Metronix systems in the frequency range from 0.001 to 100 s. We also are using D.C soundings with electrode spacing up to 1 km, that were acquired in the same survey area some decades ago. As first step, 1D Modeling of TEM data was done, using Marquardt and Occam inversion techniques. TEM-inversion results have yielded three-layers resistivity models in which a resistive layer is situated between two conductive layers. The last conductive layer could be associated to the aquifer from the area which could contain geothermal water. Since some D.C soundings are near from TEM stations, we performed joint D.C-TEM inversion to them and results confirmed the 1D TEM interpretation. Regarding to MT data, it was processed with robust single-site and robust remote reference methods. We used ModEM software to perform 3D MT Forward Modeling and Inversion. In order to investigate the detectability of structures with the deployed MT stations, we conducted modeling studies by varying the stations layout. The results of the 3D modeling studies helped us to validate the important structures that resulted from the inversion to field data. 3D-MT inversion results show a conductive body in the central part of the survey, between 400 m and 2 km deep, and can be correlated to the sediments that fill the valley and to the aquifer from the area. Finally, a resistive structure is also mapped in the western area with 2 km of thickness, which might be the source of heat of the geothermal system.

EM.2-003

Development of new magnetic field sensors for electromagnetic mineral exploration in the DESMEX project

*M. Schiffler**¹, *A. Chwala*¹, *N. Kukowski*², *H.-G. Meyer*³, *M. Meyer*⁴, *U. Meyer*⁵, *R. Stolz*¹

¹Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Forschergruppe Magnetometrie, Jena, ²Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geowissenschaften, Jena, ³Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Abt. Quantendetektion, Jena, ⁴Supracon AG, Jena, ⁵Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Within the framework of the project DESMEX (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral EXploration) new sensors and instruments for semi-airborne electromagnetic exploration of high technology minerals like rare earth metals are developed. The method implements a ground-based transmitter designed as a horizontal electrical dipole and high sensitive magnetic field receivers both in ground-based and airborne operation. All new sensors will finally be deployed in a test area with an antimonite deposit in eastern Thuringia, near Schleiz.

In this contribution we focus on the development of new highly-sensitive magnetic field receivers. This includes both, an airborne SQUID (Superconductive Quantum Interference Device) based magnetometer and a ground-based OPM (Optically Pumped Magnetometer) instrument:

For the airborne SQUID receiver a novel operation scheme encompassing a cascade of SQUIDS with different sensitivities is introduced. It ensures two unique properties: an extremely high dynamic range which exceeds 28 bit and a system noise level of less than 50 fT/Hz^{1/2} in flight. We illustrate the advantages of this approach by presenting results of first airborne measurements conducted near Hildesheim/Germany.

For the stationary receiver exploiting the optically pumped magnetometers, a first laboratory demonstrator will be also introduced in this work. First laboratory experiments with different pumping and filtering processes are tested with an expected noise level of well below 50 fT/Hz^{1/2}.

EM.2-004

The Mahalanobis distance: A new measure to detect outliers in Magnetotelluric data

*A. Platz**^{1,2}, *U. Weckmann*^{1,2}

¹Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²University of Potsdam, Institut of Earth and Environmental Science, Potsdam

In Magnetotellurics (MT) natural electromagnetic field variations are recorded to investigate the electrical conductivity structure of the subsurface. Thereby a long time series is subdivided into smaller segments for which spectral values are computed and typically averaged in a statistically robust manner. Unfortunately, nowadays the presence of man-made noise sources often deteriorates a number of these segments resulting in outliers and finally hampers the estimation of MT transfer functions. Many advanced processing approaches, e.g. remote-reference and multi-site processing, have been suggested to overcome this problem. Another approach is the development of novel data selection criteria for the detection of data outliers and spurious clusters. The essential measure for classifying data points as outliers is

the (typically Euclidean) distance. Alternatively, the Mahalanobis distance can be applied in multivariate statistics, but is hardly or not used in geophysics so far. The Mahalanobis distance utilizes the distance between two multivariate points considering the covariance matrix of the data, which quantify the shape and size of multivariate data distributions. The threshold for an automatic outlier detection is often defined by a certain quantile of the chi-square distribution following the idea that the values of squared Mahalanobis distances are chi-squared distributed for normally distributed data. Due to the fact that the mean point and covariance matrix of the data are needed for the calculation, the Mahalanobis distances have to be estimated by a statistically robust procedure. There are several robust estimations based on e.g. median absolute deviation or minimum covariance determinant algorithm. We have tested three different approaches together with a deterministic minimum covariance determinant algorithm to find the best algorithm for MT data sets. Furthermore, we examine which kind of input data should be used for the Mahalanobis distance. We will present results of the developed criterion using different data sets and different data processing methods. The aim is to present a robust automatic data selection criterion, which can be used in standard and advanced processing methods.

EP Extraterrestrische Physik

EP.1-001

Numerical Investigation of the Formation of Complex Impact Craters

*E. Martellato**, *K. Wünnemann*

Museum für Naturkunde, Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science, Berlin

Planetary surfaces are peppered with impact craters, whose morphology is highly size-dependent. They fall into two classes: simple bowl-shaped craters and complex craters (for diameter >15 km on the Moon). Complex crater formation is difficult to explain in accordance with the common comprehension of the resistance of rocks against deformation (strength). Standard material models fail to explain how central peaks, flat floors and terraced crater rims evolve from a much deeper bowl-shaped transient cavity. The so-called Acoustic Fluidization (AF) model explains such a collapse by a temporary weakening of rocks during crater formation. It is based on the assumption that heavily fractured target rocks in the vicinity of the crater are excited by acoustic waves in the wake of an expanding shock wave generated upon impact. A system of vibrating fragments can be considered to behave like a Bingham fluid with a Bingham viscosity and cohesion.

This study aims at a better understanding of the mechanics of complex crater formation by (i) constraining AF parameters (viscosity and duration of the acoustic wave field) in relation to crater observables, (ii) improving the AF implementation into the simulation software iSALE, and (iii) coupling the AF with fragmentation models describing how intact rocks are turned into fragments, whose size varies according to the distance from the impact point. The first step is a systematic numerical modelling study of test cases carried out with the iSALE code. We assumed lunar-like target conditions: 50 km gabbroic anorthosite crust on top of a dunite mantle. Both the layers are described by a pressure and damage-dependent strength model, a fracture model, and by an equation of state for the thermodynamic response of matter to high pressures. The projectile is dunite (radius=0.1 to 10 km, impact velocity=15 km/s).

We tested different values of the AF parameters (varying over one order of magnitude). The preliminary results show that crater morphology is highly sensitive to the AF parameters. For any given projectile size, longer lasting acoustic waves enhance crater floor collapse, and produce larger impact structures with a transitional morphology from central peak to peak ring. Furthermore, we found that different sets of AF parameters can produce similar complex craters. For a more quantitative analysis, we compare the morphometric parameters (crater depth and diameter) derived from our numerical simulations with observational data.

EP.1-002

Generation of impact melt by giants impacts during late accretion onto terrestrial planets.

L. Manske, K. Wünnemann*

Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Berlin

Giant collision events such as the Moon-forming or basin-forming impacts during the so-called late accretion phase influenced the chemical and thermal evolution of the young Earth. Besides the material that was delivered to the Earth by such impacts, a significant amount of energy was transferred and heated up the interior. To better understand and quantify the heat that is deposited into the planet causing large-scale melting of the crust and parts of the mantle we carried out numerical models with the iSALE Eulerian shock physics code.

To determine the distribution and volume of impact-induced melting we calculated the local increase of temperature as a consequence of the shock wave that is generated upon impact and propagates into the planetary interior. We use massless Lagrangian tracers to track the peak shock pressure material experiences during the passage of the shock wave. As the post-shock temperature is directly proportional to this peak pressure we use this information to calculate the temperature after unloading. By comparing this temperature with the solidus as a function of ambient pressure at the final location of each tracer we quantify the melt production.

In a systematic parameter study we varied impactor diameter (L) impact angle (α), and velocity (v_i) and determined the melt production for each scenario. The aim is to derive a parameterization (scaling-law) for the volume of impact-induced melting V_m as a function of impact parameters $V_m=f(L,\alpha,v_i)$, which can be used for dynamic modeling of the thermal evolution of planetary interior and the cooling of a magma ocean.

EP.1-003

The formation of impact basins on the Moon - combination of numerical modeling, gravity and remote sensing data

*T. Fröchtenicht*¹, D. Wahl², K. Wünnemann¹, J. Oberst²*

¹Museum für Naturkunde Berlin, Leibniz Institute for Evolution and Biodiversity Science, Berlin, ²Institute of Geodesy and Geoinformation Science, TU Berlin, Berlin

The lunar surface was shaped by the formation of large impact basins. 50-60 of such basins are known but there might be more structures hidden under the present surface expression. In previous studies lunar impact basins have been investigated to obtain a better understand-

ing of their formation and subsequent evolution as a function of varying target conditions. In particular new detailed gravity data from the GRAIL mission provide further insight and additional constraints on the formation mechanism.

In this work we will conduct a systematic numerical modeling study of impact basins on the Moon of different size taking into account: the relative age and, thus the thermal conditions of the crust and mantle at the time of formation; the location on the Moon with varying crustal thickness; the given gravity signature, morphology and other observational parameters to constrain the models. In addition we will quantify the deposition of ejecta and the production and distribution of impact melt.

We use the iSALE2D shock physics code to simulate the formation of large basins: We considered Orientale as a test case, using parameters from previous simulations. We use new remote sensing spectroscopic observations and gravity measurements as constraints for the model. Furthermore, we will use tracers to record the thermodynamic conditions in the target material and to quantify the emplacement of ejecta.

In a first step we have modeled the formation of the Orientale Basin consistent with observational constraints such as the present day morphology (e.g. rim/ring structures), the gravity field (mass concentrations in the bedrock), and the thickness of the ejecta deposits as a function of distance to the crater. Our model confirms the previous estimates that the Orientale Basin was formed by a 100km diameter body impacting the lunar surface at 12km/s. As Orientale is located at the boundary of the lunar highlands we consider a 40km and 60km thick, relatively cold crust. The model was tested against Bouguer gravity signatures (GRAIL mission) and topographic data (LOLA instrument). In a next step we will take all datasets into account, and test and revise the developed model for Orientale.

The resulting model will be the basis for studying all basins on the Moon. Modeling of the entire basin record will also contribute to our understanding of the thermal evolution of the Moon and the amount of mass that was delivered during the late accretion phase of the terrestrial planets.

EP.1-004

On the deposition of impact ejecta: influences by target properties and atmospheric interaction

*R. Luther*¹, K. Wünnemann¹, N. Artemieva^{2,3}*

¹Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Berlin, ²Planetary Science Institute, Tucson, United States, ³Institute for Dynamics of Geospheres, Moskau, Russian Federation

Impact craters are the most abundant surface features on most planetary bodies. They form by the displacement and ejection of material. Most of the debris expelled from a crater is deposited as a more-or-less continuous ejecta blanket whose characteristics depend on the distance from the point of impact, target properties, and the presence or absence of an atmosphere. To investigate how the ejection process is affected by target properties, we conduct a systematic numerical parameter study of different impact scenarios using the iSALE shock physics code. The code includes different material models, a damage model, various equations of state, and a porosity compaction model. In addition, we added a dusty flow model that simulates the interaction of particles with an atmosphere. For the dusty flow we transform the material in a cell that is previously assumed to behave as a continuum into representative particles (RPs) once specific criteria are satisfied. RPs are characterized by a velocity, shape and size. They also exchange energy and momentum with the surrounding gas. There are three forces acting on ejected particles: gravity, Stoke's drag and high-velocity drag.

Thus, trajectories of RPs depend strongly on the atmospheric properties and RPs' size-frequency distribution. We determine initial ejection velocities and angles and calculate the parabolic trajectories of the ejecta in the absence of atmosphere or start the dusty flow calculations if the atmosphere is present. By this method we can calculate the thickness of the ejecta blanket on any planetary body or asteroid with and without an atmosphere. The behaviour of ejected RPs depends on size and atmosphere density. After ejection into the atmosphere, the drag decelerates the RPs, which transfer momentum to the gas. Hence, shock waves are generated in the atmosphere and ejecta deposition will deviate from results in vacuum.

Possible Applications: Ejecta contribute to the change of momentum of colliding objects and thus to the change in their trajectories. Hence, the study of ejecta characteristics is necessary to constrain how efficiently momentum can be transferred, e.g. for the deflection of hazardous asteroids.

Considering smallest RP sizes, our model can be applied for the study of impact-related climatic effects due to the distribution of dust in the atmosphere. Its abundance can influence climatic conditions from local to global scale as it has been suggested in case of the Chicxulub event.

EP.2-001

Stabile Umlaufbahnen für Raumfahrzeuge im binären Asteroidensystem 1996 GT Didymos

F. Damme, J. Oberst*

Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik, TU Berlin, Berlin

Auf der Suche nach dynamisch stabilen Umlaufbahnen haben wir die Bahnbewegungen von Raumfahrzeugen im binären Asteroiden System 1996 GT (Didymos) simuliert und analysiert. Dieses System ist Ziel der geplanten Mission AIDA, welche von der NASA mit dem Impaktor DART durchgeführt wird, während die ESA den Asteroiden mit der Sonde AIM untersucht und den Einschlag observiert. Die studierten Bahnen liegen alle in der Ebene in der sich die beiden Asteroiden Didymos und Didymoon umkreisen und beginnen mit einem Radius von 0.4 km bis 2.5 km. Die Bewegung in dem komplexen Gravitationsfeld zweier unregelmäßig geformter und rotierender Asteroiden wird noch zusätzlich von solarem Strahlungsdruck gestört.

Für die Simulation nutzen wir numerische Bahnintegration mit Daten über Masse, Form und Rotationszustand, die durch Teleskopbeobachtungen gewonnen wurden. Um den Einfluss von Strahlungsdruck auf künstliche Satelliten in das Kräftemodell einzubinden verwenden wir ein 'box-wing' Modell. Die Bahnintegrationen starten mit Kreisbahnen von verschiedenem Radius als Anfangswert und beschreiben die Bahnbewegung des Raumflugkörpers für die nächsten 35 Tage.

Die meisten Umlaufbahnen in dieser Umgebung sind nicht stabil und ohne Steuermanöver führen sie schnell zu einer Kollision mit einem der Asteroiden oder einer Flucht aus dem Binärsystem. Mit den richtigen Anfangswerten kann eine Sonde jedoch lange in der Umgebung der Lagrange-Punkte L4 und L5 verbleiben. Orbits in Bahnresonanz mit Didymoon bleiben ebenfalls länger erhalten und zeigen charakteristische Oszillationen der Keplerelemente. Auch retrograde Umlaufbahnen können mit richtig gewählter Großer Halbachse länger dem dominanten Störeinfluss des Strahlungsdrucks widerstehen. Verschiedene Simulationen stellen den Einfluss von Abstand und die Neigung des Asteroidensystems zur Sonne auf die Orbitstabilität dar.

Die vorgenommenen Untersuchungen sollen Möglichkeiten und Grenzen einer Naherkundungsphase mit AIM darstellen. Für die Abtastung und Vermessung der Asteroiden mit Laser und Radiowellen sind Umlaufbahnen wünschenswert, welche ohne den Einsatz der Triebwerke lange stabil bleiben. Für Kleinsatelliten, die selbst keine oder stark beschränkte Schubkraft besitzen, ist die Stabilität ihrer Bahnbewegung um so relevanter, da diese die Einsatzdauer beschränkt. Die Genauigkeitsanforderungen, um einen 30 cm kleinen CubeSat nahe L4 stabil für 35 bis 90 Tage zu positionieren, wurden erörtert.

EP.2-002

A numerical method for automated SSC detection using ground based magnetic observations

*J. Matzka**¹, *C. Stolle*^{1,2}

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 2.3 Erdmagnetfeld, Potsdam, ²Universität Potsdam, Potsdam

In ground based geomagnetic data a sudden storm commencement (SSC) is the first sign of a possibly following magnetic storm. As such it plays an important role in space weather forecast using observatory data.

The source of an SSC is a current in the magnetopause located at the limit between magnetosphere and interplanetary space. It is caused by a sudden increases of the dynamic pressure of the solar wind to the magnetopause. The resulting change in the magnetic field spreads through the magnetosphere very fast. The effect can be seen almost simultaneously in observatories worldwide, even though with a clear dependence on local time and latitude. It is particularly strong on dayside.

An SSC can easily be recognized in the magnetogram by eye sight. The typical appearance is characterized by an abrupt rise of the H component within little minutes. The automated detection is still a challenge. Attempts of other authors are to evaluate the high spectral content of the time series in the proximity of an SSC. Or neuronal networks are used

Our approach is to fit a step-function with variable step width, slope and offset to the magnetogram. A pronounced step width is a prerequisite for an SSC existence. Other parameters as the deviation between magnetogram and fitted test function are used to avoid false alarms. Parameters as rise velocity, the presence of variations before and after the SSC provide additional information.

A multitude of parameters have to be combined into an indicator function. It has a high value at the presence of a SSC and low else. We will present a method leading to a formula how to combine a set of partly independent parameters into a function of maximal selectivity between SSC and noise. The method also provides an objective method how to choose the right threshold the best tradeoff between false alarms and missed events.

We test our method on observatory data of six observatories and an entire year. The selectivity of our method will be assessed using the resulting statistics.

We have implemented the automate SSC detection using our global network of observatories since almost one year. We will report on its success by the time of the presentation and show some selected SSC events.

GD Geodynamik

GD.1-001

Thermo-mechanical two-phase flow models of magma ascent in the continental crust with and without extension

H. Schmeling^{*1,2}, *G. Marquart*²

¹Institute of Geosciences, Goethe University, Frankfurt M, ²School of Earth, Atmosphere and Environment, Monash University, Clayton, Vic 3800, Australia

Melting within the lower continental crust with and without extension and subsequent ascent of silicic melts is modelled by a thermo-mechanical two-phase flow approach. The approach is based on the conservation equations of mass, momentum, and energy for melt and solid, respectively, and includes a simplified binary melting model, as well as compaction / decompaction of the solid matrix. The rheology is based on dislocation creep of quartzite or Westerly granite, and includes plasticity. 2D models are carried out for cases without and with differential melt-matrix flow. As control parameter the heat flow is varied between 75 and 90 mW/m² at the base of a thickened continental crust. In the case of no differential flow (batch melting) the model predicts episodic melting, rise and freezing of partially molten magmatic bodies. The recurrence time inversely scales with the bottom heat flux. In the case of allowing for melt migration, no such episodicity is observed anymore. Melt accumulates within melt rich layers and bodies, which subsequently rise through the crust by a combination of diapirism and decompaction related sinking of solid material through the melt rich layer. Final emplacement depths are between 30 and 15 km, shapes of the resulting plutons are visualized by the evolved enrichment and depletion fields. They show a strong dependence on the applied bottom heat fluxes.

GD.1-002

How plume-ridge interaction shapes the crustal thickness pattern of the Réunion hotspot track

E. Bredow^{*1}, *B. Steinberger*¹, *R. Gassmöller*², *J. Dannberg*²

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Department of Mathematics, Colorado State University, Fort Collins, United States

The Réunion mantle plume has shaped a large area of the Earth's surface over the past 65 million years: from the Deccan Traps in India along the hotspot track comprising the island chains of the Laccadives, Maldives and Chagos Bank on the Indian plate and the Mascarene Plateau on the African plate up to the currently active volcanism at La Réunion Island. This study addresses the question how the Réunion plume, especially in interaction with the Central Indian Ridge, created the complex crustal thickness pattern of the hotspot track. For this purpose, the mantle convection code ASPECT was used to design three-dimensional numerical models which consider the specific location of the plume underneath moving plates and surrounded by large-scale mantle flow. The results show the crustal thickness pattern produced by the plume, which altogether agrees well with topographic maps. Especially two features are steadily reproduced by the models: the distinctive gap in the hotspot track between the Maldives and Chagos is created by the combination of the ridge geometry and plume-ridge interaction. And the Rodrigues Ridge, a narrow crustal structure which connects the hotspot track and the Central Indian Ridge, appears as the surface expression of a long-distance sub-lithospheric flow channel in agreement with Morgan's proposition from 1978.

GD.1-003

Maximum Magnitudes of Subduction Earthquakes: Estimations from Cross-Scale Geodynamic Model

*I. Muldashev**¹, *S. Sobolev*^{1,2}

¹GFZ, Potsdam, ²University of Potsdam, Potsdam-Golm

Even though methods of instrumentally observing earthquakes at subduction zones have rapidly improved in recent decades, the characteristic recurrence interval of giant subduction earthquakes ($M_w > 8.5$) is much larger than the currently available observational record and therefore the necessary conditions for giant earthquakes are not clear. However, the statistical studies have recognized the importance of the slab shape and its surface roughness, state of the strain of the upper plate and thickness of sediments filling the trenches. Here we apply cross-scale seismic cycle modeling technique (Sobolev and Muldashev, under review) to study key factors controlling maximum magnitudes of earthquakes in subduction zones. Our models employ elasticity, non-linear transient viscous rheology and rate-and-state friction. They generate spontaneous earthquake sequences and by using adaptive time-step algorithm, recreate the deformation process as observed naturally during seismic cycle and multiple seismic cycles.

We explore effects of slab geometry, megathrust friction coefficients, and convergence rates on the magnitude of earthquakes. We found that the low-angle subduction (largest effect) and low static friction, likely caused by thick sediments in the subduction channel (smaller effect) are the key factors controlling magnitude of great earthquakes, while the change of subduction velocity from 10 to 3.5 cm/yr has much lower effect. Modeling results also suggest that thick sediments in the subduction channel causing low static friction, result in neutral or compressive deformation in the overriding plate for low-angle subduction zones in agreement with observations for the giant earthquakes. The model also predicts the magnitudes of the largest possible earthquakes for subduction zones of given dipping angles. We demonstrate that our predictions are consistent with all known giant subduction earthquakes of 20th and 21st centuries and with estimations for historical earthquakes.

GD.1-004

Grain size assisted thermal runaway: a mechanism to generate intermediate-depth earthquakes and ductile shear zones

*M. Thielmann**¹, *A. Roze*², *B. Kaus*³, *Y. Ricard*⁴

¹Bayerisches Geoinstitut, Bayreuth, Bayreuth, ²Institut für Geophysik, ETH Zürich, Zürich, Schweiz, ³Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, ⁴Laboratoire de Géologie, ENS Lyon, Lyon, France

The nucleation processes of intermediate-depth earthquakes as well as ductile shear zones are an enigmatic topic.

Here we present fully coupled thermomechanical models which investigate the interplay between grain size evolution and shear heating and the impact of this feedback loop on intermediate-depth earthquake generation and shear zone formation. When grain growth is inhibited, grain size reduction facilitates the occurrence of thermal runaway, as critical stresses needed to initiate thermal runaway are significantly reduced. Grain size reduction weakens the rock prior to thermal runaway and increases rheological contrasts. Once thermal runaway occurs, a pseudotachylite is formed which is embedded in a mylonite matrix. More recently it has also been suggested that dislocation accommodated grain boundary sliding might significantly

contribute to the formation of localized ductile shear zones. In the framework of our models, we test this hypothesis and evaluate the importance of different deformation mechanisms on the occurrence of grain size assisted thermal runaway. Results indicate that although dislocation accommodated grain boundary sliding has some impact, peak stresses and thus also thermal runaway are much more affected by low-temperature plasticity. As the parameters of low-temperature plasticity are still highly uncertain, this result highlights the importance of additional research to better constrain the parameters for low-temperature plasticity.

GD.1-005

Defining tectonic boundaries with satellite gravity gradients

*P. Haas*¹, J. Ebbing¹, C. Gaina²*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Centre for Earth Evolution and Dynamics (CEED), Department of Geosciences, University of Oslo, Oslo, Norway

Gravity data reflects the contrast in density between adjacent bodies. Continental masses are usually an amalgamation of units composed of various rocks formed during Earth's history. Gravity data may identify the boundaries between rock units, which share similar composition, and possible ages. For the past few decades, terrestrial or airborne data has been successfully used for interpreting the tectonic fabric of various regions. The access to the increasingly higher resolution gravity data collected or inferred from satellites measurements prompted the community to use this data for tectonic-related problems.

In this work we use different satellite gravity products from the GOCE mission and evaluate their use for identifying tectonic blocks involved in tectonic plate motions. Satellite gradients and curvature attributes reveal different structures of the subsurface which may not be conventional free-air anomalies. The computed curvature attributes were used together with a global tectonic model for identifying possible settings where these attributes reveal tectonic boundaries. For visualizing our model, we have used the GPlates application (www.gplates.org). We evaluate the effect of the curvature attributes on different plate tectonic models, leading to an assessment of the quality of GOCE products for plate reconstructions with a special emphasis on Antarctica. The geology of East Antarctica is of high interest because the ice sheet preserves structures, which may be unaffected over the whole Phanerozoic or even older. In this context GOCE products may help to identify plate signatures, which belong to the Proterozoic supercontinent Rodinia.

GD.1-006

The Cyclades, central Aegean Sea: Crust and Upper mantle properties of an exhumed margin

*I. Papoulia¹, J. Makris*²*

¹Hellenic Centre for Marine Research, Athens, Greece, ²Institute of Geophysics, university of Hamburg, Hamburg

A velocity model of the sediments, crust and upper mantle of the Cyclades, central Aegean Sea, was obtained by evaluating wide aperture reflection refraction (WARRP) seismic data, collected by using 25 4C Ocean Bottom Seismographs (OBSs), deployed between the islands of Kythnos and Chios, along a SW-NE oriented line of 140 km length. Velocity modeling of the crust and lithosphere by tomography and ray tracing revealed that the Cyclades are formed by southwestwards oriented low angle thrusting in 3 successive belts striking NW-SE.

Thrusting resulted by exhumation, due to buoyant escape, and transport of lithological units originally buried in 30 to 50 km depth to surface levels, which is also required by mineralogical studies.

The crust is stretched continental, varying between 23 km in the Chios basin and the eastern part of Andros island to 16 km below Yaros and Kythnos islands. It thickens again to the southwest to 20 km under the eastern Myrtoon Sea, towards eastern Peloponnese. The Vp-velocities of the rocks exposed on the islands have values ranging between 6.1 to 6.4 km/s, depending on the lithology and degree of metamorphism. The crust of the eastern Cyclades and Chios Basin consists of 3 layers with a slight velocity inversion at its middle part, while at the western Cyclades, Kythnos Island and basin, the uppermost layer of blueschists exposed on Andros Island is missing. The Vp velocities of the rocks exposed at Kythnos have values of 6.1 to 6.2 km/s and belong to a greenschist phase, implying that they were subducted to shallower depth than those exposed on the island of Andros. The middle and lower crust of the Chios basin and the eastern Cyclades are exposed at the Kythnos Island and are thrust over the Myrtoon Sea crust, which is composed of two crustal layers. Velocity of the compressional waves at the crust-mantle boundary is low, 7.6 to 7.7 km/s, increasing gradually to 8.0 km/s at a depth ranging from 30km below the Myrtoon Sea, to 50km at the central Cyclades and 42 km at the Chios basin. Extensional basins between the islands are filled with recent low velocity sediments and a high velocity limestone of 5.6 to 5.7 km/s at their deepest part. Their thickness ranges between 4 and 4.5 km.

Vertical uplift, exhumation and stretching of the Cyclades crust is due to the roll back of the subducted lithospheric slab and isostatic readjustment of a low density high temperature asthenosphere below the central Aegean Sea

GD.2-001

Conversion of passive margins into subduction zones triggered by the mantle flow

M. Baes, S. Sobolev*

GFZ German Research Center for Geosciences, Potsdam

Passive margins are widely accepted as candidate location for subduction initiation, despite lack of any Cenozoic observations. This is mainly due to the key role that they play in the Wilson cycle, which describes repeated opening and closing of ocean basins. The classical Wilson Cycle concept hypothesizes spontaneous conversion of passive continental margins into active subduction zones. However, previous modeling studies show that spontaneous subduction of old oceanic plate is very difficult/unlikely due to the high strength/viscosity of the cold lithosphere of the continental margin and adjacent oceanic plate.

There is a growing recognition of the important role of the forces implied by mantle flow in various tectonic settings but not yet for the passive margins. Here, we suggest that subduction initiation along a passive margin can be triggered by an additional forcing provided by mantle suction flow. Based on our hypothesis, we suggest a modified version of the Wilson Cycle concept. Rifting and continuing extension results in the formation of a new ocean basin between two continents. Meanwhile, slabs of neighboring subduction zones, along with slab remnants of former subduction zones in the mid-mantle, produce a suction mantle flow, which may cause the formation of a new subduction zone. In this scenario, the rift-inherited weakness of the passive margin and the horizontal push force induced from the far-field topographic gradient within the continent facilitate the subduction initiation process. To test this scenario, we use thermo-mechanical models, based on finite element method. We consider three different model setups to examine subduction initiation triggered by a mantle suction force induced by a) slab remnants of former subduction zones, b) slabs of active

neighboring subduction zones, and c) both slab remnants of former subduction zones and slabs of active subduction zones in the vicinity of the passive margin. Results suggest that subduction initiation is a long-term process (takes more than 40Myr), which can explain the lack of any Cenozoic examples on the Earth. Further, our models show that mantle suction force induced by past slabs can similarly trigger subduction initiation along transform faults/fracture zones within the ocean. As a general consequence, new subduction zones should originate where subduction zones were active in the past, thus explaining the remarkable co-location of subduction zones during at least the last 400 Myr.

GD.2-002

Three-dimensional thermo-mechanical finite element modelling of the Andean subduction zone – A Parameter Study

*C. Salomon**, *T. Jahr*, *K. Ustaszewski*

Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität, Jena

At the subduction zone of South America some of the strongest earthquakes since the beginning of the earthquake recording took place. In addition the Wadati-Benioff zones situated in these regions show earthquake hypocentres up to depths of 600 km. The nature of such deep earthquakes is not well understood but it is known that fluids as well as the temperature distribution in these regions have significant influences on their occurrences.

Our work deals with the computation of the current three-dimensional temperature and stress distribution in the subduction zone of the Andes down to a depth of 400 km using the finite element method. For this purpose a coupled thermo-mechanical simulation running over 150k years will be realized based on an elastic-viscoplastic Drucker-Prager rheology. Our current reference model serves to examine the influences of the most important parameters on the model and is therefore kept ideally simple. For the geometry we use the cross section of a generic subduction zone extended to the third dimension. The gravitational force acts as the only external force on the system. The movements of the Nazca and South American plate are generated using velocities of 10 cm/yr in total. Furthermore the boundaries of the asthenosphere are fixed to account for surrounding rocks. The model as a whole has a size of 650km x 200km x 400km and consists out of 27000 elements.

During the parameter study we are investigating the influences due to a change in the movement direction of the plates as given by GPS observations and the kind of rheology (i.e. elastic, plastic or viscoplastic). Moreover changes of the viscosity, the inner and outer friction coefficient and the thermal expansion coefficient are studied according to a common range of these parameters as given by other studies. The basic parameters density, Young's modulus and Poisson ratio are well determined by preliminary geophysical observations and thus those are not varied.

GD.2-003

Zooming into the Hindu Kush slab break-off: a rare glimpse on the terminal stage of subduction

*S.-K. Kufner**¹, *B. Schurr*¹, *C. Haberland*¹, *Y. Zhang*², *J. Saul*¹, *A. Ischuk*³, *I. Oimahmadov*³

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing, China, ³Tajik Academy of Sciences, Dushanbe, Tajikistan

The transition from oceanic subduction to continental collision involves the entrainment of continental lithosphere into the subduction system. The opposing forces of the sinking slab and the buoyant continent then stretch the subducted lithosphere and ultimately lead to its break-off. Although many orogens show geological indications for such events, slab break-off is currently rarely observed as the final pinching-off is thought to be a fast process. The deep seismicity under the Hindu Kush mountains in Central Asia is such a rare case. Here, we use new data from a four years lasting seismic network to create a high resolution picture of slab break-off and infer its dynamics.

Travel time tomography resolves a near-vertically dipping subducting slab beneath the Hindu Kush down to 600 km and subduction of continental crust down to ~180 km. The subducted slab is critically thinned at ~200 km, where also seismicity is most intense (e.g. five Mw>7 earthquakes in the last 30 years). Earthquake source mechanisms indicate sub-vertical extension in the entire slab but highest seismic strain rates occur in the deeper seismogenic portion of the slab, below the subducted crust. Extending our data set to larger time-spans by including and relocating the largest earthquakes of the past 30 years, we calculate a stretching rate of ~40 km/Ma. From this combined seismicity distribution and the rupture mechanisms we further deduce that the break-off advances along-strike of the Hindu Kush seismic zone at the base of the subducted continental crust. The dominant deformation mechanism in the subducted mantle lithosphere changes along-strike from simple to pure shear. The fastest detachment rates and largest earthquakes occur during the simple shear dominated stage. Smaller and less frequent earthquakes above the rapidly extending slab might be triggered by processes related to the subduction of crustal rocks.

GD.2-004

Numerical and analog models of along-strike changes in rift architecture: Interaction between the Kenyan and Ethiopian rifts across the Turkana depression

S. Brune^{*1}, *G. Corti*², *G. Ranalli*³

¹Geodynamic Modelling Section, GFZ Potsdam, Potsdam, ²Istituto di Geoscienze e Georisorse, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Florence, Italy, ³Department of Earth Sciences and Ottawa-Carleton Geoscience Centre, Carleton University, Ottawa, Canada

Along-axis variations in pre-rift rheological structure are expected to have large impact on the evolution and architecture of continental rifts. The Turkana depression in the East African Rift connects the Main Ethiopian Rift to the north with the Kenya rift in the south. It locates within a NW-SE trending region of thinned crust generated during a Mesozoic rifting event. In contrast to the narrow rifts in Ethiopian and Kenya with a rift valley morphology dominated by large fault escarpments, extension in the Turkana region is accommodated by numerous faults with limited vertical offset that cluster in different sub-parallel deformation domains.

Here we investigate the impact of along-strike structural inheritance using two different modeling techniques: (1) crustal-scale, isothermal analog experiments and (2) lithospheric-scale, thermo-mechanical numerical models. Both feature a region of thinned crust representing the Mesozoic rift basin in the Turkana region, which is cutting the general N-S rift trend at high angle. The two different methodologies generate very similar results, reproducing the along-axis transition from narrow rift valleys in Ethiopia/Kenya to a distributed deformation within the Turkana depression. Similarly to natural observations, our models show that the Ethiopian and Kenyan rift valleys propagated away from each other within the Turkana depression, thus avoiding a direct link to form a continuous N-S depression.

Scanning through possible lithospheric starting configurations in the numerical models we discriminate between four distinct types of rift linkage between Kenya and Ethiopia: (1) straight linkage, (2) bending towards the inherited structure, (3) bending away from the inherited structure, and (4) formation of a rotating microplate. The fact that the third linkage type is realized in the Turkana region allows new insights on the rheological configuration of the Mesozoic rift system at the onset of the recent rift episode.

GD.2-005

Shallow thermal field variations across continental volcanic passive margins that significantly contrast in the breakup age

E. Gholamrezaie^{*1,2}, *M. Scheck-Wenderoth*^{2,3}, *J. Sippel*²

¹Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam, ²Section 6.1 Basin Modelling, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ³Faculty of Georesources and Materials Engineering, RWTH Aachen University, Aachen

The aim of this research is to analyze the variations of the shallow thermal field across two volcanic continental passive margins contrasting in the breakup age; the Southwest (SW) African margin and the Norwegian margin. The SW African passive margin is significantly (around 75 Ma) older than the Norwegian. By comparing these two differently aged passive volcanic margins, we test the hypothesis if the present-day thermal field is different for the two settings. In this regard, we consider two previously published 3D lithospheric-scale and conductive thermal models for the SW African and the Norwegian passive margins. To compare these thermal models, we respect the surface of the upper thermal boundary as a reference surface for the both models and subsequently extract the temperature-depth distribution in a certain depth (1 km) interval down to 6 km below the upper thermal boundary surface. Finally, we calculate the geothermal gradient for the two settings at 1, 2, 3, 4, 5 and 6 km below the surface of the upper thermal boundary. We interpret the geothermal gradient variations concerning the 3D geological structural models to show how radiogenic heat production, sediment thermal blanketing, and the Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB) depth play the major roles in the shallow thermal field pattern. Our results indicate that the shallow thermal field considerably differs comparing the two margins. In the Norwegian margin, the thermal field is mostly dominated by the lithosphere age. In contrast, over the SW African passive margin, the crustal configuration is dominating the pattern of the equilibrated shallow thermal field.

GD.2-006

Geophysical-petrological modeling of the Saharan Metacraton lithosphere

M. Sobh^{*1}, *J. Ebbing*², *H.-J. Götze*², *M. Abdelsalam*³

¹Institute of Geosciences, Geophysics and Geoinformation, Kiel, ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften - Geophysik und Geoinformation, Kiel, ³Boone Pickens School of Geology, Oklahoma State University, Oklahoma, United States

The Saharan Metacraton is one of the least geologically known Precambrian terrains World-wide, especially its lithospheric structure and the causes of the vast remobilization it witnessed during the Neoproterozoic era. This relates to its remote location and the poor coverage by depth penetrating geophysical data. An important element for understanding the Saharan Metacraton is examining how the observed surface geological features are manifested at depth, especially the thickness distribution and composition of the sub-continental lithospheric mantle. In order, to increase our understanding we try to estimate the Moho

depth by non-linear gravity inversion in spherical coordinates controlled by receiver function points due to the sparse distribution of seismic data. We estimate also the structure of the upper mantle by integrated petrological-geophysical modelling by testing the different upper mantle compositions regarding gravity, topography, and seismic velocity. Our results show that the Chad, Marzuq, and Al Kufrah still considered as a remnant Cratons inside the Saharan Metacraton from its lithospheric thickness which follows the mechanism of metacratonization ranging from the delamination to that of the entire lithosphere destruction.

GE Geoelektrik/IP

GE.1-001

Geophysikalische Untersuchungen am zentralen Karbonatitkomplex des Kaiserstuhls

*M. Tauchnitz*¹, D. Kopp¹, K. Brauch¹, A. Weller²*

¹terrateg geophysical services GmbH & Co. KG, Heitersheim, ²Institut für Geophysik, Technische Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld

Im Rahmen des HiTech AlkCarb, eines EU geförderten Forschungsprojektes wird die Entstehung von seltenen Erden Lagerstätten (REE) untersucht. Mit den in diesem interdisziplinären Projekt gewonnen Erkenntnissen sollen die existierenden Explorationsmodelle für alkalische und karbonatitische Gesteinsprovinzen angepasst bzw. neue Geomodelle herausgearbeitet und weltweit auf die potentiellen Lagerstätten angewendet werden. Aufgrund der guten Aufschlussbedingungen von intrusiven und extrusiven Gesteinen und wegen der umfangreichen geowissenschaftlichen Arbeiten im vergangenen Jahrhundert, wurde der Kaiserstuhl Karbonatitkomplex als „natürliches Laboratorium“ vom Projektteam ausgewählt. Im Spätsommer vergangenen Jahres wurden die Geländearbeiten mit IP und Widerstandsmessungen, sowie mit Aeromagnetik und radiometrie begonnen.

Ziel ist die Ermittlung von physikalischen Parametern und Messverfahren, die sich für die Erkundung von Karbonatiten und zur Abgrenzung der darin vorkommenden REE Mineralisierung eignen. Für die Anpassung und Verbesserung der geologisch-geophysikalischen Modelle werden petrophysikalische Laboruntersuchungen (Dichte, Porosität, magnetische Suszeptibilität, frequenzabhängige komplexe elektrische Leitfähigkeit, seismische Geschwindigkeiten) durchgeführt. Die Gesteinsproben wurden durch Geologen der Universität Tübingen entnommen und petrologisch, mineralogisch und geochemisch untersucht. Die Ergebnisse der geophysikalischen Messungen und der petrophysikalischen Untersuchungen werden im Rahmen dieses Vortrages vorgestellt und diskutiert.

GE.1-002

Beobachtung von Massenbewegungen mittels der elektrischen Eigenpotential-Methode

J.K. Limbrock, T. Heinze, S.P. Pudasaini, A. Kemna*

Universität Bonn, Steinmann-Institut, Fachbereich Geophysik, Bonn

Massenbewegungen gehören zu den weltweit verbreitetsten Georisiken für Mensch und Infrastruktur. Ob Hangrutschungen, Dolinenbildung oder Damnbrüche, sie geschehen meist ohne große Vorwarnzeit und häufig in abgelegenen Gebieten, wo sie nicht unmittelbar entdeckt werden. Gerade dann, wenn Infrastruktur wie Straßen, Schienen oder Leitungen

beschädigt wurden, ist eine schnelle Erfassung und Ortung hilfreich, um Folgeschäden zu verhindern. Entsprechende Massenbewegungen werden häufig durch ansteigenden Porendruck ausgelöst, beispielsweise nach Regen oder Infiltration. Zur Messung der Wasserdynamik eignet sich unter anderem die elektrische Eigenpotential-Methode, beispielsweise genutzt zur Erfassung von Fluidströmung in vulkanischen Systemen oder Dammleckagen. Die wichtigste Quelle des elektrischen Eigenpotentials ist dabei das sogenannte Strömungspotential. Es ist abhängig vom Fließfeld und Änderungen im Strömungspotential können auf entsprechende Änderungen im Fluidfluss zurückgeführt werden. Zugehörige Modelle beziehen sich bis jetzt meist auf Fluidfluss in nicht-deformierbaren Medien. Bei Massenbewegungen jedoch werden die hydraulischen Eigenschaften des Bodens sowie das vorherrschende Druckfeld signifikant verändert. Es ist daher möglich, dass diese Veränderungen entsprechende Ausschläge im elektrischen Eigenpotential verursachen. In der hier vorgestellten Studie wurden Rutschungen im Labor unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt. Bei Versuchen mit feuchtem Sand konnte eine eindeutige Korrelation zwischen einzelnen Rutschungen und dem gemessenen elektrischen Eigenpotential beobachtet werden. Diese heben sich deutlich vom Hintergrundsignal ab, das durch Aufsättigung und Wasserfluss verursacht wird. Bei Experimenten mit trockenem Sand und manuell ausgelösten Rutschungen waren keine vergleichbaren Signale messbar. Somit sind die rutschungsabhängigen Signale des Eigenpotentials auf Änderungen der Fluideigenschaften sowie des Flusses zurückzuführen. Die beobachteten Effekte konnten mit numerischen Simulationen reproduziert werden. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die elektrische Eigenpotential-Methode geeignet ist, Massenbewegungen in (teil-)gesättigten Böden zu beobachten, sofern die bewegte Masse im Vergleich zum Elektrodenabstand signifikant groß ist und die Bewegung ausreichend schnell voranschreitet, um Veränderungen im Porendruck zu verursachen.

GE.1-003

Kapazitive Geoelektrik zur Bestimmung der elektrischen Permittivität – Messungen und 2D Inversionsergebnisse vom Schilthorn (Schweiz)

*J. Mudler*¹, A. Hördt¹, A. Przyklen¹, G. Fiandaca², P.K. Maurya², C. Hauck³*

¹Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, ²Department of Geoscience, Aarhus University, Aarhus, Denmark, ³Department of Geoscience, Université de Fribourg, Fribourg, Schweiz

Die kapazitive Geoelektrik hat gegenüber der klassischen Gleichstromgeoelektrik den Vorteil, dass neben dem spezifischen Widerstand ρ auch die Größe der elektrischen Permittivität ϵ_r ermittelt werden kann. Die Stromspeisung geschieht über eine galvanisch entkoppelte 4-Punkt Konfiguration. Dabei werden Plattenelektroden verwendet, die wie Kondensatoren mit dem Untergrund fungieren. Der Frequenzbereich der eingespeisten Wechselströme hat eine hohe Bandbreite und geht von wenigen Hz bis zu relativ hohen Frequenzen von 100kHz. Dieser Frequenzbereich schließt damit oberhalb an die Frequenzen der verwandten Methode der Induzierten Polarisation an und kann als hochfrequente Ergänzung dieser gesehen werden. Da die Information über ϵ_r im Imaginärteil liegt, sind phasensensitive Messungen vonnöten. Aus den gemessenen komplexen Impedanzen können durch geeignete Parametrisierung der frequenzabhängigen Größen, die Spektren von $\epsilon_r(f)$ und $\rho(f)$ bestimmt werden.

Der Fokus dieser Arbeit liegt in der Bestimmung der Permittivität ϵ_r , die wir in Form der charakteristischen Größen eines Niederfrequenzwertes ϵ_{DC} und eines Hochfrequenzwertes ϵ_{HF} dokumentieren. Die Permittivität lässt sich besonders gut bestimmen, wenn sie selbst

im Untergrund groß ist und wenn der Untergrund hohe Widerstände aufweist. Permafrostgebiete erfüllen genau diese Bedingungen und bieten damit für unsere Zwecke sehr geeignete Untersuchungsgebiete.

In der vorgestellten Arbeit wurden Messungen mit der Vielzweck-Apparatur „Chameleon“ (Radic Research) auf dem Schilthorn (Schweiz) durchgeführt. Die Messdaten wurden sowohl einzeln invertiert, als auch zweidimensional mit dem Programm AarhusInv. Durch die Messung in verschiedenen Tiefen sollen oberflächennah Strukturen aufgelöst werden. Es wurde dabei untersucht, wie gut die Auflösung der Parameter des Untergrundes ist und wie sich die verschiedenen Inversionen auf die vorliegenden Messdaten anwenden lassen.

Als Ergebnisse aus unseren Untersuchungen erhalten wir zweidimensionale Abbilder des Untergrundes für die frequenzabhängige Permittivität. Die Messwerte liegen dabei im Bereich von $\epsilon_{DC} = 30 - 350$ und $\epsilon_{HF} = 2 - 8$. Verglichen dazu sind für die Permittivität von reinem Eis Werte im Bereiche von $\epsilon_{DC} = 60 - 300$ und $\epsilon_{HF} = 3 - 30$ charakteristisch. Ein langfristiges Ziel wäre es, aus den Messwerten den Eisgehalt im Boden zu bestimmen.

GE.1-004

Monitoring the Dynamics of Water Flow at a High-Mountain Permafrost Site Using Electrical Self-Potential Measurements

A. Kemna^{*1}, *M. Weigand*¹, *F. Wagner*¹, *C. Hilbich*², *C. Hauck*²

¹Fachbereich Geophysik, Steinmann-Institut, Universität Bonn, Bonn,

²Department für Geowissenschaften, Universität Fribourg, Fribourg, Schweiz

Flow of (liquid) water plays a crucial role in the dynamics of coupled thermo-hydro-mechanical processes in terrestrial permafrost systems. To better understand these processes in the active layer of permafrost regions, with the ultimate goal of adequately incorporating them in numerical models for improved scenario prediction, monitoring approaches offering high spatial and temporal resolution, areal coverage, and especially sensitivity to subsurface water flow, are highly desired. This particularly holds for high-mountain slopes, where strong variability in topography, precipitation, and snow cover, along with significant subsurface soil/rock heterogeneity, gives rise to complex spatio-temporal patterns of water flow during seasonal thawing and freezing periods. The electrical self-potential (SP) method is well known to, in theory, meeting the above monitoring demands by measuring the electrical streaming potential which is generated at the microscopic scale when water flows along electrically non-neutral interfaces. Despite its inherent sensitivity to subsurface water flow, the SP method has not yet been used for the monitoring of high-mountain permafrost sites. We here present first results from an SP monitoring survey conducted at the Schilthorn (2970 m asl) in the Bernese Alps, Switzerland, where SP data have been collected since September 2013 at a sampling rate of 10 min on a permanently installed array of 12 non-polarizing electrodes covering an area of 35 m by 15 m. While the SP time series exhibit systematic daily variations, with part of the signal clearly correlated with temperature, in particular in the snow-free periods, the largest temporal changes in the SP signal occur in spring, when the snow cover melts and thawing sets on in the active layer. The period of higher temporal SP variations continues until autumn, when the signal gradually returns to relatively low variations, coinciding with the freezing of the ground. Our results suggest that the SP method is a suitable tool for the monitoring of seasonal water flow dynamics at high-mountain permafrost sites. Current work is directed towards an improved field setup, as well as the quantitative analysis of the SP data based on laboratory calibration measurements.

GE.2-001

Understanding the Impedance Spectroscopy Response of Rocks – Recent Developments

*N. Klitzsch**

GGE, RWTH Aachen University, Aachen

From the middle of the last century on, a method called induced polarization (IP), better known as impedance spectroscopy (IS) in many other fields, has been applied for the exploration of conductive minerals like pyrite and graphite. Since then, IP has been used for studying the spectral electrical behaviour of rocks in the lab and for imaging the impedance distribution in the subsurface. For the latter, only frequencies well below 1 kHz are typically interpreted (or even measured) with most of these instruments because electromagnetic coupling effects often obscure impedances at higher frequencies. Also laboratory studies on rock samples are often restricted to a frequency range up to about 10 kHz. Whereas the IP phenomenon is traditionally studied by complex resistivity/conductivity measurements, i.e. by measurements which require galvanic coupling of the electrodes, a whole bunch of research regarding dielectric spectroscopy on rocks (up to frequencies of a few GHz) has been carried out too. However, neither the combination of data studied in different but often overlapping frequency ranges nor the combination of mechanistic models addressing single polarisation processes is currently established in geophysical research. Only very recently, few studies of broadband IS measurements on rock samples as well as first attempts of combining different polarization models were carried out.

Nevertheless, over the last two decades significant progress has been made in understanding the microscopic mechanisms leading to rock polarization, i.e. to frequency dependent complex resistivities. Five main mechanisms have been identified in the mHz to MHz frequency range:

- (1) the polarization of the electrical double layer (EDL) with contributions from both its inner (Stern layer) and its outer part (diffuse layer);
- (2) the membrane polarization also caused by the EDL but only occurring at neighbouring narrow and wide pores;
- (3) the Maxwell-Wagner or interfacial polarization occurring at the solid-electrolyte interface;
- (4) the electrode polarization, observed in presence of conductive minerals only; and
- (5) high-frequency polarization mechanisms such as the orientational polarization of water dipoles.

GE.2-002

Untersuchungen an Karbonatgesteinen mittels Spektraler Induzierter Polarisation

*S. Hupfer*¹, M. Halisch¹, A. Weller²*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, ²Technische Universität Clausthal, Institut für Geophysik, Clausthal-Zellerfeld

Diese Studie beschäftigt sich mittels Spektraler Induzierter Polarisation (SIP) mit den komplexen elektrischen Eigenschaften zur Charakterisierung von Karbonaten. Die Auswertung erfolgt in Kombination mit petrophysikalischen, mineralogischen und geochemischen Messungen. SIP ist ein nützliches Werkzeug zur Bestimmung von Gesteinseigenschaften und ermöglicht eine qualitativ bessere Charakterisierung der Porenraumgeometrie.

Gesteinsparameter wie Permeabilität, Porengröße und spezifische Oberfläche können vorhergesagt werden. Bisher wurden SIP-Messungen im Labor vorwiegend an Sandsteinen oder sandigem Material durchgeführt. Dabei wurden verschiedene robuste empirische Beziehungen gefunden, welche IP-Signal und petrophysikalische Parameter verknüpfen.

Laborexperimente wurden an verschiedenen Karbonattypen durchgeführt. Gesteinseigenschaften wie Korndichte, Permeabilität und spezifische Oberfläche wurden durch petrophysikalische Messungen bestimmt. Geochemie und Mineralogie dienen zur Unterscheidung der Karbonattypen. Erste Ergebnisse der SIP-Messungen zeigen Polarisationseffekte bei allen Materialtypen. Vier verschiedene Phasenverhalten wurden beobachtet: ein konstanter Phasenwinkel, eine konstante Steigung, eine Kombination beider sowie ein Maximumtyp wurden identifiziert. Jedes Phasenverhalten kann einem verwendeten spezifischen Karbonattyp zugeordnet werden. Weitere Experimente wurden durchgeführt, um mehr Erkenntnisse über das Phasenverhalten zu erlangen und Erklärungen zu erhalten.

1. Ansatz: Berechnung einer erwarteten Frequenz für das Phasenmaximum jeder Probe und Überprüfung, ob sich diese Frequenz innerhalb des gemessenen Frequenzspektrums von 2 mHz bis 100 Hz befindet.
2. Ansatz: Deutliche Verringerung der Fluidleitfähigkeit zur Erhöhung des Phasensignals für eine bessere Interpretation.
3. Ansatz: Betrachtung der Kationen-Austausch-Kapazität als Faktor.
4. Ansatz: Verwendung bildgebender Verfahren (Rasterelektronenmikroskop, Röntgen Computertomographie, Mikroskopie) um ein qualitatives Abbild der Karbonate zur Untersuchung des Porenraums zu erzeugen.

Ein Vergleich der SIP-Daten mit den petrophysikalischen Daten des Probensatzes hat gezeigt, dass es bei Karbonaten im Vergleich zu Sandsteinen schwieriger ist, eine Korrelation zwischen Polarisation und den petrophysikalischen Parametern herzustellen. Laufende Untersuchungen und Messungen werden durchgeführt, um mehr Erkenntnisse zu den Polarisationseffekten in Karbonaten zu gewinnen.

GE.2-003

Einfluss der Entsättigung von Eisenmineral-Quarzsand-Gemischen auf das SIP Signal

*L. Behling*¹, T. Martin², S. Costabel²*

¹Freie Universität Berlin, Berlin, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), B2.1 Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Berlin

Um mineralische Reststoffe in stillgelegten Abraumhalden zu detektieren eignet sich das Verfahren der Spektral Induzierten Polarisation (SIP). In bisherigen Laborstudien (Hupfer et al, 2015) konnte gezeigt werden, dass der Einfluss der Erzmineralkorngröße und Erzmineralkonzentration von verschiedenen Mineralen einen deutlichen Einfluss auf das SIP Signal hat. So bestimmt die Korngröße die Lage des Phasenmaximums auf der Frequenzachse, während die Konzentration die Höhe des Phasenmaximums kontrolliert. In den jetzigen Studien wurden zusätzlich Mineralmehrkornmischungen untersucht um nachzuweisen, ab welcher Korngrößendifferenz dies im SIP Signal unterscheidbar wird. Zusätzlich wurde dem Einfluss der Entsättigung nachgegangen, da die Abraumhalden zum großen Teil über dem Grundwasserspiegel liegen und damit nur teilgesättigt sind.

Es fanden Versuchsreihen mit Pyrit-Quarzsand-Gemischen statt, in denen jeweils zwei verschiedene Pyrit-Korngrößen in das Gemisch eingebracht wurden. Liegen die beiden Korn-

größen zu dicht beieinander, verbinden sich die zugehörigen Phasenpeaks zu einem einzigen Maximum. Erst ab einer Korngrößendifferenz von einer Zehnerpotenz konnte die Ausbildung eines bimodalen Phasenverlaufs im Phasenspektrum beobachtet werden. Zur Anpassung dieser Phasenspektren wurden zwei Relaxations-Modelle miteinander kombiniert, die es zulassen, dass Aufladbarkeit und Relaxationszeit für jeden Phasenpeak individuell bestimmt und zugeordnet werden können. Es zeigte sich, dass die Aufladbarkeiten mit abnehmender Korngröße und steigender Konzentration zunehmen, während die Relaxationszeiten nahezu unabhängig von der Konzentration sind, aber mit zunehmender Korngröße ansteigen.

Sämtliche Proben wurden schrittweise entsättigt. Die entsprechenden SIP-Messungen zeigten, dass mit abnehmendem Sättigungsgrad eine Verschiebung sowie Abnahme der Phase in Richtung kleiner werdender Frequenzen zu beobachten ist. Dies lässt auf eine Verringerung der Elektrodenpolarisation bei Entsättigung der Probe schließen. Vermutlich verlieren die Pyritkörner, beginnend mit den großen Poren, zunehmend den Kontakt zum Porenfluid, wodurch auch die Wanderung der Phasenmaxima zu kleinen Frequenzen erklärt werden kann.

Hupfer, S., Martin, T., Weller, A., Günther, T., Kuhn, K., Nguimeya, V.D. & Noell, U. (2015): Polarization effects of unconsolidated sulphide-sand-mixtures. *Journal of Applied Geophysics*, doi:10.1016/j.jappgeo.2015.12.003.

GE.2-004

Systematische Untersuchung der Eigenschaften von zertrümmerten Karbonatgesteinen mit Hilfe von SIP und NMR

*J.H. Börner^{*1}, V. Herdegen², E. Müller-Huber³, K. Spitzer¹*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Institut für thermische, Umwelt- und Naturstoffverfahrenstechnik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, ³Institut für Angewandte Geowissenschaften, Fachbereich Angewandte Geophysik, TU Berlin, Berlin

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Ressourcenknappheit werden karbonatische Lagerstätten immer wichtiger, da sie einen Großteil der bekannten Erdöl- und Erdgasressourcen beherbergen und demzufolge auch für tertiäre Ölfördertechniken (EOR) und Kohlendioxidsequestrierung von Interesse sind. Allerdings stellen Karbonatgesteine aufgrund ihres heterogenen Porenraumes und ihrer reaktiven Gesteinsmatrix eine besondere Herausforderung an die Überwachung dar. Zwar haben sich elektromagnetische (EM) Methoden grundsätzlich als geeignete Monitoringverfahren erwiesen, das petrophysikalische Wissen, das eine unverzichtbare Grundlage jeder Überwachung ist, ist jedoch für Karbonate noch äußerst gering.

Wir präsentieren daher Messungen der frequenzabhängigen, komplexen, elektrischen Leitfähigkeit (SIP-Messungen) und der kernmagnetischen Resonanz (NMR) an drei verschiedenen Karbonatgesteinen. Um eine Trennung der Einflüsse von heterogenem Porenraum und reaktiven Matriceigenschaften zu erreichen, arbeiten wir mit zertrümmerten Karbonatproben. Beginnend beim vollständigen Kern werden die Gesteinsproben jeweils in mehrere Kornfraktionen zwischen 10 mm und kleiner 0.063 mm Partikelgröße zerlegt.

Die verschiedenen Karbonattypen unterscheiden sich deutlich im Niveau ihrer SIP-Antwort. Die Interpretation der Leitfähigkeitsspektren wird dabei von den Erkenntnissen, die aus der NMR über den Porenraum der Proben gewonnen werden können, unterstützt. Je nach Zertrümmerungsgrad des Karbonates überwiegt freies oder kapillargebundenes Wasser im Po-

renraum. Die Porosität der Proben, die sich aus Intra- und Interpartikelporosität zusammensetzt, wird neben dem Zertrümmerungsgrad auch von der Organisation der Partikel in der Schüttung beeinflusst.

Unsere Untersuchungen erlauben grundsätzliche Rückschlüsse auf die elektrischen Eigenschaften verschiedener Karbonattypen. Das Ziel des verfolgten Ansatzes ist eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse in einer modellhaften Beschreibung und die Bewertung der Einsatzmöglichkeiten für EM Verfahren beim Monitoring.

GE.2-005

Porenraumanalyse mittels MIP, NMR, SIP, BET, μ -CT und Auflichtmikroskopie

*Z. Zhang*¹, S. Kruschwitz¹, C. Prinz¹, M. Halisch², A. Weller³*

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin,

²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover,

³Technische Universität Clausthal, Institut für Geophysik, Clausthal-Zellerfeld

In der Vergangenheit wurde immer wieder diskutiert, ob die Porenhalsverteilung poröser silikatischer Medien maßgeblich die Relaxationszeit in Messergebnissen der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) bestimmt und dementsprechend auch neuere Ansätze, Porenweitenverteilungen aus diesen Daten abzuleiten, zuverlässig sein können. Systematische Studien an Gesteinen mit sehr unterschiedlichen Porenverteilungen zeigten, dass in Materialien mit engen Porenhälsen (z.B. < 5 μ m) vor allem oder zusätzlich zum vermuteten Porenhalspeak niederfrequente Relaxationen zu beobachten sind, deren Ursache noch unklar ist.

Unter Einbeziehung der Methoden Röntgen-Computertomografie (μ -CT), Quecksilberporosimetrie (MIP), Stickstoffabsorption, Nukleare Magnetische Resonanz, SIP und Auflichtmikroskopie untersuchen wir den Porenraum hinsichtlich der Parameter Porosität, Permeabilität und innere Oberfläche und bestimmen die geometrischen Eigenschaften wie Porenweitenverteilungen oder fraktale Dimension durch verschiedene Algorithmen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Methoden hinsichtlich der Grenzen ihres Auflösungsvermögens unterscheiden. Mit einer Zusammenführung der Ergebnisse aller Methoden kann eine mehrere Längenskalen überdeckende Charakterisierung der Porenraumgeometrie erfolgen. Die Anwendung und Auswertung der verschiedenen Methoden werden am Beispiel von Baumberger Kalksandstein und Bentheimer Sandstein verglichen und diskutiert.

GE.2-006

Betrachtung der SIP Relaxationseigenschaften in Zusammenhang mit einer erweiterten Porenraumanalyse durch Quecksilberporosimetrie (MIP), Gassorption (BET), μ -CT und NMR

*S. Kruschwitz*¹, Z. Zhang¹, S. Costabel¹, T. Hiller², M. Müller-Petke³, M. Halisch³, C. Prinz¹*

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, ²RWTH Aachen,

Aachen, ³Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Die elektrischen Eigenschaften im Niederfrequenzbereich der Spektral Induzierten Polarisation (SIP) von silikatisch gebundenen, porösen Medien werden maßgeblich durch der Porenstruktur, der Art des Sättigungsfluids, der geochemischen Zusammensetzung und den Oberflächeneigenschaften (wie z.Bsp. der Oberflächenladung oder der Kationenaustauschkapazität) bestimmt. Einige Autoren konnten an Sandsteinen mit geringer Variation der petrophysikalischen Eigenschaften zeigen, dass die SIP-Relaxationszeit maßgeblich von der Porenhalsradienverteilung - ermittelt durch Quecksilberporosimetrie (MIP) - bestimmt

wird. Diese Beobachtungen bezogen sich jedoch auf Probensätze mit dominanten Porenhalsgrößen (D_{dom}) im Bereich von 10 μm bis 100 μm . Betrachtet man heterogenere Datensätze von Sandsteinen mit vollkommen unterschiedlicher Herkunft und einer breiten Variation dominanter Porenhalsgrößen (z. Bsp. über vier Dekaden mit D_{dom} von 0.01 μm bis 100 μm), ist der Zusammenhang zwischen SIP-Relaxationszeit und MIP-Porenhalsgröße deutlich schwächer. Stattdessen beobachtet man auch für Proben mit engen Porenhälsen ($D_{dom} < 5\text{-}10 \mu\text{m}$) häufig relativ lange Relaxationszeiten (bzw. niederfrequente SIP-Relaxationen).

Um die Porensysteme in derartigen Medien besser zu charakterisieren, führen wir zusätzlich Untersuchungen mit $\mu\text{-CT}$, Gassorption (BET), Quecksilberporosimetrie (MIP) und Nuklear-Magnetischer Resonanz (NMR) durch und versuchen, die verfahrensspezifisch und auflösungsbedingt unterschiedlichen Ergebnisse zu einer Gesamtaussage zusammenzuführen. In unserem Beitrag zeigen wir ausgewählte Ergebnisse einer systematischen Studie an insgesamt 16 Sandsteinen und 3 Tuffsteinen. Ziel dieser Arbeit ist es, einerseits durch die Methodenkombination Porenräume allgemein ganzheitlicher abzubilden, andererseits die beobachteten SIP-Relaxationszeiten so gut wie möglich charakteristischen Längen zuzuordnen zu können. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Klärung der Frage, ob die SIP-Relaxationszeit überhaupt maßgeblich von geometrischen Porenraumeigenschaften bestimmt wird oder ggf. von anderen Eigenschaften wie der chemischen Zusammensetzung (z.B. Tongehalt, Tonart) abhängt.

GE.3-001

Die Rolle der Porenradien in der Membranpolarisation

*A. Hördt^{*1}, K. Bairlein¹, M. Bücken², H. Stebner¹*

¹Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, ²Universität Bonn, Bonn

Membranpolarisation ist ein Prozess, der als Ursache der induzierten Polarisation (IP) in Sedimenten in Frage kommt und somit für die Abschätzung der hydraulischen Leitfähigkeit relevant ist. Die hier verwendete Theorie zur Beschreibung der Prozesse auf der Porenskala basiert auf einem Modell bestehend aus zwei Zylindern. Wir untersuchen, wie die mit diesem Modell berechneten Impedanzspektren mit der Geometrie (den Längen und Radien der beiden Zylinder) zusammenhängen. Im ursprünglichen Modell ist die Rolle der Porenradien nicht leicht erkennbar, da diese in den Gleichungen zur Berechnung der Wirkung der elektrischen Doppelschicht (EDL) verborgen sind. Daher vereinfachen wir das Modell mit Hilfe einiger Annahmen und trennen die Wirkung der EDL so weit wie möglich von den Porenradien. Wir stellen einfache, systematische Zusammenhänge zwischen geometrischen Parametern einerseits und IP-Parametern (Relaxationszeit und Aufladbarkeit) andererseits auf und zeigen mit Hilfe von Parameterstudien, dass die einfachen Gleichungen die realen Impedanzen gut beschreiben.

Insbesondere können nun auch die physikalischen Prozesse mit Hilfe der Porenradien verstanden werden. Vorherige Arbeiten hatten gezeigt, dass die Relaxationsprozesse im Porenraum durch zwei unterschiedliche Regimes charakterisiert sind, in denen entweder die Länge der weiten Pore die Relaxationszeit bestimmt (long narrow pore, LNP-Regime) oder die Länge der engen Pore (short narrow pore, SNP-Regime). Die Bedingungen, unter denen die Regimes auftreten und der Übergang zwischen den Regimes kann nun explizit mit Hilfe der Porenradien ausgedrückt werden.

Aufgrund des vereinfachten Modells und mit Hilfe von Parameterstudien diskutieren wir, unter welchen Bedingungen die Membranpolarisation mit realistischen Porengeometrien messbare IP-Parameter erzeugt und somit für die Praxis relevant ist. Es zeigt sich, dass die

Phasen im LNP-Regime generell größer sind. Zudem lässt sich die Forderung, dass das Verhältnis von Länge zu Radius einer Pore nicht extrem wird, im SNP-Regime kaum erfüllen. Vermutlich werden daher reale Porengeometrien eher im LNP-Regime simuliert, und die Länge der weiten Pore dominiert.

GE.3-002

Einfluss verschiedener chemischer und physikalischer Größen auf die Spektrale Induzierte Polarisation von Biokohlen in Bodenmaterialien

*F.-H. Haegel^{*1}, O. Esser¹, Z. Gao¹, E. Zimmermann², J.A. Huisman¹, H. Vereecken¹, M. Ilić³, A. Lolić⁴, A.A. Žekić⁵*

¹Institut für Bio- und Geowissenschaften - Agrosphäre (IBG-3), Forschungszentrum Jülich, Jülich, ²Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik - Systeme der Elektronik (ZEA-2), Forschungszentrum Jülich, Jülich, ³Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, ⁴Faculty of Chemistry, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, ⁵Faculty of Physics, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Biokohlen werden seit etwa 10 Jahren intensiv als Substrat für die Verbesserung landwirtschaftlich genutzter Böden untersucht. Sie werden aus verschiedenen Ausgangsmaterialien mit unterschiedlichen Verfahren und unter verschiedenen Reaktionsbedingungen aus überwiegend pflanzlichen Materialien durch thermische Behandlung unter Sauerstoffausschluss oder -unterschuss hergestellt und weisen eine große Bandbreite chemischer und physikalischer Eigenschaften auf. Ihre Wirkung in Böden ist immer noch unzureichend verstanden. Die Spektrale Induzierte Polarisation kann auf Grund der elektrischen und oberflächenchemischen Eigenschaften der Biokohlen zur Detektion der Kohlen im Boden genutzt werden und Informationen zu deren Veränderung sowie zum Wasser- und Nährstoffhaushalt liefern. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zu Kohlen aus verschiedenen Ausgangsmaterialien und Herstellungsprozessen vorgestellt. Die Eigenschaften der Kohlen und ihre IP-Spektren werden anhand von Elementanalysen, Bestimmungen der oberflächenfunktionellen Gruppen durch Boehm-Titration und FTIR-Spektroskopie sowie durch morphologische Untersuchungen diskutiert. Ebenso wird der Einfluss von Partikelgröße, Elektrolytgehalt und Wassersättigung auf die IP-Spektren erläutert. Aus den vorliegenden Daten kann geschlossen werden, dass sich der Mechanismus der elektrischen Polarisation von schwach graphitisierten Kohlen aus der hydrothermalen Karbonisierung zu stark graphitisierten Kohlen aus der Vergasung oder Pyrolyse verändert. Spielen bei schwacher Graphitisierung, ausgedrückt durch ein hohes Verhältnis von Wasserstoff zu Kohlenstoff (H/C), die Gegenionen in der elektrischen Doppelschicht die wesentliche Rolle, so ist bei starker Graphitisierung also kleinem H/C die Polarisation der Kohlepartikel auf Grund ihrer elektrischen Leitfähigkeit entscheidend.

GE.3-003

Chemische Aktivität von Sandsteinen bei SIP-Messungen

*A. Bielefeld^{*1}, M. Halisch², A. Hördt¹*

¹Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, ²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover

Die Ursachen, Theorien und Modelle zur Induzierten Polarisation sind seit Jahren wichtiger Gegenstand der Forschung im Bereich nicht-invasiver Geoelektrik mit dem Ziel, Information über hydraulische Parameter des Bodens zu erhalten. Unter anderem wurde dazu in der Literatur ein Membranpolarisationsmodell entwickelt, welches auf hintereinandergeschalte-

ten Zylinderporen basiert und die Impedanz der spektralen induzierten Polarisation (SIP) simuliert. Für eine Modellierung und ein Verständnis der Prozesse in den Poren spielen dabei auch chemische Rahmenbedingungen und Reaktionen eine wichtige Rolle.

So zeigt das Membranpolarisationsmodell, ebenso wie experimentelle Arbeiten, eine Abhängigkeit der SIP-Spektren vom pH-Wert und der Salinität.

Die von der Theorie und dem Modell hervorgebrachten Hypothesen werden durch Labor-messungen auf ihre Praxistauglichkeit überprüft. Unter kontrollierten Rahmenbedingungen werden unterschiedliche Sandsteinproben bei konstanter Fluidleitfähigkeit und Temperatur, aber variierendem pH-Wert präpariert und elektrisch vermessen. Charakteristische Variationen der SIP-Spektren sollten anschließend mit theoretischen Vorhersagen verglichen werden.

Es zeigt sich, dass der pH-Wert stark an die Art und Zusammensetzung des Sandsteines gekoppelt und zudem zeitlich variabel ist. Gegenstand unserer Arbeit ist insbesondere der Idaho Grey, ein tertiärer Sandstein, welcher in chemisch saurem Milieu gebildet wurde und somit einen hohen Muskovitanteil aufweist. Dieser reagiert bei saurer Sättigung und sorgt so für eine veränderte Mineralogie. Folglich weisen die Proben bei jeder Messung eine leicht unterschiedliche Struktur auf, und die pH-Abhängigkeit kann nicht von einer Änderung durch die Geometrie des Porenraumes entkoppelt werden.

Um das Problem der Änderung des Porenraumes in den Griff zu bekommen, untersuchen wir nach jeder Sättigung und SIP-Messung die petrophysikalischen Charakteristika der Probe und bauen so eine Brücke zwischen Petrophysik, SIP und chemischen Reaktionen im Gestein.

GE.3-004

Simulation von Porennetzwerken in der Spektralen Induzierten Polarisation und Vergleich mit Labormessungen

*H. Stebner*¹, M. Halisch², A. Hördt¹*

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGeP), Braunschweig, ²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover

Die spektrale induzierte Polarisation (SIP) ist ein geoelektrisches Verfahren, bei dem die komplexe, frequenzabhängige Impedanz des Untergrunds gemessen wird. Im Vergleich zur Gleichstrom-Geoelektrik misst die SIP zusätzliche Parameter, die Hinweise auf hydraulische Parameter des Materials liefern können. Dies geschieht in der Regel mittels empirischer Gleichungen. Um eine hohe Allgemeingültigkeit zu erzielen, ist es notwendig theoretische Modelle der SIP auf mikroskopischer Skala des Porenraumes zu entwickeln. Wir erweitern ein existierendes Semi-Analytisches Membranpolarisations-Modell auf 2d und 3d Impedanz-Netzwerke, welche numerisch gelöst werden und eine Gesamt-SIP-Antwort zu erhalten.

Das Originalmodell besteht aus zwei Zylindern unterschiedlicher Größe und kann bereits Grundeigenschaften von SIP Spektren aus Labormessungen reproduzieren. Um eine realistischere Abbildung von porösen Materialien zu erreichen, vereinen wir unterschiedliche Porenkombinationen des Originalmodells zu einem Netzwerk. Wir behandeln die große Pore als Porenbauch und die kleine als Porenhals. Die Radienverteilung der Porenhäse im Netzwerk wird so gewählt, dass sie einer empirischen Verteilung entspricht, die mittels Quecksilberporosimetrie gemessen wurde. Die Radien der Porenbäuche werden durch in der Literatur vorgeschlagene Zusammenhänge bestimmt.

Wir vergleichen die Ergebnisse der Netzwerke mit denen realer Sandsteine, für die sowohl die geoelektrischen als auch die petrophysikalischen Eigenschaften gemessen wurden. Wir wählen die geometrischen Parameter des Netzwerkes (wie die Radien, Längen und ihre Häufigkeitsverteilungen) so, dass sie sich an gemessene makroskopische Parameter, wie spezifische innere Oberfläche, Porosität und Porenhalsradienverteilung der Sandsteine anlehnen. Die so berechneten SIP Parameter, wie das Phasenmaximum und die Relaxationszeit der simulierten SIP Spektren, stimmen qualitativ mit den gemessenen Spektren überein. Somit könnten die Porennetzwerke als Grundlage für eine weitere Erforschung des Zusammenhanges zwischen hydraulischen und elektrischen Parametern dienen.

GE.3-005

Erste Anwendung des 3D zeitbereichs Inversions Algorithms IP3DInv für die Induzierte Polarisation auf Messdaten aus Krauthausen

H. Langenbach, B. Tezkan*

Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln

Wir präsentieren einen neu entwickelten 3D Inversions Algorithmus für Messdaten der Induzierten Polarisation (IP) im Zeitbereich. Die Funktionsweise wird mittels synthetischer Daten und Felddaten aus Krauthausen demonstriert.

Aufbauend auf der Zeitabhängigkeit des Widerstands wird ein 3D zeitbereichs IP Modell, des Untergrundes ermittelt, welches Aufladbarkeit, Relaxationszeit und Frequenzexponent enthält.

Die Potentialdifferenzen jedes Zeitpunkts werden unabhängig voneinander mit einem DC Inversions Algorithmus, welcher eine Finite Differenzen Vorwärtsrechnung und das Reziprozitätsprinzip zur Berechnung der Sensitivitäten nutzt, invertiert. Anstelle einer Berechnung der Felder im Frequenzbereich und einer anschließenden Transformation, nutzt der Algorithmus eine Näherung, so dass das Vorwärtsproblem direkt im Zeitbereich gelöst werden kann. Die Zeitpunkte können so unabhängig und parallel invertiert werden. Es werden Neumann und Dirichlet Randbedingungen genutzt und das lineare Gleichungssystem mittels der preconditionierten Methode der konjugierten Gradienten (CGPC) gelöst. Neben einem globalen ist ein lokaler Regularisierungsparameter implementiert, sowie für die lokale Regularisierung der Minimum Gradient Support (MSG), Occam L1 und L2.

Der letzte Zeitpunkt aller Transienten wird in eine Widerstandsmodell des Untergrundes invertiert. Das resultierende Widerstandsmodell des Untergrundes wird als Startmodell für die Inversion aller anderen Zeitpunkte verwendet. Anschließend werden die zeitabhängigen Widerstände jeder Zelle zu einem Transienten verknüpft und dieser mittels einer homogenen Halbraum IP Inversion mit einem IP Modell angepasst.

Die neu entwickelte preprocessing Routine filtert die gemessenen Zeitreihen, zerschneidet sie in die enthaltenen Transienten, stapelt diese und berechnet die Standardabweichungen. Die Transienten genügen den hohen Qualitätsansprüchen des Inversionsalgorithmus.

Im Oktober 2012 wurden in Krauthausen 9 parallele zeitbereichs IP Profile mit dem Terra-meter LS der Firma ABEM gemessen. Mit einer Gradientenauslage und einem Elektrodenabstand von 2,5 m wurden Transienten mit einer Länge bis zu 6 s aufgezeichnet.

Das resultierende 3D IP Modell der Felddaten ist ein stellenweise unterbrochenes 2-Schicht-Modell. Die zweite hochomige Schicht ist aufladbarer als das umgebene Material und korreliert gut mit Bereichen höherer Relaxationszeiten und höherer Frequenzexponenten.

GE.3-006

Application of the Newly Developed 2D DCR/TDIP Inversion Algorithm: Inversion Studies and Analysis of Field Data Acquired on a Copper Ore Deposit

J. Adrian, B. Tezkan*

Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln

We present inversion studies obtained with a newly developed 2D inversion algorithm for Direct Current Resistivity (DCR) and Time-domain induced polarization (TDIP) data. The algorithm uses the finite element approach on unstructured meshes which simplifies the incorporation of topography. The model parameters resistivity and chargeability are connected by a perturbation approach and the inversion is conducted in two steps.

By inversion studies with synthetic data, it is shown that chargeability structures can be reproduced by the algorithm in presence or absence of a corresponding resistivity anomaly. A further study compares the effects of different smoothness constraint matrices that approximate first order derivatives of parameter transitions of neighboring mesh elements. It is shown that it is preferable to use a constraint that considers the shape and size of the elements of unstructured meshes over constraints that weight all element boundaries equally. Furthermore, a method is presented that approximates a depth of investigation by deriving a threshold of sensitivity coverage from the rule of thumb.

As a case study, inversion results of field data acquired on a copper ore deposit located in Turkey are presented. The ore deposit is elongated beneath a valley structure and has sulfide content. Due to its disseminated form, resistivity anomalies induced by this deposit are hard to detect. However, chargeability inversion results show anomalies below 10 m depth with values of >100 mV/V. This clearly indicates the presence of ore with sulfide content.

GF Geodäsie/Fernerkundung

GF.1-001

High resolution digital elevation modelling from TLS and UAV campaign reveals structural complexity at the 2014 Holuhraun eruption site

D. Müller, T.R. Walter*

GFZ Potsdam, Potsdam

Fissure eruptions are commonly linked to magma dikes at depth, associated with deformation that is described by subsidence and lateral widening at the surface. The structure formation associated with such fissure eruptions, however, is barely preserved in nature because of the rapid erosion and/or difficult access to these areas, which is why, so far, normal fault displacements are commonly assumed for this type of fractures. At the 2014 Holuhraun eruption sites, the largest fissure eruption in Iceland since almost two centuries, evidence is increasing that the developing structures are related to pre-existing topography, reactivation of earlier fractures and possible complexity in the opening mode of the dike. In an attempt to investigate the Holuhraun structures in greater detail, a fieldwork mapping project combining terrestrial laser scanning (TLS) and unmanned aerial vehicle (UAV) based aerophoto analysis was realized. From this data, we generated a locally high resolution digital elevation model and a structural map that allow for identification of kinematic indicators and assessing senses of fault opening, strike-slip movements, and complexities in fracture pathways. We identified fracture curvatures, step-overs and en-echelon type structures, and measured

strike directions for single fault segments including the amount of opening and opening angles. We conjecture that local complexities in the fracture paths and fracture geometries are closely related to pre-existing geometric and mechanical heterogeneities. Moreover, we identified local changes in fracture trends and offsets close to eruption sites, which are possibly associated with geometrical changes in the feeding dike itself. Results have important implications for the development of surface structures at fissure eruption sites and underline that the structural memory is a very important factor in understanding the complexities of local fault structures above dike intrusions.

GF.1-002

Bestimmung des 3D-Geschwindigkeitsfeldes im Oberrheingraben aus einer Fusion von Nivellement, GNSS und SAR-Interferometrie

*M. Westerhaus^{*1}, T. Fuhrmann², M. Mayer¹, K. Zippelt¹, B. Heck¹*

¹Geodätisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe,

²Geoscience Australia, Canberra, Australia

Der Oberrheingraben (ORG) ist der prominenteste Teil eines mitteleuropäischen Riftsystems, das Europa vom Mittelmeer bis zur Nordsee durchquert. Die Grabenstruktur ist in den letzten Jahrzehnten von geringen tektonischen Bewegungen (< 1 mm/Jahr) und moderater seismischer Aktivität geprägt. Auf Grund der historischen Seismizität besteht jedoch eine signifikante Erdbebengefährdung mit makroseismischen Intensitäten von VI-VIII. Durch intensive Nutzung des Untergrunds kommt es außerdem zu Subsidenz- und Hebungerscheinungen, die im Zusammenhang mit Erdölförderung, Bergbau, Grundwasserentnahme oder Geothermie stehen.

Wir verwenden Datensätze von Nivellements, permanentem GNSS und Radarinterferometrie um das 3D-Geschwindigkeitsfeld sowie aktuelle Strainraten im ORG zu bestimmen.

Basis der Untersuchung ist eine kinematische Auswertung von landesweiten Präzisionsnivellements, die seit Ende des 19. Jahrhunderts von den Vermessungsämtern in Deutschland, Frankreich und der Schweiz durchgeführt wurden. Koordinatenzeitreihen von 76 permanenten Stationen eines trinationalen GNSS-Netzwerkes wurden für die Bestimmung der horizontalen Geschwindigkeitskomponenten verwendet. Mit Hilfe einer Persistent-Scatterer-Analyse von Radarszenen aus zwei Aufnahmegeometrien (ERS-1/2 und Envisat) wurde das Messpunktfeld erheblich verdichtet.

Das 3D-Geschwindigkeitsfeld wird aus einer mathematischen Kombination der Geschwindigkeitslösungen für jede einzelne Beobachtungsmethode unter Berücksichtigung der Referenzrahmen berechnet. Da die Messpunkte der Beobachtungen nicht übereinstimmen werden die Resultate mittels Kriging auf ein gemeinsames Netz interpoliert. Die formalen Fehler der Kombinationslösung betragen im Mittel 0.2 mm/Jahr für die Vertikalkomponente und 0.4 mm/Jahr für die Horizontalkomponenten; die räumliche Auflösung wurde im Vergleich zu früheren Studien erheblich gesteigert.

Das kombinierte Geschwindigkeitsfeld liefert wichtige Anhaltspunkte für die aktuelle Kinetik des ORG: (1) Hebung der Grabenschultern um bis zu 0.5 mm/Jahr, (2) fortgesetzte Subsidenz im Bereich bekannter quartärer Sedimentationszentren, und (3) linkslaterale Scherung und Scherstrain-Akkumulation im Grabeninneren. Darüber hinaus zeigen sich zahlreiche lokale Deformationsphänomene, die auf anthropogene Aktivitäten zurückgeführt werden können. Zu diskutieren ist die Frage, inwieweit geodätische Beobachtungen an der Oberfläche Rückschlüsse auf tektonische Deformationsprozesse in größerer Tiefe zulassen.

GO Geophysik in der Öffentlichkeit

GO.1-001

FID GEO: Digitale Transformation und Open Access für die deutschen Geowissenschaften

*A. Hübner**¹, *G. Martinson*^{2,3}, *R. Bertelmann*¹, *K. Elger*¹, *N. Pfurr*², *M. Schüler*²

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, ³Max Planck Institute for Terrestrial Microbiology, Marburg

Der Fachinformationsdienst Geowissenschaften der festen Erde (FID GEO) unterstützt die deutsche geowissenschaftliche Community 1) beim elektronischen Publizieren von institutionellen Serien, anderen Schriften sowie Pre- und Postprints, 2) bei der Digitalisierung gemeinfreier Schriften und Karten und 3) bei der Publikation von Forschungsdaten. Der DFG-geförderte FID GEO hat im Sommer 2016 die Arbeit aufgenommen und wird von der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen (SUB Göttingen) und dem Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ umgesetzt.

Auf Anfrage der Deutschen Gesellschaft für Geophysik (DGG) werden in einem umfangreichen Projekt Ausgaben der „Zeitschrift für Geophysik“ digitalisiert. FID GEO adressiert dabei offene Urheberrechtsfragen; das Göttinger Digitalisierungszentrum wird die qualitativ hochwertigen Digitalisate inkl. OCR-Volltexterkennung erzeugen. Diese werden mit DOIs versehen und im Open Access elektronisch publiziert. Auch beim Thema Datenpublikation arbeitet FID GEO eng mit der DGG zusammen. Einerseits gilt es, die Mitglieder der DGG für deren Vorteile zu sensibilisieren und gleichzeitig praxisnah aufzuzeigen, welche Möglichkeiten es heute gibt, Forschungsdaten zeitgemäß zu publizieren. Andererseits unterstützt der FID GEO die DGG darin, bei der Zeitschrift *Geophysical Journal International* den neuesten Standards in Bezug auf Forschungsdatenpublikation zu folgen.

FID GEO zielt auf den Kontakt zu geowissenschaftlichen Institutionen und Organisationen deutschlandweit und bedient sich dazu existierender Netzwerke sowie Bedarfsanalysen.

Fachgesellschaften stehen dabei ebenso im Fokus wie strategische Netzwerke, z.B. die Koordinierungsplattform Geo.X in Berlin-Brandenburg. Für das elektronische Publizieren von ausschließlich in Print vorliegenden institutionellen Schriften besteht nach wie vor viel Bedarf. Diesen wertvollen Schatz gilt es zu heben und digital verfügbar zu machen.

Am Thema Datenpublikation sind oftmals Verbundprojekte interessiert, die durch Vorgaben der Forschungsförderer vor konkreten Herausforderungen stehen. Eine wichtige Rolle, um Forschende zur Publikation ihrer Ergebnisse und Daten über den FID GEO zu bewegen, spielt das Angebot attraktiver Services wie z.B. die Entwicklung von projekt- oder instituts-spezifischen DOI Landing Pages. Partner für die Publikation von Datensupplementen im Rahmen von FID GEO ist das Datenrepository von GFZ Data Services am GFZ.

GR Gravimetrie

GR.1-001

Antarctica's lithosphere revealed in an integrated 3D density model

*F. Pappa*¹, J. Ebbing¹, F. Ferraccioli², W. van der Wal³*

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel,

²NERC British Antarctic Survey, Cambridge, United Kingdom, ³Faculty of Aerospace Engineering, Delft University of Technology, Delft, Netherlands

Since many aspects and regions of the Antarctic lithosphere are still poorly known, comprehensive lithospheric models are required to a) better constrain the interactions between the solid earth and the cryosphere and b) reconstruct the continent's geodynamic history more reliably.

We combine the latest seismological findings with satellite gravity gradients. The latter are in particular sensitive to the geometry and density variations of the main lithospheric layers, i.e. ice and sediment thickness, the Moho depth, and the temperature and composition of the upper mantle. Integrated and self-consistent modelling is performed, considering temperature and petrology of the lithosphere, seismic body wave velocities and isostasy.

Our initial results indicate that Antarctica is largely in isostatic equilibrium, but that differences exist in the mode of compensation for West and East Antarctica. The thin and hot lithosphere of West Antarctica implies a younger and more fertile mantle composition than the cratonic parts of East Antarctica. The gravity gradient signal of our 3D model makes it possible to localize and delineate regions with low densities in the deep lithosphere, most probably representing strongly depleted Archaean or Paleoproterozoic mantle composition. These constraints may have profound implications for our understanding of Antarctica's evolution. By involving thermal parameters of the crust, we are able to predict continent-wide surface heat flux values, which can serve as a basis for ice velocity and glacial isostatic adjustment modelling.

GR.1-002

The rim of Baltica – 3D Modeling of lithospheric transition along the northern segment of the Trans-European Suture Zone

E. Berndt, J. Ebbing, C. Weidle*

Institut für Geowissenschaften, Abt. Geophysik, Christian-Albrechts Universität, Kiel

Recent seismological models disagree on the location of lithospheric transition in the Skagerrak/ Kattegat area between the eastern Proterozoic and the western Phanerozoic subcontinental lithospheric mantle. While body wave tomography tends to locate this boundary east of Kattegat, models based on surface waves tend to image this lithospheric transition further west. This transition represents the critical link from the Trans-European Suture Zone in the south and southern Norway (Oslo Graben) in the north.

We evaluate this structural boundary by integrated geophysical-petrophysical modeling of the lithosphere and sublithosphere with LitMod3D, reconciling other geophysical observables like gravity fields and isostatic compensated elevation.

Our preferred model points to a structural boundary along the Swedish coastline with an eastward deepening Lithosphere-Asthenosphere Boundary. That results in a most probably velocity boundary east of the Skagerrak area.

GS Geschichte der Geophysik

GS.1-001

Der Apisidensatz von I. Newton als direkter Nachweis für das $1/r^2$ - Abstandsgesetz der Mondbahn

J. Fertig*

Technische Universität Clausthal, Institut für Geophysik, Clausthal-Zellerfeld

Auf dem Weg zur allgemeinen Gravitationstheorie ist die Gleichsetzung der Zentripetalkraft, die den Mond in seiner Bahn hält, mit der „Schwere“, ein zentraler Punkt. Dazu gehört zunächst der Nachweis, dass sich die Zentripetalkraft f zum Abstand r zwischen Erde und Mond wie $1/r^2$ verhält. Newton zeigte 1687 in *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (*Principia*): 1.) Der „Flächensatz“ ist eine notwendige und hinreichende Bedingung für die Existenz einer solchen Zentralkraft. 2.) Die Größe dieser Kraft hängt nur vom Abstand r zum Kraftzentrum und der Bahngeometrie ab. 3.) Für kreisförmige Bahnen zusammen mit der „Harmonischen Regel“ (3. Kepler - "Gesetz") für Paare von Planeten und deren Monde gilt das $1/r^2$ - Abstandsgesetz und umgekehrt. Da der Erdmond aber der einzige Begleiter der Erde ist, kann dieser Satz zum Nachweis der $1/r^2$ - Abhängigkeit auf unseren Mond nicht nachweislich angewendet werden! Für Newton stellte sich also das sogenannte *direkte* Problem: *Finde die Größe der Zentralkraft bei Vorgabe der beobachteten Mondbahn!* Schon den frühen Astronomen war bekannt, dass die Mondbahn in ihren Bahnparametern nicht stationär ist. So präzediert z.B. die *Apisidenlinie* - die Verbindungslinie zwischen Apogäum und Perigäum - prograd mit ca. $p = 3^\circ/\text{Umlauf}$. Diese *Apisidendrehung* untersucht Newton in der *Principia* als eine der wenigen Anwendungen seiner Theorien schon im I. Buch. Im zugehörigen *Apisidensatz* für eine nahezu kreisförmige Bahn bei einem Kraft-Abstandsgesetz $f \propto r^q$ und zunächst beliebigen (!) m, n findet sich: *Die Präzession ist genau dann p°/Umlauf , wenn gilt: $q = (n/m)^2 - 3$.* Mit $n = 360^\circ$ und $m = 360^\circ + p$ für den Mond folgt: $q = -(2+4/243) = -2.0165$. Die Zentripetalkraft wird also $f \propto 1/r^{2.0165}$. Die sichtbare Wirkung dieser Kraft ist, dass die Mondbahn keine geschlossene Kurve ist. Die Potenz q liegt dennoch wesentlich näher bei der ganzen Zahl -2 als bei -3; die Mondbahn gleicht eher einem stabilen "revolving orbit" mit umlaufenden Maxima und Minima als einer Spirale. Newtons Interpretation des Apisidensatzes für den Mond: Die geringe Abweichung der Potenz q von der ganzen Zahl -2 ist dem Einfluss der Sonne als äußerem Störkörper auf die Mondbahn geschuldet. Diese Störung kann bei reiner Beziehung zwischen Erde und Mond vernachlässigt werden. Für die Zentripetalkraft f , die den Mond auf seine Bahn um die Erde zwingt, gilt also: $f \propto 1/r^2$.

GS.1-002

Wieso Wegener Plattentektonik nicht erkannte.

W. Jacoby*

Johannes Gutenberg Universität, Geowissenschaften, Mainz

Wegener war nahe dran. Er hatte die Verschiebung der Kontinentalschollen richtig rekonstruiert. Er beschrieb den Mittelatlantischen Rücken fast im Sinne von seafloor spreading als Aufstieg heißen SIMAs, Auseinanderfließen und Abkühlung. Dadurch konnten jedoch die kontinentalen Schollen nicht verschoben werden, weil es keine „feste“ ozeanische Lithosphäre gab, die Spannungen über große Distanzen von Ozeanrücken auf Kontinente über-

trägt. Für Wegener bestand der ozeanische Untergrund einfach aus SIMA, und die Temperaturzunahme mit der Tiefe schien nur eine allmähliche Abnahme der Viskosität anzudeuten. Publierte petrologische Daten ließen SIAL, d.h. kontinentale „Lithosphäre“ im 100 km Tiefenbereich fester und härter erscheinen als Sima (Dölter, 1906). Daher drifteten diese als SIAL-„Schollen“ im SIMA. Eine fließfähige Asthenosphäre war unbekannt. Obwohl Wegener gründlich über Rheologie, Plastizität und Bruchverhalten nachgedacht hat, fehlte die genauere Kenntnis der Seismizität.

Ich kann diese Spekulationen über Wegeners Denken nicht beweisen, sie scheinen mir aber plausibel

Wegener war sich dieser Defizite durchaus bewusst und verwies 1929 auf Konvektion: „Wenn sich die theoretische Grundlage dieser Vorstellungen als tragfähig erweist, was sich gegenwärtig noch nicht überblicken lässt, so werden sie jedenfalls als mitwirkend bei der Gestaltung der Erdoberfläche in Betracht kommen.“

GT Geothermie/Radiometrie

GT.1-001

Verringerung des Fündigkeitsrisikos von Geothermiebohrungen im bayrischen Malm durch seismische Attribute

A.-I. Symank, M. Alber*

Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Durch die von Politik und Gesellschaft vorgegeben Energiewende rückt die Energiegewinnung durch Erdwärme wegen ihrer vielen Vorteile gegenüber Wind- und Solarenergie immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. In Deutschland wird dabei ein besonderes Augenmerk auf den Malm-Aquifer unterhalb des bayrischen Molasse Beckens gelegt. Das Fündigkeitsrisiko eines solchen Geothermieprojektes wird vor allem durch die verbundene Porosität des Zielbereichs beeinflusst. Im Forschungsprojekt PrognosPermae soll ein Workflow zur Verringerung dieses Risikos für zukünftige hydro-geothermale Bohrungen im bayrischen Malm entwickelt werden. Dafür werden verschiedene geowissenschaftliche Disziplinen in Form von Laboruntersuchungen, geophysikalischen Bohrlochdaten und seismischen Attributen kombiniert.

Diese Arbeit befasst sich mit der Nutzung von seismischen Attributen für Geothermieprojekte. Chopra und Marfurt (2007) definieren seismische Attribute als jegliche Messungen oder Informationen, die aus seismischen Daten gewonnen werden können und die uns helfen, die Interpretation von interessanten Strukturen visuell zu verbessern oder zu quantifizieren. Für die Erstellung der seismischen Attribute stehen ein komplettprozessierter und interpretierter seismischer 3D-Cube zur Verfügung. Diese wurden nach ihrem Nutzen für eine strukturelle, fazielle und textuelle Interpretation klassifiziert. Durch die Kombination verschiedener Attribute, soll im Laufe des Projekts die Aussagefähigkeit der Interpretation überprüft und bestenfalls erhöht werden. Die Korrelation der seismischen Attribute mit Porosität und Permeabilität soll mittels bohrlochgeophysikalischen Daten, speziell den Sonic Logs im Bereich des Malm-Aquifers, und geomechanischer Labordaten erfolgen.

Literatur

Chopra, S. & Marfurt, K. J., 2007. Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization. s.l.:Society of Exploration Geophysicists and European Association of Geoscientists and Engineers.

GT.1-002

Statistical distributions of seismicity in the Cooper Basin geothermal field – a way towards predictive models of induced seismicity

*A. Barth**¹, *P. Carstens*², *S. Baisch*²

¹Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, ²Q-Con GmbH, Bad Bergzabern

The Cooper-Basin geothermal field (Australia) produced one of the largest datasets of induced seismicity world-wide. We use these extraordinary observations of localised seismic events to analyse statistical properties that are often presumed in seismic hazard assessment without proving. Comparison with synthetic datasets allows us to evaluate those assumptions in terms of their value as predictors for future seismicity.

Seismic hazard analysis of tectonic seismicity is typically based on the assumption of Poissonian and Gutenberg-Richter (GR) distributed data. For this purpose, datasets are typically declustered to a Poisson distributed dataset by rejecting after- and foreshocks. In a second step a GR distribution above a magnitude of completeness is assumed to represent the magnitude frequencies. The Cooper Basin geothermal field was stimulated in August 2005 with 15,300 events detected. Magnitudes and hypocentral locations were determined for 8,000 events $M_L \geq -0.9$. We perform parameter studies for the declustering process and goodness-of-fit tests to analyse whether the assumptions of Poissonian and GR distributions are valid for the induced seismicity in the Cooper Basin.

We show that the dataset follows an inherent Poisson-distribution for moderate rejection rates of timely dependent seismic events. Single subsets also show GR distributions, when rejection rates are high. Tests with synthetic datasets show that the statistic algorithms are reliably detecting Poissonian and GR distributions. However, uniform distributed datasets may be wrongly identified as Poissonian when high rejection rates are apparent. Even though high rejection rates may be necessary to reveal the statistical properties of declustered subsets, they could be a valuable measure towards an operative control of geothermal production.

GT.1-003

VEGAS – Improved hazard analysis for induced seismicity during exploration, construction, and operation of geothermal energy projects

*L. Krieger**¹, *H. Deckert*¹, *S. Abe*¹, *G. Rumpker*², *U. Schneider*³

¹igem - Institut für geothermisches Ressourcenmanagement, Mainz, ²Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt, ³ESWE Versorgungs AG, Wiesbaden

Geothermal energy projects cannot be planned and implemented without considering the risk of induced seismicity in detail. Hence, it is of vital importance to estimate and evaluate the respective hazard potential in advance, based on geological, geophysical and engineering parameters. We develop a workflow for an improved estimation of effects of local seismic events within the region of influence of planned or existing geothermal energy projects.

One aspect of our project is the physically accurate modelling of local seismic events including the interactions of rock mechanics and hydro-mechanical effects under the influence of real stress fields. These models are implemented using a block-slider approach, mimicking geometry and physical parameters of real faults. Currently, this allows us to model the seismicity of a single fault under the influence of an evolving pore pressure field. In a later stage

of the project we plan to extend these models towards realistic fault networks by combining multiple block-slider models. The results of these mechanical models can be used as realistic synthetic seismic source data, either describing a point source or an extended source region including detailed source time functions.

The second part of the project is the estimation of seismic signals at the surface (shake maps), caused by events at or close to the exploration/exploitation location. These can for instance be generated by the reactivation of existing fault zones through local alterations of the stress field (increase of pore pressure). We use detailed local geological models from geophysical exploration data in order to accurately simulate the surface amplitudes of seismic waves in the vicinity of the geothermal project site. Usually, sufficient geophysical prospecting data, which is required for such a detailed study, is only available for small, locally confined regions. Therefore, we apply a regional scale seismic microzonation using H/V spectral ratios to evaluate subsurface structures, which in turn may influence the local amplitudes of seismic signals (site effects). We then incorporate these results into our model to obtain cost-effective estimates for the amplitudes of seismic wavefields for a significantly extended region. We present the current state of our project, which includes an application to a planned geothermal energy project in the Wiesbaden area (Hessia, Germany).

GT.1-004

The 3D thermal field of the Upper Rhine Graben

*J. Freymark^{*1,2}, J. Sippel¹, M. Scheck-Wenderoth^{1,2}, K. Bär³, M. Stiller¹, J.-G. Fritsche⁴, M. Kracht⁴*

¹Helmholtz-Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²Faculty of Georesources and Material Engineering, RWTH Aachen, Aachen,

³Institute of Applied Geosciences, TU Darmstadt, Darmstadt, ⁴Hessian Agency for Nature Conservation, Environment and Geology (HLNUG), Wiesbaden

The Upper Rhine Graben (URG) has a large socioeconomic relevance as it provides a great potential for geothermal energy production in Germany and France. For the utilisation of this energy resource it is crucial to understand the structure and the observed temperature anomalies in the rift basin. In the framework of the EU-funded “IMAGE” project (Integrated Methods for Advanced Geothermal Exploration, grant agreement no. 608553), we apply a data-driven numerical modelling approach to quantify the processes and properties controlling the spatial distribution of subsurface temperatures.

Typically, reservoir-scale numerical models are developed for predictions on the subsurface hydrothermal conditions and for reducing the risk of drilling non-productive geothermal wells. One major problem related to such models is setting appropriate boundary conditions that define, for instance, how much heat enters the reservoir from greater depths. Therefore, we first build a regional lithospheric-scale 3D structural model, which covers not only the entire URG but also adjacent geological features like the Black Forest and the Vosges Mountains. In particular, we use a multidisciplinary dataset (e.g. well data, seismic reflection data, existing structural models, gravity) to construct the geometries of the sediments, the crust and the lithospheric mantle that control the spatial distribution of thermal conductivity, radiogenic heat production, permeability, and hence temperatures in the URG.

By applying a data-based and lithology-dependent parameterisation of this lithospheric-scale 3D structural model and a 3D finite element method, we calculated in a first step the steady-state conductive thermal field for the entire region. Available measured temperatures (down to depths of 5 km) were used to validate this physics-based 3D thermal model, but also

revealed heat transport by hydrothermal convection. In a second step we performed numerical simulations of coupled fluid and heat transport on a smaller-scale and higher resolved model, for which the lithospheric-scale model provides the thermal boundary conditions. We show that the Variscan upper crustal domains with their different radiogenic heat production controls the regional thermal field. Highest temperatures are predicted for the URG, where a thermal blanketing effect due to thick thermally low-conductive sediments is locally modified by additional fluid flow.

GT.1-005

3D thermohydraulic modelling of shallow-deep interactions in the subsurface of Berlin, Germany

M. Frick^{*1,2}, *M. Scheck-Wenderoth*^{1,3}, *M. Cacace*¹, *M. Schneider*²

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 6.1: Basin Modelling, Potsdam,

²Free University Berlin, Institute of Geological Sciences, Berlin, ³RWTH Aachen University, Institute of Geology and Geochemistry of Petroleum and Coal, Aachen

The main goal of this study is to deepen the understanding of coupled processes in the subsurface of Berlin, capital city of Germany. The study area is located in the Northeast German Basin, which displays a sedimentary infill of several kilometers. These sediments are composed of a sequence of alternating aquifers and aquitards, which include the local Oligocene Rupelian aquitard. This unit is characterized by a comparatively low hydraulic conductivity, thus separating the overlying fresh water aquifers, from whom Berlin produces 100% of its drinking water, from the underlying saline aquifers.

In this context, newly available hydraulic data were integrated into 3D thermohydraulic models of the subsurface, specifically investigating the coupling of surface water bodies to the subsurface. These models also serve as a basis for future thermohaline simulations as there is evidence of highly mineralized waters in the subsurface which indicates the vulnerability of shallow groundwater utilization beneath the city.

The resulting thermal and hydraulic configuration shows, that the coupling of surface water bodies and groundwater might lead to significant modifications of predicted subsurface temperatures and fluid velocities. These modifications are most drastic in areas where the hydraulic head of surface water bodies is highly different compared to the surrounding aquifer. Consequently, differences in the predicted groundwater flow field also result in differences in predicted temperatures because of advective heat transport. In this context, the presence of major lakes might account for temperature differences up to 5°C and major rivers in the model area lead to temperature differences on the order of 1°C.

MA Magnetik/Erdmagnetismus

MA.1-001

Correlation Based Bayesian Modelling of the Holocene Geomagnetic Field

S. Mauerberger^{*1}, *M. Korte*², *M. Holschneider*¹

¹Institut für Mathematik, Universität Potsdam, Potsdam,

²Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam

Holocene global geomagnetic field reconstructions describing the past field evolution are useful, e.g., to estimate the varying geomagnetic shielding, as archeomagnetic dating tools

and to infer characteristics of the geodynamo process in Earth's core. However, the commonly used spherical harmonic modelling methods do not provide realistic model uncertainties, which can be significant due to the very irregular data distribution and rather large data uncertainties. Realistic model uncertainties are, e.g., relevant if geomagnetic field models are used in data assimilation to predict the future evolution of Earth's magnetic field. We aim to develop an improved modelling method, that will take these data characteristics into account to provide realistic model uncertainties. The method of correlation based geomagnetic field modelling has recently been successfully applied to present-day field models. In contrast to present-day records, Holocene data are potentially incomplete measurements of inclination, declination and intensity, all three non-linear functionals of the geomagnetic potential. We intend to extend the method of correlation based geomagnetic field modelling for non-linear observational functionals. The idea in behind is to approximate these functionals by their linearised counterpart which is acceptable under the assumption of already knowing a fairly good model. Once the linearised observational functionals are at hand we can apply the method of correlation based modelling yielding an estimate of the Bayesian posterior distribution. It in particular covers the Fields posterior mean and (co)-variance at any set of points in space and time.

MA.1-002

A qualitative interpretation of Aeromagnetic Data over Dahomey basin, southwest Nigeria

G. Mosuro*^{1, 2}, J. Ebbing¹

¹Institute of Geosciences, Department of Geophysics, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

²Department of Earth Sciences, Olabisi Onabanjo University, Ago Iwoye, Nigeria

The Dahomey basin is a marginal basin believed to be formed from by the separation of the African and South America plate during the opening of the South Atlantic. It extends from the east of Accra in Ghana through Togo and Benin Republic to the Southwestern part of Nigeria where it terminates at the Okitipupa ridge. The ridge stands between the basin and the oil rich Niger Delta Basin. The Nigerian part of the basin is bounded in the north by a Precambrian Basement complex. Here, we analyze aeromagnetic data over the basin in comparison to the geology of the area.

The aeromagnetic data used is part of the nationwide geoscience data acquired for Nigeria Geological Survey agency in phases between 2003 and 2010. The high resolution data was acquired by survey flown at 500m line spacing and 80m mean terrain clearance. Pre-processing of aeromagnetic data involved removal of the IGRF and gridding of the Total Magnetic Intensity (TMI) at 200X200m resolution.

Qualitative interpretation was done by comparing the TMI and various filtered products to the available geology map of the Dahomey basin. This comparison revealed a major offset. The interpreted boundary as seen in the vertical and horizontal gradients does not agree with the geological map. This is thought to be due to either the geological map was not well tied to ground location because it was first published in 1976 or the boundaries were not well defined due to prevalence of very thick vegetation in the southwest part of Nigeria being a rain forest region.

Further interpretations which include tilt derivatives and quantitative determination of the magnetic basement of the boundary to model the transgression from basement complex to sedimentary is in progress. These results will be used to revise the extent of the Dahomey basin.

MG Marine Geophysik

MG.1-001

Seismische Strukturerkundung der Seen Levinson-Lessing und Taymyr im nördlichen Eurasien: Erste Ergebnisse

*S. Krastel*¹, E. Lebas¹, B. Wagner², R. Gromig², G. Fedorov³, M. Melles²*

¹Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Uni Köln, Köln,

³Arctic & Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Das deutsch-russische PLOT-Projekt (Paläolimnologischer Transekt) hat zum Ziel, erstmals die Klima- und Umweltgeschichte im Spätquartär entlang eines mehr als 6000 km langen longitudinalen Transektes über das nördliche Eurasien detailliert zu rekonstruieren. Der Transekt umfasst die potentiell sehr alten Seen Ladoga, Bolshoye Shuchye, Levinson-Lessing, Taymyr, Emanda, und El'gygytyn. Im Rahmen des Projektes wurden im Sommer 2016 seismische Messungen auf den Seen Levinson-Lessing und Taymyr durchgeführt. Da die Seen nur per Hubschrauber erreicht werden können, wurden das Gewicht und das Volumen der seismischen Ausrüstung minimiert. Als Quelle haben wir eine Micro-GI-Gun (2*0.1 l Volumen) benutzt. Luft für die GI-Gun wurde mittels eines mobilen Tauchkompressors erzeugt. Aufgezeichnet wurde die Energie mit einem 32-Kanal Streamer (50 m aktive Länge). Zeitgleich wurden Sediment-Echolot Daten mit einem Innomar-System gewonnen.

Der bis zu 110 m tiefe Levinson-Lessing-See liegt in einem schmalen Tal, das vermutlich tektonisch angelegt und glazial überprägt wurde. Er ist ca. 15 km lang und 1,5 km breit. Über einer chaotischen Schicht, die als Moräne interpretiert wird, wurden bis zu 100 m mächtige, gut stratifizierte Sedimente abgelagert, die in 3 Einheiten unterteilt werden können. Einheiten 1 und 3 sind durch kontinuierliche Reflektoren charakterisiert, die die darunter liegenden Strukturen drapieren. Sie sind daher während eines hohen Seespiegels abgelagert worden. Die mittlere Einheit 2 zeigt zahlreiche Terminationen und diskontinuierliche Reflektoren. Dies deutet auf einen deutlich niedrigeren Seespiegel hin. Die Ablagerungen über der Moräne reichen mindestens bis in das frühe Weichsel Glazial zurück. Im nördlichen Teil des Sees befindet sich viel oberflächennahes Gas. Störungen reichen bis zum Seeboden und weisen auf eine aktive Tektonik hin.

Der Taymyr-See ist der größte See der sibirischen Arktis. Er hat eine Ost-West Ausdehnung von ca. 165 km und ist meist zwischen 10 und 20 km breit. Die maximale Wassertiefe beträgt nur ca. 30 m. Ca. 70% des Sees sind flacher als 3 m. Holozäne Sedimente liegen über einer ausgeprägten Erosionsdiskordanz. Darunter liegen gut geschichtete Sedimente, die zeitlich aber nicht eingeordnet werden können.

An den beiden Seen sollen im Frühjahr 2017 unter Federführung der Universität zu Köln basierend auf den seismischen Messungen Bohrkerne von der geschlossenen Seeeisdecke aus gewonnen werden.

MG.1-002

Reflexionsseismische Abbildung der nord-chilenischen Subduktionszone im Bereich des 2014 Iquique Erdbebens

I. Storch, S. Buske*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Das Iquique Beben im Jahr 2014 mit einer Magnitude 8.1 fand im Bereich einer seismischen Lücke entlang der Subduktionszone in Nord-Chile statt. Durch dieses Beben wurde etwa nur

ein Drittel dieser seismischen Lücke geschlossen, ein oder mehrere Großbeben werden in diesem Bereich noch erwartet.

Das marine reflexionsseismische Profil SO104 (Linie 22), das im Rahmen des CINCA Projektes im Jahr 1995 akquiriert wurde, verläuft in Ost-West-Richtung entlang einer Breite von ca. 19.5 Grad über die Bruchfläche dieses späteren Iquique-Bebens. Aus diesem Grund sind aus der Analyse dieser seismischen Daten interessante Ergebnisse hinsichtlich des Aufbaus der seismogenen Zone in diesem Bereich zu erwarten, und wir haben dieses Profil im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit reprozessiert.

Das Profil hat eine Länge von ca. 180 km mit einer Wassertiefe entlang des Profils zwischen 7.3 km und 0.8 km sowie signifikanter Topographie entlang des Meeresbodens. Die Datenqualität ist sehr gut, und nach einer Preprozessierung mit aufwendiger Multiplenunterdrückung, Geschwindigkeitsanalyse und ersten Stapelungen wurde diese Linie mit einer fokussierenden Prestack-Tiefenmigration bearbeitet. Die ersten Ergebnisse zeigen neben zahlreichen Verwerfungen in der Nähe des Ozeanbodens auch deutlich die Oberkante der abtauchenden ozeanischen Kruste in einer Tiefe von etwa 7.3 bis 12 km. Die weiteren Arbeiten konzentrieren sich auf eine Verbesserung der Prozessierung sowie eine Analyse des Zusammenhangs mit den Lokalisierungen der Vor- und Nachbeben des Iquique-Bebens.

MG.1-003

Oberflächennahe sedimentäre und tektonische Prozesse in der Ionischen See südlich der Straße von Messina, Italien

*E. Klein^{*1}, F. Gross¹, M. Urlaub², A. Micalef³, I. Schulze¹, J. Geersen², S. Krastel¹*

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

²GOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel,

³Faculty of Science, University of Malta, Malta, Malta

Im Ionischen Meer, südlich vom italienischen Festland und östlich Siziliens, liegt eine der komplexesten tektonisch aktiven Regionen der Welt. Die Kombination aus der hohen Bevölkerungsdichte an den umliegenden Küsten und dem regelmäßigen Auftreten von Erdbeben hoher Magnitude und nachfolgenden Tsunamis birgt das Risiko desaströser Folgen beim Eintritt eines solchen Ereignisses. Es ist deshalb von essentieller Bedeutung für den Umgang mit Naturkatastrophen und ihren Konsequenzen, die beteiligten tektonische und sedimentären Prozesse dieser Region im Detail zu untersuchen.

Während der Expedition POS496 auf dem Forschungsschiff Poseidon im März und April 2016 wurden hochauflösende Mehrkanal reflektionsseismische Daten aufgenommen. Mit Hilfe von vorhandenen Daten, die während der Ausfahrt MS86/2 aufgenommen wurden, war es möglich einen regionalen Überblick über das Untersuchungsgebiet zu erhalten.

Das Ziel ist es, tektonische und sedimentäre Strukturen zu lokalisieren, um eine morphotektonische Karte des Untersuchungsgebietes zu erstellen.

Einige der wesentlichen sedimentären Strukturen, die auftreten, sind ein großes Sedimentbecken entlang des Malta Escarpment, ein Sedimentwellenfeld und zwei große Kanäle, von denen einer den unteren Teil des Messina Strait Canyons darstellt. Mehrere NW-SO ausgerichtete Antiklinen, die als Blattverschiebungen identifiziert werden können, könnten Oberflächenerscheinungen eines Subduction-Tear-Edge-Propagator-Faults sein. Ein an der Oberfläche im Durchmesser 6 km großes, rundes Basement Hoch wird als alter Seamount interpretiert, dessen Herkunft unklar bleibt.

MG.1-004

Methoden zur Aufsuchung von Massivsulfiden an mittelozeanischen Rücken

*U. Barckhausen**, *I. Dressel*, *A. Ehrhardt*, *I. Heyde*, *B. Schreckenberger*, *K. Schwalenberg*,
U. Schwarz-Schampera

BGR, Hannover

Die Bildung von Massivsulfid-Lagerstätten geschieht durch hydrothermale Aktivität auf kleinem Raum in der Nähe von mittelozeanischen Rücken. Soweit sich diese in internationalen Gewässern befinden, vergibt die Internationale Meeresbodenbehörde Lizenzen zur Exploration dieser Lagerstätten im Umfang von maximal 100 Blocks von jeweils 10 km x 10 km Kantenlänge pro Antragsteller. Die BGR bearbeitet im Auftrag der Bundesregierung eine solche Lizenz im Indischen Ozean.

Die Flächen, auf denen Massivsulfide am Meeresboden aufgeschlossen vorliegen, sind mit nur 100 – 200 m Durchmesser sehr klein im Vergleich zu den Lizenzblöcken und sie wurden bis vor kurzem in den meisten Fällen nur durch Zufall entdeckt. Um polymetallische Massivsulfid-Lagerstätten aufzufinden und zu untersuchen wird ein breites Spektrum von geophysikalischen Methoden eingesetzt. Am Anfang stehen schiffsgestützte Übersichtsvermessungen mit Fächerecholot sowie magnetischen und gravimetrischen Sensoren, die im Bereich der Lizenzblöcke auf wenige Kilometer Profilabstand verdichtet und mit tiefgeschleppten Profilen ergänzt werden. In der Wassersäule wird nach Trübungen und Redox-Anomalien gesucht, die auf aktiven Hydrothermalismus hinweisen.

Es stellt sich heraus, dass aktive Hydrothermalfelder („Black Smokers“) viel häufiger auftreten, als dieses früher vermutet wurde. Aufgrund ihrer geringen räumlichen Ausdehnung sind sie jedoch in der zerklüfteten Morphologie der Grabenflanken des mittelozeanischen Rückens schwer zu finden. In mehreren Fällen gelang es, mit an der Meeresoberfläche gemessenen Magnetikprofilen magnetische Anomalien nachzuweisen, die im Zusammenhang mit bekannten Hydrothermalfeldern stehen. Vergleichbare Anomalien markieren also Verdachtsflächen, insbesondere dann, wenn sie mit bestimmten morphologischen Strukturen des Meeresbodens zusammenfallen.

Der direkte Nachweis und die Probennahme an Massivsulfiden erfolgt mit Unterwasserrobotern (ROVs). Weitere geophysikalische Untersuchungen werden mit kombinierten elektromagnetischen und magnetischen Verfahren auf einem speziellen Geräteträger („Golden Eye“) direkt am Meeresboden durchgeführt. Mit reflexionsseismischen und refraktionsseismischen Messungen kann die tektonische Anbindung der aktiven oder inaktiven Hydrothermalfelder an die Störungssysteme der Umgebung abgebildet werden.

MG.1-005

Implications of deep-reaching serpentinization for the deformation mode at ultraslow opening mid-ocean ridges

*F. Schmid**, *V. Schlindwein*

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

When seawater, that penetrates the lithosphere through faults and fractures at mid-ocean ridges, gets in contact with mantle rocks serpentine may form. Serpentine bearing rocks are considerably weaker than their source rock thereby causing a drastic change in the rheological strength of the affected lithosphere. Serpentinization is limited by temperature and the availability of active fluid bearing faults. Its maximum depth was previously considered not to exceed 4 km beneath the sea floor.

Yield strength envelopes (YSE) represent vertical profiles that predict the maximum stress supported by the lithosphere as a function of depth. We calculated YSEs for the axial lithosphere at an amagmatic Southwest Indian Ridge segment for different geotherms, serpentinization depths and mineralogical compositions in the ductile regime. Assuming the earthquake distribution is somehow linked to the rheological strength profile we then interpreted those YSEs that best correlate with the depth frequency distribution of local earthquakes. By doing so we could constrain the thermal structure, the mineralogical compositions and the deformation mode in the lithosphere. The YSEs show a thick mechanical lithosphere (30–35 km) at the ridge axis that is weakened in its uppermost 8–13 km due to serpentinization. Incorporating the axial morphology we propose a distinct mode of deformation that may also be applicable to other magma starved ultraslow spreading mid ocean ridge segments. Here, deformation and lithospheric accretion are essentially governed by deep reaching boundary faults that are well lubricated and hence aseismic due to extensive, deep-reaching serpentinization.

MG.1-006

Does fluid infiltration affect the motion of sediment grains? – A 3-D numerical modelling approach using SPH

*G. Bartzke*¹, B.D. Rogers², G. Fourtakas², A. Mokos², R.B. Canelas³, K. Huhn¹*

¹MARUM, Universität Bremen, Bremen, ²The University of Manchester, Manchester, United Kingdom, ³Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

With experimental techniques it is difficult to measure flow characteristics, at a sufficient resolution and in a non-intrusive way. As a result, the effect of fluid flow at the surface and in the interior of a sediment bed on particle motion is not yet fully understood. Numerical models may help to overcome these problems. In this study Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) was chosen since it is ideally suited to simulate flows in sediment beds, at a high temporal and spatial resolution. The solver chosen is DualSPHysics 4.0, since this is validated for a range of flow conditions.

For the present investigation a 3D numerical flow channel was generated with a length of 15.0 cm, a width of 0.5 cm and a height of 4.0 cm. The entire domain was flooded with 8 million fluid particles, while 400 mobile sediment particles were deposited under applied gravity (grain diameter $D_{50}=10$ mm) to generate randomly packed beds. Periodic boundaries were applied to the sidewalls to mimic an endless flow. To drive the flow, an acceleration perpendicular to the bed was applied to the fluid, reaching a target value of 0.3 cm/s, simulating 12 seconds of real time.

Comparison of the model results to the law of the wall showed that flow speeds decreased logarithmically from the top of the domain towards the surface of the beds, indicating a fully developed boundary layer. Analysis of the fluid surrounding the sediment particles revealed critical threshold velocities, subsequently resulting in the initiation of motion due to drag. Sediment flux measurements indicated that with increasing simulation time a larger quantity of sediment particles was transported at the direct vicinity of the bed, whereas the amount of transported particles along with flow speed values, within the pore spaces, decreased with depth. Moreover, sediment-sediment particle collisions at the sediment surface lead to the opening of new pore spaces.

As a result, higher quantities of fluid particles infiltrated through the larger interstices be-

tween the sediment particles, which successively increased the potential for the initiation of motion of sediment particles located in the deeper horizons. This effect has been underestimated in prior studies and highlights the importance of sediment - sediment particle collision and fluid infiltration as an important characteristic that can eventually help to better understand the development of the shear layer but also various sediment morphological features.

MG.2-001

The structure of a Mesozoic to Paleozoic basin in the northern Barents Sea

A. Ehrhardt, P. Klitzke, K. Berglar, R. Lutz*

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Marine Seismik, Hannover

The Norwegian Barents Sea, as the westernmost part of the Arctic Eurasian shelf, is located between the Proterozoic East-European Craton in the south and Cenozoic passive margins in the north and the west. This region has experienced multiple changes of the stress regime including Paleozoic continental collision, multi-stage late Paleozoic to Mesozoic rifting and Pliocene-Pleistocene uplift and erosion.

The southwestern Barents Sea is in focus of academic as well as industry-driven studies since decades due to its hydrocarbon potential. This contributed to a comprehensive database and the corresponding petroleum systems are well understood. However, the internal structure, the tectonic history and petroleum systems of the northern Barents Sea are only poorly investigated. It is widely agreed that Cenozoic uplift and erosion episodes were more pronounced to the north. Therefore, large amounts of sediments were removed and Cretaceous as well as Jurassic sediments are missing completely in some parts. These erosion phases have a strong influence on any petroleum system.

One objective of the arctic activities of BGR is to shed light on the tectonic evolution of the northern Barents Sea and its petroleum potential. In the course of the PANORAMA project a geophysical and geological expedition was carried out in 2015 aboard the Italian research vessel "OGS-Explora" including acquisition of ~1750 km of 2D multi-channel seismic data, ~350 km of wide angle seismic lines by means of sonobuoys, sediment echosounder data, multi-beam data and potential field data.

Interpretation of the seismic lines show a locally dense network of Triassic normal faults bordering the Olga basin and partly reaching as deep as to the proposed basement. In particular, north of the Olga Basin this Triassic fault system seems to have experienced post-glacial reactivation as indicated by sediment echosounder data.

MG.2-002

Multichannel Seismic Investigation within the Laurentian Fan System, Offshore Newfoundland

K. Lindhorst, S. Krastel*

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

The Laurentian Fan System is located at the Canadian Continental Margin, offshore Newfoundland. It is composed of a complex system made up of numerous active canyons in the upper slope area, and three major channels (East and South Branch, and the Western Channel) south of a confluence zone. As it serves as the major pathway for turbidity currents resulting from debris flows, which are eroding the canyons, a profound understanding of the internal structure of this channel system is important because they have been proven a potential geohazard for the population along the adjacent coast. As for example, on November

18, 1929; a devastating tsunami struck the south coast of Newfoundland, claiming 28 lives. The so-called Grand Banks Event is one of the first example where clear evidence was found that a submarine landslide triggered a tsunami. Only a submarine mass movement could explain a sequential breakage of underwater cables, following a M7.2 Earthquake beneath the Laurentian Channel. Calculation of the speed and direction of the underwater flow led to the proposition that the debris flow initiated along the St. Pierre Slope. Deposits of the Grand Banks Event traveled over more than 1000 km down-slope as material could be found in sediment cores of the Sohm Abyssal Plain.

Here we present newly acquired Multichannel Seismic data from a scientific cruise (MSM47) that took place in October 2015. Our seismic profiles image the upper slope area around the St. Pierre Slope as well as the internal structure of the Laurentian Fan further down-slope. Hence, we are able to tackle the question about a trigger mechanism and location for the Grand Banks Landslide. Active faults identified on seismic lines point to tectonic events. We observed several minor scarps at the modern seafloor but also in older strata, an indicator for failure events. However, a major headwall, as would be expected after a submarine landslide triggering a tsunami, could not be identified. Seismic cross section in the area south of the confluence zone illustrate that the area experienced several mass movement events because we have detected chaotic units at different stratigraphic depth on all profiles. Furthermore, our seismic data show the internal structure of levees and their long sedimentary history. Although the seismic penetration is very limited in the central parts of the channels, they do have different seismic facies and hence we can speculate whether they are active or not, today.

MG.2-003

Baltic sector of the Trans-European Suture Zone revisited – First results from the “BalTec” expedition

*C. Hübscher*¹, V. Damm², M. Engels², C. Juhlin³, C. Krawczyk⁴, M. Malinowski⁵, V. Noack², M. Schnabel², E. Seidel⁶*

¹Center for Earth System Research and Sustainability, University of Hamburg, Hamburg,

²Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover,

³Department of Earth Sciences, University of Uppsala, Uppsala, Sweden,

⁴GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ⁵Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland, ⁶Institut für Geographie und Geologie, Ernst-Moritz-Arndt University Greifswald, Greifswald

In the course of RV MARIA S. MERIAN expedition MSM52 (BalTec) in March 2016 we imaged the Paleozoic to recent tectonic and sedimentary evolution of the southern Baltic Sea between the North German Basin across the Tornquist Fan and up to the Baltic Shield east of Gotland with unique vertical resolution. The equipment consisted of 8 GI-Guns as a source array and a digital seismic streamer of 2700 m active length. We acquired 62 profiles having a total length of 3500 km.

Past seismic experiments in the research area primarily targeted deep crustal structures and the Moho, or they elucidated the Post-Permian strata only. With the BalTec data we close the gap between these data sets in terms of both seismic resolution and depth penetration. We strive for an in depth understanding of the interaction between plate-, salt-, neo- and ice load induced tectonics between the eastern Glückstadt Graben and the Baltic Shield. The data represent further a valuable contribution to the emerging Geopotentials of the German Baltic Sector (GPDO) project. Long profiles across German, Danish, Polish and Swedish territorial waters bear the potential to link geological models spatially limited by international bound-

aries. Since the fault systems in the Baltic Sea continue into the hinterland the neotectonics-related studies may also influence the discussions of geothermal energy, hydrogeology or CO₂ storage.

Due to the short initial offset of 37 meters between the seismic source array and the first active streamer section the data image without gap the subsurface geology from the Paleozoic strata or basement up to the seafloor. In the Kiel and Mecklenburg bays the data confirm the causative correlation between salt pillow growth and Quaternary valley evolution. The nature of the Western Pomeranian fault system is imaged west and east of Rügen. Several profiles across the Sorgenfrei-Tornquist and Teisseyre-Tornquist-Zone and Rønne Block elucidate the Caledonian deformation and Cretaceous inversion tectonics. The entire crustal structure of the Teisseyre-Tornquist- Zone will be derived from the recordings of the wide-angle reflections and refractions from 15 ocean bottom seismometers (OBS). Post-glacial faulting of the Baltic Shield will be studied by the analysis of north-east to south-west striking reflection seismic profiles between Hanø Bay and Gotland. In the presentation we will show first imaging and interpretation results.

MG.2-004

Near Surface Tectonics in the Baltic Sea Sector of the North German Basin and the Tornquist Zone

*M. Al-Hseinat, C. Hübscher**

Center for Earth System Research and Sustainability, Universität Hamburg, Hamburg

The Late Cretaceous to recent tectonic evolution of the North German Basin and the transition zone to the Baltic Shield/southwest Baltic Sea are discussed on the basis of a dense grid of ca. 800 reflection seismic profiles. The study area covers the transition from the salt floored North German Basin (Bay of Kiel) to the salt free Tornquist Zone (Pomeranian Bay). The Cretaceous to recent tectonic evolution was studied by individual seismic sections and derived high-resolution time-structure maps of the Upper Cretaceous, Tertiary and Pleistocene. Numerous significant faults could be identified in the Upper Cretaceous and Tertiary layers throughout the study area. Several of the faults propagate upwards across the unconsolidated Pleistocene sediments and penetrate the seafloor topography. In the salt floored North German Basin, three major fault trends are observed: NW-SE, N-S and NNE-SSW striking faults. Several of the faults are located directly above basement (sub-salt) faults and salt pillows. The majority of these faults are trending N-S to NNE-SSW and parallel the direction of the Glückstadt Graben faults. Basement tectonics controls supra-salt tectonics, but the ductile salt layer causes an offset between the sub- and supra-salt faults. In the salt free Pomeranian Bay, two major fault trends are found: NW-SE and NE-SW striking faults. The majority of these faults are located above basement faults following the Tornquist Zone direction. The fault movements are interpreted as a reactivation of pre-existing faults and vertical salt movement due to major plate re-organisation related to the Africa-Iberia-Europe convergence and later Alpine Orogeny (ca. 90 Ma). The faults and salt tectonics were afterward re-activated between Late Eocene and Middle Miocene when the principal horizontal stress orientation changed from a NE-SW to a NW-SE direction, the present-day orientation. We suggest that the recent tectonics and upward propagation of the faults resulted from ice-sheet loading and/or present-day stress field interaction.

MG.2-005

The formation of seafloor sediment waves by internal waves along the Israel continental slope

S. Reiche^{*1}, *C. Hübscher*², *S. Brenner*³, *C. Betzler*⁴, *J.K. Hall*⁵

¹Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen University, Aachen, ²Institut für Geophysik, Center for Earth System Research and Sustainability, Universität Hamburg, Hamburg, ³Department of Geography and Environment, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel, ⁴Institut für Geologie, Center for Earth System Research and Sustainability, Universität Hamburg, Hamburg, ⁵Geological Survey of Israel, Jerusalem, Israel

Internal gravity waves are widely present in world's oceans, travelling along the interface between water layers of different densities. When internal waves impinge on steep underwater topography, they may break and create near-seafloor turbulence of sufficient energy to erode and transport ocean bottom sediments.

Little is known about the presence and sedimentological impact of internal waves in the Eastern Mediterranean Sea. In this study we investigate the role of internal waves in forming two fields of nearly slope parallel sediment waves, extending more than 100 km along the Israel continental slope. Based on subbottom profiler and bathymetric data, we show that sediment wave fields cover depth intervals of 80 m – 130 m and 190 m – 350 m, respectively, separated by a zone of flat seafloor morphology. Sediment waves are characterized by amplitudes of approx. 5 m, wavelengths of approx. 500 m, an upslope climbing appearance and a downslope decrease in amplitude.

Based on mooring data, comprising an 18-months record of current velocities within the upper 500 m across the Israel continental slope, we show that the internal wave spectrum offshore Israel is dominated by internal waves at near inertial frequencies. Sediment waves are located within a depth beyond the reach of surface waves, unaffected by gravitational instabilities, and in the case of the lower sediment wave field within a depth of predominantly weak contour current velocities (mainly < 5 cm/s). However, their distribution coincides with areas of major ocean density stratification and supercritical slope inclination with respect to near inertial waves - where maximum internal wave generated turbulence max occur. We therefore suggest that sediment waves are essentially cyclic steps formed by internal wave induced sediment remobilization and subsequent turbidity-like downslope sediment transport.

We correlate subbottom profiler data to a radiocarbon dated sediment core to trace the presence of sediment waves back in time. No sediment waves were formed between 8 cal ka and 16 cal ka along the Israel continental slope, suggesting that the impact of internal waves ceased during a time of rapid sea level rise and fresh water input into the Eastern Mediterranean realm.

MG.2-006

Investigations on Gas Hydrate Occurrences in the Western Black Sea with the Sputnik Controlled Source Electromagnetic System

*S. Hölz**¹, *S. Duan*^{1,2}, *G. Li*^{1,2}, *K. Schwalenberg*³, *M. Jegen*¹

¹GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, ²Ocean University of China, Qingdao, China, ³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

In early 2014, a marine controlled source electromagnetic (CSEM) experiment was conducted over gas hydrate targets in the Danube Delta off the coasts of Bulgaria and Romania. The cruise (MSM35 on R/V Maria S. MERIAN, part of the German SUGAR Project) was aimed to study submarine gas hydrates as a source of methane and possible sink for CO₂ sequestration. Within European waters the Black Sea is one of the most prospective hydrocarbon areas with thick sedimentary basins. The existence of an extended gas hydrate stability zone and the observation of multiple bottom simulating reflectors (BSR) in the western part indicate a huge gas hydrate potential in sandy sediments. Low pore-water salinities between 1 and 4 ppt have been observed in borehole data at depths below ~30 mbsf, and are attributed to sea level low stands in the past.

Experiments were carried out in two working areas in water depths of 1400m and 600m, respectively, which are at a distance of about 60km. In both working areas temperature and pressure conditions in combination with results from seismic investigations indicated potential occurrences of gas hydrates. In workarea 1, 12 receiver (RX) stations were positioned along two parallel, NE-SW striking profiles consisting of six stations each and with spacing between stations of about 300 m and a separation of the two profiles of about 500 m. Transmissions with the Sputnik transmitter (TX) system, which has two perpendicular horizontal TX polarizations, were then conducted at 81 different locations along three profiles with lengths between 2.5-3km each. A similar experiment with 11 RXs and 49 TXs was carried out in workarea 2.

The acquired data were first processed to yield transient rotational invariants for each RX-TX pair, which were then inverted in terms of 1D common-mid point (CMP) inversions. Results of workarea 1 suggest that there are two resistive layers starting at a depth of 70m and ~200m, respectively, which is well consistent with the seismic data. Since low pore-water salinities are not sufficient to explain the observed high resistivities, high saturations of gas or gas hydrates are the likely cause. Similar results with two resistive layers and possibly a third resistive layer at greater depth were found in the interpretation of data from workarea 2.

S1 Instrumentelle und methodische Entwicklungen in der Geophysik

S1.1-001

Neues miniaturisiertes und monolithisches Tiltmeter mit Nanorad Auflösung

*M. Kühnel**, *T. Froehlich*

Inst. für Prozessmess- und Sensortechnik, TU Ilmenau, Ilmenau

Das Ziel der vorgestellten Arbeiten ist die Entwicklung eines temperatur- und langzeitstabilen, einfach zu handhabenden und zu niedrigen Kosten herstellbaren Tiltmeters mit der Auflösung von 1 nrad.

Neigungsmessungen mit Nanorad Auflösung sind in der Geophysik weit verbreitet. Sie sind

aber auch in anderen Bereichen von Wissenschaft und Technik wie der hochpräzisen Kraftmess- und Wägetechnik von Bedeutung.

In den vergangenen Jahren wurden an der TU Ilmenau Tiltmeter mit Nanorad Auflösung entwickelt. Diese Tiltmeter basierten auf der Messung von neigungsbedingten Querkräften, die auf hängend gelagerte Präzisionswägezellen wirken. Der Vorteil dieses Messprinzips sind der sehr große Messbereich von ± 9 mrad ($\pm 0,5^\circ$) und die sehr gute Linearität. Der Nachteil ist die vergleichsweise große Komplexität der Mechanik, das hohe Eigengewicht und die hohen Herstellkosten.

Aus diesem Grund wurde ein vereinfachtes Tiltmeter entwickelt, welches nur aus zwei Bauteilen besteht: einer monolithischen Pendelmechanik und einem optischen Wegsensor. Die monolithische Pendelmechanik ist durch ein Festkörpergelenk realisiert. Das Kerbgelenk besitzt eine minimale Dicke von 50 μm womit sich eine Drehfedersteifigkeit des Gelenks von $c_t = 7 \times 10^{-3}$ Nm/rad ergibt.

Mit dem optischen Wegsensor wird eine Standardabweichung der Wegmessung von ~ 50 pm bei einer Messfrequenz von 10 Hz erreicht. Die Pendellänge beträgt 0,1 m, die Masse des Pendels ~ 60 g. Damit kann eine theoretische Standardabweichung der Neigungsmessung von $\sim 0,6$ nrad bei 10 Hz Messfrequenz erreicht werden. Durch die natürlich vorhandenen Neigungen und Querbeschleunigungen ist diese Standardabweichung mit dem Tiltmeter nicht erreichbar. Am Aufstellort an der TU Ilmenau wurde eine Standardabweichung bei 0,1 s Integrationszeit von ca. 11 nrad erreicht. Diese konnte bei Integrationszeiten von > 30 s auf $< 1,5$ nrad reduziert werden. Der Messbereich des neuen monolithischen Tiltmeters beträgt $\sim \pm 2$ mrad.

Weitere Messungen, insbesondere der Langzeitstabilität sind geplant und werden unter anderem in Moxa durchgeführt werden.

S1.1-002

Der Faser-Optische Gyroskop - ein portabler Rotationssensor für die Seismologie

*J. Wassermann*¹, F. Bernauer¹, F. Guattari², T. Braun³, M. Ripepe⁴, H. Igel⁵*

¹Department für Geo- & Umweltwissenschaften, LMU, München,

²iXblue, St. Germain-en-Laye, France, ³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Arezzo, Italy, ⁴Dipartimento di Scienze della Terra, University of Florence, Florenz, Italy,

⁵LMU München, Dep. Geo- & Umweltwissenschaften, München

Kürzlich veröffentlichte theoretische Studien legen nahe, dass ein portabler breitbandiger Rotationssensor erhebliche Bedeutung/Verbesserungen auf den Gebieten der Nahfeld-Seismologie, Vulkanologie, marinen Seismologie, seismischen Tomographie sowie planetaren Seismologie haben könnte, sofern ein solches Instrument mit der entsprechenden Güte und Spezifikation zur Verfügung steht.

In diesem Zusammenhang präsentieren wir die Kennlinien des BlueSeis-3A, dem weltweit ersten Faser-Optischen Gyroskop (FOG), der rein für seismologische Zwecke konstruiert wurde. Der BlueSeis-3A wird von der in Frankreich beheimateten Fa. iXblue und als direkte Folge vom 'European Research Council' finanzierten Projekt 'ROMY' (Rotational Motions: a new Observable for seismology) hergestellt.

Wir stellen zunächst das Eigenrauschen des Sensors in Form von Leistungsdichtespektren (drei Instrumentenmethode), 'Operating Range Diagram' (ORD) sowie 'Allan Deviation' vor, um danach die ersten Ergebnisse dreier Feldexperimente, die am Vulkan Stromboli, in der Nachbebenregion von Norcia, sowie im Glockenturm Giotto in Florenz durchgeführt worden sind, zu präsentieren.

S1.1-003

ROMY: Ein 3D Rotationssensor für Geophysik und Geodäsie

A. Gebauer^{*1}, *U. Schreiber*², *H. Igel*¹, *C. Hadziioannou*³, *S. Donner*¹, *F. Bernauer*¹, *J. Wassermann*¹, *S. Egdorf*¹, *A. Simonelli*¹

¹Department für Geo- und Umweltwissenschaften, Ludwig-Maximilians-Universität, München, ²Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie, Technische Universität München, München, ³Institute of Geophysics, Universität Hamburg, Hamburg

Beobachtungen von Rotationen in den Geowissenschaften benötigen eine Sensorauflösung in der Größenordnung von wenigen als 10 pico-rad pro Sekunde. Ein optisches Sagnac-Interferometer stellt diese Sensitivität bereit, vorausgesetzt das der Skalenfaktor und damit die Größe des Instrumentes entsprechend groß ist. Wir haben ein ein Multikomponenten-Ringlasersystem konstruiert und gebaut, bestehend aus 4 einzelnen großen Ringlasern mit einer jeweiligen Größe von 62 m². Die Ringe sind in Form eines Tetraeders angeordnet der auf einer Spitze steht, sodass alle drei Raumrichtungen Redundant abgedeckt sind. Wir berichten von der Inbetriebnahme der frei-laufenden Laserkreisel in seinem Untergrundlabor um die Leistungsfähigkeit von der ROMY Ringlaserstruktur zu bestimmen. Erste Resultate zeigen an das die Quantenrauschgrenze kleiner ist als die vom 'G' Ringlaser, welcher bis dato der beste existierende Ringlaser ist.

S1.1-004

Inversion for moment tensors including rotational ground motion: the possibility of a single station approach

S. Donner^{*}, *F. Bernauer*, *J. Wassermann*, *H. Igel*

Department für Erd- und Umweltwissenschaften, LMU München, München

During the last decade, the observation of rotational ground motions gained increasing attention amongst seismologists. In several studies based on numerical simulations and on one component (vertical) ring laser data the enormous potential for a wide field of applications could be demonstrated. Now, 3-component ring laser data and even data from portable rotation sensors are in reach. These new developments raises the question (amongst others) how inverse problems for the seismic source benefit from joint measurements of rotations and translations.

The waveform inversion for the seismic moment tensor - meanwhile a standard technique with a well-founded theory - still has deficiencies, e.g. in the resolution of the mechanism and the non-double-couple components, especially for shallow events and in regional distance ranges.

Here, we show how the waveform inversion for moment tensors benefits from the incorporation of rotational ground motions. The results are based on numerical but also on real data from the Mw6.5 Norcia, central Italy, earthquake of October 30, 2016. The event was recorded by the ROMY ring laser as well as by a portable rotational sensor, both near Munich. We address the question of how reliable the inversion for moment tensors is from a single 6-component measurement.

S1.2-001

Development and Operation of a Microbarometer Array at BFO to Improve the Pressure Correction of Long-Period Seismometer and Strain Meter Data

*R. Widmer-Schnidrig^{*1}, K.-H. Jäcke², U. Klein³*

¹Universität Stuttgart, BFO, Wolfach, ²Helholtz-Zentrum Potsdam, GFZ, Potsdam,

³Hard- und Softwareentwicklung Dr. Udo Klein, Nußloch

The dominant noise source in recordings of horizontal seismometers, tilt meters and strain meters in the frequency band of the Earth's free oscillations (0.3mHz - 10mHz) consists in ground deformations produced by pressure fluctuations in the local atmosphere. This finding is also true for the sensors of the underground observatory BFO. Here the sensors are shielded by two sets of airlocks (a series of four pressure tight doors) such that atmospheric pressure fluctuations essentially cannot reach the instruments directly.

Previous attempts at BFO to develop pressure correction procedures were based on the recordings of a single barometer only. None the less efficient corrections for the vertical acceleration and for the areal strain could be developed. All attempts to develop a pressure correction for horizontal accelerometers (seismometers and tilt meters) and for the shear strain were hampered by the lack of knowledge of the spatial variation of the air pressure: at times the corrections were very successful but often enough they failed.

To address this situation we have developed autonomously recording barometers. As sensors we use tiny MEMS barometers from Bosch (BMP280) and Infineon (DPS310) which are also used in the most recent generation of smart phones. For absolute timing of the data we use the DCF77 (77,5kHz long-wave) radio signal and for data storage we use 2GB MicroSD cards. Power consumption of our micro controller based, autonomously recording prototype barometer is 70mW.

The developed barometer/loggers will be presented and we will demonstrate the suitability of the MEMS sensors for work in the mHz frequency band. Currently the array consists of 16 elements with an aperture of approx. 10km. A first comparison of barograms from the array with our seismometer and strain meter recordings will be presented.

S1.2-002

Facilitating open global data use in earthquake source modelling to improve geodetic and seismological approaches

*H. Sudhaus^{*1}, S. Heimann², A. Steinberg¹, M. Isken¹, H. Vasyura-Bathke³*

¹Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel,

²Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 2.1

Erdbeben- und Vulkanphysik, Potsdam, ³Institute of Earth Science and Engineering, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia

Recently impressive achievements have been made in improving earthquake source inferences by using InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) data. Factors coming to aid these developments are (1) the vast expansion of open data of earthquake observations with the two powerful space-borne Sentinel-1 SAR sensors. (2) Increasing computer power that allows processing of large data sets for more detailed source models and for advanced data

inversion approaches. By now data error propagation is widely implemented, the estimation of model uncertainties is a regular feature of reported source models and more regularly InSAR data and seismological waveforms are combined. The data combination requires finite rupture models instead of point-source approximations and layered medium models instead of homogeneous half-spaces. Therefore, with these developments disciplinary differences in geodetic and seismological earthquake source modelling shrink towards common descriptions of data, source, and medium. We explore and facilitate such combinations of InSAR-derived near-field static surface displacements and dynamic far-field seismological waveforms for global earthquake source inferences.

We join in the community efforts with the particular goal to improve crustal earthquake source inferences in generally not well instrumented areas, where often only the global backbone observations of earthquakes are available: seismological broadband sensor networks and InSAR acquisitions. We present our work on modelling standards for the combination of static and dynamic surface displacements in the source's near-field and far-field, e.g. on data and prediction error estimations as well as model uncertainty estimation. We use simple planar finite rupture models and 1d-layered medium models for both near- and far-field data predictions.

We present this harmonized source modelling environment based on example earthquake studies, e.g. the 2010 Haiti earthquake, the 2009 L'Aquila earthquake and others. We discuss the benefit of combined-data non-linear modelling on the resolution of first-order rupture parameters, e.g. location, size, orientation, mechanism, moment/slip and rupture propagation. We apply our newly developed software modules which build up on and include the open-source seismological software toolbox *pyrocko* (www.pyrocko.org). This work is conducted within the DFG Emmy-Noether project "Bridging Geodesy and Seismology" (www.bridges.uni-kiel.de).

S1.2-003

A refined methodology for stress inversions of earthquake focal mechanisms

*P. Martínez-Garzón^{*1}, Y. Ben-Zion², N. Abolfathian², G. Kwiatak¹, M. Bohnhoff¹*

¹GFZ German Centre for Geosciences, Potsdam, ²University of Southern California, Los Angeles, United States

In this study we elaborate on an improved methodology for reliable high-resolution inversions of focal mechanisms to background stress field orientation and stress ratio R in two or three dimensions. The earthquake catalog is declustered to remove events likely affected strongly by local stress interactions rather than reflecting the large-scale background stress field. The declustered data are discretized with the k -means algorithm into groups containing a number of focal mechanisms between a minimum number N_{min} and $2N_{min}$. Synthetic tests indicate that $N_{min} \approx 30$ provides stable inversion results under different stress regimes and noise conditions when $R \approx 0.5$, while $N_{min} \approx 45$ is needed for R near 0 or 1. Additional synthetic tests compare the performance of selecting the fault plane of each focal mechanism using (a) the plane with lowest misfit angle between the slip vector from the focal mechanism and shear traction from the stress tensor and (b) the plane with highest instability coefficient representing proximity to the optimally oriented fault for given stress field and friction coefficient. The instability criterion is found to provide more accurate inversion results under all tested stress regimes, stress ratios, and noise conditions. The refined inversion methodology combines selecting fault planes using the instability criterion iteratively with a damped simultaneous inversion of different focal mechanism groups. Results characterizing neighborhoods of discretized domains merged during the damped inversion provide high-resolution information independent of the discretization. Some aspects of the methodology are illus-

trated with synthetic sets of focal mechanisms created under specified stress states, pore pressure and friction coefficients, as well as with focal mechanism data from the San Jacinto Fault Zone in Southern California.

S1.2-004

Spatial and temporal analysis of gas seep activity in Eckernförde Bay and assessment of its linkage to pockmark morphology and sub-bottom strata using marine acoustic methods

*A. Lohrberg**, *J. Schneider von Deimling*

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Highly elevated concentrations of the greenhouse gas methane in Eckernförde Bay bottom waters during ship cruise AL447 raised attention. Earlier studies suggested pockmarks and groundwater discharge to be the main driver for enhanced methane concentration in the water column. An alternate process for such anomalies is presented in this study.

High-resolution bathymetry data for three pockmark clusters including water-column imaging data, high-frequency sub-bottom profiles for methane-rich sediments, a spatial activity distribution grid of gas seepage and an acoustic time series of in situ monitored gas seepage events are the basis for this study. It aims to (1) analyze pockmark morphology, (2) estimate the spatial distribution of shallow gas accumulations, (3) examine the spatial and temporal activity of gas seepage, (4) find possible trigger mechanism and (5) estimate a gaseous methane flux to the water column of Eckernförde Bay.

A high-resolution 200–400 kHz Kongsberg EM2040c multibeam echo sounder resolved micro-scale structures with only 20 to 50 cm depth and less than 5 m in diameter inside the pockmarks, which potentially represent an acoustic proxy for groundwater discharge. Comparison with bathymetric data acquired eight years earlier suggests a stability of the pockmark rims over decades. Water column imaging data of the EM2040c clearly show rising gas bubbles in the water column.

Shallow sub-bottom data recorded using an Innomar SES 2000 parametric echo sounder confirm the presence of methane accumulations in the sediments at water depths exceeding approx. 20 m.

Single beam data of the ship-borne Simrad EK60 70 kHz split-beam echo sounder reveal unambiguous data patterns for the detection of gas bubbles rising from the seafloor to the sea surface and, thus, to the atmosphere. Not only do they occur within the pockmarks, as previously assumed, but also in wide parts of the bay not covered by pockmarks. Gaseous methane flux estimations using gas bubble ebullition rates derived from in situ monitoring and radius estimations derived from single beam echo sounding suggest a significant contribution of gas seepage to methane concentrations in the water column.

An acoustic in situ water column monitoring deployment system equipped with an Imagenex Delta T 837b multibeam echo sounder reveals a high correlation of water level fluctuations due to the Baltic Seiche and gas bubble ebullition from the seafloor.

S1.2-005

Automated imaging and inversion of single-channel seismic data using diffractions

*B. Schwarz*¹*, *A. Bauer²*, *D. Gajewski²*

¹Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom,

²Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Hamburg

In current surveys in industry-driven seismic exploration, large source-receiver offset acquisition offers the benefits of high data redundancy and improved illumination. However, large-offset recordings are generally expensive to acquire and the vast majority of academic research deals with a low channel count and target depths that significantly exceed the available offset range. Diffractions provide superior illumination compared to reflections, but typically have low amplitudes. Therefore, they are often barely recognizable on individual seismograms – one of the main reasons why diffractions are mostly neglected in conventional processing workflows. We present a scheme that specifically targets the weak but highly illuminating diffracted background through automated adaptive subtraction of the dominant reflected contributions, while making only use of the available near-offset channel. Based on local stacking and coherence evaluation, the recorded diffracted events are treated as passive source wave fields, which are characterized in terms of local properties of wavefronts emerging at the registration surface. These wavefront attributes include the travel time, the local dip and the wavefront's curvature. In an industrial field data example off-shore Israel, where large offsets were available, we show that the diffraction-based wavefront inversion of only the near-offset channel leads to results, which are in reasonable agreement with available geological interpretations. By application to an academic low-fold dataset recorded near Santorini in the Aegean Sea, we demonstrate that the suggested imaging and inversion scheme offers the opportunity to construct laterally resolved depth-velocity models even in the actual absence of large-offset recordings.

S1.3-001

Evaluating links between deformation, topography and surface temperature at volcanic domes: Results from a multi-sensor study at Volcán de Colima, Mexico

*J. Salzer^{*1}, P. Milillo², N. Varley³, D. Perissin⁴, M. Pantaleo⁵, T.R. Walter⁶*

¹GFZ Potsdam, Potsdam, ²NASA Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, United States,

³Facultad de Ciencias, Universidad de Colima, Colima, Mexico, ⁴Lyles School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette (IN), United States, ⁵Pangea S.R.L., Milano, Italy,

⁶Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Active volcanoes often display cyclic behaviour with alternating quiescent and eruptive periods. Continuously monitoring volcanic processes such as deformation, seismicity and degassing, irrespective of their current status, is crucial for understanding the parameters governing the fluid transport within the edifice and the transitions between different regimes. However, mapping the deformation and details of fluid escape at the summit of steep sloped volcanoes and integrating these with other types of data is challenging. Here we present for the first time the near-3D surface deformation field derived from high resolution radar interferometry (InSAR) acquired by the satellite TerraSAR-X at a degassing volcano dome and interpret the results in combination with overflight infrared and topographic data. We find that the results strongly differ depending on the chosen InSAR time series method, which potentially overprints the true physical complexities of small scale, shallow deformation processes. We present a new method for accurate mapping of heterogeneities in the dome deformation, and comparison to the topography and precisely located surface temperature anomalies as derived from overflight infrared images. The identified deformation is dominated by strong but highly localized subsidence of the summit dome. Our results highlight the competing effects of the topography, permeability and shallow volcanic structures controlling the degassing pathways. On small spatial scales compaction sufficiently reduced the dome permeability to redirect the fluid flow. High resolution InSAR monitoring of vol-

canic domes thus provides valuable data for constraining models of their internal structure, degassing pathways and densification processes.

S1.3-002

Accuracy assessment of Artificial Neural Network for modelling the geoid height; a comparative approach

*M. Hassani**, *H. Zomorrodian*

Department of Geophysics, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran, Islamic Republic of

Among the most commonly applied methods for calculating ellipsoidal heights, GPS measurements are of high popularity. Yet, in the engineering applications, orthometric heights are mostly used. Here, indicating the geoid undulation is important for the transformation of ellipsoidal heights to orthometric heights. Generally, calculation of the geoid height is extremely complicated; whereas equally, its estimation, though possible with simple mathematical equations, is also intricate and time-consuming.

Recently, soft-computing methods such as fuzzy logic and neural network have been increasingly used for calculating the geoid height. In this research, Artificial Neural Network (ANN) Method is examined in comparison to Kriging Method in the context of Iran. The importance of this research lies in its comparative approach and its consideration for analysing the influence of the changes in the number of neurons in the hidden layers of a designed ANN so as to indicate the optimal numbers of the required neurons for an optimal output with the least possible error.

To this purpose, geographical longitude and latitude of the GPS data provided by the National Cartographic Centre of Iran are defined as the input of the ANN. The studied area is located in Tehran Province between the latitude of 35.44009- 35.87117 and longitude of 50.91905-51.39947. Using the GPS and levelling data of 121 stations in the aforementioned region, an ANN has been designed and tested. The numerical results of the study show that 15 neurons are needed in the hidden layers of the designed ANN for optimal calculation of the geoid height.

To assess the accuracy of the ANN, Kriging Method was also applied for estimating the geoid height of the same stations and the RMSE value of the two methods was calculated and compared with each other. This comparison shows that the resulting RMSE of the ANN calculation is lower than the one of the Kriging Method (respectively 0.0363 and 0.0559 m). Finally, in order to assess the generalization capability of the designed ANN, 36 points have been tested in this network. Statistical result of this evaluation shows that in spite of the less accuracy of the final calculation in comparison to the primary trained ANN, the results are yet of higher accuracy compared with the Kriging method (respectively 0.0389 and 0.0408 m). Therefore, if adequate data with sufficient density is applied in the ANN, the results will have an acceptable accuracy.

S1.3-003

A high resolution lithospheric magnetic field model over southern Africa and estimation of the mean magnetic thickness and magnetization

*F. Vervelidou**¹, *E. Thébaud*², *M. Korte*¹

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Université de Nantes, Nantes, France

In this study we propose a lithospheric magnetic field model over southern Africa. We produce this model by means of the potential modeling method known as the Revised-Spherical

Cap Harmonic Analysis (R-SCHA). This method allows for the joint modeling of data at various altitudes. Here, we invert simultaneously Swarm gradient magnetic field data, CHAMP magnetic field data, aeromagnetic data, data from three local magnetic observatories and repeat stations data obtained between 2005 and 2010, and produce a lithospheric magnetic field model up to spherical harmonic degree and order 2000 (20 km spatial resolution). Moreover, we estimate the regional power spectrum of this model and use it in order to provide a mean estimate for the magnetic thickness and magnetization over southern Africa. These estimates rely on the combined use of the R-SCHA power spectrum (Vervelidou & Thébault, 2015) and a statistical expression of the Earth's lithospheric magnetic field power spectrum (Thébault & Vervelidou, 2015). Our results are compared to the results obtained by means of traditional magnetic thickness estimates methods that rely on the cartesian reference frame. By means of this comparison, we demonstrate the importance of constraining the large wavelengths of the lithospheric magnetic field signal and therefore the importance of working in spherical coordinates.

S1.3-004

Messungen mit dem TEM Spulensystem „MARTEMIS“ am mittelatlantischen Rücken in der Umgebung des TAG Hydrothermalfeldes

S. Hölz, M. Jegen*

GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel

Die Exploration nach Massivsulfiden im marinen Umfeld (SMS) ist durch die verfügbaren Technologien auf Strukturen beschränkt, die in Verbindung zu aktiven Hydrothermalsystemen stehen: bekannte SMS Lagerstätten worden so fast ausschließlich durch Anomalien in der Wassersäule (Temperatur, chemische Tracer) oder durch Oberflächenstrukturen am Meeresboden entdeckt. Für die Suche nach SMS Lagerstätten, die mit keinem hydrothermale Systeme mehr in Verbindung stehen und die durch Sedimentation und Erosion überprägt sind, sind diese Methoden nicht geeignet.

Unsere Arbeitsgruppe hat vorgeschlagen, dass Messungen mit einem transient elektromagnetischen (TEM) Spulensystem für die Exploration von SMS Strukturen im marinen Umfeld geeignet sein sollten. Ein erster Gerätetest wurde während der Ausfahrt PO483 (RV Poseidon, April 2015) am Palinuro Seamount in geringen Wassertiefen (~600m) entlang eines ~500m langen Profils durchgeführt (s. DGG 2016).

Während der Ausfahrt JC138 (August 2016, RV James Cook, EU Grant no. 604500 „Blue Mining“) wurden Messungen an Hydrothermalfeldern am Mittelatlantischen Rücken in der Umgebung des TAG Mounds durchgeführt. Diese Messungen stellten im Vergleich zu dem vorherigen Gerätetest aufgrund der größeren Wassertiefe (~3600m) und der extrem variablen Topographie des Meeresbodens sehr viel höhere experimentelle Anforderungen.

Die Messungen wurden mit dem neuartigen marinen TEM Induktionssystem („MARTEMIS“) durchgeführt. Das System besteht aus einer koinzidenten, quadratischen Spule (6.3m x 6.3m), die sich 12m unter einem Gestell befindet, in dem der eigentliche Sender, die Elektronik, die Energieversorgung und Sensoren (z.B. Höhenmesser) untergebracht sind. Während zweier Experimente wurde das System über das Windenkel des Schiffs zum Meeresgrund gefiert, um dort dann in geringer Höhe (5-15m) mit Geschwindigkeiten von 0.3 – 0.6kn über dem Meeresgrund bewegt. Messungen im ersten Arbeitsgebiet (MIR Zone) wurden entlang von Profilen von ca. 8km Länge durchgeführt im

zweiten Arbeitsgebiet (Three Mounds) betrug die Länge der Profile ca. 11km. Eine erste Auswertung der Daten zeigt extrem leitfähige Strukturen, insbesondere im Gebiet der MIR Zone, die auf bisher nicht direkt nachgewiesene SMS Vorkommen hindeuten.

Es konnte somit demonstriert werden, dass das Spulensystem MARTEMIS unter schwierigen experimentellen Voraussetzungen erfolgreich und produktiv zur Exploration von SMS Vorkommen im marinen Umfeld eingesetzt werden kann.

S1.3-005

A Fram Strait Experiment: Sensing Sea Ice Conditions using Shipborne GNSS Reflectometry

M. Semmling^{*1}, *A. Rösel*², *M. Ludwig*¹, *M. Bratrein*², *S. Gerland*², *J. Wickert*¹

¹Helmholtz Zentrum Potsdam GFZ, Potsdam, ²Norwegian Polar Institute, Fram Centre, Tromsø, Norway

Cruises of the Norwegian research vessel (R/V) Lance provide regular in-situ measurements of ocean and sea ice properties in Fram Strait, at the major link between the Arctic and the Atlantic Ocean. A GNSS (Global Navigation Satellite System) setup has been installed aboard R/V Lance to investigate sea ice remote sensing opportunities during the Fram Strait 2016 cruise. New methods for maritime applications arise from observations of the reflected GNSS signal. The experiment is based on previous coastal investigations, which demonstrated the ocean altimetric potential of GNSS reflectometry (GNSS-R) and its sensitivity to the sea ice cover. The presence of sea ice reduces the sea surface roughness that affects the coherence of the GNSS-R carrier phase. Differential phase observations of the reflected signal relative to the direct signal are considered here.

The objective of this study is the retrieval of the coherent differential phase resolving the altimetric effect of changes in the sea ice thickness. The setup slightly differs from common shipborne GNSS equipment. It consists of a GORS (GNSS Occultation Reflectometry Scatterometry) receiver, based on commercial JAVAD hardware. Two antenna links are starboard-looking with right- and left-handed circular polarization to detect the reflected signal. One right-handed antenna is up-looking for reference to the direct signal.

In-phase and quadrature (I,Q) samples from the three antenna links were recorded during the entire Fram Strait cruise, between 25 August and 13 September 2016. The ship's track on its main section went from Svalbard at 10° E roughly along 79° N to the Eastern Greenland coast at 13° W and back. Different ice conditions were encountered: open water with a rough sea surface close to Svalbard, a dense coverage of multiyear drift ice in the centre of Fram Strait and multiyear fast ice at the Greenland coast.

The recorded events comprise about 920 hours of observations with an almost omnidirectional view and 1° to 30° elevation. The specular reflection power ratio is mapped over the entire cruise and the signal direction. Low ratios (< 30 dB) are characteristic for the rough open sea period. High ratios (up to 80 dB) occur during the drift and fast ice periods.

In this ongoing study further effects will be investigated heading for the altimetric estimation of ice thickness. GNSS signal penetration into the ice, the effect of ship's attitude changes and new GNSS receiver types will be examined.

S1.3-006

Mapping GNSS Reflection power observed by the Snow and Ice Reflectometry Station on Spitsbergen

*L. Peraza¹, M. Semmling^{*1}, J. Wickert¹, C. Falck¹, O. Pavlova², S. Gerland²*

¹GFZ, Potsdam, ²Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway

GNSS reflections, normally regarded as multipath error in geodetic measurements, have been used for remote sensing of Earth's sea surface for the past two decades, commonly known as GNSS Reflectometry (GNSS-R). An adapted GNSS receiver capable of measuring amplitudes of direct and reflected signals has been setup near Ny-Ålesund, Svalbard at 78.9082° N, 11.9031° E and around 511.5 m above mean sea level in 2013. The main goal of the station is to resolve the spatial and temporal variations in snow and ice cover based on reflection power observation. In this study, we try to develop a method to map the recorded signal power to the main reflection contributions on the area. The spatial characteristics of the observations are also discussed. Reflections were captured as far as 20 km from the receiver's position using an elevation mask from 2° to 10° above the horizon. The complete dataset of 2014 was processed to study the reflection power. A spectral analysis that identifies reflection contributions resolving differential Doppler shifts between the direct and reflected signals is presented. Strong specular water reflections are identified with power ratios higher than 80 dB and constant Doppler shifts of 0.5 to 0.6 Hz for all observed elevations. Contributions with ratios higher than 60 dB and Doppler shifts of up to 1 Hz can be related to specular land or glacier reflections. For reflections over land, the Doppler shift usually increases with the elevation angle and with the distance between reflection point and receiver's position. Reflections nearby the receiver, around 3-5 km, showed Doppler levels of around 0.4-0.5 Hz. While Doppler shift for reflections located further than 16 km away was usually larger than 0.8 Hz. Spatial variations of the reflection footprints reached up to ~4° in the azimuth domain. Resolution in the transmitter-receiver direction decreased with the elevation of the transmitter. Topography induced shadowing of signals for very low laying satellites limited the extent of the monitoring area, specially on the opposite coastline of the Kongsfjorden. However, the amount of satellites tracked daily, up to 30, allowed the GNSS-R station to constantly record reflections over areas with thick snow cover and glacier surfaces. The long term monitoring offers the possibility for comparison between local atmospheric data and derived reflected power to resolve snow and ice variations on the nearby area as well as in the surrounding glaciers.

S2 Naturgefahren durch Erdbeben, Vulkane und Erdbeben

S2.1-001

Seismic Tremor as Eruption Forecasting Tool During the Bárðarbunga Eruption, Iceland

*E.P.S. Eibl^{*1,2}, C.J. Bean¹, K.S. Vogfjörð³, Y. Ying², I. Lokmer², M. Möllhoff^{1,2}, G.S. O'Brien⁴, F. Pálsson⁵*

¹Dublin Institute for Advanced Studies, Dublin, Ireland, ²University College Dublin, Dublin, Ireland, ³Icelandic Meteorological Office, Reykjavik, Iceland,

⁴Tullow Oil, Dublin, Ireland, ⁵University of Iceland, Reykjavik, Iceland

Many active volcanoes in Iceland are covered by ice. This delays the visual detection of an eruption, but it also makes eruptions more explosive and increases the likelihood to create ash - as witnessed in 2010. In order to mitigate the effects of an eruption for inhabitants, tourists, livestock, and industry (such as aviation), researchers are interested to issue an early-warning ahead of the eruption.

From a seismological point of view researchers mainly focus on the number and migration of earthquakes in order to detect new unrest of a volcano. However, another important seismic signal, tremor, is long-lasting and emergent and usually accompanies eruptions. Although, the occurrence of tremor heightens the awareness in monitoring institutes it is merely phenomenologically interpreted.

We present a study of pre-eruptive tremor that occurred during the eruption of Bárðarbunga volcano in 2014/15. We located it using (i) array processing using a cluster of seismometers (so called array), (ii) an amplitude location technique using data from a distributed seismic network and (iii) numerical simulations. Our results indicate that the tremor is pre-eruptive, moving laterally as well as upwards within a 19 hour long time window until it reached the bedrock-ice interface. It could therefore serve as early-warning signal.

S2.1-002

Is the seismicity swarm at long-dormant Jailolo volcano (Indonesia) a signature of a magmatic unrest?

*L. Passarelli*¹, C. Simone¹, N. Heryandoko^{1,2}, J.A. Lopez Comino¹, A. Strollo¹, E. Rivalta¹, S. Rohadi², T. Dahm¹, C. Milkereit¹*

¹GFZ GeoForschungZentrum, Potsdam, ²BMKG, Jakarta, Indonesia

Magmatic unrests are challenging to detect when there is no close monitoring network and little knowledge about the volcano. Observable parameters like seismicity, deformation, temperature and gas emission can be reliable indicators of ongoing volcanic unrest caused by magma movements. Jailolo volcano is a Holocene volcano belonging to the Halmahera volcanic arc in the Northern Moluccas Islands, Indonesia. Global databases of volcanic eruptions have no records of its eruptive activity and no geological investigation has been carried out to better assess the Jailolo past eruptive activity. In November 2015 an energetic seismic swarm started around Jailolo region and lasted until late February 2016 with four earthquakes with $M > 5$. The normal fault focal mechanisms of these four events clearly depart from the regional strike-slip tectonic regime. However, no geophysical monitoring network was available around Jailolo volcano during the seismic sequence. We obviated the lack of monitoring last summer by installing a dense multi-parametric monitoring network with 36 seismic stations, 6 GPS and 2 gas monitoring stations around Jailolo volcano. We revised the focal mechanisms of the larger events and used single station location methods in order to exploit the little information available at the time of the swarm activity. Migration of hypocenters and inversion of the local stress field derived by focal mechanisms analysis may indicate magma migration at shallow depth as the source of the 2015-2016 seismicity swarm. Data from our dense network confirms an ongoing micro-seismic activity underneath Jailolo volcano but there are no indication of new magma intrusion. Our findings seem to indicate of a magmatic unrest occurred at Jailolo volcano and call for a revision of the hazard assessment of the Jailolo volcano.

S2.1-003

Lava fountaining and vent morphology analyzed at the 2014 Holuhraun eruption, Iceland, by video monitoring and topographic mapping

T. Witt*, T.R. Walter, D. Müller, A. Schöpa

GFZ Potsdam, Potsdam

Fissure eruptions are commonly linked to magma at depth and lava fountaining at the surface. Shortly after the onset of eruptive activity, erupting fissures begin to focus their activity at distinct vents, resulting in the formation of morphological craters shaping the sites of the eruption. A detailed analysis of the morphological development during fissure eruptions and the link to the lava fountain activity has not been conducted in large detail so far.

To analyze the lava fountains in height and venting activity and compare that to the vent morphology, we used videos recorded from different locations at a distance up to 2 km during the first few days of the 2014 main Holuhraun eruption, Iceland. The videos have lengths of up to 2 hours and focus on the main eruptive vents. To investigate the morphology of the developing craters after the eruption in detail, a fieldwork mapping project combining terrestrial laser scanning (TLS) and unmanned aerial vehicle (UAV) based aerophoto analysis was realized in summer 2015. From the data, we generated a locally high-resolution digital elevation model by structure from motion (SfM) at the eruptive vents.

We found that at the locations of highest venting activity the lava spatters formed craters during the very initial phase of the eruption of 4 days. Comparison to post-eruptive topography shows that the craters remain similar in shape, but increase in size as the eruption progressed. Therefore, the remaining morphology is mostly conditioned in the beginning of the eruption. Furthermore, the smaller craters of Sudri show distinct lava fountains, which are much smaller and thinner than the ones from the bigger Baugur crater. Comparably, the activity of the lava fountains is a little bit lower at Sudri. The Baugur crater is the locus of several high lava fountains, which slightly move in location by up to 20 m and intertwine/overlap each other. This might be due to the presence of the large lava lake at the Baugur crater. In conclusion, the morphology of eruptive vents can be roughly deduced from the structure and lava fountain activity at the beginning of a fissure eruption.

S2.1-004

The Role of Rheology in Strombolian Volcanism

J. von der Lieth*

Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Hamburg

Volcanic activity, be it of explosive or effusive character, poses a serious threat to humans and their infrastructure in the immediate vicinity, e.g. by lava flows, bomb impacts, pyroclastic density currents, poisonous gasses or ash fall. In order to specify the nature and the extent of this threat, an understanding of the processes within and below an active volcano is necessary. Those processes cannot be observed directly, but have to be inferred from measurements at the surface or from remote sensing. In order to interpret these observations, physical models are required, either analogue or numerical ones.

Strombolian activity is characterized by recurring explosions of moderate intensity. The *canonical* theory assumes that volatiles in degassing basaltic magma coalesce into gas pockets (slugs) that ascend buoyantly through the conduit. While they rise towards the volcanic vent, they get dynamically pressurized until they burst at the surface. Modelling this process requires making assumptions and simplifications on several often badly constrained parameters. On the other hand, magma composition, texture, temperature and their

pressure/depth-dependence can be reconstructed quite reliably from petrological constraints, so that realistic models of the magma rheology are feasible.

In fact, the rheology of the magma is one of the most important controls on the reaction of a volcanic system, making e.g. the difference between a scenic lava flow or a paroxysmal explosion. As a three-phase system of liquid melt, solid crystals and gaseous volatiles, magma exhibits significant deviations from ideal Newtonian behaviour, the effective viscosity easily spanning a few orders of magnitude within the scope of one model. Nonetheless, the good data basis is usually ignored and a constant Newtonian viscosity assumed.

A recipe for constructing a non-Newtonian rheology from published data is presented and applied to the strombolian scenario described above using an analytical and a CFD model. The results show a low-viscosity *aureole* forming around the slug and a pronounced drop in its overpressure prior to its burst. Both features are not observed in standard Newtonian models and highlight the importance of a realistic magma rheology. Finally, comparing the two independent modelling approaches presented here, shows the reliability and limitations of either of them.

S2.2-001

Numerical simulations of dike pathways below Etna and the Hyblean Plateau, Eastern Sicily

*M. Neri*¹, *E. Rivalta*^{*2}, *F. Maccaferri*², *V. Acocella*³, *R. Cirrincione*⁴

¹INGV, Catania, Italy, ²GFZ, Potsdam, ³Universita' Roma Tre, Roma, Italy,

⁴Universita' di Catania, Catania, Italy

Mt. Etna in Italy is an active intraplate volcano whose origin and melting source have been debated. The ideal model for the Etnean volcanism should adequately explain the location of Mt. Etna, offset by several tens of km from the proposed asthenospheric tear below the Malta Escarpment offshore Eastern Sicily and address the earlier Hyblean volcanism more to the south. We simulate numerically magma pathways in eastern Sicily from an assumed melt pooling region at the Moho, accounting for regional tectonics and crustal decompression due to the deepening of the ME. Our models show that the overall northward migration of volcanism and the shorter-term westward migration of the eruptive vents within the Hyblean and Etnean phases may arise from stress variations in the crust due to a combination of tectonic extension (or compression) and crustal decompression, both varying in time. Such stress changes cause bending and twisting of dike trajectories that reconcile a melt pooling region below the ME with the location of surface volcanism and orientation of feeder dikes in the field, once changes consistent with the stress history of Eastern Sicily are considered. Evaluating the variations in the stress history of the crust may be critical to explain intraplate volcanism and its wandering.

S2.2-002

The effect of giant flank collapses on magma pathways and location of volcanic vents

F. Maccaferri^{*}, *N. Richter*, *T. Walter*

GFZ - German Research Centre for Geosciences, Potsdam

Flank collapses have been identified at tall volcanoes and ocean islands worldwide. They are recurrent processes, significantly contributing to the morphological and structural evolution of volcanic edifices, and they often occur in interaction with magmatic activity. Moreover, it has been observed that the intrusion pathways and eruption's sites often differ before and

after flank collapses. While it is understood that dyke intrusions might destabilise a volcano flank, and a moving flank might create the space needed for further intrusions, the effect of collapses on the magma pathways has been rarely addressed.

Here we use a boundary element model for dyke propagation to study the effect of the stress redistribution due to a flank collapse on the location of eruptive vents. We use our model to simulate the path of magmatic intrusion after the collapse of the eastern flank of Fogo Volcano, Cabe Verde. We find that the competition between loading stress due to the volcanic edifice and unloading due to the collapse of a flank favours magmatic activity to cluster within the collapse scar, displaced with respect to the pre-collapse volcanic centre. Our results are compared with geomorphological observations at Fogo Island and are discussed in the general context of the long-term evolution intraplate volcanic ocean islands worldwide.

S2.2-003

Influence of magma chamber shape on eruption productivity

E. Rivalta^{*1}, *I. Ian D Bastow*², *R. Trumbull*¹, *D. Keir*³, *F. Maccaferri*¹, *M. Beleggia*⁴

¹GFZ, Potsdam, ²Imperial College, London, United Kingdom, ³University of Southampton, Southampton, United Kingdom, ⁴DTU, Lyngby, Denmark

Individual volcanic eruptions in the Earth's record have produced volumes up to 10^4 km^3 . These are catastrophic events that stress the climate of our planet and may cause extinctions. One unsolved question regarding such super-eruptions is what factors lead to sustained pressurisation in the magma chamber resulting in such large volumes. Using mechanical models that consider magma and rock compressibility, we demonstrate that a magma storage comprising one or more thin sub-horizontal melt accumulation zones can maintain sufficient overpressure to feed extrusive pulses of volume $>1000 \text{ km}^3$. We find large reservoir and magma compressibility are key factors to super-eruptions.

S2.2-004

Modelling lava flow hazard at Fogo Volcano, Cabo Verde, on the base of a locally updated digital elevation model

N. Richter^{*1}, *M. Favalli*², *E. de Zeeuw-van Dalfsen*³, *A. Fornaciai*⁴, *R.M. da Silva Fernandes*⁵, *N.M. Pérez*⁶, *J. Levy*¹, *S. Silva Victória*⁷, *T.R. Walter*¹

¹German Research Centre for Geosciences (GFZ), Potsdam, ²National Institute of Geophysics and Volcanology (INGV), Pisa, Italy, ³Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, Netherlands, ⁴National Institute of Geophysics and Volcanology (INGV), DIFA, Università di Bologna, Pisa, Bologna, Italy, ⁵Instituto D. Luiz, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal, ⁶Canary Islands Volcanology Institute (INVOLCAN), Instituto Tecnológico y de Energías Renovables (ITER), Puerto de la Cruz, Granadilla de Abona, Tenerife, Spain, ⁷Universidade de Cabo Verde, Praia, Cape Verde

Between April and May 1995 and again between November 2014 and February 2015 effusive eruptions occurred from a vent at the western flank of the Pico do Fogo stratocone (2829 m), on Fogo Island, Cabo Verde. During both eruptions residential buildings and agricultural land were destroyed by lava flows. As soon as the eruptions had come to an end, buildings and infrastructure were reconstructed in potentially hazardous areas despite the fact that future eruptions could follow a similar pattern. For this reason, a detailed analysis of the pre- and post-eruptive topography, as well as a reliable and comprehensive lava flow hazard assessment were needed.

During a field campaign in January 2015, we collected terrestrial laser scanner (TLS) and photogrammetric data. We constructed a digital elevation model (DEM) from almost 165 million TLS data points, covering 87.7 % of the new lava flows and most of the Chã das Caldeiras. We used the photogrammetric data and the structure from motion (SfM) method to cover the remaining 12.3 % of the affected area. By combining the TLS and SfM datasets with a pre-existing, pre-eruptive DEM, we constructed an updated DEM, including details on the lava flow morphology and the 2014-2015 eruptive vent.

From the vertical DEM difference, we are able to estimate the total erupted lava volume. We also assess the lava flow hazard by simulating possible lava flow paths using the DOWN-FLOW probabilistic code on the post-eruptive topography. The model was calibrated by simulating the 2014-2015 lava flow paths on the basis of the pre-eruptive topography and comparing the results to the actual 2014-2015 lava flow coverage as obtained from TerraSAR-X coherence maps. The new post-eruptive DEM is used to forecast possible future lava flow paths. As a final result we provide a post-2015 lava flow hazard map for Fogo Volcano, Cabo Verde which will be valuable for the next eruption. We suggest that local updates of topographic data can be a cost- and time-efficient way to assist lava flow hazard assessment also at other basaltic volcanoes worldwide.

S2.2-005

Numerical modeling of volcanic ash deposits using Ash3D and HAZMAP - a comparative study

*N. Steinau*¹, E. Gottschämmer¹, L. Mastin², F. Wenzel¹*

¹Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe,

²Cascades Volcano Observatory, U.S. Geological Survey, Vancouver, WA, United States

There are many different but similar approaches to modeling the transport of tephra in the atmosphere caused by volcanic eruptions and its deposition. Apart from the framework (Eulerian or Lagrangian) and the fundamental physical principles (Conservation of mass, energy and momentum) chosen to obtain the governing equation, numerical models also differ in the way they solve these equations. Simplifying assumptions can be made to reduce a three dimensional problem to two dimensions and therefore make it possible to solve the governing equation analytically. Additionally, the computation of settling velocities utterly relies on empirical equations for which numerous algorithms exist. Volcanic ash transport and deposition models (VATDMs) usually deploy a number of different algorithms to choose from. Source terms either take the complex dynamics inside the plume into account or just describe the mass distribution inside the column with height. This study compares the two eulerian, mass conservative models Ash3d and HAZMAP; Ash3d being a fully numerical, three dimensional model and HAZMAP a semi-analytical, two dimensional model. They were used to model the deposits of different scenarios for a Laacher See Volcano (Eifel Volcanic Field, Germany) re-eruption. Simulations have been carried out using the same 1-D wind sounding for HAZMAP and Ash3d as well as a 3-D meteorological data set for Ash3d only. To quantitatively compare the deposits modeled by the three different configurations a normalized distance is calculated for the difference between two different runs respectively.

S2.2-006

Imaging and structural analysis of the Geyser field, Iceland, from underwater and drone based photogrammetry

*T.R. Walter**

GFZ Potsdam, Potsdam

The Haukadalur thermal area, southwestern Iceland, is composed of a large number of individual thermal springs, geysers and hot pots that are roughly elongated in a north-south direction. The Haukadalur field is located on the eastern slope of a hill, that is structurally delimited by fissures associated with the Western Volcanic Zone. A detailed analysis on the spatial distribution, structural relations and permeability in the Haukadalur thermal area remained to be carried out. By use of high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) based optical and radiometric infrared cameras, we are able to identify over 350 distinct thermal spots distributed in distinct areas. Close analysis of their arrangement yields a preferred direction that is found to be consistent with the assumed tectonic trend in the area. Furthermore by using thermal isolated deep underwater cameras we are able to obtain images from the two largest geysers Geyser, name giving for all geysers in the world, and Strokkur at depths exceeding 20 m. Near to the surface, the conduit of the geysers are near circular, but at a depth the shape changes into a crack-like elongated fissure. In this presentation we discuss the structural relationship of the deeper and shallower parts of these geysers and elaborate on the conditions of geyser and hot pot formations, with general relevance also for other thermal fields elsewhere.

S2.3-001

Identification of ULF Anomaly as Indication of Pre-seismic Event in South of Java

A. Ratri, M.T. Gunawan, A. Septiadhi, R. Prasetya*

Indonesian National Agency of Meteorology Climatology and Geophysics (BMKG), DENPASAR, Indonesia

A destructive effect of natural catastrophes such as Earthquake, tsunami and others brings a great damage and loss of lives. Hence, there are many ideas to monitor up to predicting when the earthquake happen. Short term prediction of Earthquake is one of the most challenging targets in the earth science. One of the methods for short term prediction is using non-seismic measurement. This paper choose Ultra-Low-Frequency (ULF) as a parameter because it is close to typical frequencies of the seismic waves radiated by earthquake. Based on analysis data obtained from LEMI-030 sensor using polarization ratio of Vertical to Horizontal component, obtained that there are some anomalies before earthquake (Pre-seismic indication). To confirm that anomalies caused by South of Java earthquake, it is used direction finding by Single Station Transfer Function (SSTF). Source of ULF anomaly will indicate the approximate direction of earthquake epicenter. Based on direction finding calculation, obtained that the direction of ULF anomaly close to earthquake epicenter. It indicates that earthquake epicenter was around of the ULF anomaly direction.

S2.3-002

Comparison of earthquake source complexity inferred from seismological waveforms and geodetic surface displacement data

*A. Steinberg*¹, H. Sudhaus¹, S. Heimann², M. Isken¹, F. Krüger³*

¹Institute of Geosciences, University of Kiel, Kiel, ²GFZ, Potsdam, ³Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam

Earthquake rupture processes occur with different degrees of complexity in terms of source segmentation into a discernible number of sub-sources.

We study how segmentation of kinematic source models improves modeled data fit of far-field and near-field observations separately with the aim to find meaningful source model parameterizations. Far-field observations used here are teleseismic waveform data (from 20 to 50 Hz) and near-field observations are InSAR static surface displacements derived with (InSAR) data. The different sensitivity of far-field and near-field data matters in joint optimizations of seismic waveforms and InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) surface displacements.

For our analysis we use four real-earthquake data from Central Italy (2009 L'Aquila and 2016 Amatrice earthquakes) and from the Xizang Region (2005 and 2009 Zhongba earthquakes). The earthquake pairs are closely located, of similar magnitudes and normal-faulting mechanisms to avoid influences of path effects in the source complexity sensitivity analysis.

The earthquake source models are optimized by using far-field and near-field displacement data separately. The forward model formulations to predict far-field seismological waveforms are the commonly used Double-Couples (DC). To predict near-field static surface displacements we employ rectangular dislocation models embedded in an elastic half-space.

The source optimization schemes for both far- and near-field observations are harmonized by applying the seismological software toolbox *pyrocko* (<http://pyrocko.org>). We consider data errors that are correlated in time and space for seismic waveforms and static surface displacement data, respectively, and propagate them in the estimation of source model parameter trade-offs and uncertainties. To infer the rupture segmentation we explore the data-dependent resolvability by applying informational theory in the form of the Akaike Informational Criterion (AIC) and consult the trade-offs of the estimated source model parameters. We further use array beam-forming of long-period seismic waveforms and seismic back-projections to aid the determination of rupture segmentation.

From our results so far we conclude that AIC in combination with analysis of source model parameter trade-offs and uncertainties and taking into account moment release functions is a data-driven and objective way to estimate the degree of source model segmentation.

S2.3-003

Testing stress shadowing effects at the South American subduction zone

F. Roth, T. Dahm, S. Hainzl*

GFZ Potsdam, Potsdam

The seismic gap hypothesis assumes that a major earthquake is followed by a long-period with a reduced occurrence probability for the next large event on the same fault segment, as a consequence of the induced stress shadow. The gap model is commonly accepted by geologists and is often used for time-dependent seismic hazard estimations. However, systematic

and rigorous tests to verify the seismic gap model have often failed so far, which might be partially related to limited data and too tight model assumptions. In this study, we relax the assumption of a characteristic size and location of repeating earthquakes and analyse one of the best available data sets, namely the historical record of major earthquakes along a 3000 km long linear segment of the South American subduction zone. To test whether a stress shadow effect is observable, we compiled a comprehensive catalogue of mega-thrust earthquakes along this plate boundary from 1520 to 2015 containing 148 earthquakes with $M_w > 6.5$. In our new testing approach, we analyse the time span between an earthquake and the last event that ruptured the epicentre location, where we consider the impact of the uncertainties of epicentres and rupture extensions. Assuming uniform boundary conditions along the trench, we compare the distribution of these recurrence times with simple gap models. We find that the distribution is in all cases almost exponentially distributed corresponding to a random (Poissonian) process; despite some tendencies for clustering of the $M_w \geq 7$ events and a weak quasi-periodicity of the $M_w \geq 8$ earthquakes, respectively. To verify whether the failure of the gap models is related to physical assumptions or data uncertainties, we perform simulations of a physics-based stochastic earthquake model considering rate and state-dependent earthquake nucleation, which are adapted to the observations with regard to the number of events, spatial extend, size distribution and involved uncertainties. Our simulations show that the catalogue uncertainties lead to a significant blurring of the theoretically peaked distribution, but the distribution would be still distinguishable from the observed one. However, considering heterogeneous instead of constant stress drop can explain the observed recurrence time distribution. We conclude that simplified seismic gap models, ignoring the complexity of the underlying physical process, cannot be applied for forecasting the earthquake occurrence at this plate boundary.

S2.3-004

Revisiting the aftershock decay function

S. Hainzl^{*1}, *A. Christophersen*²

¹Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, ²GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

The rate of aftershocks triggered by a mainshock is usually fitted by a power-law decay, the so-called Omori-Utsu law. While the decay is well-established for the time span between a few hours/days and a few months/years after the mainshock, the initiation phase and tail of the decay is controversially debated. Empirical data show a mainshock magnitude dependent deviation from the power-law in the initial phase. Whether this is only an artefact of missed events or manifests properties of the underlying physical triggering mechanism remains controversial. The tail of the decay is difficult to decipher because of overlaying background activity and secondary aftershock triggering. It is often modelled by an unlimited power-law, which leads to an instability of the epidemic-type aftershock sequence (ETAS) model if the decay exponent p is smaller than one. Here we will focus on both debated phases of the decay. In particular, we firstly analyse the apparent decay function based on the limited resolution of phase-picking algorithms in phases of high activity which leads to missed recordings in empirical catalogues. We show that the observed magnitude-dependent delay of the power-law initiation is well explained by missed events and does not reflect physical processes. Secondly, we implement alternative decay functions in the framework of the ETAS model to analyse the performance of different assumptions concerning the tail of the distribution. For earthquake sequences from global and regional catalogues, we find that a limited length of the decay is in most cases preferred based on information criteria.

S2.4-001

Charakterisierung der submarinen südlichen Grenze der instabilen Flanke des Ätna anhand seismischer und marin-geodätischer Messungen

M. Urlaub^{*1}, *F. Gross*², *S. Krastel*², *F. Petersen*¹, *D. Lange*¹

¹GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, ²Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Satellitengestützte terrestrische Messungen zeigen, dass die Ostflanke von Europas aktivstem Vulkan Richtung Meer rutscht. Die instabile Flanke des Ätna reicht allerdings weit in die Ionische See hinein und umfasst insgesamt ein Gebiet von über 1000 km². Ein Flankenabrutsch könnte einen Tsunami verursachen, der rund um das Mittelmeer auf dicht besiedelte Küsten trafe. Die Instabilität gibt sich auf verschiedenen Zeitskalen zu erkennen, die von konstantem und langsamen Kriechen entlang einzelner Störungen bis hin zu größeren Erdbeben reichen. Zahlreiche kinematische Modelle versuchen die Ursachen der Instabilität zu erklären, jedoch ist bislang kein Konsens möglich. Diese Modelle unterscheiden sich vor allem in der Tiefe der Rutschungsfläche. Dies liegt unter anderem daran, dass die Flankenbewegung unter Wasser völlig unbekannt ist. Während der Poseidon-Fahrt POS496 (24.03.-4.4.2016) wurden neue, hochauflösende 2D seismische Daten aufgezeichnet, anhand derer zunächst die Störung charakterisiert wird, die vermutlich die südliche Grenze der Flankenbewegung darstellt. Die seismischen Daten zeigen rezente Aktivität der dextral transpressiven Störung. Die Störung kann bis weit über den Fuß des Kontinentalhangs hinaus verfolgt werden. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Flankeninstabilität von dieser regionalen Blattverschiebung begrenzt und womöglich initiiert wird. An dieser Störung wurde, ebenfalls während POS496, ein marin-geodätisches Netzwerk installiert. Fünf Transponder am Meeresboden messen akustisch Entfernungsänderungen über die Störung sowie Druck und Tilt über einen Zeitraum von bis zu drei Jahren. Mithilfe eines akustischen Modems konnten die Daten, die zwischen April und August 2016 aufgezeichnet wurden, ausgelesen werden. Eine erste Analyse der Daten zeigt, dass die Störung im Beobachtungszeitraum nicht aktiv war oder die Deformation unterhalb der Auflösungsgrenze von 1 cm liegt.

S2.4-002

The seismic records of the 21 July 2014 Askja landslide

A. Schöpa^{*1}, *W.-A. Chao*², *R.G. Green*³, *R.S. White*³, *N. Hovius*^{1,4}, *A. Burtin*⁵

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ³University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom, ⁴University of Potsdam, Potsdam, ⁵Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France

Seismic techniques are increasingly used to detect and quantitatively characterise mass movements such as landslides. We present analyses of the data from 52 seismic stations (University of Cambridge) that recorded the voluminous 21 July 2014 Askja landslide in central Iceland. Since no direct observations from eye witnesses were made, the seismic data provide valuable details on the initiation, timing and propagation of the landslide, and allows us to identify triggering mechanisms and precursory signals before the landslide. This research is motivated by the high hazard potential of the steep caldera lake walls at Askja as the tsunami waves created by the landslide reached famous tourist spots 60 m above the lake level. Frequencies >1 Hz of the seismic signals show that the main landslide started at 23:24 UTC

and that high seismic energies persisted during the first 2 min, the result of impacting and colliding blocks. Smaller peaks in the seismic amplitude can be seen during the 12 hrs after the main landslide pointing to subsequent small slope failures at the destabilised caldera walls.

We performed an inversion of the long-period signals between 0.025-0.05 Hz showing that the unloading forces due to the accelerating mass of the landslide were directed to the SE and the reloading forces due to the decelerating and depositing mass of the landslide strike to the NW, consistent with the propagation path of the landslide. From the landslide force history inversion, we calculated total horizontal and vertical displacements of 1260 ± 250 m and 430 ± 300 m, a collapsed volume of 35-80 Mm³, and the location of the landslide, placing it at the SE corner of the caldera lake. These calculations are in agreement with field observations made after the landslide.

High frequency records of stations up to 30 km away from the landslide source area display an increase of the background noise level starting 20 min before the main landslide and reaching maximum amplitudes of 3x the background level 7 min before the landslide. Activated frequency bands at 2, 4 and 6 Hz show both upward and downward gliding for 5 min before amplitudes decreased back to background levels during a quiet period of 5 min before the landslide. We discuss possible mechanisms for the pre-landslide tremor and quiescence. The detection of previously unnoticed landslide precursors in the seismic records highlights the potential of this method for monitoring and early warning at the Askja caldera walls.

S2.4-003

Seismic insight into alpine rockfall activity: drivers, precursors and evolution

M. Dietze, J.M. Turowski, N. Hovius*

GFZ Potsdam, Potsdam

Rockfalls are key processes in steep alpine landscapes but hard to monitor by classic techniques under natural conditions due to their unpredictable and rapid evolution. In contrast, seismic methods allow rockfall event detection, localisation and tracking, description of the temporal evolution, of the precursor activity and of external triggers. To exploit these capabilities, a 700 m high, nearly vertical limestone cliff section in the Lauterbrunnen Valley, Bernese Oberland, Switzerland, was instrumented with six broadband seismometers for more than six months during two distinct campaigns, late summer/autumn 2014 and spring 2015, and recorded meteorological parameters along. Laser scan surveys were used to validate the seismic localisation quality.

A total of 49 rockfall events (17 in 2014 and 32 in 2015) were detected in the monitored cliff section. Localisation deviation from lidar-based data was 81 m on average. There were distinct spatial and temporal activity patterns at different observational scales: in summer/autumn rockfalls detached near the cliff base of the southern part, whereas in spring material was released at the upper and middle cliff parts from three activity hotspots. Rockfalls can be classified into three evolutionary types (“single impact”, “multiple impact” and “avalanche-like”) and showed seismic signals indicating precursor activity (e.g., crack propagation). Waveforms and spectral evolutions for example events shed light on the evolution of otherwise unresolved processes. Lag times for potential trigger mechanisms of 2-3 hours on average reveal that there is a tight temporal correlation of rockfall activity to rainfall and freeze-thaw transitions. Throughout the day, there are four distinct activity phases related to absolute temperature, temperature change rate and precipitation intensity.

The contribution highlights the potential of environmental seismology to give profound and holistic insight into rockfall activity in a prototype landscape, representative for many other alpine catchments.

S2.4-004

Automatic detection of avalanche seismic signals and resultant implications

C. Hammer, D. Fäh*

Schweizerischer Erdbebendienst (SED), ETH Zürich, Zürich, Schweiz

Snow avalanche activity is an important factor when estimating the regional avalanche danger. Moreover, a complete and detailed picture of avalanche activity is needed to understand the processes that lead to natural avalanche release. Currently, information on snow avalanche activity is mainly obtained through visual observations. However, this involves large uncertainties in the number and release times, influencing any subsequent analysis. Therefore, alternative methods for the remote detection of snow avalanches in particular in non-observed areas are highly desirable. Motivated by this, we use the excited ground vibration to identify avalanches automatically in the continuous seismic data stream. The specific seismic signature of avalanches facilitates the objective detection by a recently developed classification procedure. A probabilistic description of the signals, called hidden Markov models, allows the robust identification of corresponding signals in the continuous data stream. The procedure is based upon learning a general background model from continuous seismic data. Then, a single reference waveform is used to update an event-specific classifier. Thus, a minimum amount of training data is required by constructing such a classifier on the fly. Using this approach, we processed five days of continuous data recorded in the Swiss Alps during the avalanche winter 1999. With the restriction of testing large wet-snow avalanches only, the presented approach achieved very convincing results. We successfully detect avalanches over a large volume and distance range. Ninety-two percentage of all detections (43 out of 47) could be confirmed as avalanche events; only four false alarms are reported. In addition, we see a clear dependence of recognition capability on run-out distance and source-receiver distance of the observed events: Avalanches are detectable up to a source-receiver distance of eight times the avalanche run-out length. Following this, the minimum detectable avalanche size can be estimated: e.g. in the canton of Valais, the inter-station distance of the permanent Swiss seismic broadband network is 10 km on average. That results in a minimum detectable avalanche run-out length of 600 m for that region.

S2.4-005

Erosion and phase-separation - coupled and dominant processes in geophysical mass flows

*S.P. Pudasaini*¹, J.-T. Fischer²*

¹Steinmann-Institute, Department of Geophysics, University of Bonn, Bonn, ²Austrian Research Centre for Forests - BFW, Department of Natural Hazards, Innsbruck, Austria, Innsbruck, Österreich

Landslides and debris flows are gravity driven mixture flows of soil, sand, rock and water. Solid particles and viscous fluid governs the rheological properties, and their coupling significantly influences the dynamics. Landslides can dramatically increase their volume, become exceptionally mobile and highly destructive by entraining bed sediment and fluid. The mix-

ture composition can evolve and strikingly change the spatial distribution of particles and fluid. This results in local changes of frictional and viscous resistance. As erosion-deposition and phase-separation between solid and fluid strongly depend on material composition these natural phenomena play critical role in flow and deposition dynamics. Proper understanding of these complex physical processes is very important for an accurate description of impact forces, inundation areas, landscape evolution and reliable mitigation plans. Quantifying the underlying processes of erosion, phase-separation and deposition are among the long-standing challenges in mass flow simulation.

No reliable runoff prediction method including bed erosion, entrainment, transportation and mixing exists. The same knowledge gap applies for particle sorting, separation between solid and fluid phases, levee formation and evolution of deposition patterns. Here, based on two innovative mechanical models for erosion-deposition and phase-separation, we present a novel, unified, efficient and fully coupled solution approach for these multi-phase, three-dimensional mass flow problems. As debris flows are better described by a three-phase mixture that include viscous fluid, and fine/coarse grains as compared to often used single-phase models, we propose model extensions that consists of multi-phases including yield strength. Thus, we present an advanced mass flow simulation model aiming to accurately predict debris flow dynamics, phase-separation, erosion, and runoff. The new model has been implemented with the advanced open-source GIS simulation tool *r.avaflow*. We demonstrate this implementation for selected generic case studies. As such, the modeling technique will substantially help landslide and debris-flow hazard mitigation.

References:

<http://www.avaflow.org/>

Pudasaini, S.P., Fischer, J.-T. (2016a): A mechanical erosion model for two-phase mass flows. arXiv:1610.01806.

Pudasaini, S.P., Fischer, J.-T. (2016b): A mechanical model for phase-separation in debris flow. arXiv:1610.03649.

S2.4-006

Statistische Methoden für die Gefährdungsabschätzung von Massenbewegungen. Beispiele aus der Praxis und Problemstellungen.

J. Torizin, M. Fuchs, D. Balzer, D. Kuhn*

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Die Erstellung von Gefährdungs- oder Gefahrenhinweiskarten für Massenbewegungen im regionalen Maßstab mittels statistischer Methoden gehört mittlerweile zur gängigen Praxis. Die angewandten statistischen Methoden beinhalten in diesem speziellen Fall meist eine überwachte binäre Klassifikation, in der eine abhängige Variable, die grundsätzlich zwei Zustände einnehmen kann: Ereignis (1) und kein Ereignis (0), anhand einer Reihe von unabhängigen Variablen strukturiert werden soll. Die unabhängigen Variablen, sind Umweltgrößen oder Zustände, die man entweder direkt erfassen kann oder die durch geeignete Proxys abgebildet werden können. Zur Anwendung kommen diverse statistische Klassifikationsansätze, angefangen bei Naive Bayes-Klassifikatoren bis hin zu komplexen nichtlinearen Algorithmen für Mustererkennung mittels künstlicher neuronaler Netze. Die Modelle werden anhand von historischen Beobachtungen (z.B. aus Ereignisdatenbanken) trainiert und anschließend validiert, wobei sich hier die Techniken aus der Signalverarbeitung und dem maschinellen Lernen gut etabliert haben. Ein Beispiel dafür ist z.B. die Grenzwertoptimierungskurve, die sogenannte ROC-Kurve. Der sich aus der Analyse ablei-

tende Zusammenhang zwischen der Faktorenkombination und dem Ereignis wird häufig als kausal interpretiert, was aber grundsätzlich nicht immer zutreffen muss. In der praktischen Anwendung stellt die Handhabung von Unsicherheiten sowie die Feststellung der kausalen Zusammenhänge zwischen den Variablen eine wesentliche Problemstellung dar. An mehreren praktischen Beispielen aus der Gefährdungsabschätzung für Massenbewegungen (Suszeptibilitätsanalyse) für den Distrikt Mansehra in Pakistan, das Yom River Becken in Thailand und für die Insel Lombok in Indonesien werden der generelle Workflow der statistischen Analysen am Beispiel der Weights-of-Evidence Methode erläutert und die häufigsten Problemstellungen aus der Praxis aufgezeigt. Unter anderen werden Fragen zur Wahl der statistischen Methodik und der notwendigen Parameter/Proxys zur verbesserten Erfassung der räumlichen Verteilung der Ereignisse behandelt und Hinweise auf die Erfassung der Unsicherheiten sowie der Belastbarkeit des zugrundeliegenden Modelle gegeben.

S2.5-001

Probabilistic TSUunami Hazard MAPS for the NEAM Region: The TSUMAPS-NEAM Project and Preliminary Results

*A. Hoechner*¹, A. Babeyko¹, R. Basil², TSUMAPS-NEAM Team*

¹GFZ, Potsdam, ²INGV, Rome, Italy

The TSUMAPS-NEAM project will develop the first homogeneous region-wide long-term Probabilistic earthquake-induced Tsunami Hazard Assessment (PTHA) for the coastlines of the North East Atlantic, the Mediterranean and connected seas.

It involves:

1. Statistical treatment of potential sources, combining all the available information (seismicity, moment tensors, tectonics), and considering both earthquakes occurring on major crustal and subduction faults and the diffuse background seismicity
2. A computational approach to tsunami generation and propagation up to an offshore fixed depth based on the combination of Gaussian-shaped sea level elevations as initial condition
3. Approximations for shoaling, inundation and tidal stages based on local bathymetry
4. Hazard curves at all target sites, reporting the probability of exceedance versus different tsunami intensity levels (surface elevation, runup height) offshore and onshore
4. Ensemble modelling allowing for the quantification of both aleatory and epistemic uncertainties

Partners:

INGV, Italy (Coordinator); NGI, Norway; GFZ, Germany; METU, Turkey; UB, Spain; NOA, Greece; CNRST, Morocco; INM, Tunisia; Agreement Number:

ECHO/SUB/2015/718568/PREV26

On behalf of the TSUMAPS team we present the project and show preliminary results.

S2.5-002

A transparent and data-driven global tectonic regionalisation model for seismic hazard assessment

*Y.-S. Chen*¹, G. Weatherill², M. Pagani², F. Cotton¹*

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²Global Earthquake Model Foundation, Pavia, Italy

In seismic hazard analysis, it is frequently assumed that specific assumptions relating to the modelling of ground motion and the characterisation of the seismogenic sources may apply

to regions of the globe displaying similar tectonic characteristics. A key concept that is common to many assumptions under seismic hazard process is the definition of tectonic similarity and, therefore, of the criteria adopted for the definition of tectonically uniform areas. However, previous regionalisation works, have mainly been created by subjective judgements, thus, the process for the delineation of zones remains hardly reproducible. Clearly, this makes difficult updating, reviewing and replicating regionalisation results across the globe. These drawbacks can be overcome with the use of more objective and replicable data-driven methodologies for defining tectonic regions using global seismotectonic information. The regionalisation process can be implemented in a scheme which is reproducible, comprehensible from a geophysical rationale, and revisable when new relevant data is published. Tectonic regionalisation in seismic hazard, as in many other problems in earth system science, is a complicated problem, owing to the variety of parameters and uncertainties. In this work, we test a classification scheme based on a fuzzy logic that allows dealing concepts that are approximate rather than precise. Since with fuzzy logic is possible to quantify and manipulate uncertainty with mathematical rigour, this method represents a suitable, feasible and effective tool to deal with tectonic regionalisation issues. Moreover, it supports the incorporation of the expert judgement into the classification process (e.g., with the higher seismic moment and lower quality factor, are factors suggesting the presence of an active tectonic region). The proposed regionalisation methodology accounts for uncertainty by assigning to each point within the classified area a membership degree to the tectonic regions considered; We describe a global tectonic regionalisation for use in seismic hazard applications using a data-driven fuzzy regionalisation methodology that largely relies on global seismotectonic databases and models, and its potential application.

S2.5-003

Regional Variations in Seismological Characteristics: Observations from shallow crustal European Earthquakes

S. Bora^{*1}, *F. Cotton*¹, *F. Scherbaum*², *B. Edwards*³

¹GFZ, Potsdam, ²University of Potsdam, Potsdam,

³University of Liverpool, Liverpool, United Kingdom

We have analyzed recently developed pan-European strong motion database, RESORCE-2012. As the majority of the earthquakes are of small to moderate magnitude, a point source ω^2 model is assumed to be appropriate. The selected dataset exhibits a bilinear distance-dependent Q model with average κ_0 value 0.0308 s. However, strong regional variations in inelastic attenuation were observed. For instance, frequency-independent Q_0 of 1462 and 601 were estimated for Turkish and Italian data respectively. In addition, estimated site attenuation parameter (κ_0) values also indicate strong trade-off with regional variations in Q_0 (with value 0.0457 and 0.0261 s for Turkey and Italy respectively). Furthermore, a detailed analysis of the variability in estimated κ_0 revealed significant within-station variability. The linear site amplification factors were constrained from residual analysis at each station and site-class type. Using the regional Q_0 model and a site-class specific κ_0 , seismic moments (M_0) and source corner frequencies f_c were estimated from the site corrected empirical Fourier spectra. The moment magnitudes determined from the Fourier amplitude spectra of acceleration traces were found comparable with the database values. Stress-parameters ($\Delta\sigma$) did not exhibit magnitude dependence, however few earthquakes exhibit unusually large $\Delta\sigma$ values. The median $\Delta\sigma$ value was obtained as 5.75 and 5.65 MPa from inverted and database magnitudes respectively. We provide κ_0 values for 45 European stations and source parameters (i.e., f_c , stress parameter and seismic moments) for 43 well-recorded earthquakes.

S2.5-004

Probabilistic Seismic Hazard Analysis of Induced Seismicity in Southern Germany

*A. Azari sisi, J. Schlittenhardt, T. Spies**

BGR, Hannover

In this study, probabilistic seismic hazard analysis (PSHA) is investigated in the case of induced seismicity in geothermal areas of Bavarian Molasse and Upper Rhine Graben within the project "Microseismic Activity in Geothermal Systems" (MAGS). The methodologies are also described to identify the seismic sources, magnitude recurrence model and ground motion prediction equation (GMPE). The resulted seismic hazard curves of induced seismicity are compared with those of natural seismicity. The contribution of induced seismicity to the total seismic hazard is higher than that of natural seismicity in both regions. The non-stationary (time-dependent) seismic hazard approach in the case of induced seismicity is accomplished in this study as well. The difference between stationary and non-stationary seismic hazard curves is considerable in Bavarian Molasse and negligible in Upper Rhine Graben.

S2.6-001

Die Bedeutung der Paläoseismologie für seismische Gefährdungsanalysen

*T. Spies**

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Paläoseismologie ist ein noch junges geowissenschaftliches Fachgebiet, zu dem Seismologie, Tektonik, Erdbebengeologie, Sedimentologie, Quartärgeologie und Geochronologie beitragen. Die geologischen Befunde für Erdbeben, die in der geologischen Vergangenheit auftraten, stellen die einzigen Datenquellen dar, auf deren Grundlage die Seismizität über sehr lange Zeiträume charakterisiert werden kann. Die grundlegende Bedeutung der Ergebnisse der Paläoseismologie für die Ermittlung der seismischen Gefährdung an einem Standort oder in einer Region wurde in den letzten Jahren anerkannt und ihr wird mittlerweile in Regelwerken und Empfehlungen Rechnung getragen. Da es in Mitteleuropa und auch weltweit nicht genügend paläoseismische Untersuchungen gab, weist die Datenbasis bislang noch Lücken auf. Methodische Fragen im Bereich der Gefährdungsanalysen, wie genau die paläoseismische Evidenz in den Analysen verwendet werden soll, sind noch offen, z. B. in Kombination mit der historischen Seismizität und der instrumentell ermittelten Seismizität. Im Beitrag werden die Grundlagen paläoseismischer Untersuchungen erläutert. Ausgewählte Fälle in intrakontinentalen Situationen werden vorgestellt, für die die paläoseismischen Ergebnisse erhebliche Auswirkungen auf die Ergebnisse der Gefährdungsanalysen haben: Wasatch Range (Utah, USA), Zentraler und Östlicher Bereich der USA, Apennin und Niederrheinische Bucht. Abschließend wird die Perspektive der Verwendung paläoseismischer Ergebnisse für seismische Gefährdung- und Risikoanalysen in Mitteleuropa dargestellt.

S2.6-002

Starkbeben & Tsunamis - Über die Quantifizierung von Subduktionszonen

A. Schäfer, F. Wenzel*

Geophysikalisches Institut, Karlsruhe Institut für Technologie, Karlsruhe

Starkbeben stellen eine große Gefahr für Mensch und Natur in vielen Regionen der Welt dar.

Gerade Subduktionszonen gehören zu den häufigsten Quellen derartiger Ereignisse, doch nicht nur in Japan oder Chile, auch vor der Küste Pakistans, den Salomonen oder den kleinen Antillen befinden sich Teile der Erdkruste, die das Potential für Starbeben und im schlimmsten Fall auch Tsunamis haben. Um diese Gefahr zu quantifizieren ist es wichtig das Verhalten von Subduktionszonen zu verstehen und vor allem deren maximales Potential für Starkbeben. Hierzu wurden bereits unzählige Datenbanken zur Analyse von Subduktionszonen entwickelt, beispielsweise unter Betrachtung der Geodäsie, Geomagnetismus, Strukturgeologie, und vielen mehr. So haben schon viele Studien versucht mit Hilfe dieser Daten das Verhalten von Subduktionszonen zu parametrisieren und zu analysieren. In diesem Sinne wurde nun eine der größten und umfangreichsten Datenbanken aufgebaut um die Charakteristika verschiedener Subduktionszonen zu untersuchen und deren Potential zur Erdbeben- und Tsunamigefährdung zu bestimmen. Mehr als 70 potentielle Starkbebenquellen wurden hierfür weltweit identifiziert, ihre Geometrie modelliert und eine Datenbank mit über 60 verschiedenen Parametern zusammengestellt. Die Datenbank übernimmt hierbei eine Vielzahl von Parameters und Daten aus allgemeinen, öffentlich zugänglichen früheren Studien und Datenbanken, beispielsweise Krustale Dehnungsraten und -alter, Erdbebenkataloge, Plattentektonik und viele mehr.

Mit Hilfe dieser Datenbank wurde eine erweiterbare Korrelationsstudie durchgeführt zur Bestimmung einer parametrischen Abhängigkeit des Starkbebenpotentials in Bezug auf die physikalischen und seismologischen Eigenschaften der entsprechenden Subduktionszonen. Darüber hinaus wurde eine Ähnlichkeitsstudie durchgeführt um Zonen ähnlicher Charakteristika zu gruppieren und so zusätzliche Bedingung für das Gefahrenpotential zu bestimmen. Diese Studie beschreibt eine der größten und umfangreichsten Datensammlungen über Subduktionszonen dar. Dieses Wissen konnte im Folgenden dazu genutzt werden um Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Zonen zu klassifizieren und gleichzeitig Abschätzungen über ihr Gefährdungspotential zu treffen.

S2.6-003

Numerical modelling of underground seismic hazard in geological disposal of nuclear wastes

*J.S. Yoon^{*1}, A. Zang¹, O. Stephansson¹, F. Lanaro², K.-B. Min³*

¹Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²Swedish Radiation Safety Authority, Stockholm, Sweden, ³Seoul National University, Seoul, Korea, Republic of

In this study we present a numerical modelling of seismic hazard that can possibly occur in an underground repository for final disposal of spent nuclear fuel. The site we chose is Forsmark, located at about 100 km north of Stockholm Sweden. In 2011, the Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (SKB) has submitted a license application to the Swedish Government to obtain a license for construction of a final repository for spent nuclear fuels at Forsmark. The license application is currently under regulatory review by the Swedish Radiation Safety Authority (SSM) and by the Land and Environmental Court. To be able to assess the safety of a repository, and to make proper adjustment in its engineering design if necessary, it is required to consider all possible threats (natural and man-made) that could impair the physical integrity of the barriers. One of the natural threats is an earthquake occurring at nearby faults. The effect of an earthquake relevant to the repository safety is the shear displacement on rock fractures induced by the seismic loading coming from a nearby fault hosting an earthquake event. It is therefore necessary to reliably estimate the seismic magnitudes of the dynamic rupture of the faults. To do so, one must use a simulation tool that can capture the underlying physics involved in the process of natural earthquakes.

Moreover, to be able to apply the earthquake simulation tool to safety analysis of a specific repository site, the simulation tool should be able to model complex geological system of the site. This study introduces a work flow we developed for simulation of fault dynamic rupture and its application to Forsmark repository. For the modelling, we use a distinct element based numerical code, called Particle Flow Code 2D (PFC2D). We simulate dynamic rupture of one specific fault near the repository site and the temporal and spatial evolution of the repository fracture responses induced by the simulated earthquakes. The modelling results, which include rupture magnitude, slip displacement, stress drop, are validated by comparing with empirical scaling relations for natural tectonic earthquakes.

S2.6-004

Modeling Induced Seismicity by Gas Depletion in a Postglacial, Prestressed Regime

G. Li, M. Joswig*

Institut für Geophysik, Universität Stuttgart, Stuttgart

In northern Germany earthquakes which are felt by humans, or even cause minor damage, are rare. But over the last few decades, around 60 events occurred in Northwest Germany with magnitudes mostly under 3.0 ML, and single events up to 4.5 ML. Most epicenters are located in the vicinity or inside of produced conventional gas fields. A few other earthquakes with hypocenters at about 30 km depth can clearly be classified as natural, tectonic events. The 2004 ML 4.5 Rotenburg earthquake is the largest event associated with gas depletion, but depth constraint at that time was poor due to the low density of the seismic network. Modeling shall help to investigate the seismicity of the region further. Here we present a 3D numerical model with hydro-mechanical coupling using finite difference software FLAC3D. In this modeling approach, the mechanical behavior of the rock formation is based on poroelastic theory and Mohr-Coulomb failure criterion. Griffith's fracture criterion is used to determine whether the faulting process has stopped. Our investigation not only considers the local effect of depletion, but also the regional stress changes due to post-glacial isostatic adjustment. To adjust the modeling approach, a calculation based on production data for a gas field from northern Germany has been applied. Numerical results compare fairly well to measured reservoir pressures and observed earthquake data.

S3 Aktuelle Entwicklungen in der oberflächennahen Geophysik

S3.1-001

Detektions- und Lokalisierungsfähigkeit eines seismischen Netzwerkes in einem urbanen Erdfallgebiet

*D. Becker*¹, T. Dahm², F. Schneider^{1,3}*

¹Universität Hamburg, Institut für Geophysik, Hamburg,

²Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ³EMH Energie Messtechnik, Brackel

Mikroseismische Ereignissen aufgrund von Untergrundprozessen in Erdfallgebieten können Vorläufer von Massenumlagerungen oder Bruchprozessen sein, die wahrnehmbare Erschütterungen oder Gebäudeschäden verursachen. Zur Identifikation dieser Ereignisse benötigt man ein lokales Netzwerk, das im urbanen Umfeld allerdings starken anthropogenen Stör-signalen ausgesetzt ist.

Wir untersuchen ein bereits teilweise im Zuge des interdisziplinären SIMULTAN-Projektes (<http://www.gfz-potsdam.de/en/section/near-surface-geophysics/projects/simultan/>) im Stadtgebiet von Hamburg installiertes Netzwerk. Es besteht zur Zeit aus 6 Stationen in Kellern bzw. unterirdischen Einrichtungen. Bisher konnte in der seit 2015 laufenden Überwachungskampagne kein Ereignis identifiziert werden, das zweifelsfrei dem Erdfall zugeordnet werden kann. Deshalb verwenden wir synthetische Wellenformen von potentiellen Ereignissen, deren Lokationen und Mechanismen in Einklang mit früheren Ereignissen in diesem Gebiet sind. Diese Daten werden mit im Feld aufgezeichneten Rauschdaten kombiniert. Als Detektionsalgorithmus wird ein einfacher STA/LTA-Detektor sowie ein Phasendetektor verwendet. Während der STA/LTA-Detektor sehr stabile Ergebnisse liefert und eine Detektion von Ereignissen mit einer Momentenmagnitude von 0.35 in einer Entfernung von 1.3km ermöglicht, ist der Phasendetektor deutlich empfindlicher aber instabiler. Um mögliche zeitliche Variationen der Detektionsgrenze abzuschätzen, wird eine zeitliche Charakterisierung des Rauschfeldes durchgeführt. Ebenso werden die möglichen räumliche Quellen des Rauschens untersucht.

Aufgrund der oft sehr amplitudenschwachen Ersteinsätze von Erdfallereignissen wird zur Einschätzung der Lokalisierungsfähigkeit zusätzlich zu traditionellen Abschätzungen ein Stapelungsansatz mittels charakteristischer Wellenformen (STA/LTA-Spuren) gewählt. Dabei wird auch der Einfluss eines vertikalen Bohrlocharrays sowie eines Oberflächenarrays untersucht. Aufgrund des verwendeten tieffrequenten Quellsignals zeigen die Oberflächenarrays mit ihren geringen Arrayaperturen eine erhebliche Ungenauigkeit in der Azimuthbestimmung, tragen aber wie die Bohrlochstationen zu einer besseren Bestimmung des Hypozentrums bei. Die Bohrlochsonden können, wie durch Daten aus einem weiteren Untersuchungsgebiet gezeigt, zu einer Verbesserung der Detektionsschwelle von bis zu einer Größenordnung beitragen. Diese Arbeit wurde durch das Geotechnologien-Projekt SIMULTAN des BMBF gefördert (BMBF03G0737A).

S3.1-002

Influence of wind turbines on seismic noise at monitoring stations in Northern Germany

*T. Neuffer**, *S. Kremers*

DMT GmbH & Co. KG, Essen

In recent years, several minor seismic events were observed in the apparently aseismic region of the natural gas fields in Northern Germany. A seismic network was installed in the region consisting of borehole stations with sensor depths up to 200 m and surface stations to monitor induced seismicity. After installation of the network in 2012, an increasing number of wind turbines was established in proximity (< 5 km) to several stations, thereby influencing the local noise conditions. This study demonstrates the impact of wind turbines on seismic noise level in a frequency range of 1 - 10 Hz at the monitoring sites with correlation to wind speed, based on the calculation of power spectral density (PSD) functions and I95 values of waveforms over a time period of four years. The azimuthal direction of incoming Rayleigh waves at a surface station was determined to identify noise sources. Moreover, the influence of varying noise levels at a station on the ability to automatically detect seismic events was investigated. It could be shown that higher wind speeds increase the PSD amplitudes at distinct frequencies between 1.0 and 6.0 Hz, depending on height as well as number and type of influencing wind turbines. The analysis of the perturbed wave field at the surface station showed that Rayleigh waves with back azimuths pointing to wind turbines in operation are dominating the wave field in a frequency band of 3 - 4 Hz. The increased noise level in correlation to higher wind speeds at the monitoring sites deteriorates the station's recording

quality inhibiting the automatic detection of small seismic events. As a result, functionality and task fulfilment of the seismic network is more and more limited by the increasing number of nearby wind turbines.

S3.1-003

Characterization of intramontane valley fills in the Quebrada del Toro (NW-Argentina) using seismic ambient noise

*A.M. Lontsi*¹, B. Bookhagen¹, M. Zeckra¹, F. Krüger¹, G. Aranda², F. Hongn², M. Ohrnberger¹*

¹Institut für Erd-und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam,

²Instituto de Bio y Geociencias, Universidad Nacional de Salta - CONICET, Salta, Argentina

We present the distribution of the seismic shear wave velocity information derived from ambient noise data. The study location is in the fluvially-filled valley Quebrada del Toro in NW Argentina. The south-central Andes in NW Argentina are characterized by a steep climatic and topographic gradient that result in deeply incised valleys that are filled with fluvial sediments ranging from several meters to hundreds of meters. Currently, there is no bedrock exposed in the river channel. Understanding the spatial and temporal variability of sediment coverage will greatly help to estimate sediment mass fluxes from the mountain belt, but also climate- and sediment-transport dynamics. We have assessed the shallow intramontane valley in the lower Quebrada del Toro (Vs cross-section). The ambient noise data were recorded using 13 seismic sensors configured with different geometries in 1D and 2D and of different apertures (~20 m, ~50 m, and ~230 m). For the 2D arrays, the frequency-wavenumber and the spatial autocorrelation techniques have been complementarily applied to the vertical component of the recorded noise wavefield to reliably estimate the frequency range of the dispersion characteristic of the propagating surface waves. The Rayleigh waves phase velocity is extracted and interpreted in the frequency band ranging from approximately 7.5 Hz to 35 Hz. Noise recording along the 1D array have been used to estimate the microtremor H/V spectral ratio in the frequency band ranging from 1.7 Hz to 50 Hz. Assuming a local 1D structure beneath each sensor along the 1D array, the average phase velocity dispersion curve and the average H/V spectral ratio curves have been combined in a joint inversion to determine the local shear wave velocity profile.

S3.1-004

The potential of detecting groundwater flow direction by VSH/VSV

*L. Gao*¹, Y. Pan², J. Xia¹, T. Bohlen², G. Tian¹*

¹School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, China,

²Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe

Reliable characterizing of groundwater flow is of fundamental interest in environmental and engineering studies. However, characterizing groundwater flow is particularly challenging due to the heterogeneity of the subsurface materials. In exploration seismology, many models assume that the earth is isotropic, which means seismic velocity does not depend on the direction. However, realistic earth models, especially for near-surface materials, are anisotropic. Most alluvial strata show strong anisotropy because of the depositional processes predominantly in one direction caused by groundwater flow, which leads to a large difference in SH- and SV-wave velocities (VSH and VSV). The radial anisotropy can be determined by using the difference of S-wave velocity structures derived from Love and Rayleigh waves, respectively. The polarization is strongly related to the direction of groundwater flow.

Any groundwater flow changes the orientation of subsurface materials, which will benefit the propagation of SH-type waves along the perpendicular direction. By analyzing the VSH / VSV ratio, we can characterize the relationship of directions between survey lines and groundwater flow.

We like to point out two case studies, which are presented to illustrate the possibility of using the VSH / VSV ratio for detecting groundwater flow. We performed a Rayleigh-wave and a Love-wave field survey at two different test sites, both of which are close to rivers. We inverted Love-wave and Rayleigh-wave phase velocities to obtain the SH- and SV-wave velocities separately. In the first field test where the survey line is perpendicular to the river, we achieved a relative high VSH / VSV ratio at a depth around 4 m deep. In the second field test where the survey line is parallel to the river, a relative low VSH / VSV ratio. These two field tests demonstrated that the relative large difference between SH- and SV-wave velocity can be used for characterizing direction of groundwater flow.

S3.2-001

Mittelskalige Erfassung von Bodenwasser über Messung der oberflächennahen Neutronenalbedo

*S. Oswald*¹, G. Baroni¹, L. Scheffele¹, M. Schrön²*

¹Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam,

²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig

Vor einigen Jahren zeigte sich, dass sich die Sensivität von Neutronen auf das Vorhandensein von Wasser auch an der Erdoberfläche nutzen lässt, um nicht-invasiv Wassergehalte in den obersten Bodenschichten quantitativ zu bestimmen. Dabei werden die durch kosmische Höhenstrahlung laufend produzierten Neutronen nach Rückstreuung aus dem Boden detektiert, weshalb es auch cosmic-ray neutron sensing genannt wird. Dabei kann eine etwa stündliche Auflösung der Messwerte erzielt werden und eine Dynamik über den Verlauf von Tagen bis Jahren aufgenommen werden. Über eine Kalibrierung werden die Zählraten dann zu Werten des Bodenwassergehalts invertiert, alternativ können auch andere Pools an Wasser bestimmt werden, beispielsweise Schnee oder Biomasse. Neben dem passiven Charakter ist ein Vorteil der Methode die räumliche Integration des Messwerts über etwa 10 ha pro Sensor, so dass direkt ein repräsentativer räumlicher Mittelwert ermittelt werden kann. Zudem ist die vertikale Mittelungstiefe weitaus größer als bei den allermeisten Fernerkundungsmethoden für Bodenfeuchte.

Wir stellen eigene Ergebnisse von verschiedenen Standorten vor, um Einsatzmöglichkeiten, Vorgehen zur Kalibrierung und Limitierungen der Methode zu erläutern. Zeitlich variierende Mittelungsvolumen, die Veränderlichkeit von anderen Wasserspeichern und die Korrektur von atmosphärischen Störeffekten stellen Schwierigkeiten für eine quantitative Interpretation dar. Darüberhinaus werden mobile Verfahren zur großskaligen Kartierung und die Anbindung an numerische Modellierung aufgezeigt.

S3.2-002

Simultaneous calibration and multi-layer soil inversion using short-offset electromagnetic induction (EMI) data acquired at multiple elevations

*X. Tan**¹, *A. Mester*¹, *C. von Hebel*², *J. van der Kruk*², *E. Zimmermann*¹, *H. Vereecken*², *S. van Waasen*^{1,3}

¹Forschungszentrum Jülich, Electronic Systems (ZEA-2), Jülich, ²Forschungszentrum Jülich, Agrosphere (IBG-3), Jülich, ³University of Duisburg-Essen, Faculty of Engineering, Communication Systems, Duisburg

Due to its portable and contactless operations, short-offset electromagnetic induction (EMI) is a widely used tool for large-scale measurements as shown in recent near surface soil investigations. Various inversion algorithms have been developed to reconstruct a layered subsurface from the EMI data. Here, we introduce a multi-layer inversion algorithm, which simultaneously inverts the subsurface soil structure at a single measurement location together with a series of calibration parameters needed to obtain quantitative EMI data by using EMI measurements acquired at multiple elevations. The advantage of our method is that we calibrate the EMI data during the inversion such that the efficiency of the complete process from data acquisition to data processing is significantly improved. The proposed method reconstructs the electrical conductivity values ($\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$) and layer thicknesses (z_1, z_2, \dots, z_{n-1}) for an n -layer soil structure as well as multiplicative (MS_1, MS_2, \dots, MS_m) and additive (AS_1, AS_2, \dots, AS_m) calibration parameters, where the information were obtained by m EMI coil configurations measured at multiple elevations above the ground surface. The inversion uses the shuffled complex evolution (SCE) algorithm with a Maxwell-based full-solution EMI forward model to find the global minimum, i.e., the smallest misfit between measured and modelled EMI data. Inversions of synthetic data over a multi-layer soil model for a six-coil EMI system and HCP and VCP configurations placed at six elevations show the validity of this novel approach. Experimental measurements for the same EMI system parameters have been carried out on a bare soil test field (Selhausen, Germany). The inverted soil models at five different measurement locations covering both electrical resistive and conductive regions showed promising results compared to vertical electrical sounding (VES) results. Furthermore, the calibration parameters were consistent over the different measurement locations and applied to calibrate EMI measurements over a 30 m transect line. The quasi-2D inversion result of the transect line consisting of thirty-one independent 1D inverted soil models, indicates the potential of this method for large-scale EMI data calibration and inversion.

S3.2-003

Die Anwendung von adiabatischen Anregungspulsen bei der Oberflächen-NMR Sondierung

*R. Dlugosch**, *M. Müller-Petke*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Oberflächen-NMR (SNMR) nutzt das schwache, aber dafür homogene Erdmagnetfeld zur Bestimmung der Tiefenverteilung des Wassergehaltes und der T_2^* Relaxationszeit. Mit Hilfe dieser Parameter lässt sich der Untergrund hydrologisch charakterisieren, z.B. durch die Ableitung der hydraulischen Leitfähigkeit. Die Anwendbarkeit von SNMR ist jedoch oft durch ein geringes Signal-zu-Rausch Verhältnis limitiert. Bis vor kurzem (Grunewald et al. 2016) war die übliche Strategie zur Verbesserung des Signal-zu-Rausch Verhältnisses eine Reduzierung des elektromagnetischen Rauschlevels, z.B. durch Stapelung, Filterung oder Referenz-

sensoren. Adiabatische Anregungspulse ermöglichen jedoch die Erhöhung des messbaren SNMR-Signals um Faktor 2-3.

Da sich das elektromagnetische Feld während einer SNMR-Anregung frei im Untergrund ausbreitet, führt dies zu einer großen Bandbreite von Magnetfeldstärken innerhalb des großen angeregten Volumens (bis zu $1\text{e}6\text{ m}^3$). Eine Anregung bei der Larmor-Frequenz (ca. 2 kHz) führt daher zu einer Auslenkung der Magnetisierung $>90^\circ$ und damit zu Bereichen mit geringer Sensitivität oder einer Auslöschung von NMR-Signalen mit entgegengesetzten Phasen ($>180^\circ$). Im Gegensatz dazu wird bei der adiabatischen Anregung ein elektromagnetischer Puls mit abgestimmten Frequenz- und Amplitudengang verwendet. Dies führt zu einer homogeneren Anregung im Untergrund und damit zu einer Erhöhung des messbaren SNMR-Signals.

Die SNMR-Kernfunktionen von adiabatischen Anregungspulsen lassen sich mit Hilfe der frei verfügbaren toolbox MRS Matlab (Müller-Petke et al. 2016) berechnen. In der Feldanwendung treten jedoch Unterschiede zwischen der theoretisch postulierten und der realen Pulsform auf. Die resultierende Auflösungseigenschaft einer SNMR-Sondierung mit adiabatischen Anregungspulsen wird anhand einer Feldmessung evaluiert.

Referenzen:

Grunewald, E., Grombacher, D. & Walsh, D. (2016): Adiabatic pulses enhance surface nuclear magnetic resonance measurement and survey speed for groundwater investigations. *Geophysics*, 81 (4), WB85-WB96.

Müller-Petke, M., Braun, M., Hertrich, M., Costabel, S. & Walbrecker, J (2016): MRS Matlab - A software tool for processing, modeling, and inversion of magnetic resonance sounding data. *Geophysics*, 81 (4), WB9-WB21.

S3.2-004

Petrophysikalische Effekte bei der Verkarstung

F. Mai^{*1}, *R. Kirsch*², *C. Rücker*¹, *F. Börner*¹

¹Technische Universität Berlin, Angewandte Geophysik, Berlin, ²Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Flintbeck

Erdfälle entstehen in verschiedenen geologischen Milieus durch Karst- und Subrosionsprozesse. Sie stellen ein erhebliches Georisiko vor allem in dicht besiedelten Gebieten dar, durch das erhebliche Schäden an Menschen und Sachgütern entstehen können. Häufig sind Verkarstungserscheinungen mit Anomalien im Grundwasserströmungsfeld und Heterogenitäten in den löslichen Sedimenten verbunden.

Ein besseres Verständnis der Genese von Erdfällen ist essenziell, um auf lange Sicht ein Früherkennungssystem für Erdfall-Instabilitäten, -Unruhen und -Einsturz zu entwickeln. Aus diesem Anlass erforscht der Projektverbund „SIMULTAN“ Erdfälle mit einer Kombination aus geophysikalischen, petrophysikalischen und hydrologischen Untersuchungsmethoden. Das Ziel ist die Entwicklung von Sensoren und Multiskalen-Überwachungsmethoden. Die Untersuchung von Lösungsvorgängen von Gips- und Kalkgesteinen sowie deren Folgeprozesse und Korrelationen mit hydraulischen Erscheinungen aus petrophysikalischer Sicht ist Voraussetzung, um mit geophysikalischen Messverfahren im Zusammenhang mit der Erdfallbildung gefundene Anomalien zu verstehen. Schwerpunktmäßig werden die komplexe frequenzabhängige elektrische Leitfähigkeit (mHz bis kHz), das Eigenpotenzial und die Lauf-

zeit elastischer Wellen analysiert. Dafür werden zunächst systematische Labormessungen der komplexen elektrischen Leitfähigkeit an Lockersand-Proben vorgenommen, die mit Porenwässern unterschiedlicher Ionenzusammensetzung (z.B. Calciumsulfat und/oder Natriumchlorid) gesättigt sind. Es deutet sich an, dass Effekte von erhöhtem Gipsgehalt im Grund- bzw. Porenwasser auf die Leitfähigkeitsbeiträge des Gesteines abgeschätzt werden können. Dabei wird sowohl die Lösung der verkarstungsfähigen Gesteine selbst als auch die Beeinflussung benachbarter, nichtlöslicher Lockersedimente betrachtet.

Mit dem Ziel, Verkarstungs- und Subrosionsprozesse im Feldmaßstab monitoren zu können, wurde in dem stark erdfallgefährdetem Gebiet Münsterdorf in Schleswig-Holstein ein stationäres Messsystem aufgebaut. Dort wird in zwei fünf Meter voneinander entfernten Bohrlöchern ein Monitoring der komplexen elektrischen Leitfähigkeit betrieben. Aus diesen Messungen sollen Hinweise auf mögliche Lösungsprozesse der im Untergrund befindlichen Kreide erhalten werden.

S3.3-001

Untertägige Vergleichsmessung mit seismischen Oberflächenquellen im salinaren Gestein

*H. Richter*¹, R. Giese¹, K. Jaksch¹, K. Krüger¹, A. Jurczyk¹, A. Zirkler², S. Zeibig²*

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,
²K+S Aktiengesellschaft, Kassel

Mit dem Ziel der Methodenentwicklung und der Charakterisierung einer Störungszone im salinaren Gestein wurde untertage eine seismische Vergleichsmessung durchgeführt. Das Messgebiet wurde vorab bereits mit Bohrloch- und Streckenradarmessungen durch die K+S KALI GmbH untersucht. Als seismische Quellen wurden am Stoß ein pneumatischer Impulshammer und eine Vibrationsquelle eingesetzt. Die Vibrationsquelle besteht aus zwei synchronisierten, magnetostriktiven Aktuatoren. Das Signal der Vibrationsquelle war ein 6 s langer linearer Sweep im Frequenzbereich von 100 Hz bis 3400 Hz. Die Akquisitionsgeometrie bestand aus 8 horizontal eingebrachten 3-Komponenten-Sensorstäben mit Einbautiefen von 1 m und 2 m sowie aus 53 Anregungspunkten im Meterabstand am Stoß.

Die seismischen Daten weisen eine sehr hohe Qualität und eine gute Wiederholbarkeit an den einzelnen Messpunkten auf. Der pneumatische Hammer zeichnet sich durch Signale mit dominanten Frequenzen unterhalb von 1000 Hz aus, allerdings wird das Wellenbild im Nahbereich des Abbauortes von Oberflächenwellen beeinflusst. Die Erkundungsreichweite wurde mit ca. 140 m bestimmt. Die Signale der Vibrationsquelle besitzen eine größere Bandbreite und einen deutlich höheren Anteil von Signalenergie oberhalb von 1000 Hz. Die Messung mit der Vibrationsquelle ermöglicht es daher, Objekte im Nahbereich der Abbauorte genauer zu erkunden. Die Reichweite der Vibrationsquelle ist etwas geringer als die des Impulshammers und liegt bei ca. 120 m. Der Vergleich der verschieden tief eingebauten Sensorstäbe zeigt ein größeres Rauschen der 1 m tief eingebrachten Stäbe. Dies wird möglicherweise durch höhere Kluftdichten im Bereich der Auflockerungszone um den Hohlraum verursacht.

Es wurden Fresnel-Volumen-Migrationen mit allen Quellpunkten und jeweils mit den 1 m bzw. 2 m langen Sensorstäben für beide Quellen berechnet. Für die Migrationen wurden Scherwellen genutzt, die von beiden Quellen vorwiegend bei der Anregung auf einer freien Oberfläche erzeugt werden. Aus den Laufzeiten der direkten Wellen wurde eine Migrationsgeschwindigkeit von 2800 m/s ermittelt. Die Migrationen zeigen eine SSO-streichende Zone erhöhter Reflektivität im Abstand von 10 m bis 20 m zum Abbauort. Die Zone ist 10 m mächtig und besteht aus mindestens drei Reflektoren. Diese konnten allerdings nur mit den

Vibrationsdaten klar differenziert werden. Ein weiterer Reflektor ist in ca. 48 m Abstand zum Abbauort in den Daten beider seismischer Quellen gut sichtbar.

S3.3-002

Detektion von Bombenblindgängern mittels horizontaler geomagnetischer Bohrlochsondierung

*J. Köhler*¹, H. Sandhäger¹, F. Ludwig²*

¹Bezirksregierung Arnsberg, Kampfmittelbeseitigungsdienst Westfalen-Lippe, Hagen,
², Essen

Unterirdische Rohrvortriebe z. B. zum Kanalbau erfolgen zumeist in Lockersedimenten einige Meter unterhalb der Oberfläche und verlaufen somit in möglicherweise kampfmittelbelastetem Untergrund. Insbesondere in den gerade in Nordrhein-Westfalen ausgedehnten ehemaligen Bombenabwurfgebieten des 2. Weltkrieges sind daher im Vorfeld solcher Spezialtiefbauarbeiten Kampfmittelbeseitigungsmaßnahmen entlang der Vortriebsstrecken erforderlich. Oft unterqueren Rohrvortriebe kritische Infrastruktur wie Bahn-, Straßen-, Leitungstrassen und/oder überbaute Bereiche, so dass die gängigen Verfahren zur Kampfmittel-detektion wie geomagnetische Oberflächen-sondierung oder vertikale Bohrlochmagnetik nicht einsetzbar sind.

Nach einer Pilotuntersuchung im August 2013 setzt der Kampfmittelbeseitigungsdienst Westfalen-Lippe (KBD-WL) der Bezirksregierung Arnsberg als spezielles Verfahren zur Kampfmittel-detektion entlang geplanter Rohrvortriebe die geomagnetische Sondierung in einem oder mehreren horizontalen Sondierbohrungen direkt in der Vortriebsstrecke ein. Dieses bedeutet besondere Anforderungen sowohl an das Bohrgerät für die Sondierbohrungen als auch an das Messsystem, da das Standard-Fluxgate-Gradiometer aufgrund der sogenannten Nulllagenproblematik durch ein 3-Achs-Gradiometer ersetzt werden muss. In Nulllagen ist die geomagnetische Anomalie eines Bombenblindgängers unmittelbar neben einem stark geneigten bis horizontalen Sondierbohrloch mit Fluxgate-Gradiometern nicht mehr messbar.

Um angesichts des vergleichsweise großen Aufwandes belastbare Aussagen gewährleisten zu können, werden vor einer horizontalen Bohrlochdetektion kritische Randbedingungen geprüft: das Vorhandensein potentieller Störkörper, die Baugrundbeschaffenheit, die Art der zu erwartenden Kampfmittel, das Signal-Rausch-Verhältnis.

Anhand von Fallbeispielen aus dem Zuständigkeitsbereich des KBD-WL wird das an die neuen bauseitigen Anforderungen angepasste Detektionsverfahren erläutert.

S3.3-003

Geophysikalische Messungen und ein abgeleitetes Strukturmodell am Beispiel einer Höhle im Südharz

G. Kaufmann, D. Romanov*

Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften, Institut für Geologische Wissenschaften, Fachrichtung Geophysik, Berlin

In löslichen Gesteinen können Klüfte und Schichtfugen mit der Zeit durch Wasser, teilweise unter Mithilfe von Kohlendioxid, erweitert werden. Diese Erweiterung ist selektiv und führt zur Ausbildung von Vorzugsfließrichtungen. Mit der Zeit können die erweiterten Klüfte und Schichtfugen sich zu Hohlräumen entwickeln. Sind diese Hohlräume nicht zu tief unter der Erdoberfläche, lassen sie sich mit Hilfe geophysikalischer Messungen lokalisieren und identifizieren.

- (i) Gravimetrische Messungen über Hohlräumen lassen sich als negative Bougeranomalien erkennen;
- (ii) geoelektrische Messungen kartieren Hohlraumfüllungen, z.B. luftgefüllte Hohlräume als hochohmige und wassergesättigte Sedimente als niederohmige Widerstandsanomalien;
- (iii) Eigenpotentialmessungen lassen sich zur Kartierung von unterirdischen Fließwegen nutzen;
- (iv) Leitfähigkeitsmessungen an und in Gewässern komplementieren die geoelektrischen Ergebnisse;
- (v) Georadarmessungen lassen Rückschlüsse auf strukturelle Heterogenitäten im Hohlraumumfeld zu.

Wir haben die oben genannten geophysikalischen Methoden im Umfeld einer Harzer Höhle angewandt, die etwa 10-15 m Überdeckung hat und durch einen Wechsel von großen Räumen und kleinen Gängen gekennzeichnet ist. Die Ergebnisse unserer geophysikalischen Messungen ermöglichen die Identifizierung des Hohlraums, eine genauere Kartierung der umgebenden Lithologie, und weitere Aussagen zum Grad der Verkarstung. Die vielfältigen Ergebnisse haben es uns ermöglicht, ein dreidimensionales Strukturmodell der Umgebung der Höhle zu erstellen.

S3.3-004

Aerogeophysikalische und petrophysikalische Untersuchungen zur Erkundung tiefer Erzlagerstätten in Deutschland

*T. Martin*¹, M. Ibs-von Seht², S. Costabel¹, A. Steuer², B. Siemon², U. Noell¹, U. Meyer²*

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), B2.1 Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Berlin, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) - B2.1 Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Hannover

Ziel des BMBF Forschungsverbundes DESMEX ist die Entwicklung elektromagnetischer (EM) Mess- und Auswertemethoden zur Erkundung tiefer Erzlagerstätten (bis 1 km) in Deutschland. Dies erfolgt mithilfe neuester Sensortechnologien und eines semi-airborne gestützten EM-Konzeptes.

Dazu wurden zunächst mit dem Hubschrauber und dem bereits existierenden aerogeophysikalischen Messsystem der BGR Erkundungsflüge über eine bekannte Antimonitlagerstätte in Thüringen durchgeführt. Um die simultan erfassten Messergebnisse der Methoden Elektromagnetik (HEM), Magnetik (HMG) und Radiometrie (HRD) interpretieren zu können, werden zusätzlich petrophysikalische Parameter wie die komplexe elektrische Leitfähigkeit, magnetische Suszeptibilität und Dichte an Gesteinsproben aus dem Messgebiet und aus geologischen Sammlungen untersucht.

Die HEM-Daten wurden mit einem 6-Frequenz-System (0,4 – 133 kHz) gewonnen, mit dem Erkundungstiefen bis ca. 150 m erzielt werden können. Nach Bearbeitung und Inversion der Messdaten sind Übersichtskarten der elektrischen Leitfähigkeit in verschiedenen Tiefen erstellt worden. Durch Vergleich mit vorhandenen geologischen Karten können einzelne geologische Einheiten, wie z.B. die Hirschsteinquarzit-Formation oder der Graptolithenschiefer, in die Tiefe nachverfolgt werden. Die mit einem Cäsium-Magnetometer aufgenommenen HMG-Daten fügen sich gut in die allgemeine magnetische Übersichtskarte von Deutschland ein, wobei aufgrund der höheren Auflösung auch kleinräumigere magnetische Strukturen detektiert werden konnten. Die u.a. bei der HRD sehr oberflächennah detektierten Urkonzentrationen korrelierten ebenfalls mit dem Graptolithenschiefer.

Die bisher im Labor untersuchten Sammlungsproben zeigen je nach Gesteinsart unterschiedliche Dichten ($2,4 \text{ g/cm}^3$ (Schwarzschiefer) bis $> 4 \text{ g/cm}^3$ (Antimonit)) und magnetische Suszeptibilitäten (von ca. $-2 \cdot 10^{-5} \text{ SI}$ (Anitmonit) bis ca. $300 \cdot 10^{-5} \text{ SI}$ (Ankerit)).

Erste Untersuchungen der elektrischen Leitfähigkeit zeigen ebenfalls eine große Bandbreite je nach Gesteinsart von bisher $100 \text{ } \Omega\text{m}$ bis $30 \text{ k}\Omega\text{m}$.

Zusammen mit den Projektpartnern der TUBA Freiberg werden an den Gesteinsproben auch mineralogische und geochemische Untersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, einerseits die Genese der Lagerstätte, andererseits die petrophysikalischen Messungen besser zu verstehen. Die Ergebnisse der Mineralogie, der Petrophysik und der geophysikalischen Befliegungen sollen zur Verbesserung des geologischen Modells des Messgebiets beitragen.

S3.3-005

Probabilistic integration of tomograms and logging data accounting for tomographic ambiguity and logging data errors

*A. Asadi, P. Dietrich, H. Paasche**

UFZ - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leipzig

Probabilistic prediction of 2D or 3D images of hydrologic or geotechnical parameters solely measured along one dimension in boreholes can contribute to solve hydrological, petroleum, or engineering exploration tasks. We build on a recently developed fully data-driven workflow interpolating logs of the same hydrological or geotechnical target parameter acquired in different boreholes by considering ill-posed geophysical tomography. Tomographic images between the boreholes are reconstructed using a particle swarm optimization algorithm searching the solution space of the underlying inverse problem globally. We compute multiple tomograms for each available tomographic data set, which all fit the underlying data set equally well. We use Artificial Neural Networks (ANNs) to find the optimal prediction models between the computed ensembles of equivalent geophysical tomograms and the sparse measured logging data. During the training phase of ANNs we take the uncertainty of logging data into account as well as the ambiguity of geophysical tomographic image reconstruction to avoid data overfitting when learning the prediction model. Additionally, we account for differences in the spatial resolution of logging data and tomographic models. This approach can be applied to any combination of geophysical tomograms and hydrologic, petroleum or engineering target parameters solely measured in boreholes. To illustrate our workflow, we reprocess an available field data set collected at a field site South of Berlin, Germany, to characterize near-surface sedimentary deposits. In this example we employ 2D cross-borehole tomographic radar, P-wave, and S-wave velocity models to constrain the prediction of tip resistance, sleeve friction, and dielectric permittivity as target parameters.

S3.3-006

Über datengetriebene Integration geophysikalischer Tomographie mit Bohrlochdaten

*H. Paasche**

UFZ - Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Leipzig

Geophysikalische Tomographie ermöglicht die räumliche Erfassung der Variabilität physikalischer Untergrundeigenschaften, z.B. Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer oder elektromagnetischer Wellen. Während die tomographisch abgebildete Heterogenität von generell hohem Interesse in vielen hydrologischen oder ingenieurtechnischen Anwendungen ist, sind die abgebildeten physikalischen Parameter häufig von geringerem Interesse

als andere Zielgrößen, die lediglich in einer Raumrichtung gemessen werden können, z.B. Spitzendruck oder Mantelreibung. Die Verknüpfung der geophysikalischen Bildgebung mit 1D Zielparameterinformation kann klassisch über, als gültig akzeptierte, petrophysikalische Transferfunktionen oder datengetriebene komplexe Integrations- und Vorhersagemethoden erfolgen, die ohne explizite Kenntnis gesteinsphysikalischer Zusammenhänge auskommen. Wir stellen anhand eines Feldbeispiels die Ergebnisse eines datengetriebenen Integrationsansatzes für die stochastische Vorhersage zweidimensionaler Verteilungen von Spitzendruck und Mantelreibung den Ergebnissen klassischer petrophysikalischer Transferfunktionen gegenüber. Die berücksichtigte Datenbasis beinhaltet seismische Tomographie, Radartomographie sowie Loggingdaten aus CPT und Bodenfeuchtemessungen.

S3.4-001

Time-domain full waveform inversion of Rayleigh waves in presence of free surface topography

*Y. Pan^{*1}, L. Gao², T. Bohlen¹*

¹Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe,

²School of Earth Sciences, Zhejiang University, Hangzhou, China

The reconstruction of elastic parameters of near-surface materials is of fundamental importance for near-surface geophysical exploration. Surface waves are widely used to determine near-surface S-wave velocity structures. Established surface-wave inversion methods assume 1D subsurface structure, and allow the reconstruction of S-wave velocity as a function of depth.

Time-domain full-wave waveform inversion (FWI) of surface waves has been proven as an efficient way for resolving near-surface S-wave velocity structures with strong lateral heterogeneities. The FWI of surface waves in the presence of topographic free surface has not yet been investigated in detail.

In this work, we perform a time-domain FWI of Rayleigh wave in presence of free surface topography. For the forward modelling of synthetic waveforms, we use a second-order time derivative and fourth-order space derivative staggered-grid finite-difference method. The free-surface boundary condition is critical for the correct modelling of Rayleigh waves. It is implemented by an improved vacuum formulation. We use a conjugate-gradient algorithm for optimization. The adjoint-state method is used for the calculation of the gradient in the time domain. In this method, the gradient is calculated by the zero-lag cross-correlation of forward-propagating wavefield and back-propagating residual wavefield.

Checkerboard model tests with different topographic free surfaces showed that the existence of an irregular free surface does not (or only slightly) affect the resolution of inversion result if it can be correctly included during the inversion. While the neglecting of topographic free surface greatly decreases the resolution and accuracy of inversion result. This study suggests that it is essential to consider free surface topography when performing time-domain FWI of Rayleigh waves. Some synthetic models including both topographic free surface and lateral heterogeneity are also tested. They show that time-domain FWI of Rayleigh waves is an efficient way to delineate near-surface S-wave velocity structures when encountering both lateral heterogeneity and surface topography on a computational affordable cost.

S3.4-002

ActiveSeismoPick3D - a tool for automatic picking of 3D active seismic data, fast refraction tomography and velocity model visualization

*M. Paffrath*¹, S. Wehling-Benatelli¹, L. Küperkoch², N. Hauburg¹, M.S. Boxberg¹, W. Friederich¹*

¹Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum,

²BESTEC GmbH, Landau

We developed a tool for automatic determination of first arrivals in large active seismic datasets, subsequent tomographic inversion and velocity model visualization. A graphical user interface (GUI) is provided to allow easy application also to non-expert users. Due to an efficient interface between picking and tomographic inversion, together with a parallelization of the code, it is possible to calculate preliminary 3D models already in the field.

The software package ActiveSeismoPick3D is written in Python. For picking first arrivals, the software searches the maximum of a characteristic function which is calculated from the unfiltered waveforms and measures the deviation of the frequency distribution of the data from a Gaussian normal distribution. Picks may be refined by evaluating the Akaike information criterion in the vicinity of this maximum. The first arrival data, together with geometry information, are prepared in a way to be directly fed into the tomographic inversion code FM-TOMO. Output files are converted into the VTK format, allowing the 3D visualization of the resulting velocity models.

Additionally, the software offers tools for interactive quality control and postprocessing, e.g. various visualization and repicking functionalities. For flexibility, the tool also includes methods for the preparation of geometry information of large seismic arrays.

The tool was applied to two different 3D field data sets, with the larger survey consisting of almost 36.000 traces gathered from 97 shots, recorded at 369 receivers, deployed in a regular 2D array at the Rockeskyller Kopf volcanic complex in the Eifel, Germany. A three-dimensional P-velocity model of the subsurface was generated from these data and compared to a previous model generated from geomagnetic data.

S3.4-003

Magnetische Kartierung sowie 3D-refraktionsseismische und elektrische Tomographie zur Untersuchung eines Phonolith-Diatrems bei Rockeskyll, Westeifel

M.S. Boxberg, N. Hauburg, N. Plumpe, M. Paffrath, W. Friederich*

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum

In der Westeifel werden bei Rockeskyll außergewöhnlich große Sanidine gefunden, welche vermutlich in phonolithischen Tuffen aus einer stark differenzierten Magmenkammer stammen. Zur Lokalisierung des Diatrems, welcher das Material gefördert hat, wurde eine detaillierte magnetische Kartierung, sowie eine 2D elektrische Tomographie und eine 3D-refraktionsseismische Tomographie durchgeführt.

Für die magnetische Kartierung wurde die Totalintensität des Magnetfeldes an etwa 300 Messpunkten auf einer Fläche von etwa 200 m x 200 m gemessen. Die Messpunkte wurden mithilfe eines Lasertachymeters mit höchster Genauigkeit eingemessen.

Es wurde eine Anomalie von knapp 1500 nT detektiert. Die 2D elektrische Tomographie wurde an einem 100m langen Profil mit 50 Elektroden quer zur gemessenen Magnetfeldanomalie durchgeführt. Es wurden sowohl eine Dipol-Dipol-Auslage, als auch eine Schlumberger-Auslage gemessen. Für die 3D-refraktionsseismische Tomographie wurden 97 Schüsse an 369 Geophonen auf einer Fläche von 120 m x 120 m im Bereich der Magnetfeldanomalie aufgezeichnet. Um die daraus resultierenden 35.793 Einsatzzeiten zu picken und eine Tomographie durchzuführen wurde das Tool ActiveSeismoPick3D in Kombination mit dem Programm FMTOMO (Fast Marching Tomography) verwendet.

Die drei Verfahren wurden zunächst einzeln ausgewertet. Aus der magnetischen Kartierung wurde ein Modell des Untergrundes erstellt. Das Ergebnis dieser Modellierung ist ein annähernd zylinderförmiger Körper, dessen Oberkante sich etwa 10 m unter der Geländeoberkante befindet. Der Körper hat eine maximale Ausdehnung in Ost-West Richtung von 75 m und in Nord-Süd Richtung von 80 m. Die Auswertung der Geoelektrik liefert im Bereich des vermuteten Diatremms deutlich erhöhte elektrische Widerstände. Die Ergebnisse der Refraktionstomographie decken sich sehr gut mit der Modellierung aus der Magnetik und zeigen deutlich erniedrigte Geschwindigkeiten im Bereich des vermuteten Diatremms.

Die Lage des Diatremms wurde durch die Kombination der drei geophysikalischen Messverfahren mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmt. Die Bestätigung der Ergebnisse durch eine Kleinbohrung (z.B. Rammkernsondierung) steht noch aus.

S3.4-004

Der Erdfall von Schmalkalden – Hochauflösende Abbildung der oberflächennahen Strukturen mit SH-Wellen Reflexionsseismik

*S.H. Wadas^{*1}, S. Tschache¹, U. Polom¹, C.M. Krawczyk^{2,3}*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, ²GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam, ³TU Berlin, Berlin

Am 01.11.2010 ereignete sich im Wohngebiet von Schmalkalden ein Erdfall, der zu erheblichen Gebäudeschäden in der unmittelbaren Umgebung führte. Diese durch Auslaugung von löslichen Gesteinen im Untergrund (Subrosion) entstehenden Strukturen stellen weltweit ein hohes Georisiko dar, insbesondere wenn sie in urbanen Gebieten auftreten. Eine Charakterisierung der Subrosionsstrukturen ist daher von großer Bedeutung.

Schmalkalden liegt in Thüringen und gehört regionalgeologisch zum Südwestthüringischen Triasgebiet. Durch bruchtektonische Bewegungen seit der Oberkreide ist das Gebiet von tiefen Störungen durchzogen und von zahlreichen Bruch- und Klufflächen gekennzeichnet, welche zu einer erhöhten Gebirgspermeabilität führen. Oberflächennah sind Ablagerungen des Unteren Buntsandsteins anzutreffen, gefolgt von den salinaren Ablagerungen des Zechsteins, die den Auslaugungsbereich darstellen.

In der Umgebung des verfüllten Erdfalls wurden fünf 2-D reflexionsseismische Scherwellenprofile mit einer Gesamtlänge von ca. 900 m und ein Zero-Offset VSP in einer Bohrung bis zur Teufe von 150 m gemessen. Bei den 2-D Messungen kamen ein 120-Kanal-Landstreamer mit Horizontalgeophonen im Empfängerabstand von einem Meter sowie ein elektrodynamischer Mikrovibrator zum Einsatz. Für die VSP wurden eine Bohrlochsonde mit einem orientierten 3K-Geophon als Empfänger und elektrodynamische und hydraulische Vibratoren als seismische Quellen für P- und S-Wellen eingesetzt.

Die seismischen Sektionen der 2-D Messungen zeigen vertikale und laterale Variationen, die

auf einen heterogenen Untergrund deuten. Außerdem konnten oberflächennahe Störungen und Brüche identifiziert werden, die die Gebirgspermeabilität erhöhen und einen Einfluss auf die auftretende Subrosion haben. Subrosionssenken sind erkennbar und es konnten auch Auffälligkeiten bezüglich des Absorptionsverhaltens des seismischen Wellenfeldes im Untergrund detektiert werden. Die S-Welle bewegt sich in potenziellen Subrosionsbereichen langsamer, möglicherweise durch den zerrütteten Untergrund bedingt. Die auffällig niedrigen seismischen Geschwindigkeiten < 200 m/s wurden sowohl in den Oberflächen-, als auch in den Bohrlochdaten beobachtet, die daraus abgeleiteten z.T. niedrigen Werte des Schermodul < 100 MPa zeigen instabile Bereiche. Durch die kombinierte Anregung von P- und S-Wellen während der VSP-Messung konnten hohe V_p - V_s -Verhältnisse $> 2,5$ nachgewiesen werden, die ebenfalls auf einen instabilen Untergrund hindeuten können.

S4 Globale Beobachtungen und Modellierung

S4.1-001

Dynamic Evolution of the Van Allen Radiation Belts

*Y. Shprits**

GFZ, Potsdam, Potsdam

The Van Allen radiation belts consist of energetic electrons and ions at energies above 100 keV trapped by the Earth's magnetic field. These very energetic particles often referred to as "killer electrons" may be harmful to satellite electronics and humans in space. During geomagnetic storms, the radiation in the near-Earth space can dramatically increase and numerous anomalies are often reported satellite operators. Since the discovery of the belts by the first US satellite, over half a century ago, the origin of relativistic electrons in the radiation belts and physical mechanisms responsible for the dynamics of the belts has been a focus of extensive scientific research. We present an overview of recently discovered acceleration and loss mechanisms that determine the evolution of the belts and overview of the developed models of the space environment. We also present the real-time data assimilative framework based on the Versatile Radiation Belt Code (VERB). Using real time streams from ACE, Van Allen Probes, GOES, and predictions of Kp index we issue a most accurate now-cast by assimilating all available data and issuing a forecast based on the now-cast. Predictions on the global (3D) radiation environment in the near-Earth space allow us to calculate fluxes and fluencies on any satellite orbit.

S4.1-002

Global dynamic evolution of the cold plasma inferred with neural networks

*I. Zhelavskaya*¹, Y. Shprits¹, M. Spasojevic²*

¹GFZ Potsdam, University of Potsdam, Potsdam,

²Stanford University, Stanford, United States

The electron number density is a fundamental parameter of plasmas and is critical for the wave-particle interactions. Despite its global importance, the distribution of cold plasma and its dynamic dependence on solar wind conditions remains poorly quantified. Existing empirical models present statistical averages based on static geomagnetic parameters, but cannot reflect the dynamics of the highly structured and quickly varying plasmasphere environment, especially during times of high geomagnetic activity. Global imaging provides insights on the

dynamics but quantitative inversion to electron number density has been lacking. We propose an empirical model for reconstruction of global dynamics of the cold plasma density distribution based only on solar wind data and geomagnetic indices. We develop a neural network that is capable of globally reconstructing the dynamics of the cold plasma density distribution for L shells from 2 to 6 and all local times. We utilize the density database obtained using the NURD algorithm [Zhelavskaya et al., 2016] in conjunction with solar wind data and geomagnetic indices to train the neural network. This study demonstrates how the global dynamics can be reconstructed from local in-situ observations by using machine learning tools. We describe aspects of the validation process in detail and discuss the selected inputs to the model and their physical implication.

S4.1-003

Empirical models of thermospheric mass density derived from CHAMP satellite

*C. Xiong^{*1}, H. Luehr¹, C. Stolle^{1,2}*

¹GeoForschungsZentrum, Sektion 2.3, Potsdam,

²Faculty of Science, University of Potsdam, Potsdam

The thermosphere is the top layer of the gravitationally bound part of atmosphere, which is partly ionized and extending from about 80 km to over 600 km. The total mass density is the key parameter for orbit perturbation of low Earth orbiting (LEO) satellites; therefore, it is desirable for us to improve the understanding of the thermosphere. With the multivariable least-squares fitting method, we have used the 9-year observations of CHAMP satellite to construct empirical models of the thermospheric mass density. The models predict quite well the density with altitude range of 310-470 km, and different features have been found in the mass density during high and low solar activities. For example, the equatorial mass density anomaly is found more prominent at high solar flux condition, and the thermospheric equinoctial asymmetry is strongly dependent on solar activities; the longitudinal wave structures also shows dependence on solar activities, which is mainly wave-4 and wave-3 at higher solar flux level, while wave-3 and wave-2 at lower solar flux levels. The derived empirical model will help us to understand the Earth's upper atmosphere, and the vertical coupling of thermosphere-ionosphere

S4.1-004

Global monitoring by the Swarm satellite constellation mission

*C. Stolle^{*1,2}, G. Kervalishvili¹, H. Lühr¹, I. Michaelis¹, J. Rauberg¹, J. Rodriguez-Zuluaga^{1,2}, M. Rother¹, C. Xiong¹*

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Universität Potsdam, Potsdam

ESA's constellation mission Swarm was successfully launched on 22 November 2013. The three high inclination satellites are orbiting the Earth at 470 km and 520 km altitude. The two lower satellites are flying in constellation with a zonal separation of about 140 km at the equator, complemented by a third satellite a higher altitude and with a local time difference of currently about 6h to the lower pair. The spacecraft carry instruments for precise monitoring of the geomagnetic field and supporting instruments to measure and analyse the Earth's near space environment. Therefore, the mission provides unique observations on global scale that have been subject to exciting new scientific results.

Beside giving an introduction to the mission, this contribution will especially discuss advances from the constellation aspect and the multi-parameter monitoring, such as outlined in recent global high-resolution geomagnetic field modelling, global climatology of plasma irregularities in the low latitude upper atmosphere and ionospheric currents in the polar light region.

S4.2-001

Can a single plume explain widespread volcanism in the North Atlantic / Greenland region around 60 Ma?

*B. Steinberger^{*1,2}, E. Bredow¹, S. Lebedev³, A. Schaeffer⁴, T. Torsvik^{1,2,5,6}*

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Centre for Earth Evolution and Dynamics, Universität Oslo, Oslo, Norway, ³Dublin Institute for Advanced Studies, School of Cosmic Physics, Geophysics Section, Dublin, Ireland, ⁴Department of Earth Science, University of Ottawa, Ottawa, Canada, ⁵Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway, ⁶School of Geosciences, University of Witwatersrand, Wits, South Africa

Around 60 Ma, more or less simultaneous volcanism occurred in Baffin Island, Western and Eastern Greenland, the Faroes, the British Isles and offshore regions. After reconstructing Eurasia and Greenland (North America) back to their location around that time, by closing the Northeast Atlantic and the Labrador Sea, some of these locations are still ~2000 km apart from each other. If this is due to a single plume, material would need to flow for more than 1500 km from a putative plume center to some of the locations where volcanism occurred. Here we combine new insights from seismology, plate reconstructions and geodynamic modelling, and discuss how they may help with explaining the distribution of volcanism (the North Atlantic Igneous Province) in space and time.

Plate reconstructions in a moving hotspot reference frame position the Iceland plume near the East Greenland margin around 60 Ma. The Northeast Atlantic started opening shortly after that time in that area. Where plume material flows from there, and where melting occurs, depends on variations in thickness of the lithosphere. Here we infer its present thickness from a new Arctic tomography model AMISvArc, and use a plate tectonic model to reconstruct its thickness in the past.

The reconstructed lithosphere is rather thin (less than 100 km) along the East Greenland margin where the Northeast Atlantic started opening, as well as in the regions between the Iceland plume and Faroe Islands, Scotland and Ireland. Therefore plume material can be expected to have flown towards these regions, leading to volcanism there. The new tomography model also features a region of reduced seismic velocities in a corridor across Greenland. In particular higher temperatures in the 80-150 km depth range are indicated, pointing towards significantly thinner lithosphere. Such a corridor could facilitate flow of plume material beneath Greenland and have led to volcanism to the west of it, where seafloor spreading had occurred and the lithosphere had been thinned prior to opening of the Northeast Atlantic. In particular, this might occur if large-scale mantle flow is in a north to a-north-westerly direction.

S4.2-002

Are Superplumes a Myth?

B. Steinberger^{*1,2}, *C. Conrad*²

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

²Centre for Earth Evolution and Dynamics, Universität Oslo, Oslo, Norway

Two large seismically slow lower mantle regions beneath the Pacific and Africa are sometimes referred to as "superplumes". This name evokes associations of large-scale active upwellings, however it is not clear whether these are real, or rather just regular mantle plumes occur more frequently in these regions. Here we study the implications of new results on dynamic topography, which would be associated with active upwellings, on this question. Recently, Hoggard et al. (2016) developed a detailed model of marine residual topography, after subtracting isostatic crustal topography. Combining this with results from continents, a global model can be expanded in spherical harmonics. Comparison with dynamic topography derived from mantle flow models inferred from seismic tomography (Steinberger, 2016) yields overall good agreement and similar power spectra, except at spherical harmonic degree two where mantle flow models predict about six times as much power as is inferred from observations: Mantle flow models feature two large-scale antipodal upwellings at the seismically slow regions, whereas the actual topography gives only little indication of these. We will discuss here what this discrepancy could possibly mean and how it could be resolved.

S4.2-003

A worldwide census of continental rifting since 250 Ma: Impact on global plate motions and paleo-climate

S. Brune^{*1}, *S. Williams*², *N. Butterworth*², *D. Müller*²

¹Geodynamic Modelling Section, GFZ Potsdam, Potsdam,

²EarthByte Group, University of Sydney, Sydney, Australia

Continental rifts make up a small proportion of today's global plate boundary system, but their present extent is only a fraction of the total length of rifts generated during fragmentation of Pangea. Here we provide a global analysis of rift velocity and rift length history for the last 250 million years that combines state-of-the-art plate tectonic reconstructions with data from the geological rift record. The study is conducted via a novel python-based workflow that computes key rift variables in one million year time intervals. We suggest that rifts played a far more significant role in the geological past in modulating global plate motions and paleo-climatic conditions via diffuse CO₂ degassing than previously assumed.

Analysing regional rift kinematics we find that many successful rifts start with a slow phase of extension followed by rapid acceleration that introduces a fast rift phase prior to continental breakup. We reproduce the rapid transition from slow to fast extension using analytical and numerical modelling with constant force boundary conditions. Our results demonstrate that abrupt accelerations of entire plates during continental rifting are controlled by a rift-intrinsic strength-velocity feedback. The abruptness of rift acceleration is thereby governed by the nonlinearity of lithospheric localization. Realistic brittle and power-law rheologies lead to a speed-up duration between two and ten million years, in agreement with plate tectonic reconstructions.

It is well-accepted that volcanoes at plate boundaries release large amounts of CO₂ from the Earth's interior. Recent work, however, revealed the importance of deep-cutting faults and diffuse degassing on CO₂ emissions in the East African rift. Combining measured CO₂ fluxes from East Africa with our time-dependent rift length dataset, we estimate global rift-related CO₂ degassing rates for the last 250 Myr. In first-order agreement with paleo-atmospheric CO₂ concentrations from proxy data, these degassing rates correlate with the two distinct periods of elevated atmospheric CO₂ in the Mesozoic and Cenozoic. Compiling the length of other plate boundaries through time (mid-ocean ridges, subduction zones, continental arcs), we do not find such a correlation with the paleo-CO₂ record, which leads us to propose rift-related CO₂ degassing as a new major element of the deep carbon cycle.

S4.2-004

Evaluating the influence of plate boundary friction and mantle viscosity on plate velocities

*A. Osei Tutu*¹, B. Steinberger¹, I. Rogozhina^{1, 2}, S. Sobolev¹*

¹GFZ-Potsdam, Potsdam, ²Dept. of Geosciences/Geosystem modeling, University of Bremen, Bremen

Lithospheric plates move over an asthenosphere with low viscosity to achieve a balance of several forces. Driving forces include basal shear stress exerted by mantle convection, and plate boundary forces like slab pull and ridge push, whereas resisting forces include inter-plate friction and trench resistance, and cratonic root resistance. The rheological complexity of the upper mantle with cold dense subducting plates, deep cratonic roots in continents, and nonlinear viscosity variation due to large temperature variations, make it challenging to determine the exact contribution of each force, to the overall plate velocities, both in magnitude and orientation.

Using the 3D global lithosphere-asthenosphere model SLIM3D with visco-elasto-plastic rheology, coupled at 300 km depth to a mantle modelled with a spectral technique, we seek to understand the influence of plate boundary friction and asthenosphere viscosity and water content on plate motion. In our model, plate boundaries are defined as narrow zones in the upper 40 - 60 km with friction coefficient value as an input parameter constrained by experiments. As previous numerical models have suggested, a small coefficient of friction $\mu < 0.1$ (yield stress 100 MPa) can lead to plate tectonics in models of mantle convection. We show the significance of this friction coefficient using both constant and variable lithosphere thickness, with basal driving (or resisting) force derived from lower mantle flow.

S4.2-005

Sub-lithospheric structure beneath the Iranian Plateau from integrated geophysical-petrological modeling of slab breakoff

N. Mousavi, J. Ebbing*

Institute of Geosciences, University of Kiel, Kiel

In this study, the 3D thermochemical structure of the Iranian lithosphere and asthenosphere is investigated by integrated geophysical-petrological modeling using different data sets (elevation, geoid, gravity field, satellite gravity gradients, mantle xenoliths and seismic data). The density calculation with respect to the P-T conditions shows that heterogeneous asthenosphere is more dependent on the thermal structure than on composition. The seismic velocities and density structure of our model highlight a potential deep,

asthenospheric heterogeneity. The cold and dense slab of the Neo-Tethys is diving beneath the central Iran asthenosphere yielding a fast shear-wave velocity zone extended at depth. This is supported by recent published global and regional tomography model. In addition, the model confirms the documented Moho thickening and lithosphere thinning in Zagros mountains. The present sublithosphere model interprets the recorded magmatism in Urumieh-Dokhtar from upwelling lava after slab detachment.

S4.2-006

Begrenzte Polwanderung als Hinweis auf beständige Triaxialität der nichthydrostatischen Figur der Erde

*B. Steinberger^{1, 2}, M.-L. Seidel^{*3}, T. Torsvik^{1, 2, 4, 5}*

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Centre for Earth Evolution and Dynamics, Universität Oslo, Oslo, Norway, ³Werner-von Siemens Gymnasium, Berlin, ⁴Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway, ⁵School of Geosciences, University of Witwatersrand, Wits, South Africa

Auf geologischen Zeitskalen folgt die Erdrotationsachse der Achse des maximalen Trägheitsmoments des konvektierenden Mantels -- mit einer gewissen Verzögerung, da die Erdabplattung sich ebenfalls entsprechend ändert. Wir berechnen hier Änderungen der maximalen Trägheitsachse für verschiedene geodynamische Modelle, basierend auf der Verteilung von Subduktionszonen, sowie der Lage von thermochemischen "piles" während der geologischen Vergangenheit, und unter der Annahme einer konstanten Sinkgeschwindigkeit von slabs durch den Mantel. Modellparameter wurden innerhalb eines angemessenen Rahmens variiert, und unsere Modelle beinhalten typischerweise eine nahezu 90-Grad-Änderung der maximalen Trägheitsachse während des späten Mesozoikums. Dieses Modellergebnis kann hauptsächlich zurückgeführt werden auf eine Änderung der zirkumpazifischen Subduktion von zumeist im Norden und Süden zu zumeist im Osten und Westen, kombiniert mit dem annähernd konstanten Beitrag der "piles", und steht im Kontrast zu einer viel kleineren Polwanderung, wie sie sich aufgrund von Beobachtungen ergibt. Diese Diskrepanz deutet hin auf einen zusätzlichen Beitrag zum Trägheitstensor, der in diesem Modell nicht enthalten ist, möglicherweise aufgrund von slabs im untersten Mantel unterhalb der Polargebiete. Diese slabs wären vor mehr als 150 Millionen Jahren im Panthalassa-Becken subduziert worden, also während einer Zeit, von der fast nichts über Plattenbewegungen in Panthalassa-Becken bekannt ist. Eine Verringerung dieser Diskrepanz kann also möglicherweise auch helfen, mehr Informationen über diese ansonsten weitgehend unbekannt Plattenbewegungen zu erhalten.

S4.3-001

New insights into the mineralogy of D" beneath the North Atlantic region

S. Durand^{}, C. Thomas*

Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

In this study we provide new insights into D" mineralogy and conditions beneath the North Atlantic region by measuring its Vp/Vs ratio. To do so we use the earthquake of Mw 6.3 that occurred on April 2011 in Spain (Strait of Gibraltar) and was recorded at some 700 seismic stations of the US Transportable Array (TA). In order to investigate the D" layer we look for waves reflected off the top of it, namely PdP and SdS, and we compare them to reference phases, such as PcP and ScS, so that the difference between both is sensitive to the D". Because the TA is a very dense array we are able to provide a continuous map of the detection

or not of PdP and SdS waves. We then perform $\delta t_{\text{PCP-PdP}}$ and $\delta t_{\text{ScS-SdS}}$ delay time measurements. These delay times are sensitive to Vp and Vs in D'' and to the thickness of D''. We finally invert these delay times by running a Bayesian inversion. We find that the D'' layer should be at least 280~km thick, with the best data fit obtained for 294~km. This thickness yields $dVp/Vp \sim 0.63\%$ and $dVs/Vs \sim 0.75\%$ which gives a low $d\ln(Vs)/d\ln(Vp)$ ratio, close to one, and a sonic velocity perturbation $dV\Phi/V\Phi \sim 0.56\%$. These values suggest that a pure MgSiO₃ post-perovskite cannot explain the presence of the D'' seismic discontinuity. Instead, it is more likely to be caused by chemical anomalies with/without temperature variations.

S4.3-002

Observations of high frequency teleseismic wave scattering at distances beyond 140 degrees

C. Sens-Schönfelder^{*1}, *K. Bataille*², *M. Bianchi*³

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 2.4 Seismologie, Potsdam, ²Geoscience Department, Universidad de Concepción, Concepción, Chile, ³Centro de Sismologia, Universidade de São Paulo, Sao Paulo, Brazil

Deep Earth scattering is largely dominated by heterogeneity at the core-mantle boundary. This has been studied extensively using PKP precursors at distances between 120-140 degrees and frequencies around 1Hz. We investigate a much higher frequency range above 3Hz where teleseismic waves are rarely observed and seismic energy is strongly attenuated in the inner core. Using data from deep earthquakes we show that seismic energy at this frequency arrives between PKPdf and PKPab at distances where PKPbc is not expected. This energy does not cross the inner core and cannot be regarded as PKIKP coda. Using Monte-Carlo modelling of the radiative transfer equation that describes the energy propagation we show that this energy can result from scattering at the core-mantle boundary just like PKIKP precursors around 130 distance.

From these observations we conclude that significant small scale heterogeneity exists in the deep Earth - most likely in the lower mantle to affect waves above 3Hz. Alternatively rough topography of the CMB could deflect energy. The new observation of PKPab precursors at at distances larger than 140 degrees and above 3Hz will allow to obtain additional constraints on the depth distribution and character of the responsible heterogeneity.

S4.3-003

Impact of crustal model errors on mantle gravity residuals

W. Szwilius^{*1}, *J. Ebbing*¹, *W.D. Mooney*²

¹Institut für Geowissenschaften, Universität zu Kiel, Kiel,

²United States Geological Survey, Menlo Park, United States

Active seismology provides the best knowledge of thickness and seismic velocity of the crust. However, seismic experiments are generally constrained to profiles and hence do not provide complete spatial coverage. Passive seismology can complement active seismology, but is often adversely affected by sparse station coverage. Therefore, crustal properties are often interpolated, which leads to smoothing and might not reproduce the true crustal structure.

This has consequences if such models are used to estimate upper mantle densities by stripping of a crustal structure from the gravity field. The residual gravity field reflects both possible density anomalies in the mantle and the errors in the crustal model.

We interpolate points from a database of active source seismic data acquired in the last 60

years. We chose to focus on North America, because this continent is arguably best covered by seismic data. Our interpolation method is based on Kriging and provides uncertainties in addition to the gridded values. We find that in most of the continental United States, the Moho uncertainty is less than 4 km. Outside of the United States, far higher uncertainties of up to 10 km are not uncommon.

The uncertainties of the crustal model are propagated to the crustal gravity field. We find that at a height of 225 km the gravity uncertainty can be less than 5 mGal in the best-studied areas. However, some areas (i.e. the Arctic regions) are affected by gravity uncertainties of up to 90 mGal.

S4.3-004

Consistent 3D Earth modelling by integrating seismological and satellite gravity data

*J. Ebbing^{*1}, B. Root², W. Szwillus¹, 3D Earth Study Team*

¹Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel,

²TU Delft, Delft, Netherlands

Satellite data are an ideal tool for global modelling due to their spatial and temporal resolution and the ESA STSE “3D Earth” aims at establishing a reference Earth model. For example, the characteristics of satellite gravity gradients allow in combination with seismological models to study the lithosphere in a consistent manner with great detail.

However, in the integration of seismological models and satellite observation towards a consistent image of the crust and upper mantle in 3D certain challenges arise. A question is the consistency in resolution and accuracy of seismological and density models. The spectral content of such models does not necessarily agree and there is a need for establishing common frames to jointly analyse gravity and seismological models.

We will discuss the limitations and sensitivities of different geophysical methods in the context of their imaging capability and in combination for forward and inverse modelling of the Earth’s internal structure. Such analysis will for example help to assess the role and feedback of isostatic (lithospheric) and dynamic (deep Earth) effects in shaping the surface of the Earth.

S4.3-005

On global and regional aspects of archeomagnetic intensity spikes

*M. Korte^{*1}, C. Constable²*

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

²Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, United States

Variations of the geomagnetic field prior to direct observations can be inferred from archeo- and paleomagnetic experiments. Investigations of past secular variation are relevant towards understanding

the geodynamo process in Earth’s core. Apparent unusual variations not seen in the present day and historical field are of particular interest to constrain the full range core dynamics.

Recently, archeomagnetic “intensity spikes”, characterised by very high field values associated with rapid secular variation rates, have been widely discussed. They have first been noted in data from the Levant at around 900–BCE and have subsequently been confirmed by data from Turkey and Georgia. The most recent assessment of the Levantine data, involving a rigorous quality assessment, interprets the observations as an extreme local geomagnetic

high with at least two intensity spikes between the 11th and 8th centuries BCE (Shaar et al., 2016, *Earth and Planetary Science Letters*). However, studies invoking intense magnetic flux spikes at the core-mantle boundary, or core flow models under the frozen flux approximation, cannot reconcile a strongly localized surface spike with presently accepted understanding of the geodynamo process in Earth's core. Moreover, recently reported high intensity values from other parts of the world, e.g., China and Texas, at similar times raise the question of whether such features might be common occurrences, or whether they might even be part of a global magnetic field feature.

We use spherical harmonic modelling to test two hypotheses: firstly, whether the Levantine and other potential spikes might be related to higher than previously thought dipole field intensity around 1000~BCE, and secondly, whether the observations from different parts of the world are compatible with a single drifting intense flux patch. Preliminary results indicate that a connection of the spikes to high dipole moment seems conceivable if assuming rather high dipole variation rates, but the observed spikes in China and the Levant do not seem to be caused by westward drift of an intense magnetic flux patch.

S4.3-006

Identifying ENSO's footprints in the oceanic tidal magnetic field

J. Petereit, J. Saynisch, M. Thomas*

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

The presented study investigates the sensitivity of the oceanic tidal magnetic field towards the El Niño-Southern Oscillation (ENSO). The temporal variability of seawater conductivity causes a temporal variation in local oceanic tidal induced magnetic field maxima. Seawater conductivity, in return, is determined by its temperature and salinity. Climate variations cause changes in seawater temperature and salinity, e.g., through changes in heat and freshwater fluxes. Therefore, climate variations can cause anomalies in the oceanic tidal induced magnetic field.

El Niño and La Niña events and corresponding ocean conductivity distributions are obtained from a coupled ocean and atmosphere global circulation model, covering a time span of 50 years. The ocean conductivity is combined with oceanic tidal flow and Earth's geomagnetic field to simulate the oceanic tidal magnetic field. The tidal flow is provided by a global model of ocean tides. The geomagnetic field was obtained from the international geomagnetic reference field (IGRF-12).

Subsequently, the anomalies in the oceanic tidal magnetic field caused by ENSO are estimated and analyzed. An accurate model-based estimation of these anomalies may be used to detect the ENSO climate phenomenon in the oceanic magnetic field measurements.

SM Seismik

SM.1-001

Seismostratigraphy of the Eastern Lomonosov Ridge and Adjacent Amundsen Basin

*E. Weigelt**, *W. Jokat*

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Geophysik, Bremerhaven

The contribution presents high-resolution seismic reflection profiles collected along and across the Lomonosov Ridge with a focus on its Eurasian side. The seismic lines provide images on the structure of sedimentary sequences and the surface of the acoustic basement. We will describe our findings in special view to appropriate drill site locations proposed for the upcoming IODP-708 project (ACEX II).

All profiles show similar reflection characteristics for the upper sedimentary succession corresponding to seismic records of other regions of the Arctic Ocean. This enabled a classification into seismic units and the assignment of ages after present seismostratigraphic models. A tie point for dating is a pronounced high-amplitude reflectors sequence (HARS), which is the most striking feature in the Siberian part of the Arctic Ocean. The top of the reflector band is suggested to mark the end of Oligocene, and its base likely corresponds to the base of Eocene (56 Ma). The interval velocities in this HARS show only minor changes or even decrease compared to the seismic units above which we associate with the presence of black shales. The HARS indicates strong and widespread changes in deposition conditions associated with reorientation of Arctic Plates, accompanied by gradual opening of the Fram Strait, and widespread regression of sea level. The top of HARS seems to present a gliding plane as indicated by mass wasting structures in the sequences above. Another marked seismic unit, as well striking by high-amplitude reflectors, parallels the seafloor with a constant thickness of about 160 m. Likely it marks the large-scale glaciation of the northern hemisphere, and its widespread impact on the deposition environment of the ridge and adjacent basins. A pronounced BSR as described in earlier studies turned out to be an artefact resulting from a bubble signal.

Towards the Amundsen Basin the slope of the Ridge is structured into three faulted crustal blocks indicating large scale vertical motions which we associate with gradational rifting and opening of the Eurasian Basin. All seismic profiles reveal resembling sedimentary sequences on these blocks. The top of HARS can be well defined on each line, and the seismic units above show striking similarities in thickness and internal reflection pattern along the whole observed region. That indicates that widespread and pelagic sedimentation prevailed since late Oligocene times on the ridge and adjacent basin.

SM.1-002

Integrative velocity model building for imaging a geothermal reservoir in southern Tuscany, Italy

L. Schreiter^{*1}, *S. Ciuffi*², *S. Buske*¹

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Enel Green Power, Geothermal Center of Excellence, Pisa, Italy

Deep geothermal reservoirs are generally characterized by high temperatures and pressures, sometimes located in hard rock environments and even close to a super-critical state.

For characterization of such a deep super-critical geothermal reservoir, the imaging of the subsurface at the highest possible resolution is required to reduce the uncertainties in exploration prior to the drilling phase.

Several seismic surveys were carried out for characterization of a possible drilling target within a deep super-critical geothermal reservoir in Tuscany (project DESCRAMBLE). Seismic data were acquired in the form of 2D seismic reflection surveys as well as Vertical Seismic Profiling (VSP), the latter complemented by simultaneous recording of the source signals by a surface network covering an area of approximately 6 km x 6 km around the drill site. The investigation area itself is characterized by a complex geology with strong velocity contrasts, near-surface inhomogeneities and fracture zones.

At first, the processing of the recorded seismic wavefields aimed at the determination of a seismic velocity model by a multidisciplinary approach. The application of conventional methods is limited due to the low resolution of the stacking velocities, significant lateral velocity changes and strong influence of noise. We performed first-arrival traveltime tomography and derived borehole velocities to tackle the complexity of the geology. Below the bottom of the borehole, results from laboratory measurements of rock samples from deeper neighboring wells were integrated into the velocity model. This approach limits the ambiguity, which depends on the existence and distribution of the neighboring wells in the investigation area. The results contribute to a robust migration velocity model used for an uncertainty depth analysis at the target horizon.

In a next step, the influence of the velocity model on the seismic imaging result is tested by the application of three-dimensional focusing prestack depth migration methods. Especially for sparse datasets the velocity model has a significant influence on the positioning of the reflectors. Further investigations will focus on a more precise image of the target horizon and the derivation of the seismic parameter contrast by illuminating the target horizon at different angles.

SM.1-003

Joint acoustic full-waveform and gravity inversion applied to a synthetic salt dome model

*M. Pontius*¹, T. Bohlen¹, P.L. Smilde², C. Mueller²*

¹Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe,

²TERRASYS Geophysics, Hamburg

Seismic full-waveform inversion (FWI) has become increasingly popular in recent years because of its high resolution and its capability to handle highly heterogeneous subsurfaces. While seismic velocity models can be built reliably in most cases, the handling of density is still challenging because of the low sensitivity of seismic waves to density variations and trade-off effects between the involved parameters, also known as cross-talk. In contrast, for gravity usually only observations of limited quantity and accuracy are available. It therefore requires other information to resolve certain aspects of the model.

We performed a joint acoustic full-waveform and gravity inversion and tested this approach applying a synthetic reconstruction test to a salt dome structure which is embedded in sedimentary layers. The reconstructed density model of the joint inversion contains short wavelength information about sedimentary layers which is not included in the pure gravity inversion results. Compared to the pure acoustic FWI the joint inversion suffers less from trade-off effects and the final density model satisfies the pseudo-observed gravity field. In contrast, the final gravity field of the acoustic FWI shows significant residuals.

In conclusion, the joint inversion allows a more reliable interpretation of density distributions than each individual method.

SM.1-004

A correlation-based time-lapse full-waveform inversion for cross-well data

*I. Abakumov*¹, D. Kiyashchenko², B. Kashtan³, D. Gajewski¹*

¹Institute of Geophysics, University of Hamburg, Hamburg,

²Brunei Shell Petroleum, Seria, Brunei Darussalam,

³Department of Physics, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

The main objectives of the time-lapse seismic monitoring are to improve oil recovery, especially in mature fields, and to evaluate the potential hazards. To achieve these objectives, changes between the original (baseline) and repeated (monitor) surveys are identified and analyzed. These changes (wave traveltimes delays, wave amplitude and phase variations) are inverted into the changes of the P- and S-wave velocities, so-called time-lapse velocity anomalies. Accurate reconstruction of the time-lapse velocity anomalies is important for many applications, such as enhanced oil recovery, localization of subsidence, reservoir monitoring, etc.

The conventional time-lapse cross-well tomography requires picking first-arrival traveltimes in baseline and monitor data. Then, the resulting time delays are inverted into velocity changes. The result of tomography significantly depends on the first-arrival signal quality and picks reliability. Another issue with the cross-well traveltimes tomography is that it usually has limited lateral resolution due to the specific acquisition geometry. The use of reflections in the cross-well data may improve the resolution and provide additional information to constrain velocity model.

Full-waveform inversion (FWI) becomes more widely used for subsurface characterization. The attractive feature of FWI is its potential ability to make use of reflected and refracted waves, multiples and other features of the full wavefield not normally used by conventional velocity analysis or imaging. The most of FWI methods are based on minimization of the misfit between the modelled and observed wavefields. Such approaches are sensitive to the kinematics and amplitudes of the observed wavefield.

We propose to use the correlation-based misfit functions for FWI. Since these misfit functions are sensitive mainly to kinematic features of the observed wavefields, the proposed approach is more stable with respect to data repeatability issues. The proposed approach is especially interesting for time-lapse applications. It does not require phase and amplitude compensation prior to inversion and allows reconstruction of highly resolved anomalies with the improved lateral resolution.

SM.2-001

Seismische Abbildungsmethoden von Übertieften Alpenen Tälern und Becken

*T. Burschil*¹, H. Bunes¹, D.C. Tanner¹, G. Gabriel¹, C.M. Krawczyk^{2,3}*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, ²jetzt Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ³TU Berlin, Berlin

Alpine Becken und Täler sind von besonderer gesellschaftlicher Relevanz, da diese bedeutende Siedlungsgebiete bilden sowie entlang der Alpenhaupttäler wichtige Infrastruktur verläuft. Eine besondere Form - übertiefte Täler und Becken - wurden durch subglaziale Schmelzwässer ausgeräumt; ihre Basis liegt unterhalb der fluviatilen Erosionsbasis. Beim Abschmelzen der Eisschilde wurden sie vollständig verfüllt oder sind als Seen erhalten. Ihre Struktur und sedimentäre Füllung geben Aufschluss über die Genese und liefern wichtige Informationen für eine Prognose der Landschaftsentwicklung während zukünftiger Kaltzeiten.

Das ICDP-Projekt *Drilling Overdeepened Alpine Valleys (DOVE)* untersucht die Entwicklung übertiefer Täler und Becken und korreliert die Ergebnisse über den gesamten Alpenraum. Dabei spielt die seismische Erkundung eine wesentliche Rolle, u.a. um geeignete Bohransatzpunkte und -pfade zu finden.

Ein vorbereitendes DFG-Projekt erforscht den Einsatz von Mehrkomponentenseismik zur Abbildung von übertieften Tälern und Becken. An zwei Standorten, dem Tannwaldbecken (BW) und dem Lienzer Becken (A), hat das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik P-Wellen Reflexionsseismik durchgeführt, um die geologische Struktur und Fazies der Testgebiete zu erkunden. Aufbauend auf diesen Informationen wurden S-Wellen Messungen, sowohl SH-Polarisierung als auch 6-Komponenten Registrierungen mit SV- und SH-Anregung, zur methodischen Entwicklung durchgeführt.

Fünf P-Wellen Profile bilden die Struktur des Tannwaldbeckens, einem Randbecken des Rheingletschers, ab. Starke Reflektoren zeigen die Beckenbasis in bis zu ca. 240 m Tiefe. Interne Strukturen erlauben eine seismische Fazies-Charakterisierung (lakustrin, glaziofluvial, deltaisch) der Beckenfüllung. SH- und 6-K Profile zeigen ebenso die übergeordneten Strukturen sowie zusätzliche Informationen, variieren aber stark in der Abbildungsqualität. Anhand der seismischen Interpretation werden zwei mögliche Bohrpunkte für DOVE vorgeschlagen.

Erste P-Wellen Ergebnisse für das Lienzer Becken zeigen eine ca. 600 m tiefe, asymmetrische Beckenform. Interne Reflektoren deuten auf verschiedene Ablagerungen hin. Die vorläufige Auswertung der S-Wellen Seismik bildet die Strukturen weniger deutlich ab und benötigt eine umfassendere Untersuchung.

Als bisheriges Fazit eignen sich P-Wellen Reflexionsseismik gut zur Abbildung von übertieften Strukturen im Alpenraum während S-Wellen Seismik zusätzliche Informationen beisteuern kann.

SM.2-002

Geophysikalische Erkundung für die Tunnelneubaustrecke Dresden-Prag im Bereich der Struktur Börnersdorf

L. Sonnabend, F. Hlousek, S. Buske*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Im Rahmen der Grundgebirgskartierung des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wurde ein Sedimentbecken aus der Oberkreide mit Mergeln und Sandsteinen nahe Börnersdorf im Osterzgebirge durch drei oberflächennahe Rammkernsondierungen lokalisiert. Seit 2011 wurden im Bereich dieses Beckens zur genauen Klärung der Genese mehrere komplexe integrierte geophysikalische Messkampagnen durchgeführt. Diese beinhalteten eine hochauflösende flächenhafte magnetische Kartierung, sowie gravimetrische, geoelektrische und seismische 2D- & 3D-Profilen innerhalb und außerhalb des Beckens. Durch diese stetig wachsende Datengrundlage konnte sowohl die laterale Erstreckung als auch der innere Aufbau des Beckens relativ gut bestimmt werden. Die Genese konnte speziell durch eine hochauflösende 3D-Seismik im Jahre 2015 innerhalb des Beckens in Verbindung mit den ca. 1.8 km langen seismischen 2D-Profilen im süd- und westlichen Randbereich der Struktur genauer untersucht werden. Nach deren Bearbeitung und dem aktuellen Kenntnisstand erscheint eine tektonische Entstehung als wahrscheinlichste Variante. Dass die Struktur

ihren Ursprung in einer vulkanischen Maarstruktur begründet, konnte nicht bestätigt werden.

Aktuell laufen die Planungen für den Bau eines neuen Eisenbahntunnels im Rahmen der Neubaustrecke Dresden-Prag, der das Erzgebirge im Bereich der Struktur Börnersdorf quert. Aufgrund dessen wurden 2016 weitere geophysikalische Messungen westlich der Struktur im Bereich der Tunneltrasse durchgeführt, um in diesem Bereich die tektonische Situation genauer beurteilen zu können. Dazu wurden drei seismische Profile mit einer Länge von ca. 480 m und einem Quellpunktabstand von 4 m akquiriert. Die Anregung erfolgte mit einem beschleunigten Fallgewicht. Nach dem Pre-Prozessing der Daten wurden diese im Anschluss mit verschiedenen Migrationsverfahren bearbeitet. Im Resultat konnte ein komplexes Abbild der Störungssituation westlich der Struktur gewonnen werden. Das entstandene Untergrundabbild wurde mit allen zur Verfügung stehenden geophysikalischen Daten aus dem Messgebiet verglichen und umfassend interpretiert. Die Ergebnisse unterstützen eine tektonische Entstehungstheorie der Struktur und fließen direkt in die Planung der Tunneltrasse ein.

SM.2-003

Anwendbarkeit von Migrationsoperatoren für die Zustandsüberwachung von industriellen Strukturen mittels geführten elastischen Wellen

*R. Neubeck^{*1,2}, S. Buske¹, B. Weinhacht²*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Dresden

Industrielle Strukturen unterliegen einem Alterungsprozess, der zu Materialermüdung bis hin zur Beeinträchtigung wesentlicher Funktionen führt. Besonders kritische Infrastrukturen werden deshalb zyklisch mittels zerstörungsfreier Prüfverfahren, wie beispielsweise Ultraschall, auf Materialermüdung untersucht, um gegebenenfalls rechtzeitig Gegen- und Instandhaltungsmaßnahmen zu ergreifen. Der Nachteil solcher Wartungszyklen ist, dass sie nur punktuell über die Lebenszeit verteilt und meist außerhalb der Betriebszeiten durchgeführt werden können.

Einen alternativen Ansatz verfolgt die Zustandsüberwachung mittels geführten elastischen Wellen durch räumlich dünnbesetzte und ortsfeste Netzwerke aus piezokeramischen Sensoren. Hierbei kann eine Prüfung in nahezu beliebigen Abständen, generell ohne Beeinträchtigung des Betriebsablaufes und unter variierenden Umweltparametern erfolgen. Im Gegensatz zu klassischen Ultraschallprüfungen, welche als punktuelle Messungen von Raumwellen (Kilo- bis Megahertz-Bereich) auf der Oberfläche einer Struktur zu verstehen sind, stellen geführte Wellen integrale Messungen durch superpositionierte Oberflächenwellen (Kilo- bis zum unteren Megahertz-Bereich) dar. Der niedrigere Frequenzbereich, die physikalisch komplexere Wellenausbreitung, der stärkere Einfluss der Geometrie einer Struktur und die generell geringere Datendichte stellen besondere Anforderungen an die bildgebenden Methoden zur Defektlokalisierung und -identifikation, welche von geophysikalischen Migrationsoperatoren wie Kirchhoff-, Fresnel-Volumen- oder Reverse-Time-Migration erfüllt werden kann.

Anhand von exemplarischen Daten aus dem EFRE-Forschungsprojekt Quant-SHM werden die nötigen Schritte der Datenvorverarbeitung, die Anpassungen der Migrationsoperatoren und die genutzten Abbildungsbedingungen erläutert, um mittels 4-Biege-Versuche eingeschwungene Risse an Schweißnähten von Stahlrohren mit einer Wanddicke von 10mm zu lokalisieren.

SM.2-004

Analytische Fernfeldlösung der seismischen Wellenausbreitung im Rahmen der Bohrlochvorauserkundung

*M. Linke*¹, T. Geerits², O. Hellwig¹, S. Buske¹*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Baker Hughes Inteq GmbH, Celle

Eine große Herausforderung in der Kohlenwasserstoffexploration ist die weiträumige Erkundung der Geologie im Umfeld einer Bohrung. Sie ist notwendig, um frühzeitig Strukturen im Untergrund zu erkennen und gegebenenfalls darauf reagieren zu können (Geosteering). Das Mittel der Wahl ist die sogenannte Logging-While-Drilling-Technologie (LWD), die es ohne Zeitverlust erlaubt, während des Bohrvorgangs die Bohrlochumgebung zu erkunden. Diese sehr effektive Methode setzt dabei vermehrt auf die Auswertung von Scherwellen, angeregt mittels einer Dipolquelle, und deren Reflexionen an Strukturen in der Bohrlochumgebung. Die Entwicklung einer solchen Technologie basiert weitestgehend auf computergestützten Simulationen. Hierbei gibt es verschiedenste Ansätze. Eine analytische Lösung besitzt einen besonderen Reiz, da sie im Hinblick auf Rechenzeit und Ressourcenverbrauch gegenüber den vorrangig eingesetzten numerischen Approximationslösungen, wie z. B. Finite-Differenzen o. Ä., deutliche Vorteile bietet und zudem noch die exakte Lösung des Problems liefert. Sie stößt aber schnell an ihre Leistungsgrenze, da sie meist nur für sehr einfache Modelle eine handhabbare und vor allem auswertbare Formulierung aufweist. Hinsichtlich unserer Problemstellung liegt eine hinreichend einfache Geometrie vor, sodass wir primär die analytische Fernfeldlösung für die seismische Wellenausbreitung um das Bohrloch herum in zylindrischen Koordinaten untersuchen. Das besondere unserer Lösung ist die Verwendung der Bornschen Näherung erster Ordnung zur Berechnung der am Reflektor auftretenden Streuung, welche eine Alternative zu den oft genutzten Zoeppritz-Gleichungen darstellt. Da alle Signale in einem fluidgefüllten Bohrloch registriert werden, sind vor allem der Druck und die Partikelgeschwindigkeit im Bohrloch selbst von Interesse. Der gegenwärtige Stand der Theorie und Methodik, wie eine analytische Lösung dieser Größen erhalten werden kann, wird erläutert. In Bezug auf die oben angesprochene Entwicklung der LWD-Technologie dient die Untersuchung der Abstrahlcharakteristik von Scherwellen als ein gutes Beispiel. Hierbei wird der Einfluss des Bohrlochs selbst und eines im Bohrloch befindlichen Bohrgestänges in Abhängigkeit der Signalfrequenz analysiert. Des Weiteren werden erste Ergebnisse des analytisch berechneten Wellenfeldes in der Formation mit der Lösung einer Finite-Differenzen-Software verglichen.

SM.2-005

Implementierung exakter Randbedingungen an der Bohrlochachse für seismische Finite-Differenzen-Simulationen in Zylinderkoordinaten

O. Hellwig, M. Linke, S. Buske*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Für die Simulation der seismischen Wellenausbreitung in Bohrlöchern stellen Zylinderkoordinaten ein passendes Koordinatensystem dar. Zur Lösung der Wellengleichung verwenden wir ein Finite-Differenzen-Verfahren zweiter Ordnung basierend auf der Geschwindigkeits-Spannungs-Formulierung, wobei die Zeitintegration mit Hilfe eines expliziten Leapfrog-Verfahrens realisiert wird. Die zu lösenden Gleichungen in Zylinderkoordinaten enthalten neben den Ableitungen nach den Raumrichtungen r (radiale Richtung), θ (Azimut) und

z (Tiefe), die durch zentrale Differenzen approximiert werden, auch $1/r$ -Terme. Die Schwierigkeit besteht nun darin, an der Bohrlochachse bei $r=0$ geeignete Randbedingungen zu formulieren und in den Finite-Differenzen-Algorithmus zu integrieren, um eine physikalisch sinnvolle, beschränkte Lösung der seismischen Wellengleichung zu erhalten. Zur Herleitung dieser Randbedingungen wird die analytische Lösung an der Bohrlochachse für ein in z -Richtung unendlich ausgedehntes Bohrloch betrachtet. Die analytische Lösung enthält unter anderem die modifizierten Besselfunktionen erster Art der Ordnung n sowie deren Ableitungen. Die Ordnung n bezeichnet dabei die azimutale Wellenzahl. Das Verhalten der einzelnen Wellenfeldkomponenten in der Nähe des Koordinatenursprungs wird von den Besselfunktionen bestimmt. In Abhängigkeit von der azimutalen Wellenzahl verschwinden einzelne Komponenten der Partikelgeschwindigkeit und des Spannungstensors an der Bohrlochachse. Dieses Verhalten entspricht homogenen Dirichlet-Randbedingungen, die leicht zu implementieren sind. Andere Wellenfeldkomponenten sind beschränkt und symmetrisch bezüglich der Bohrlochachse. Anhand der analytischen Lösung lässt sich nachvollziehen, dass sich für diese nichtverschwindenden Wellenfeldkomponenten äquivalente Ausdrücke durch Kombination passender anderer Wellenfeldkomponenten finden lassen, die leicht mittels Finite-Differenzen formuliert werden können. Auf diese Weise erhält man eine exakte Darstellung der räumlichen Ableitungen und der $1/r$ -Terme an der Bohrlochachse bei $r=0$. Ein Vergleich der Finite-Differenzen-Lösung mit der analytischen Lösung für ein Anwendungsbeispiel mit einer einfachen, typischen Modellgeometrie aus der Bohrlochseismik zeigt, dass die vorgestellte Finite-Differenzen-Implementierung der Randbedingungen bei $r=0$ korrekte Ergebnisse liefert.

SM.2-006

Geschwindigkeitsvoraussage mittels des Porositätsdeformationsansatzes: einige unterstützende Bedingungen für die Parameter

S. Mayr, V. Sviridov, S. Shapiro*

FR Geophysik, Freie Universität Berlin, Berlin

Zur Interpretation von 4-D-Seismik und Bohrlochdaten sind einfache Gesteinsmodelle zur Modellierung der Spannungsabhängigkeit der seismischen Geschwindigkeiten hilfreich. Der von uns verwendete tensorielle Porositätsdeformationsansatz ist physikalisch begründet und bietet z.B. die Möglichkeit, die Anzahl der freien Parameter zu reduzieren. Der Ansatz beschreibt ursprünglich nur die Diagonalelemente des Compliances Tensors und vernachlässigt die Veränderung der Nichtdiagonal-elemente. Für die Vorhersage der Geschwindigkeiten ist jedoch die Kenntnis aller Komponenten notwendig. Zur Beschreibung von transversal isotropen Gesteinen verwenden wir hier die Annahme, dass die „Anelliptizität“ null ist und sich bei Belastung nicht ändert. Durch diese zusätzliche Einschränkung können wir das Verhalten der Komponente S_{13} in VTI Gesteinen unter Belastung analysieren sowie die in schräger Richtung zur Symmetrieachse sich ausbreitende Quasi-P-Wellengeschwindigkeit abschätzen. Wir zeigen für seismisch elliptisches Gestein unter uniaxialer Belastung, dass S_{13} konstant bleibt, wenn nur die Änderung zusammendrückbaren Porosität berücksichtigt wird, während für die Änderung steifer Porosität eine lineare Änderung vorhergesagt wird. Wir danken den Firmen DEA Deutsche Erdoel AG, ENGIE E&P Deutschland GmbH, ExxonMobil Production Deutschland GmbH und Wintershall Holding GmbH für die Finanzierung des DGMK-Projektes 741 und die Freigabe der Ergebnisse.

SM.3-001

Seismic imaging of the K-Horizon below a geothermal field in mid-southern Tuscany

T. Jusri^{*1}, *R. Bertani*², *I. Dini*², *S. Buske*¹

¹Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, ²Enel Green Power, Geothermal Center of Excellence, Pisa, Italy

We present the result of our work on seismic imaging of the K-Horizon below a geothermal field in mid-southern Tuscany, Italy. The key processing steps included careful static corrections prior to the imaging and the used imaging technique itself. We performed the static corrections using velocities derived from first-arrival traveltime tomography. We show that this technique can reveal the key reflections more coherently than the widely used refraction statics technique. Additionally, we removed a significant number of noisy traces by an unusual technique which utilises particular energy-related seismic attributes. This technique assures that the critically noise-contaminated traces were eliminated effectively and efficiently prior to the imaging. In the imaging part, we tested the Kirchhoff Pre-stack Depth Migration and the Fresnel Volume Migration techniques. A more accurate image of the K-Horizon was obtained by incorporating the velocity function from a vertical seismic profiling measurement in the area into the migration velocity. Our imaging approach has resulted in a clear and reliable structural image of K-Horizon which provides important information for the characterization of the reservoir and the steering during drilling of a geothermal well in the field.

SM.3-002

Pre-stack depth migration of surface and VSP data in an anisotropic crystalline environment at the COSC-1 borehole, central Sweden

H. Simon^{*1}, *S. Buske*¹, *F. Krauß*², *R. Giese*², *P. Hedin*³, *C. Juhlin*³

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 6.4 Zentrum für Wissenschaftliches Bohren, Potsdam,

³Uppsala University, Department of Earth Sciences, Uppsala, Sweden

The Scandinavian Caledonides represent a well preserved deeply eroded inactive Palaeozoic orogen. Surface geology in combination with geophysical data provide control of the large scale geometry of the Caledonian structure. The project COSC (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) investigates the structure and physical conditions of the orogenic units and the underlying basement with two approximately 2.5 km deep fully cored scientific boreholes in central Sweden. The COSC-1 borehole was successfully drilled in 2014. Thus, a continuous geological section through the Lower Seve Nappe was obtained. This unit, mainly consisting of gneisses, has been ductilely deformed and transported during the collisional orogeny. In order to allow the extrapolation of results from core analysis and downhole logging to the structures around the borehole, several surface and borehole based seismic experiments were conducted. One of them was a multi-azimuthal walkaway VSP survey in combination with long offset surface lines along three up to 10 km long profiles, which were centred around the borehole. In a first step the data were used to derive a detailed P-wave velocity model around the COSC-1 borehole. Clear differences in vertical and horizontal velocities made it necessary to also account for anisotropy. The resulting VTI model consists of a 1D vertical velocity function calculated from zero-offset VSP first arrivals and homogeneous Thomsen parameters. The latter were partly derived from lab measurements and the seismic

walkaway VSP data. This anisotropic model explains first arrivals for both surface and borehole data very well and provides the basis for the subsequent application of seismic imaging approaches. An anisotropic eikonal solver was used to calculate the traveltimes needed for Kirchhoff-based pre-stack depth migration methods. The resulting images were compared to the corresponding migration results based on an isotropic velocity model. Both images are dominated by strong and clear reflections, however, they appear more continuous and better focused in the anisotropic result. Most of the dominant reflections originate below the borehole and therefore they are probably situated within the Precambrian basement. They might represent dolerite intrusions or faults of Caledonian or pre-Caledonian age. The definitive origin remains enigmatic and can only be clarified by the proposed borehole COSC-2.

SM.3-003

Advanced 3D CRS processing

J. Walda, I. Abakumov, D. Gajewski*

Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Hamburg

Multiparameter stacking methods like common-reflection surface or multifocusing provide a better signal-to-noise ratio compared to the conventional common-midpoint method. In order to achieve that, neighbouring common-midpoints are taken into account as well. This increases the number of contributing traces and consequently the signal-to-noise ratio. However, more parameters have to be determined to fit the traveltime surface, especially in the 3D case. Those parameters are called kinematic wavefield attributes and have a physical interpretation. To account for intersecting events in multiparameter processing, such as diffractions, these parameters have to be determined for all intersecting events at each sample. Therefore, we search events in several sub-volumes of the search space via differential evolution, a global optimization technique. Each contribution in each sub-volume is stacked. Our results on a 3D synthetic field data set show a high quality stack where intersecting events are well recovered. Since attributes are available for every event, they can be used in subsequent processing. This is especially beneficial in interpolation and velocity model building. Particularly velocity model building can benefit from kinematic wavefield attributes of diffractions that contain valuable information of the heterogeneous overburden.

SM.3-004

Quantifying diffracted and passive event location uncertainties with local wavefront measurements

*A. Bauer*¹, B. Schwarz², D. Gajewski¹*

¹Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Hamburg, ²Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford, United Kingdom

The quantification of uncertainty in diffraction or passive source depth localization can be considered a major goal in current research. Stacking schemes like the common-reflection-surface stack are known to be reasonably reliable even if the data is strongly contaminated with noise, which is particularly useful in passive seismic settings, but also for diffractions, which are generally faint compared to reflections. As a by-product to the stack, these methods result in local wavefront attribute estimates, which can be used for efficient and automated joint velocity model building and localization. While most existing approaches to assess uncertainty require to perform many subsequent inversions, we suggest a simple and fully automatic strategy to globally link those independently performed local coherence measurements that share the same origin in depth, i.e.~a common passive source or diffrac-

tor position. Through this global characterization of events, we show that it is possible to perform event-consistent statistics, which allow to estimate mean scattering or passive source locations and conveniently assess localization uncertainty. A synthetic diffraction example proved the feasibility of the suggested scheme, in that it could successfully improve the localization and, in addition, provide useful insight into the convergence behavior of wavefront tomography, which might be useful for future applications.

SM.3-005

Analysis of the influence of wind turbine noise on seismic recordings

*H. Flores Estrella*¹, M. Korn¹, K. Alberts¹, F. Hänel², E. Sondermayer¹*

¹Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig,

²Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

We recorded continuous seismic noise close and around three wind parks with different geological site conditions in order to investigate the effects of wind turbines on seismic signals in the frequency interval between 1 and 10 Hz.

In wind-park Fraureuth-Beiersdorf (5 turbines 11 km south from Zwickau) and wind park Zodel (11 turbines, Neißeaue) we used small seismic networks, with 3 to 5 stations for 1-4 months. In Heinde (2 turbines, close to Hildesheim) we recorded 1 week with one station around 1 km away from the wind turbines and some additional stations for several hours only.

With the spectrogram analysis of the data we clearly identify the diurnal variation on the spectral amplitude separately from the noise generated by the turbines, which appears at certain frequency bands around 2.2, 2.7, 3.3, 4.5, 5.2 and 6.6 Hz. A linear relation between the spectral amplitudes of these frequency bands and the wind velocity or rotation speed of the turbines is clearly identified.

The seismic signals produced by the operation of the wind-turbines are not peaks at single frequencies, but look more like frequency bands with increased noise amplitudes. These bands depend on numerous parameters, i.e. wind-turbine height, weight and construction, number of turbines, geology, etc. They could be identified up to at least 10 km in the case of Fraureuth-Beiersdorf.

In the wind-parks Fraureuth-Beiersdorf and Heinde we also recorded along profiles with increasing distances from the wind-turbines. With the analysis of these data we propose an amplitude attenuation model for the wind-park Fraureuth-Beiersdorf to a distance of 9 km, and for Heinde to a distance of 2 km. However, for Heinde it is clear the need of more data. The attenuation models for both wind-parks are quite different, depending probably on the local geology and topography.

To evaluate the adverse effect of wind turbines on seismic stations it will be necessary to quantify both the noise emissions of different types of wind turbines and the effect of local geology on the attenuation of seismic vibrations with distance.

SO Seismologie

SO.1-001

On the rigidity near the inner core boundary of the Earth

*J. Attanayake*¹, A. Wirp¹, V.F. Cormier², C. Thomas¹*

¹Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster,

²University of Connecticut, Physics Department, Storrs, United States

The observed hemispheric structure of the Earth's inner core, in which the Pseudo Western Hemisphere (PWH) has slower velocity and less attenuating than the Pseudo Eastern Hemisphere (PEH), possibly indicate long-wavelength lateral variations of growth. Results from recent geodynamic experiments suggest that such structural variations can be induced either internally (convective translation) or externally (coupled convection in the liquid outer core). These two differing mechanisms predict significant variations of heat flow near the Inner Core Boundary (ICB) in opposing pseudo hemispheres. Because thermal conditions, in addition to composition and texture, can regulate seismic structure, it might be possible to tell these two geodynamic mechanisms apart if corresponding seismic features can be mapped.

We employ two investigations to test the mechanisms that may explain lateral heterogeneity of large-scale structure of the inner core: (1) forward modelling of P wave amplitudes reflected from the underside of the ICB and (2) measuring the seismic velocity and attenuation near the underside of ICB, which is motivated by high P-T mineral physics experiments that predict an anti-correlation between velocity and attenuation at higher temperatures (weakened shear modulus). The presence (or the lack thereof) of such a feature would provide information on the physical state near the ICB. From (1), we find that amplitudes of P waves are strongly enhanced at antipodal distances due to a weakened shear modulus near the reflection point, which might result from inefficient heat transfer between inner and outer cores. Antipodal recordings, however, are extremely rare and require the application of seismic array processing techniques to detect and confirm the presence of ICB-reflections. We present rare examples of array observations of underside ICB-reflections recorded at antipodal distances along with corresponding estimates of shear modulus near the ICB. From (2), we present preliminary estimates of velocity and attenuation of the uppermost inner core beneath the Central Pacific – a region that marks the transition between PWH and PEH – based on data recorded by Japanese F-net seismic stations at distances of 130-145 (deg).

SO.1-002

Crustal anisotropy in different tectonic regimes inferred from the stacking of radial and transverse receiver functions

F. Link, G. Rümpker, A. Kaviani*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

The H - κ -stacking algorithm of Zhu and Kanamori (2000) is widely used as a standard tool to infer the thickness of the crust, H , and the average P to S-wave velocity ratio, κ . We recently extend their method to include anisotropic properties of the crust such as the fast-axis orientation, ϕ , and the percentage of anisotropy, a . (Kaviani and Rümpker, 2015) The inversion involves the computation of theoretical arrival times and amplitudes for up to 20 converted phases, such as Ps_1 and Ps_2 and their multiples, instead of up to 5 phases in the isotropic case. These calculations are based on solving for the eigenvalues and eigenvectors of the anisotropic system matrix originally defined by Woodhouse (1974).

In the stacking algorithm, we sum the amplitudes of both, radial and transverse receiver functions, for all events at computed arrival times of the 20 anisotropic phases. The stacking is performed for simple crustal models and by systematically varying the crustal parameters. The maximum of the stacking function is obtained for the model that is characterized by the four parameters (H, κ, ϕ, a) that best explain the observed receiver functions. Application of the method to complex data sets requires additional steps to stabilize the inversion process. For example, the uncertainty of the results is estimated statistically using a selective bootstrapping analysis which only considers solutions that allow to minimize the energy on the transverse receiver-function component when applying an inverse operator to remove the effect of the shear-wave splitting.

We apply the method to recently collected data from temporary and permanent seismic networks: (1) data from stations on the islands of Mauritius and Rodrigues in the Indian Ocean are thought to be influenced by the passage of the Reunion plume; (2) strong anisotropy in the crust has been reported previously for seismic stations in Israel (Rümpker et al. 2003); (3) data from the permanent Swiss network will be analyzed as part of the ongoing AlpArray project.

We discuss our results regarding the influence of different tectonic processes on the anisotropic properties within the earth's crust.

SO.1-003

Deep subduction of Indian Plate and origin of Tengchong volcano: Insight from mantle transition zone structures beneath SE Tibet

*M. Xu¹, H. Huang¹, Z. Huang^{*1, 2}, L. Wang¹, M. Xu¹, Z. Ding³, X. Yuan²*

¹Nanjing University, Nanjing, China, ²GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam,

³China Earthquake Administration, Beijing, China

The subduction of the Indian Plate under SE Tibet and its related volcanism in Tengchong is important tectonic events accompanying the evolution of the Tibetan Plateau. But it is still in debate whether the subduction and volcanism are constrained in upper mantle or extend deeply in the mantle transition zone (MTZ). Here, we imaged the MTZ structure by using receiver function methods with the waveforms recorded by more than 300 temporary stations deployed by ChinArray project in SE Tibet. We found significant depression of both 410- and 660-km discontinuities as well as thickened MTZ (260-280 km) in the western region (i.e., <104°E) of SE Tibet. The depression of the 660-km discontinuity (by 10-30 km) and thicker MTZ correlate well with high velocity anomalies in the MTZ, suggesting the subducted Indian slab has reached the MTZ or even sank into the lower mantle. Significant depression of the 410-km discontinuity (by 10-20 km) right beneath the Tengchong volcano indicate the volcano origins from the MTZ and is closely related to the subducted Indian slab in the MTZ. Our results confirm the deep subduction of the Indian plate as well as the deep origin of the Tengchong volcano, which provide new insight into the mantle dynamics in SE Tibet.

SO.1-004

Lithospheric delamination in the Alboran region as responsible for the intermediate-depth seismicity

*B. Heit¹, X. Yuan*¹, F.d.L. Mancilla², J. Morales², D. Stich², A.M. Aguilera²*

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

²Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, Granada, Spain

The Alboran Basin, along with the Betic and Rif Orogenic Belts, represents part of the collision zone between the African and the Eurasian plates. The plate boundary, as well as the mode of convergence, is not yet clearly constrained. The intermediate depth seismicity (IDS) along an elongated zone trending NE-SW extending to a depth of more than 100 km beneath the Alboran Basin is enigmatic and has long been a subject of controversy. Many research programs have tried to find an appropriate explanation for the occurrence of the earthquakes at lithospheric levels but have failed to provide conclusive answers. We have analyzed receiver functions with data recorded by a dense N-S seismic profile deployed across Sierra Nevada, southern Spain, consisting of 40 stations with a station spacing of ~2 km. P receiver functions reveal Moho depth variations along the profile, showing underthrusting of the Iberian crust beneath the base of the Alboran crust. Piercing points of the S receiver functions at depth (~100 km) of the lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) sample an area of the IDS zone, providing an ideal opportunity to study the lithospheric structure at the IDS. Our results show an abrupt change in the LAB depth along a cross section from north to south across the IDS zone. The LAB depth changes from 90-100 km north of the IDS to ~130 km south of it. The IDS takes place along the step of the LAB. A lithospheric tear appears evident and coincides with the IDS beneath the Alboran Basin, implying an ongoing delamination process that produces seismicity at its onset. Following this lithospheric tear and toward the south and east, the delaminated lithosphere is continuously descending to the deep mantle, as evidenced by seismic tomography.

SO.2-001

Detection of a new Sub-Lithospheric Discontinuity in Central Europe with S-Receiver Functions

*R. Kind*¹, M. Handy², X. Yuan¹, T. Meier³, H. Kämpf¹, S. Riaz⁴*

¹GFZ, Potsdam, ²Institut für Geologische Wissenschaften, FU, Berlin,

³Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

⁴Seismic Studies Programme, Nilore, Islamabad, Pakistan

S-receiver functions (i.e. S-to-P converted signals) are useful for studying seismic discontinuities in the upper mantle between the Moho and the 410 km discontinuity. We obtained c. 49.000 S-receiver functions from c. 700 permanent and temporary broadband stations in central Europe as made available by the open EIDA archives. Knowledge of the existence and topography of upper mantle discontinuities sheds light on the dynamics of continental collision events which formed Europe. Below Phanerozoic Europe we observed the expected discontinuities like Moho, Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB), Lehmann discontinuity and the 410 km discontinuity with an additional low velocity zone above. Below the East European Craton (EEC) we observed the Mid-Lithospheric Discontinuity (MLD) and in addition the controversial cratonic LAB at c. 200 km depth. At the boundary of the EEC but below the Phanerozoic surface and below LAB we observed large regions with another sharp downward velocity reduction between 150 and 300 km depth which we named

Sub-Lithospheric Discontinuity (SLD). These regions are: the North German-Polish Plain where we observed it at about 200 km depth; the Bohemian Massif where it is north-west dipping and reaching about 300 km depth; and the Pannonian Basin where it is at about 150 km depth and north-east dipping to 200 km depth below the western Carpathians and the EEC. At the northern edge of the Bohemian Massif we see a sharp vertical step of about 100 km in this discontinuity. It is too early for a lasting interpretation of these new findings. However, a possibility could be that a prong of the cratonic mantle lithosphere penetrated at the western and south-western edges of the EEC into the Phanerozoic asthenosphere during continental collision.

SO.2-002

Indications for complex anisotropy beneath Scandinavia derived from shear wave splitting analysis

M. Grund, J.R.R. Ritter*

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Geophysikalisches Institut, Karlsruhe

Within the framework of the seismological ScanArray project (~150 temporary and permanent stations) we perform a shear wave splitting (SWS) analysis to study the signatures of anisotropic structures across the different geological units of Scandinavia. For this purpose we use core-refracted shear waves (SKS, SKKS, PKS) from teleseismic earthquakes and combine standard SWS techniques with stacking procedures to improve the backazimuthal (BAZ) coverage. Compared to previous studies in Scandinavia, for several regions we obtain an enhanced spatial resolution of the anisotropic pattern due to the dense recording network and the stacking procedures.

Although, in general the pattern of the splitting parameters, fast polarisation direction and delay time, coincide with those of previous studies, at several recording stations there are strong variations in the determined SWS parameters with BAZ as well as discrepancies between SKS and SKKS measurements for the same event. This observation indicates that the source of anisotropy is quite complex with possibly contributions from both, lithospheric and deeper mantle structures. Layer models with one or two anisotropic layers are not able to explain all of our observed SWS parameters with high reliability. This finding points towards lateral variations which are related to different geological units.

SO.2-003

Complex seismic anisotropy beneath the IPOC stations of northern Chile

M.C. Reiss, I. Wölbern, G. Rümpker*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

The subduction of the Nazca plate beneath Central South America has been subject to numerous seismological studies. Here, we focus on seismic anisotropy which provides a direct link to the dynamic processes acting within the upper mantle and crust. The main mechanisms responsible for the development of large scale anisotropy are: i) crystallographic preferred orientation of upper mantle minerals and ii) shape-preferred orientation caused by cracks, melt-filled lenses or alternating layers within the crust. In this context, subduction zones represent a complex anisotropic puzzle as seismic anisotropy can be located in regions beneath, within, and above the subducting slab. We use the analysis of teleseismic shear-wave splitting to measure seismic anisotropy in response to subduction-related deformation processes. Previous studies on shear-wave splitting from South America have reported partly

contradicting results and interpretations in terms of mantle flow and crustal deformation. Russo and Silver (1994) mostly found trench-parallel fast polarizations which they attributed to trench-parallel mantle flow beneath the slab and confined zones of oblique polarization directions. Wölbern et al. (2014) reported significant short-scale variations of fast polarization directions. They proposed that anisotropy results from fossil anisotropy in the subducting slab, whereas deviating fast polarizations in trench-parallel orientation were attributed to crustal anisotropy related to deep-reaching local shear zones. Long et al. (2016) found complex splitting measurements which they interpreted as the result of different anisotropic source regions. Overall, the complexity of splitting measurements yield a departure from a conventional 2D corner flow model. To investigate the upper mantle and crust in this subduction setting further, we use data from the Integrated Plate boundary Observatory Chile (IPOC) located in northern Chile, which consists of 21 stations with up to ten years of recording time. The stations cover an approximately 120 km wide coastal strip between 17.5° S and 24° S with an average station spacing of 60 km. The data allows for a thorough analysis of teleseismic events from different backazimuths and for constraining multiple anisotropic layer, if present. This will contribute further to understand the processes involved in the subduction as well as the contributions from different anisotropic source regions.

SO.2-004

Observations of guided waves from the Pamir seismic zone

J. Mechie^{*1}, *B. Schurr*¹, *X. Yuan*¹, *C. Haberland*¹, *C. Sippl*¹, *F. Schneider*², *V. Minaev*³, *M. Gadoev*³, *I. Oimahmadov*³, *U. Abdybachaev*⁴, *B. Moldobekov*⁴, *S. Orunbaev*⁴, *S. Negmatullaev*⁵

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

²Department of Meteorology and Geophysics, University of Vienna, 1090 Vienna, Österreich, ³Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe 734063, Tajikistan,

⁴Central Asian Institute for Applied Geosciences, 720027 Bishkek, Kyrgyzstan,

⁵PMP International, Dushanbe 734025, Tajikistan

Guided waves are mainly associated with fault zones and subduction zones. They originate within the low velocity zone (LVZ) associated with these structures. During the TIPAGE (Tien shan-PAmir GEodynamic program) project, guided waves were observed along the 400 km long main profile of the seismological experiment. Specifically, such waves were observed as secondary phases along the northern part of the profile from intermediate-depth events within the Pamir seismic zone. The phase seems to emerge from the first arrival on the vertical component at stations near the middle of the profile and with increasing distance northwards there is an increasing delay between the guided wave and the first arrival. This indicates that the Pamir seismic zone, which dips down to the south beneath the southern portion of the profile, contains a LVZ. A receiver function study already detected such a LVZ associated with the Pamir seismic zone and found that it is 10-15 km thick and has an average shear velocity of about 4.15 km/s, consistent with it comprising lower crustal material. A local earthquake tomography study also found evidence for subducted crustal rocks, with compressional (P) velocities of 7.1 km/s and Poisson's ratios of about 0.28, between 60 and 100 km depth immediately above the Pamir seismic zone. For further analysis of the characteristics of the LVZ, 13 events close to the profile with good guided waves were chosen. These included one event at about 100 km depth, five events at 120-126 km depth and seven events at 145-162 km depth. Dispersion analysis shows that the guided waves are not dispersive. Preliminary calculations of synthetic seismograms with the finite differences method shows that the synthetic secondary energy mimicks the observed secondary energy best, when the

LVZ is about 10 km wide and the source is located in the upper half of it. Analysis of the delay times between the guided waves and the first arrivals shows that the average P velocity which best fits the delay times is 6.7 km/s. However, a better fit is obtained with varying P velocities in the LVZ. One such example is that the P velocity above the shallowest earthquake is 6.4 km/s, the P velocity between the shallowest earthquake and the middle cluster of earthquakes is 7.2 km/s and the P velocity between the middle and deepest clusters of earthquakes is 7.6 km/s. Further analysis of the delay times and amplitudes of the guided waves observed from the Pamir seismic zone is ongoing.

SO.2-005

Imaging the Mudurnu Segment of North Anatolian Fault Zone Using Converted Phases

*B. Najdahmadi*¹, M. Bohnhoff^{1, 2}, P. Hrubcová³, V. Vavrycuk³*

¹GFZ Potsdam, Potsdam, ²Free University Berlin, Berlin, ³The Academy of Sciences of the Czech Republic, Institute of Geophysics, Prague, Czech Republic

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) represents the most active plate-bounding strike-slip fault in Europe and has developed in the framework of the northward moving Arabian plate and the Hellenic subduction zone, where the African lithosphere is subducting below the Aegean. During the last century, NAFZ has ruptured over 900 km of its length. The most recent devastating earthquakes along the NAFZ occurred in 1999 near Izmit and Düzce with magnitudes of 7.4 and 7.1, which are located in the vicinity of Mudurnu fault, subject of this study.

Local microseismic data observed at near-fault seismic stations may contain S-to-P converted phases that serve as additional information for imaging fault geometry at seismogenic depth. Local earthquakes generate high-frequency seismic waves which can be reflected and converted at a horizontal or vertical interface (e.g. a fault) representing a first-order discontinuity or a velocity contrast. Waveform recordings of such events obtained from dense local seismic networks and their subsequent processing can thus provide an additional tool to image interfaces at depth as recently shown by Hrubcová et al. (JGR, 2016), where a novel concept for extracting crustal structure from high-frequency waveforms of local earthquakes was applied to determine depth and topography of crustal discontinuities.

Here we study converted phases in waveform recordings of a local network to invert them for the fault geometry along the Mudurnu segment of NAFZ following and refining this method.

SO.2-006

Gebirgsbildende Prozesse in 4 Dimensionen – Mountain Building Processes in 4-Dimensions (4D-MB) - neuer Ansatz zum Verständnis von gekoppelten Prozessen, vom tiefen Mantel bis zur Oberfläche

*M.R. Handy*¹, W. Friederich², B. Kaus³, H. Kopp⁴, C. Spiegel⁵, M. Weber⁶*

¹Institut für Geologische Wissenschaften, Freie Universität Berlin, Berlin, ²Institut f. Geologie, Mineralogie & Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, ³Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, ⁴Research Center for Marine Geosciences, GEOMAR, Kiel, ⁵Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Bremen, ⁶Telegrafenberg, Haus E 325, GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam

Das interdisziplinäre DFG-Schwerpunktprogramm SPP 2017 ist Bestandteil der europäischen

AlpArray Mission, das als Ziel die Erkundung der Tiefenstruktur im Bereich der Alpen hat. AlpArray soll u.a. prüfen, ob kollisionsbedingte Veränderungen in der Mantelstruktur Auswirkungen auf die Verteilung von Erdbeben, die Bewegung der Erdkruste, und die Gestaltung der Oberfläche haben. Die Alpen sind wegen ihrer orogen-parallelen Entwicklung (Osten jünger als im Westen) ein ideales Naturlabor, um Änderungen von gebirgsbildenden Prozessen in der Zeit (in der 4. Dimension) zu untersuchen.

Seit Herbst 2015 wird für einen Zeitraum von 3 Jahren ein seismisches Experiment durchgeführt, bestehend aus einem Netz von 587 Breitbandstationen mit 40-60 km Abstand über den gesamten Alpenraum. Das Netz beinhaltet terrestrische und marine Stationen, darunter vom SPP 100 neue mobile Stationen (DSEBRA, Friederich et al) und 23 OBS im Ligurischen Meer ab Juni 2017 (LOBSTER, Kopp et al). Dazu kommen 3 kleinräumige Experimente mit 195 Stationen und 5-10 km Abstand, um hochauflösende Studien des umstrittenen Wechsels in der kontinentalen Subduktionspolarität zwischen Zentral- und Ostalpen zu ermöglichen. Begleitet wird das Projekt von gezielten geologischen Studien (Entwicklung von kinematischen und petrophysikalischen Eigenschaften in exhumierten Subduktionsgesteinen oder zum sedimentologischen Signal in Vorlandbecken von Mantelbewegungen (Scheck-Wenderoth et al), aber auch von numerischen Modellierungen, um Prozesse in der Vergangenheit zu verstehen. Das SPP-2017 ist auf 4 Themen fokussiert:

1 - Umorganisation der Lithosphäre während Gebirgsbildung wird Ursachen der wechselnden Subduktionspolarität aufspüren, z.B. wie Risse in subduzierten Platten (Slabs) nukliieren und propagieren.

2 - Oberflächenbewegungen als Abbildungen von Manteldynamik wird die konkurrierenden Rollen von Klima und Tektonik während Gebirgsbildung untersuchen, insbesondere die Wechselwirkung von Slababbruch, Oberflächendenudation und Hebung.

3 - Deformation der Kruste und des Mantels während der Gebirgsbildung widmet sich dem strukturellen "Gedächtnis" des Mantels, bzw. ob Mantelstruktur durch frühe orogene Stadien (Subduktion, Kollision) oder eher durch späte Ereignisse (Indentation, laterale Flucht) geprägt ist.

4 - Bewegungsmuster & Seismizität soll aufklären, ob aktuelle Seismizität und Störungskinematik mit der Tiefenstruktur der Alpen zusammenhängen, oder eine Änderung des tektonischen Regimes abbilden.

SO.3-001

Surface wave tomography across the Alpine-Mediterranean mobile belt

A. El-Sharkawy^{*1, 2}, *C. Weidle*¹, *L. Christiano*¹, *R. Soomro*¹, *S. Lebedev*³, *T. Meier*¹

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

²National Research Institute of Astronomy and Geophysics (NRIAG), Helwan, Cairo, Egypt,

³Dublin Institute for Advanced Studies, Dublin, Ireland

The Alpine-Mediterranean mobile belt is, tectonically, one of the most complicated and active regions in the world. Since the Mesozoic, collisions between Gondwana-derived continental blocks and Eurasia, due to the closure of a number of ocean basins, have shaped the Mediterranean geology. During the late Mesozoic, it was dominated by subduction zones which inverted the extensional regime, consuming the previously formed oceanic litho-

sphere, the adjacent passive continental margins and presumably partly also continental lithosphere. The evolution and distribution of the subduction zones were mainly controlled by the nature, density, and thickness of the lithosphere inherited from the Mesozoic rift after the European Variscan Orogeny. Despite the numerous studies that have attempted to characterize the lithosphere-asthenosphere structure in that area, details of the lithospheric structure and dynamics, as well as flow in the asthenosphere are, however, poorly known. The purpose of this study is to better define the 3D shear-wave velocity structure of the lithosphere-asthenosphere system in the Mediterranean using new tomographic images obtained from surface wave tomography. An automated algorithm for inter-station phase velocity measurements is applied here to a large database consists of more than 4000 seismic events recorded by more than 2000 broadband seismic stations available within the area (WebDc/EIDA and IRIS). Moreover, for the first time, data from the Egyptian National Seismological Network (ENSN), recorded by up to 25 broad band seismic stations, are also included in the analysis. For each station pair, approximately located on the same great circle path, the waveforms are cross correlated and the fundamental mode dispersion curves are calculated from the phase of the cross correlation functions weighted in the time-frequency plane. Path average dispersion curves are obtained by averaging smooth parts of single-event dispersion curves. A careful quality control of the resulting phase velocities is performed. We calculate phase velocity maps at more than 100 different periods. The maps reveal significant variations in shear wave velocity with depth, and lateral changes in the crust and upper mantle structure emphasizing the processes associated the Africa-Eurasia convergence. For selected locations, 1D shear wave models are obtained by inverting the local dispersion curves using a newly implemented Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm.

SO.3-002

Non-unique dispersion relation for Rayleigh modes

T. Forbriger^{*1,2}, *L. Gao*^{2,3}, *P.G. Malischewsky*⁴, *M. Ohrnberger*⁵, *Y. Pan*²

¹Black Forest Observatory (BFO), Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Wolfach,

²Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe,

³School of Earth Sciences, Zhejiang University, Zhejiang, China,

⁴Institute of Geosciences, Friedrich-Schiller University Jena, Jena,

⁵Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam

Other than commonly assumed in seismology, the phase-velocity of Rayleigh waves not necessarily is a single-valued function of frequency. We demonstrate this for the first higher mode in simple models of a homogeneous layer on top of a homogeneous halfspace (LOH). In the simpler structure of a homogenous layer with fixed bottom (LFB) the phenomenon exists for values of Poisson's ratio between 0.19 and 0.5 and is most pronounced for P-wave velocity being three times S-wave velocity (Poisson's ratio of 0.4375). In the case of LOH a significant contrast to the halfspace is required. We show examples of realistic structures of unconsolidated sediments on a halfspace of solid rock which produce this type of dispersion.

Programs for the computation of synthetic dispersion curves are prone to trouble in such cases. Many of them use *mode-follower* algorithms which pick up the roots of the secular equation at the high-frequency limit. They then stepwise reduce frequency and search the root there near the previous value of phase-velocity. This implies a unique dispersion relation which will be produced in any case, even if not correct. These *mode-followers* must inevitably loose the dispersion curve, if the curve turns to larger frequency values again. We show results of well established programs. Their inability to properly handle these cases might be

the reason why the phenomenon of non-uniqueness went unnoticed in Rayleigh wave research for so long.

For the very same reason all methods of dispersion analysis must fail which imply wavenumber $k_l(\omega)$ for the l -th surface wave mode to be a unique function of frequency ω . This applies in particular to deconvolution methods like phase-matched filters. Methods of wave-field transformation like f - k -analysis are not affected by the ambiguity.

We like to point out that we observe the non-uniqueness only for the eigenvalue $k_l(\omega)$ being expressed as a function of frequency. The inverse expression $\omega_l(k)$ as is commonly used in global seismology remains unique and can be addressed as dispersion relation as well. This might be helpful in the calculation of synthetic dispersion curves, but not in dispersion analysis, which usually starts with a Fourier transformation of observed signals.

SO.3-003

Complete synthetic seismograms based on a spherical self-gravitating Earth model with an atmosphere-ocean-mantle-core structure

R. Wang^{*1}, *S. Heimann*¹, *Y. Zhang*², *H. Wang*³, *T. Dahm*¹

¹Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, ²Peking University, Beijing, China,

³Institute of Geodesy and Geophysics, Wuhan, China

A hybrid method is proposed to calculate complete synthetic seismograms based on a spherically symmetric and self-gravitating Earth with a multi-layered structure of atmosphere, ocean, mantle, liquid core and solid core. For large wavelengths, a numerical scheme is used to solve the geodynamic boundary-value problem without any approximation on the deformation and gravity coupling. With the decreasing wavelength, the gravity effect on the deformation becomes negligible and the analytical propagator scheme can be used. Many useful approaches are used to overcome the numerical problems that may arise in both analytical and numerical schemes. Some of these approaches have been established in the seismological community and the others are developed for the first time. Based on the stable and efficient hybrid algorithm, an all-in-one code QSSP is implemented to cover the complete spectrum of seismological interests. The performance of the code is demonstrated by various tests including the curvature effect on teleseismic body and surface waves, the appearance of multiple reflected, teleseismic core phases, the gravity effect on long period surface waves and free oscillations, the simulation of near-field displacement seismograms with the static offset, the coupling of tsunami and infrasound waves, and free oscillations of the solid Earth, the atmosphere and the ocean. QSSP is open source software that can be used as a stand-alone FORTRAN code or may be applied in combination with a Python toolbox to calculate and handle Green's function databases for efficient coding of source inversion problems.

SO.3-004

NEXD: A Software Package for High Order Simulation of Seismic Waves using the Nodal Discontinuous Galerkin Method

M.S. Boxberg^{*}, *A. Lamert*, *T. Möller*, *L. Lambrecht*, *W. Friederich*

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum

Numerical simulations are a key tool to improve the knowledge of the interior of the earth. For example, global simulations of seismic waves excited by earthquakes are essential to infer the velocity structure within the earth. Numerical investigations on local scales can be help-

ful to find and characterize oil and gas reservoirs. Moreover, simulations help to understand wave propagation in boreholes and other complex geological structures. Even on laboratory scales, numerical simulations of seismic waves can help to increase knowledge about the behaviour of materials, e.g., to understand the mechanisms of attenuation or crack propagation in rocks.

To deal with highly complex heterogeneous models, the Nodal Discontinuous Galerkin Method (NDG) is used to calculate synthetic seismograms. The main advantage of this method is the ability to mesh complex geometries by using triangular or tetrahedral elements together with a high order spatial approximation of the wave field. The presented simulation tool NEXD has the capability of simulating elastic, anelastic, and poroelastic wave fields for seismic experiments for one-, two- and three-dimensional settings. In addition, fractures can be modelled using linear slip interfaces. NEXD also provides adjoint kernel capabilities to invert for seismic wave velocities. External models provided by, e.g., Trellis can be used for parallelized computations. For absorbing boundary conditions, Perfectly Matched Layers (PML) can be used. Examples are presented to validate the method and to show the capability of the software for complex models such as the simulation of a tunnel reconnaissance experiment.

The software is available on GitHub: <https://github.com/seismology-RUB>

SO.4-001

Cross-correlation of ambient seismic noise recorded in the surroundings of the Longyearbyen CO₂ Lab (Svalbard)

*D. Kühn^{*1,2}, J. Albaric³, B. Dando¹, B. Goertz-Allmann¹, D. Harris⁴, N. Langet¹, M. Ohrnberger⁵, K. Senger⁶*

¹NORSAR, Kjeller, Norway, ²GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ³Chrono-Environnement, Université de Franche-Comté, Besançon, France, ⁴Deschutes Signal Processing LLC, Maupin, United States, ⁵Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam-Golm, ⁶Department of Arctic Geology, The University Centre in Svalbard, Longyearbyen, Norway

Due to its remoteness and closed energy system comprising a coal-fueled power plant powered by locally mined coal, the Longyearbyen CO₂ Lab project presents a unique opportunity to demonstrate the entire CO₂ value chain from source to geological CO₂ sequestration. The formation considered as potential reservoir consists of sandstone-siltstone layers at 672-970 m depth, overlain by ca. 450 m of cap-rock shale. The reservoir is severely under-pressured and fluid injectivity is strongly influenced by tectonic fractures.

We analysed data recorded on three different networks: the permanent Longyearbyen CO₂ Lab microseismic network comprising both shallow and deep borehole geophones, the temporary SEISVAL broadband seismometer network and the permanent SPITS array run by NORSAR.

Shortly after the first water injection test in 2010 (ca. 2485 m³ of water injected), a microseismic event ($M \sim 1$) was recorded and located close to the injection well, followed by a series of aftershocks. Later, smaller water injection tests did not generate any detectable microseismic events; nevertheless, pressure and flow rate showed a pattern characteristic for fracture opening potentially indicating “aseismic” fracture propagation, in agreement with geomechanical testing and modelling.

However, microseismic monitoring has the disadvantage of only being applicable during periods of seismic activity. Therefore, we conducted a feasibility study to determine the applicability of noise-based imaging methods. Here, we demonstrate the cross-correlation of ambient seismic noise recorded on the temporary SEISVAL network. Both the Green's functions extracted from the cross-correlations and Green's functions modelled between sensors using a finite difference wave propagation code (SW4) fit Rayleigh waves travelling through the valley.

SO.4-002

Seismische Signale an Windenergieanlagen - Lang- und Kurzzeitmessungen in SW Deutschland

T. Zieger, J. Ritter*

Geophysikalisches Institut (GPI), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Innerhalb des Forschungsprojekts „TremAc“ werden wir neue Erkenntnisse über Signale von Windenergieanlagen (WEAs) an seismischen Stationen in der Umgebung der Stadt Landau, SW Deutschland, präsentieren. Das Hauptziel des Projektes, welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird, ist die Untersuchung und Einschätzung des Einflusses durch WEAs auf die menschliche Gesundheit sowie auf Gebäude bzw. Infrastruktur, wie etwa seismische Stationen. Hierbei wird ein interdisziplinärer Ansatz angewandt.

Durch die stetig wachsende Anzahl neu gebauter WEAs steigt das Interesse an neuen Erkenntnissen über Wechselwirkungen mit sensiblen Messgeräten, die aufgrund ihrer Eigenschaften ähnliche Standorte priorisieren. Um den Einfluss darzustellen, werden wir gemittelte Leistungsdichtespektren im Zeitraum einer Stunde im Frequenzbereich von 0.5 Hz bis 7 Hz in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit präsentieren. Dabei werden sowohl Oberflächen- als auch Bohrlochstationen betrachtet, um den Einfluss der Beobachtungstiefe zu analysieren. Die Ergebnisse zeigen dabei einen klaren Anstieg der Amplituden der Bodenbewegung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit. Damit ist eine Reduktion der Detektionsschwelle des seismischen Netzwerks verbunden, deren Eckfrequenz von der Entfernung abhängt. Zudem kann zwischen einzelnen Turbinentypen in den seismischen Daten unterschieden werden.

Des Weiteren konnte durch Kurzzeitmessungen eine Dämpfungskurve für die emittierten Signale mit Hilfe eines Potenzgesetzes an die Daten angepasst werden, d.h. proportional zu $1/r^b$. Dadurch sind wir in der Lage zwischen Nah- und Fernfeldeffekten der Wellenausbreitung zu unterscheiden. Dabei lässt sich eine Frequenzabhängigkeit des Amplitudenabfalls beobachten, der besonders höhere Frequenzen betrifft. Zudem wird mit Hilfe von Array-techniken der abgestrahlte Wellentyp durch WEAs identifiziert. Seismische Daten wurden bereit gestellt durch den „Erdbebendienst Südwest“, die „Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR)“ und dem „KABBA-Datenzentrum“. Meteorologische Daten wurden bereit gestellt durch das „Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Department Troposphärenforschung“ des KIT.

SO.4-003

Noise source localization using Matched Field Processing: wind turbines, mofettes and geysirs.

*J. Umlauf**¹, *H. Flores Estrella*¹, *A.C. Obermann*², *M. Korn*¹

¹Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig,

²Schweizer Erdbebendienst (SED), ETH Zürich, Zürich, Schweiz

The Matched Field Processing (MFP) is a beamforming method, derived from ocean acoustics, that serves as a noise source localization and exploration tool in applied geophysics. Here, we present three case studies to explore the applicability of MFP in the presence of different source types, and using sensor arrays with different aperture and density. First, we show the localization of a single wind turbine (Saxony, Eastern Germany), which acts as a point source at the surface generating continuous vibrations due to the rotation of their blades. Using 30 vertical sensors (Reftek Texans) randomly distributed within an area of approximately 50 x 50 m² around the wind turbine, we identified the turbine as the dominant noise source within the array. Therefore we verified that the MFP procedure gives useful results.

The second test was performed in Hartoušov (NW Bohemia, Czech Republic). This area is characterized by several natural degassing areas of mantle-originating fluids and CO₂ (mofettes). Mofettes either appear as little sinks filled with bubbling groundwater or more extensive as vegetation anomalies. We located these mofettes, using the collapsing water bubbles as seismic noise source, and compared our results with CO₂ flux values of the same field measured by Nickschick et al. (2015). The array consisted of 130 stations in total (30 Reftek Texans, 50 Omnirecs Data-Cubes³ and 50 Summit X-One channels) and covered an area of about 500 x 1000 m². Additionally to MFP, we performed a polarization analysis of surface waves to characterize the wave field generated by the degassing process.

The last example is a geysiring system in NE Java (Indonesia) which is called LUSI (Lumpur Sidoarjo). The geyisir was surrounded by 5 stations (Trillium Compacts) arranged in a circle with about 1.5 km diameter. Here, we could successfully locate the surface position of the geyisir as well as image its feeding channel to a depth of 100 m. This example shows the suitability of MFP to work with a smaller amount of stations and larger interstation distances compared to previous applications.

SO.4-004

Artificial neural networks for automated classification of ambient noise correlation data

*P. Paitz**, *A. Gokhberg*, *A. Fichtner*

ETH Zurich, Institute of Geophysics, Computational Seismology, ETH Zurich, Zurich, Schweiz

I will present a new method to extract features from time-series data and combine it with machine learning algorithms to automatically classify ambient noise correlations. This is intended to accelerate data selection and quality control in rapidly growing noise correlation datasets.

The availability of large amounts of continuous seismic recordings with variable quality requires fast and automated classification methods for the waveform data themselves and for derived inter-station correlations. Current approaches are often not scalable or do not capture the valuable physical intuition of an experienced seismologist. Motivated by recent work on machine learning in seismology, we introduce an artificial neural

network (ANN) in order to overcome these problems. Our ANN is based on a novel wavelet-based feature extraction that condenses a complex seismic trace into a small number of attributes.

This method substantially reduces computational costs and also improves classification accuracy.

To test our approach, we consider two real-data examples: (1) Global-scale noise correlations at long periods above 100 s, and (2) Regional-scale noise correlations at periods around 30 s computed from data collected on the African continent. Both datasets can be classified with an accuracy of around 80%. Furthermore, the network trained for global-scale data may be used on the regional scale without re-training, which implies an efficiency of our ANN that may not be expected a priori. The successful incorporation of the African noise correlations into an ongoing full-waveform inversion further supports the usefulness of our approach. Since our method is not strictly limited to ambient seismic noise correlations, we see potential also in the classification of earthquake- and active-source data, or other time series that result from the recording of wave propagation.

SO.5-001

On the exploitation of seismic resonances for cavity detection

F.M. Schneider^{*1}, *S. Esterhazy*^{1,2}, *I. Perugia*², *G. Bokelmann*¹

¹Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Wien, Österreich,

²Fakultät für Mathematik, Universität Wien, Wien, Österreich

We study the interaction of a seismic wave-field with a spherical acoustic gas- or fluid-filled cavity. The intention of this study is to clarify whether seismic resonances can be expected, a characteristic feature, which may help detecting cavities in the subsurface. This is important for many applications, as in particular the detection of underground nuclear explosions which are to be prohibited by the Comprehensive-Test-Ban-Treaty (CTBT).

On-Site Inspections (OSI) should assure possible violation of the CTBT to be convicted after detection of a suspicious event from a nuclear explosion by the international monitoring system (IMS). One primary structural target for the field team during an OSI is the detection of cavities created by underground nuclear explosions. The application of seismic resonances of the cavity for its detection has been proposed in the CTBT by mentioning "resonance seismometry" as possible technique during OSIs.

To calculate the full seismic wave-field from an incident plane wave that interacts with the cavity, we considered an analytic formulation of the problem. The wave-field interaction consists of elastic scattering and the interaction between the acoustic and elastic media. Acoustic resonant modes, caused by internal reflections in the acoustic cavity, show up as spectral peaks in the frequency domain. The resonant peaks are in close correlation to the eigenfrequencies of the undamped system described by the particular acoustic medium bounded in a sphere with stiff walls. By energy transmission from the internal oscillations back into the elastic domain and intrinsic attenuation, the oscillations experience damping, resulting in a frequency shift and a limitation of the resonance amplitudes. In case of a gas-filled cavity the impedance contrast is high resulting in very narrow, high-amplitude resonances. In synthetic seismograms calculated in the surrounding elastic domain, the acoustic resonances of gas-filled cavities show up as persisting oscillations of very low amplitudes. Due to a lower impedance contrast, a fluid-filled cavity has a stronger acoustic-elastic coupling, which results in wider spectral peaks of lower amplitudes. In the synthetic seismograms derived in the sur-

rounding medium of fluid-filled cavities, acoustic resonances show up as strong but fast decaying reverberations.

Based on the analytical modeling the capability to exploit these resonance features for cavity detection is discussed.

SO.5-002

Preparation phase of a M4.2 earthquake below the eastern Sea of Marmara offshore Istanbul observed from GONAF downhole recordings

*F. Blümle*¹, P.E. Malin¹, M. Bohnhoff¹, G. Dresen¹, U. Ceken², F.T. Kadrioglu², R.F. Kartal², K. Yanik²*

¹GFZ, Potsdam, Potsdam, ²AFAD, Ankara, Turkey

The main branch of the North Anatolian Fault Zone below the Sea of Marmara is facing a high probability for a $M > 7$ earthquake. Recently implemented monitoring efforts such as the downhole GONAF observatory nor allow for detecting low-magnitude seismicity along the eastern Marmara section offshore of Istanbul. The June 25, 2016, M4.2 earthquake off the Armutlu peninsula was the largest local earthquake in years. Low-noise recordings from the closest vertical seismic GONAF array allowed to detect a series of earthquakes preceding and following the mainshock down to $M \sim 0$. In the 64 hours before the M4.2 event, a total of 18 $M > 0$ earthquakes with S-P times within 0.1 sec of the M4.2's S-P time took place. They reflect a type of self-organization and preparatory phase of the mainshock. In the subsequent 48 hours at least 3 to 4 times as many similar size-and-S-P time events were also detected. The relative magnitudes of the detected events span from the detection limit of the array at $M \sim 0$ to $M \sim 3.5$ as measured on the same scale as the M4.2. Based on their close hypocenter locations the entire series of detected events appear to fill a local seismic gap, whose dimensions are on the same order as the M4.2 rupture. A large fraction of the preceding and following events have similar waveforms. Average cross-correlation coefficients of foreshocks show a clear increase during the ten hours before that mainshock possibly reflecting a preparation process in direct vicinity to the mainshock hypocenter. If processed in near-real time this might support approaches in earthquake forecasting.

SO.5-003

Swarm-dependent velocity analysis in the West Bohemia seismic zone

*C. Alexandrakis*¹, M. Calo², V. Vavryčuk³, S. Buske¹*

¹Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg,

²Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, Mexico,

³Czech Academy of Sciences, Institute of Geophysics, Prague, Czech Republic

Over the last years, several groups have independently developed velocity models of the Cheb basin in the Czech Republic, with special emphasis on the Novy Kostel seismic zone. Most studies used either earthquake recordings from a single swarm, or the back catalog of earthquake observations. Tomography studies have typically used local earthquake tomography methods to invert for a 3D velocity model. These methods work best with scattered sources which can provide a varied ray path coverage. This is a challenge in the West Bohemia Seismic Zone, since the seismicity typically occurs in localized swarms. In order to maximize the ray path coverage, past studies used events from a variety of swarm events. This strategy has proven successful for calculating a time-averaged velocity model for the region. However, the disadvantage of this method is that the mixed data masks small-scale, swarm-dependent velocity changes that may occur during the swarms.

Until now, no study has made a direct comparison between a velocity model calculated from a single swarm and a model from the time-averaged catalog, in order to make a direct assessment of any temporal changes that might occur. Typically, the Novy Kostel swarms rupture either the northern or southern section of the Pocatky-Plesna fault. In this investigation, we use the well-studied 2011 and 2008 swarms, which ruptured the northern and southern sections, respectively, to focus on the local changes occurring during the ruptures. As a comparison, the back catalog between 1991 and 2011 is used to produce a swarm-averaged model.

All models are calculated using double-difference tomography, which yields a high resolution model of the focal zone. Several structures in the Vp/Vs models correlate well with the findings of other studies, such as earthquake phase analysis, discontinuity mapping, and active seismic profiles. We interpret these models in terms of local geology, the tectonic situation and the current theories surrounding the swarm seismicity.

SO.5-004

Source mechanisms of shallow seismicity along the central Hellenic Volcanic Arc and its relation to the local seismotectonic setting

A. Blanke^{*1}, *G. Kwiatek*¹, *M. Bohnhoff*^{1, 2}

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²Freie Universität Berlin, Institute of Geophysics, Berlin

The Hellenic volcanic arc in the south Aegean Sea includes the Santorini volcanic complex that hosted a large eruption ~1500 B.C. and also the two largest earthquakes in Greece during the 20th century. The local CYCNET seismic network with 22 stations on 17 islands throughout the Cyclades island group was in operation between 2002 and 2005 allowing to detect and locate microseismicity usually missed by the regional permanent network down to ~M0. Here we study 226 selected earthquakes out of the entire hypocentre catalogue that consisted of more than 6900 events. We focus on events with epicentres around the main Santorini caldera and the submarine Columbo volcano that is located ~7 km to its northeast and that hosted most of the local seismicity during the observation period. A particular focus of our work was to determine and quantify potential non-double couple components in the seismic moment tensors of the events.

We performed a full seismic moment tensor inversion using P-wave amplitudes as input for the fociMT software and decomposed the resulting tensors into an isotropic, a compensated linear vector dipole, and a double-couple part. Applying strict quality criteria, we selected moment tensors of 34 events for further interpretation. Analysing the influence of insufficient station distribution and partly low signal-to-noise ratio further reduced the number leaving only highly reliable moment tensors with event magnitudes between M2 and M4. Most mechanisms of the best-quality moment tensors show normal faulting mechanisms with a N or NE subhorizontal T axis which is in correspondence with the local tectonic setting and stress field orientation. The decomposed seismic moment tensors in part display significant isotropic and deviatoric components reflecting the volcanic nature of the area of investigation.

SO.5-005

Challenges in regional moment tensor inversion and decomposition for shallow sources

*S. Cesca**, *S. Heimann*

GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

Regional moment tensor inversion is extensively used to model the earthquake rupture geometry and estimate earthquake source parameters; regional applications have been implemented to routinely analyse and monitor several seismogenic regions. Typically, inversion algorithms derive the moment tensor configuration by fitting low frequency full waveforms in the time or in the frequency domain. Resulting moment tensor catalogues provide a valuable information on seismic source processes. For example, they can be used to map active faults, for seismotectonic interpretation, to discuss non shear rupture types or as a base to investigate the stress orientation. However, assessing the quality of moment tensor solutions is not a simple task. The resolution of the moment tensor can be reduced by several cause,s such as waveform mis-modeling due to a poor knowledge of the crustal structure, low signal-to-noise ration due to seismic noise and poor azimuthal coverage due to an unfavourable network geometry. Poor conditions may bias moment tensor solutions, for example introducing spure non double couple terms. Beside these known problems, the procedures of moment tensor inversion, decomposition and interpretation are also affected by intrinsic ambiguities, which can become critical for shallow sources or specific source-network geometries. First, different uncertainties affect different moment tensor entries, resulting in an uneven resolution of moment tensor components. In addition, moment tensor components trade-offs affect the uniqueness of the solution, so that different moment tensor configurations may fit well the data. Finally, the interpretation of the moment tensor solution may be hindered by the chosen decomposition. We discuss and investigate some of these often neglected problems and provide example for each of them, combining synthetic tests with the discussion of significant real data applications. Among the real data cases, the analysis of seismic signals produced by the recent nuclear explosion in North Korea (January and September 2016) helps to illustrate the problem of moment tensor uncertainties, trade-off and decomposition.

SO.5-006

Herdmechanismen kleiner Erdbeben in der Subduktionszone der Zentralen Anden

*W. Bloch*¹, B. Schurr², J. Kummerow¹, P. Salazar^{3,4}, S.A. Shapiro¹*

¹Freie Universität Berlin, Institut für Geologische Wissenschaften, Berlin,

²Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ³Universidad Catolica del Norte, Departamento de Ciencias Geologicas, Antofagasta, Chile, ⁴National Research Center for Integrated Natural Disasters Management (CIGIDEN), Santiago, Chile

In subduzierenden ozeanischen Platten findet eine Vielzahl von seismogenen Prozessen statt. Seismische Ereignisse können etwa entlang von Störungszonen auftreten oder auch räumlich weniger klar definiert, etwa als Folge von metamorphen Mineralumwandlungen innerhalb der Platten.

Im Forearc der Zentralen Anden haben wir 5500 seismische Ereignisse mit Hilfe von zwei temporären lokalen seismischen Netzen und einigen Stationen des regionalen IPOC-Netzwerkes lokalisiert. Die Hypozentren bilden klar eine doppelte seismische Zone ab. Das obere Band

befindet sich nahe der Plattengrenze in der ozeanischen Kruste der abtauchenden Nazca-Platte und das untere Band im ozeanischen Mantel.

Wir haben für 180 schwache Erdbeben mit Magnituden zwischen etwa 2.0 und 4.0 die Herdmechanismen ermittelt. Zunächst werteten wir mit HASH die Ersteinsetzungspolaritäten und P- zu S-Amplitudenverhältnisse aus. Die resultierenden Herdflächenlösungen zeigen in verschiedenen Bereichen des Slabs teilweise charakteristische Gemeinsamkeiten in Bezug auf die Verteilung der P- und T-Achsen und die Orientierung der Nodalflächen. Zusätzlich haben wir für einige stärkere Erdbeben eine vollständige Wellenfeldinversion bei relativ kurzen Perioden zwischen 0.5 und 5s durchgeführt. Die resultierenden Momententensoren zeichnen sich durch eine größere Genauigkeit aus. Sie erlauben es uns, die einzelnen Gruppen von Erdbeben genauer zu charakterisieren und besser voneinander abzugrenzen und liefern Indizien, die Aufschluss über die zugrundeliegenden seismogenen Prozesse liefern können.

SO.6-001

Anatomy of a subduction zone – seismicity structure of the northern Chilean forearc from >100,000 double-difference relocated earthquake hypocenters

C. Sippl, B. Schurr*

GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam

We present a catalog of >100k well-located earthquake hypocenters for the northern Chilean forearc region, between the latitudes of 18.5°S and 24°S. The detected events cover the timespan 2007-2014 and were extracted from the IPOC permanent station network dataset. Previously published earthquake catalogs for the region contain significantly fewer earthquakes. Using this new, high-resolution set of hypocenters, we can outline the slab structure in unprecedented detail, allowing e.g. the determination of along-strike changes in slab dip angle or the resolution of structures inside the zone of intermediate-depth seismicity.

For the compilation of the catalog, we relied on an automated multi-step process for event detection, association and phase picking. Thus retrieved earthquake hypocenters were then relocated in a 2.5D velocity model for the Northern Chile forearc region with a probabilistic approach that also allows the determination of uncertainties. In a final step, double-difference re-location incorporating cross-correlation lag times was performed, which sharpened event clusters through relative location.

We estimate that the completeness magnitude of the catalog is around 3. The majority of all >100k earthquakes are located at intermediate depths (between 80 and 140 km) inside the subducted slab. This area of pervasive activity extends along the entire strike of the investigated area, but shows a clear offset at 21°S, which may hint at a slab tear at this location. Events of comparable hypocentral depths to the south of this offset are located further east than the ones to the north of it. Further updip, a triple seismic zone at depths between 40 and around 80 km is visible, which grades into the highly active event cluster at intermediate depths: below the plate interface, which is clearly delineated by seismic activity, a second parallel band of hypocenters only about 5 km below likely corresponds to earthquakes occurring within the oceanic crust or close to the oceanic Moho. A third band of earthquakes, paralleling the other two at about 20-25 km below the interface, clearly indicates the presence of seismicity in the oceanic lithospheric mantle. Seismicity in the upper plate is pervasive throughout the entire crustal thickness near the coast but gets shallower towards the volcanic arc. Shallow clusters related to regional mining activities are also clearly visible.

SO.6-002

Seismotectonic setting of the Marmara segment of the North Anatolian Fault Zone from local stress inversion based on a refined high precision hypocenter catalogue (2006-2016)

C. Wollin*¹, M. Bohnhoff^{1,2}, L. Küperkoch³, P. Martínez-Garzón¹

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 3.2, Potsdam,

²Freie Universität Berlin, FR Geophysik, Berlin, ³BESTEC GmbH, Landau

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) has produced a remarkable series of westwards-migrating major earthquakes along its 1300 km extension. The Sea of Marmara (SoM) is located towards the western end of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Turkey. Here the fault has forked into several branches hosting clusters of seismic activity in which normal as well as right-lateral strike-slip faulting mechanisms have been observed. The northern branch of the western NAFZ lies under the SoM and in between the ruptures of the 1912 and 1999 Ganos and Izmit mainshocks. It is an ongoing debate whether this segment of the NAFZ in the direct vicinity of the Istanbul metropolitan area represents a single through-going strike-slip fault capable of hosting an up to Mw 7.4 earthquake in the near future or rather decomposes into a segmented transtensional pull-apart environment.

We here present results on the local stress field orientation calculated from direct inversions of first-motion polarities associated to 2700 seismic events obtained from the analysis of a decade of seismic data (2006-2016) recorded by four permanent seismic networks around the SoM.

We employ a largely automatized processing scheme. P- and S-phase readings were automatically determined using higher order statistics, polarization analysis and the Akaike Information Criterion (AIC). An iterative travel-time inversion rejects outlying phase readings while attempting to retain as much information as possible in order to maximize the coverage of the focal sphere.

Nevertheless, the large network aperture with lacking permanent stations immediately above the predominantly microseismic activity along the fault prevents the calculation of well-constrained individual focal mechanisms for the majority of events. We therefore employ the MOTSI inversion code (Abers and Gephart, 2001) allowing the stress field inversion directly from first motion polarity readings.

A density-based clustering approach (DBSCAN) breaks the distribution of selected epicenters which exclude erroneous locations as well as numerous quarry blasts, into nested and overlapping seismicity clusters allowing to test for the hypothesis of stress homogeneity for most of the seismically active strands of this key segment of the NAFZ and to identify their current state of stress.

SO.6-003

The 2015 M7.2 Sarez, Central Pamir, Earthquake And The Importance Of Strike-Slip Faulting In The Pamir Interior: Insights From Geodesy And Field Observations

S. Metzger^{*1}, *B. Schurr*¹, *L. Ratschbacher*², *T. Schöne*¹, *S.-K. Kufner*¹, *Y. Zhang*³,
*H. Sudhaus*⁴

¹GFZ Potsdam, Potsdam, ²TU Freiberg, Tübingen, ³School of Earth and Space Sciences, Universität Peking, Peking, China, ⁴Christian-Albrechts-Universität, Kiel

The Pamir mountain range, located in the Northwest of the India-Asia collision zone, accommodates approximately one third of the northward advance of the Indian continent at this longitude (i.e. ~34 mm/yr) mostly by shortening at its northern thrust system. Geodetic and seismic data sets reveal here a narrow zone of high deformation and M7+ earthquakes of mostly thrust type with some dextral strike-slip faulting are observed, too. The Pamir interior shows sinistral strike-slip and normal faulting indicating north-south compression and east-west extension. In this tectonic setting the two largest instrumentally recorded earthquakes, the M7+ 1911 and 2015 earthquake events in the central Pamir occurred with left-lateral shear along a NE-SW rupture plane.

We present the co-seismic deformation field of the 2015 earthquake observed by radar satellite interferometry (InSAR), SAR amplitude pixel offsets, high-rate Global Positioning System (GPS) and field observations. The InSAR and pixel offset results suggest a 50+ km long rupture with sinistral fault offsets at the surface of more than 2 m on a yet unmapped fault trace of the Sarez Karakul Fault System (SKFS). A distributed slip model with a data-driven slip patch resolution yields a sub-vertical fault plane with a strike of N39.5 degrees and a rupture area of ~80 x 40 km with a maximum slip of 2 m in the upper 10 km of the crust near the surface rupture.

Field observations collected some nine months after the earthquake confirm the rupture mechanism, surface trace location and fault offset measurements as constrained by geodetic data. Diffuse deformation was observed across a 1-2 km wide zone, hosting primary fractures sub-parallel to the rupture strike with offsets of 2 m and secondary, en echelon fractures including Riedel shears and hybrid fractures often related to gravitational mass movements.

The 1911 and 2015 earthquakes demonstrate the importance of sinistral strike-slip faulting on the SKFS, contributing both to shear between the western and eastern Pamir and westward extrusion of critically thickened Pamir crust into the Tajik depression. But shear may also be transferred from below, where the tip of the Indian indenter is thought to have underthrust the Pamir.

SO.6-004

Co-Seismische Spannungsveränderungen durch die beiden Mw 6 Erdbeben in Süd-Island im Mai 2008

*M. Hensch**^{1,2}, *B. Lund*³, *T. Arnadottir*⁴, *B. Brandsdottir*⁵

¹Landeserdbendienst Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, Freiburg,

²Icelandic Meteorological Office (bis Oktober 2016), Reykjavik, Iceland,

³Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden,

⁴Nordic Volcanological Center, University of Iceland, Reykjavik, Iceland,

⁵Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavik, Iceland

Am 29. Mai 2008 ereigneten sich zwei Mw 6 Erdbeben auf zwei benachbarten N-S streichenden Verwerfungen bei Hveragerði im Süden Islands. Beide Beben lagen zeitlich etwa 3 s und räumlich etwa 5 km auseinander. Die folgende intensive Nachbebensequenz beschränkte sich vornehmlich auf die westlichere der beiden Verwerfungen, sowie auf ein O-W streichendes Cluster zwischen der Hauptbebenregion und dem Reykjanes-Oblique-Rift.

In dieser Studie wurden mehr als 800 Herdflächenlösungen von Erdbeben zwischen 2001 und 2009 mit 325 Lösungen aus den ersten vier Wochen der Nachbebensequenz verglichen. Das engmaschige permanente seismische Netzwerk in Island, sowie unmittelbar nach den Hauptbeben installierte temporäre Stationen im Epizentralgebiet, erlaubten eine vergleichsweise hohe Genauigkeit bei der Bestimmung der Herdflächenlösungen und der anschließenden Spannungstensorinversion.

Die Untersuchung ergab eine co-seismische Rotation der maximalen horizontalen Spannungsrichtung im Epizentralgebiet von rund 10° gegen den Uhrzeigersinn, was einem Verhältnis des Stress Drops zur Hintergrundscherspannung von etwa 50% entspricht. Mit einem aus geodätischen Daten ermittelten Stress Drop von 8-10 MPa ergibt sich folglich eine Hintergrundscherspannung von 16-20 MPa für die Zeit vor den beiden Hauptbeben.

Im Vergleich zu anderen Studien, z.B. an der San-Andreas Fault, in Südamerika oder Japan, sprechen diese Zahlen für eine schwache Verwerfung, die bereits bei niedriger Scherspannung versagt. Dieses Ergebnis steht jedoch im Widerspruch zur eigentlichen Erwartung, nämlich daß tektonische Störungen in Island aufgrund des jungen Alters der dortigen Erdkruste vergleichsweise stark sein sollten.

In der Präsentation wird somit - neben den Ergebnissen für Island selbst - auch die generelle Fragestellung zur Klassifikation von starken und schwachen Verwerfungen eingehend diskutiert.

SO.6-005

Analysis of volcano-related seismicity to constrain the magmatic plumbing system beneath Fogo, Cape Verde, by (multi-) array techniques

*C. Dietrich**¹, *I. Wölbern*¹, *B. Faria*², *G. Rümpker*¹

¹Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main,

²National Institute of Meteorology and Geophysics, Espargos, Ilha do Sal, Cape Verde

Fogo is the only island of the Cape Verde archipelago with regular occurring volcanic eruptions since its discovery in the 15th century. The volcanism of the archipelago originates from a mantle plume beneath an almost stationary tectonic plate. With an eruption interval

of approximately 20 years, Fogo belongs to the most active oceanic volcanoes. The latest eruption started in November 2014 and ceased in February 2015.

This study aims to characterize and investigate the seismic activity and the magmatic plumbing system of Fogo, which is believed to be related to a magmatic source close to the neighboring island of Brava. According to previous studies, using conventional seismic network configurations, most of the seismic activity occurs offshore. Therefore, seismological array techniques represent powerful tools in investigating earthquakes and other volcano-related events located outside of the networks. Another advantage in the use of seismic arrays is their possibility to detect events of relatively small magnitude and to locate seismic signals without a clear onset of phases, such as volcanic tremors.

Since October 2015 we have been operating a test array on Fogo as part of a pilot study. This array consists of 10 seismic stations, distributed in a circular shape with an aperture of 700 m. Seven stations are equipped with 4.5 Hz geophones and three with broad-band seismometers. In January 2016 we installed three additional broad-band stations distributed across the island of Fogo to improve the capabilities for event localization.

The data of the pilot study is dominated by seismic activity around Brava, but also exhibit tremors and hybrid events of unknown origin within the caldera of Fogo volcano. The preliminary analysis of these events includes the characterization and localization of the different event types using seismic array processing in combination with conventional localization methods.

In the beginning of August 2016, a “seismic crisis” occurred on the island of Brava which led to the evacuation of a village. The seismic activity recorded by our instruments on Fogo exhibits more than 40 earthquakes during this time. Locations and magnitudes of these events will be presented.

In January 2017 the pilot project discussed here will be complemented by three additional seismic arrays (two on Fogo, one on Brava) to improve seismic event localization and structural imaging based on scattered seismic phases by using multi-array techniques.

SO.6-006

Compound dislocation models (CDMs) for volcano deformation modelling with application to the 2015 Calbuco eruption, Chile

*M. Nikkhoo*¹, T.R. Walter¹, P.R. Lundgren², P. Prats-Iraola³*

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, United States,

³DLR German Aerospace Center, Microwaves and Radar Institute, Oberpfaffenhofen

Volcanic crises are often associated with ground deformation caused by magmatic and hydrothermal processes. The deformation signals are often monitored using terrestrial and space-based geodetic methods such as GPS and InSAR. Fast and efficient modelling techniques for various sources of volcano deformation are crucial for process understanding, hazard assessment and early warning purposes. As a simple model that can be a basis for rapid inversions, we present a compound dislocation model (CDM) that is composed of three mutually orthogonal rectangular dislocations (RDs). We present new RD solutions, which are free of artefact singularities and that also possess full rotational degrees of free-

dom. The CDM can represent a generalized volume source in the far field, and also performs as a finite model for planar intrusions in the near field. Therefore, this source model can be applied to shallow dikes and sills, as well as to deep planar and volume sources of any geometry. We show that through calculating the Eshelby tensor, the far-field deformation field of any arbitrary ellipsoidal source subjected to uniform internal pressure, can be reproduced by using the CDM. After systematically evaluating the CDM, we apply it to the co-eruptive displacements of the 2015 Calbuco eruption observed by the Sentinel-1A satellite in both ascending and descending orbits. The results show that the deformation source is a deflating vertical lens-shaped source, which is significantly different from an isotropic point source or a single dislocation model. The source is located at a depth of ~8 km centered beneath Calbuco volcano. This case study clearly reflects the convenience of using the CDM for a rapid inversion and interpretation of deformation data.

SO.7-001

GEOFON services for the German geophysical community

A. Strollo, J. Saul, J. Quinteros, P. Evans, R. Zaccarelli, A. Heinloo, S. Hemmleb, T. Zieke, M. Guenther, K.-H. Jäckel, W. Hanka, F. Tilmann*

Helmholtz-Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

The rise of integrated geophysical data analysis and big data applications demands data centres be able to provide as much data as possible in the easiest possible way to a growing multidisciplinary community. The GEOFON infrastructure, developed initially to simply acquire high quality seismic data and serve it in standard formats, is evolving towards the development of services which allow the automatic execution of complex workflows on big volumes of data. In doing so, our aim is to better support the German and international scientific community. The successful standardization of data formats, acquisition protocols and services in seismology during the last decade today allows seismologists and seismological data centers to easily exchange data. Our current efforts focus on improving data management policies, enlarging the GEOFON services portfolio by adding web services for quality metrics, publication of data reports to complement the data publication already under way, attribution of PIDs to data files to facilitate data discovery, creation of virtual data collections and data staging. These are all aimed at researchers who need to quickly understand what data is available, and ensure that data contributors are clearly and effectively recognized.

Today the GEOFON Data Centre archives contain almost 100 TB of our own data, passive data from the Geophysical Instrumental Pool Potsdam (GIPP) and third-party data. We invite research institutions in Germany and worldwide to avail themselves of our safe, long-term archival services. Our data is increasingly integrated into pan-European collaborations such as ORFEUS-EIDA, EPOS and EUDAT. Here we present the relevant available services for the geophysical community, ongoing developments and our future plans to further facilitate data access, integration, processing and publication. All these developments are carried out in synergy with ongoing national and international projects and coordination bodies in which GEOFON is actively participating.

SO.7-002

A New Seismic Bulletin for the European Arctic

J. Schweitzer^{*1, 2}, *Y. Konechnaya*³, *A. Fedorov*⁴, *S. Gibbons*¹, *M. PIRLI*⁵

¹NORSAR, Kjeller, Norway, ²CEED, University of Oslo, Oslo, Norway,

³Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russian Federation,

⁴KRSC GS RAS, Apatity, Russian Federation, ⁵Tårnbyveien, Skjetten, Norway

During the years 2014 - 2016, a joint Norwegian-Russian project between the three partners NORSAR in Kjeller, Norway, the Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of RAS in Arkhangelsk and the Kola Branch of the Geophysical Survey of RAS in Apatity, was jointly financed by Norwegian and Russian research agencies. One task of this project was to compile a joint seismic bulletin for the European Arctic for the last decades. The main sources for this new bulletin were the data collected at the International Seismological Centre (ISC), the reviewed bulletins of NORSAR and the two Russian project partners, the bulletins of the IDC in Vienna and its forerunners, the Nordic Bulletin compiled at the University of Helsinki, and the bulletins collected at the University of Bergen. In addition, seismic onsets from permanent and temporary stations read at NORSAR within different projects as e.g., during the IPY, were added to the new bulletin compilation.

The greatest challenge for this new unified bulletin is removing all the onset readings from different agencies analyzing the same seismic stations: due to international data exchange, data from the permanent stations in the European Arctic are in between analyzed by five or more institutions and then reported into the international databases. These institutes are not only processing the data differently, but they may even use different rules to name the seismic onsets.

All these data entries have to be homogenized, to achieve a unified bulletin. The new bulletin contains the most complete collection of seismic events observed in the European Arctic north of latitude 70 degrees for the time period 1990 to autumn 2015.

SO.7-003

Überarbeitung des Erdbebenkataloges des International Seismological Centre (ISC)

K. Lieser^{*}, *J. Harris*, *D. Storchak*, *L. Brown*, *B. Shumba*, *E. Delahaye*, *R. Verney*

International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom

Das ISC erstellt seinen umfassenden Katalog von seismischen Ereignissen, wie Erdbeben und Explosionen, basierend auf Daten, die zunächst in lokalen, regionalen, nationalen und globalen Datenzentren erfasst werden und nach einer Analyse vor Ort dem ISC zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten werden dann in die Datenbank des ISC eingepflegt, einem seismischen Ereignis zugeordnet, relokalisiert, von den ISC Analysten begutachtet und schließlich der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Einmal fertiggestellt, wird der Katalog im Nachhinein nur selten verändert.

Die Einhaltung von langfristig einheitlichen Methoden trägt zu einem großen Teil zur Relevanz des ISC Katalogs bei. Allerdings sind Modernisierungen im Laufe der Jahre durch neu gewonnene Erkenntnisse unvermeidbar. So wird im ISC ab dem Datenjahr 2006 anstatt der Jeffreys-Bullen-Laufzeitabelle das ak135 Geschwindigkeitsmodell zur Bestimmung der Hypozentren verwendet. Im Datenjahr 2009 wurde ein neuer ISC Lokalisierungsalgorithmus

eingeführt. Über die Jahre wurden zur Lokalisierung verschiedene seismische Phasen verwendet: Von Beginn an die P-Phase, ab Januar 2002 zusätzlich die S-Phase und seit Oktober 2002 die Phasen der IASPEI Standard Phase List. Die Regeln, nach denen ein Ereignis vom ISC neu lokalisiert wird, änderten sich 1999, 2005 und 2006. Auch die Methoden zur Magnitudenberechnung wurden mit der Zeit überarbeitet.

Der gesamte ISC Katalog würde somit von einer Überarbeitung unter Verwendung von einheitlichen Methoden profitieren. Dieses wird im Rebuild Projekt verwirklicht und bietet eine einmalige Möglichkeit den ISC Katalog von 1964 bis in die heutige Zeit noch einmal zu begutachten.

Die Hauptziele des Rebuild Projektes sind:

- Neuberechnung der ISC Hypozentren mit einheitlichen Methoden (1964-2010)
- Neuberechnung der Magnituden mit einem neuen, robusteren Verfahren und mindestens drei Stationen.
- Einfügen zusätzlicher Datensätze, die zur Zeit der Erstellung des ursprünglichen ISC Katalogs noch nicht zur Verfügung standen. Dieses sind z.B. Daten aus Neuseeland, dem Osten Russlands, aus Taiwan sowie Stationen des International Seismological Summary (ISS) für alle Ereignisse im ISC-GEM Katalog von 1904 – 1970.

Die Überarbeitung der Daten aus den 70er Jahren steht kurz vor der Fertigstellung. Der Datensatz von 1964 bis 1970 ist bereits bearbeitet und ersetzt den ursprünglichen ISC Datensatz dieses Zeitraums. In diesem Vortrag stellen wir erste Ergebnisse des Rebuild Projektes vor.

SO.7-004

STRATEGY - Seismic neTwoRk/Array in norThwEstern arGentina

*M. Zeckra*¹, F. Krüger¹, A. Landgraf¹, G. Aranda², F. Hongn², F. Morales³, P. Alvarado³*

¹Institut für Erd-und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam,

²CONICET - IBIGEO, Universidad Nacional de Salta, Salta, Argentina, ³CONICET - CIGEOBIO, Dpto. Geofísica y Astronomía, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina

After a severe, medium-sized earthquake (M_w 5.8; October 17, 2015) in El Galpón in the Salta Province, Argentina, we installed a local seismological network around the estimated epicenter covering also remarkable tectonic and geological orographic structures. The 13 three-component seismic stations are working fully autonomously with the main goal to record data continuously for at least one year. The 2015 earthquake took place in the Andean foreland at about 17km depth. This region shows inverted and inherited structures uplifting the basement. These ridges are separated by significant sediment basins, which are faulted as well. Hence, the Santa Bárbara System located to the east of the Andean Cordillera is part of the Andean broken foreland.

The earthquake epicenter was located beneath the Metán basin. Its tectonic fault system was already interpreted from analyses of several seismic lines indicating a 4km deep depocenter (Iaffa et al., 2011a, 2011b, 2013). In addition some geological maps and a geomorphological study by Barcelona et al. (2014) show a multi-stage morphotectonic evolution with thick-skinned basement uplift and thin-skinned deformation in the intermontane basins.

This study analyzes the seismicity of the region and the aftershock sequence of the El Galpón earthquake. We present preliminary results in order to gain knowledge about the intraplate activity of the Andean foreland and its apparent main frontal thrust deformation. Also, we

expect to detect the intraplate seismic activity of the subducting Nazca plate.

Furthermore, we plan to determine a local velocity model of the crust and receiver function images in the area.

Our preliminary results show a dataset, which spans the first 5 months of seismic recording. It consists of approximately 1000 seismic events. This list includes mostly local earthquakes and aftershocks from the event in October 17, 2015. For some events macroseismic reports are available as ground truth. In addition, the network has recorded events at regional distance which are mostly from seismic activity underneath the Puna plateau. The third type of seismicity detected by this local seismic network includes very deep events (~ 600km) with nearly vertical incidence angles of their seismic waves.

This presentation will introduce the seismological network and the framework of the 2015 crustal earthquake in the Metán Basin. In addition, preliminary results based on the analysis of the first 5 months will be shown.

SO.8-001

Insight into subdecimeter fracturing processes during hydraulic fracture experiment in Äspö hard rock laboratory, Sweden

*G. Kwiatek^{*1}, P. Martínez-Garzón¹, K. Plenkers², M. Leonhardt¹, A. Zang¹, M. Bohnhoff^{1,3}, G. Dresen^{1,4}, O. Stephansson¹, L. Stenberg⁵*

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²GMuG Gesellschaft für Materialprüfung und Geophysik mbH, Bad Nauheim, ³Free University Berlin, Institute of Geological Sciences, Berlin, ⁴University of Potsdam, Institute of Earth and Environmental Sciences, Potsdam, ⁵SKB Swedish Nuclear Fuel and Waste Management, Aspö, Sweden

In this study we analyze the nano- and picoseismicity recorded during a hydraulic fracturing in-situ experiment performed in Äspö Hard Rock Laboratory, Sweden. The fracturing experiment included six fracture stages driven by three different water injection schemes (continuous, progressive and pulse pressurization) and was performed inside a 28 m long, horizontal borehole located at 410 m depth. The fracturing process was monitored with two different seismic networks covering a wide frequency band between 0.01 Hz and 100000 Hz and included broadband seismometers, geophones, high-frequency accelerometers and acoustic emission sensors.

The combined seismic network allowed for detection and detailed analysis of seismicity with moment magnitudes $M_w < -4$ (source sizes approx. on cm scale) that occurred solely during the hydraulic fracturing and refracturing stages. We relocated the seismicity catalog using the double-difference technique and calculated the source parameters (seismic moment, source size, stress drop, focal mechanism and seismic moment tensors). The physical characteristics of induced seismicity are compared to the stimulation parameters and to the formation parameters of the site. The seismic activity varies significantly depending on stimulation strategy with conventional, continuous stimulation being the most seismogenic. We find a systematic spatio-temporal migration of microseismic events (propagation away and towards wellbore injection interval) and temporal transitions in source mechanisms (opening – shearing – col-lapse) both being controlled by changes in fluid injection pressure. The derived focal mechanism parameters are in accordance with the local stress field orientation, and signify the reactivation of pre-existing rock flaws. The seismicity follows statistical and source scaling relations observed at different scales elsewhere, however, at an extremely low level of seismic efficiency.

SO.8-002

Volumetric components in the earthquake source related to fluid-injection and stress state

*P. Martínez-Garzón**, *G. Kwiatek*, *M. Bohnhoff*, *G. Dresen*

GFZ German Centre for Geosciences, Potsdam

We investigate source processes of fluid-induced seismicity from The Geysers geothermal reservoir in California to determine their relation with hydraulic operations and improve the corresponding seismic hazard estimates. Analysis of 869 well-constrained full moment tensors (MW 0.8-3.5) reveals significant non-double-couple components (>25%) for about 65% of the events. Volumetric deformation is governed by cumulative injection rates with larger non-double-couple components observed near the wells and during high injection periods. Source mechanisms are magnitude-dependent and vary significantly between faulting regimes. Normal faulting events (MW < 2) reveal substantial volumetric components indicating dilatancy in contrast to strike-slip events that have a dominant double-couple source. Volumetric components indicating closure of cracks in the source region are mostly found for reverse faulting events with MW > 2.5. Our results imply that source processes and magnitudes of fluid-induced seismic events are strongly affected by the hydraulic operations, the reservoir stress state and the faulting regime.

SO.8-003

Rezente Seismizität im Raum Rotenburg – Resume und Perspektiven

G. Mokolke^{*1}, *R. Häfner*¹, *Z. Heinrich*¹, *S. Kolb*¹, *B. Sick*¹, *M. Walter*², *M. Joswig*¹

¹Universität Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, ²Seismic Solutions, Tübingen

Im Rahmen des DGMK Projekts 761 wird die Region Rotenburg seit nunmehr drei Jahren durch ein hochempfindliches seismisches Netz überwacht. Dadurch konnten neben flacher Seismizität im Bereich von produzierenden Erdgaslagerstätten (Walsrode, Hemsbünde) auch einzelne Beben in der tieferen Unterkruste entdeckt werden. War die Herdregion des ML 4.5 2004 Rotenburg und des ML 2.9 2012 Visselhövede Bebens in den ersten beiden Projektjahren seismisch inaktiv, konnten inzwischen hier ebenfalls kleine Beben erfasst werden. Erste Ergebnisse dieser Bebenauswertung werden vorgestellt.

Das DGMK Projekt hatte weiterhin das Ziel, Vergleiche zwischen den verschiedenen Konzepten seismischer Überwachung zu erarbeiten und Empfehlungen für eine routinemäßige, möglichst hochgradig automatisierte Auswertung zu geben. Wegen der sehr schwierigen Messbedingungen von hohem Rauschpegel im norddeutschen Sedimentbecken und vielen impulshaften Störungen durch nahegelegene Truppenübungsplätze kann ein Netz von seismischen Einzelstationen nur mit sehr unempfindlichen Detektoreinstellungen betrieben werden. Seismische Kleinarrays bieten durch die Erfassung von Scheingeschwindigkeit und Einfallswinkel der Wellenausbreitung entscheidende Informationen, um Störsignale zu identifizieren und schwache Phaseneinsätze bestimmen zu können. Allerdings muss eine automatische Auswertung wegen fehlender Redundanz bei der Parameterschätzung mit aufwendigen Verfahren der Mustererkennung stabilisiert werden. Nur die Auswertung klassischer Vielstationen-Arrays ist so robust, dass mit einem generischen Fisherdetektor selbst schwache Beben zuverlässig identifiziert werden, andererseits aber kaum Falschalarme auftreten.

Deshalb wurde für den Weiterbetrieb des DGMK Netzes neben dem vorhandenen Zehn-Stationen-Array in Löverschen (LOEV) ein weiteres, identisch konzipiertes Array in Kirchlinteln (KIR) aufgebaut. Erste Bebenregistrierungen und ein Vergleich mit der früher dort betriebenen BGR Station BKSB belegen die hervorragende Signalqualität.

SO.8-004

Charakterisierung lokaler Standorteffekte durch Bestimmung von 1D-Vs-Geschwindigkeitsprofilen und Wellenforminversion im Bereich der norddeutschen Gaslagerstätten

*M. Fehr^{*1}, S. Kremers², R. Fritschen²*

¹Ruhr-Universität Bochum, Geophysik, Bochum,

²DMT GmbH & Co. KG, Geschäftsfeld Geo Engineering & Exploration, Essen

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche seismische Ereignisse in Norddeutschland registriert. Eine hohe Anzahl der Ereignisse zeigt eine räumliche Verdichtung in der unmittelbaren Umgebung der Gaslagerstätten. Da einige dieser Ereignisse an der Oberfläche verspürt werden konnten, ist eine Evaluierung der Einflüsse von seismischen Wellen insbesondere der Effekte von Bodenbewegungen an der Oberfläche notwendig. Die seismischen Ereignisse wurden durch ein Überwachungsnetzwerk mit einer relativ geringen Stationsdichte aufgezeichnet. Die Gänge der beeinflussten Regionen kann nicht abgedeckt werden und somit auch mögliche lokale Verstärkungseffekte von Bodenbewegungen nicht erfasst werden. Daher ist eine Charakterisierung von Standorteffekten durch lokale Variationen des Untergrundes (Vs und Schichtmächtigkeit) von großer Bedeutung in der Gefährdungsabschätzung. Die lokalen Untergrundbedingungen müssen untersucht werden, um Bereiche mit möglichem Verstärkungspotential zu identifizieren. Diese Studie fokussiert sich auf die Bestimmung von 1D-Vs-Geschwindigkeitsprofilen mit passiven 2D-Array und kleinskaligen aktiven Messungen.

Eine kombinierte Auswertung mit Hilfe der HRFK und der MASW Analyse ermöglichte eine Bestimmung von Dispersionskurven über einen weiten Frequenzbereich. Die 1D-Inversion der Dispersionskurven lieferte mittlere Scherwellengeschwindigkeitsprofile bis zu Tiefen von 100-250 m.

Zusätzlich wurden durch eine Parameterstudie die Effekte und Einflüsse der Wellenausbreitung in einfachen oberflächennahen Untergrundstrukturen untersucht. Durch die Modellierung von unterschiedlichen Schichtmächtigkeiten mit typischen Materialparametern konnte ein Katalog von Verstärkungsfaktoren in Abhängigkeit von der Signalfrequenz erstellt werden.

Es konnte gezeigt werden, dass der kombinierte Ansatz ein aussichtsreiches Tool für die Bestimmung von oberflächennahen 1D-Vs-Geschwindigkeitsprofilen ist. Der Verstärkungskatalog kann eine schnelle Identifizierung von Bereichen mit hoher Verstärkung bei bekannten geologischen Verhältnissen ermöglichen. Die passiven und aktiven Messungen können sowohl zur Verifizierung von lokalen Untergrundverhältnissen als auch zu Kartierung von Bereichen unbekannter Geologie dienen. Diese Ergebnisse können zu einem besseren Verständnis von lokalen Standorteffekten führen und gibt die Möglichkeit die Gefährdungsabschätzung im Bereich der norddeutschen Gaslagerstätten zu verbessern.

SO.8-005

Passive seismische Standortcharakterisierung für Endlager radioaktiver Abfallstoffe: Fallbeispiel Mont Terri, Schweiz

*M. Walter**¹, *P. Blascheck*², *C. Nussbaum*³, *S. Schefer*³, *M. Joswig*²

¹Seismic Solutions, Tübingen, ²Institut für Geophysik, Universität Stuttgart, Stuttgart,

³Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern, Schweiz

Die Erfassung und Beurteilung der natürlichen Hintergrundseismizität in der unmittelbaren Umgebung von potentiellen Endlagern radioaktiver Abfallstoffe ist eine der wichtigsten Aufgaben bei der Suche nach geeigneten Standorten. Insbesondere die mögliche Erzeugung bzw. Erweiterung von Klüften und die damit verbundene Schwächung des Wirtsgesteins stellt eine ernstzunehmende Gefahr für die Integrität eines Endlagers dar.

Das Institut für Geophysik der Universität Stuttgart betreibt seit April 2014 ein lokales seismisches Netzwerk bestehend aus mittlerweile vier seismischen Kleinarrays am Schweizer Forschungsfelslabor Mont Terri. Ab der nächsten Projektphase ist angedacht, dass die Firma Seismic Solutions die Auswertung der dort erhobenen Daten übernimmt.

Neben der Detektion von über 1.600 globalen Ereignissen, wurden bisher ca. 200 lokale Ereignisse detektiert und lokalisiert, die nicht in seismischen Bulletins gelistet sind. Davon wurden 85 Ereignisse mit Magnituden zwischen $M_l = -2.0$ und $M_l = 1.2$ in unmittelbarer Nähe zum Felslabor, innerhalb eines Radius von ca. 10 km, lokalisiert. Die Mehrheit dieser Ereignisse wurde in den obersten Schichten des Deckgebirges, in einer maximalen Tiefe von ca. 5 km, generiert. Darüber hinaus lassen sich einzelne Ereigniscluster bekannten bzw. vermuteten Störungen zuordnen.

Neben den bisherigen Ergebnissen werden verschiedene Methoden zur Bestimmung von Schwellen für Detektion und Lokalisierung seismischer Ereignisse sowie zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit seismischer Netzwerke vorgestellt.

SO.9-001

Theoretical limits on detection and analysis of small earthquakes

*G. Kwiatek**¹, *Y. Ben-Zion*²

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²University of Southern California, Los Angeles, United States

We investigate theoretical limits on detection and reliable estimates of source characteristics of small induced and natural earthquakes using synthetic seismograms for shear/tensile dislocations on kinematic circular ruptures, observed seismic noise and properties of several acquisition systems (instrument response, sampling rate). Simulated source time functions for shear/tensile dislocation events with different magnitudes, static stress drops and rupture velocities provide estimates for the amplitude and frequency content of P and S phases at various observation angles. The source time functions are convolved with a Green's function for a homogeneous solid assuming given P-, S- wave velocities and attenuation coefficients and a given instrument response. The synthetic waveforms are superposed with average levels of the observed ambient seismic noise up to 1 kHz. The combined seismograms are used to calculate signal-to-noise ratios and expected frequency content of P and S phases at various locations. The synthetic simulations of signal-to-noise ratio reproduce observed ratios extracted from several well recorded datasets from induced seismicity. The results provide guidelines on detection of small seismic events in various geological environments, along with information relevant to reliable analyses of earthquake source properties.

SO.9-002

Understanding the limits and benefits of the full waveform inversion of polarization observables with energy streamlines

*R. Valensi**¹, *R. Brossier*²

¹Opera, Pau, France, ²ISTerre, Univ. Grenoble Alpes, Grenoble, France

Recently, a finite frequency method for inverting the polarization has been proposed. This method uses the workflow of the Full Waveform Inversion method with a polarization misfit based on an intrinsic distance. Even if some promising results have been shown, the limits and benefits of this method were not completely understood.

One of the difficulty comes from the fact that the inversion of the polarization is easier to formulate in frequency domain but results in this domain are not always straightforward to interpret.

The aim of this presentation is to show how the benefits/limitations of the inversion of the polarization may be understood with the help of the energy streamlines.

Indeed, the energy streamlines enable a "trajectory like" vision of wavefields generated by a located seismic source.

This "trajectories" may be interpreted directly as "ray-paths" of the average energy flow and for bodywaves they are related to the observed polarization.

The polarization residuals used in the inversion are direct consequences of the perturbations of these finite-frequency "ray-paths".

We will use these properties to explain how polarization observables may be robust to cycle skipping issues while in some other cases, they may be almost completely insensitive to the kinematics misfit.

The sensitivity to amplitudes will also be discussed and we also illustrate the importance of accounting for the ellipticity in case of the inversion of wavefields composed of multiple arrivals.

SO.9-003

Supervised machine learning approaches to facilitate seismological data intensive applications

*R. Zaccarelli**, *D. Bindi*, *F. Cotton*, *A. Strollo*

Helmholtz-Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

Supervised learning models, i.e. the task of inferring a function from labelled training data, have been extensively used in several fields such as spam detection, speech and image recognition and in general pattern recognition. Their suitability to detect anomalies and perform a semi- to fully- automated filtering on large waveforms datasets easing the effort of (or replacing) human expertise is therefore straightforward. Being supervised learning algorithms capable of learning from a relatively small training set to predict and categorize unseen data, its advantage when processing large amount of data is crucial. Moreover, their intrinsic ability to make data driven predictions makes them suitable (and preferable) in those cases where explicit algorithms for detection might be unfeasible or too heuristic. In this study, we consider relatively simple statistical classifiers (e.g., Naive Bayes, Logistic Regression, Random Forest, SVMs) where label are assigned to waveform data based on "recognized classes" needed for our use case. These classes might be a simply binary case (e.g., "good for analysis" vs "bad") or more complex one (e.g., "good for analysis" vs "low SNR", "multi-event", "bad coda envelope"). It is important to stress the fact that our approach can be generalized to any use case providing, as in any supervised approach, an adequate training set of labelled data,

a feature-set, a statistical classifier, and finally model validation and evaluation. The availability of German seismic data from EIDA (European Integrated Data Archive - <http://www.orfeus-eu.org/data/eida/index.html>) via the German nodes (BGR, GFZ and LMU) and the standardized portfolio of services available through EIDA have made data access trivial but demanding larger effort in big data analysis for a specific application. Aim of this study is to present the initial development as a software tool with optimized download routines, an efficient database storage and a labelling visual tool for populating our training set. We envisage with our approach to facilitate supervised learning for tailor made use cases, and build a first step towards more complex data mining and big data analysis. With the focus on Germany we are considering the following use cases: characterization of the ground motion in low seismic areas; source and attenuation studies; magnitude calibration; coda analysis for attenuation studies.

SO.9-004

Suche nach mit Gravitationswellen korrelierten Signalen in geophysikalischen Beobachtungen

M. Welsch^{*1}, *R. Widmer-Schmidrig*²

¹Universität Konstanz, Konstanz, ²Universität Stuttgart, BFO, Wolfach

Als Einstein die Gravitationswellen theoretisch durch Linearisierung der Feldgleichungen entdeckte, dachte er, dass diese auf Grund ihrer schwachen Wechselwirkung mit Materie niemals detektiert werden würden. Doch nahezu 100 Jahre nach der theoretischen Beschreibung der Gravitationswellen, konnten sie am LIGO das erste Mal direkt gemessen werden. Es gab jedoch bereits vor LIGO viel andere Wissenschaftler, die den Versuch der Detektion von Gravitationswellen unternommen haben. J. Weber erstellte den ersten Detektor für Gravitationswellen. Dieser war ein Resonanzdetektor, der beim Durchgang einer Gravitationswelle in Schwingung versetzt werden sollte und somit die Gravitationswellen registrieren sollte. Betrachtet man nun die Erde als ein Resonanzdetektor so müsste auch diese durch eine Gravitationswelle zum Schwingen angeregt werden und nach dem Durchgang in ihren Eigenschwingungen weiter schwingen. Somit kann durch messen der Eigenschwingungen die Erde selbst als Gravitationswellendetektor dienen. In dieser Arbeit soll nach korrelierenden Signalen in den geophysikalischen Messwerten des BFOs gesucht werden und mit Messdaten von anderen Stationen verglichen werden. Da dank des LIGO- Experiments zwei Durchgänge von Gravitationswellen durch die Erde bekannt sind, kann der Beobachtungszeitpunkt eindeutig festgelegt werden. Zunächst wird eine grobe Abschätzung der Stärke der erwarteten seismischen Antwort mittels des am LIGO aufgenommenen Signals bestimmt. Diese Abschätzung wird durch die Betrachtung der Reaktion eines inhomogenen Stabes mit der Länge des Erddurchmessers vollzogen. Da es sich bei Gravitationswellen um Quadrupol-Schwingungen handelt, wird die Anregung von Quadrupol- Eigenschwingungen der Erde erwartet. Ein erster Blick auf die Messdaten des BFOs zum Zeitpunkt des ersten Gravitationwellenevents zeigt, dass zwei Tage später ein Erdbeben der Magnitude Mw8.3 in Chile stattfand, sodass zur Erklärung der in den Gravimeterdaten deutlich angeregten fundamentalen Quadrupolmode ${}_0S_2$ keine Gravitationswellen herangezogen werden müssen. Wir konzentrieren unsere Aufmerksamkeit deshalb auf das zweite durch LIGO gesicherte Event.

UI Umwelt- und Ingenieurgeophysik

UI.1-001

Reservoir characterization by stress rotation

M. Ziegler^{*1,2}, *O. Heidbach*¹, *A. Zang*^{1,2}

¹GFZ Potsdam, Potsdam,

²University of Potsdam, Institute of Earth and Environmental Sciences, Potsdam

Sustainable and safe reservoir engineering requires detailed information on the initial in-situ stress state which is usually not available. The current research focuses on the processes that change the in situ stress field due to fluid injection and production. For example a recent work of Martínez-Garzón et al. (2014) uses stress inversions of focal mechanisms from induced seismic events in the geothermal reservoir The Geysers, CA, to estimate rotations of the principal stress axes. The stress rotations up to 30° are the physical response of the reservoir to the injection of fluids. Hence, the magnitude of stress rotation is a function of the initial stress state, the engineering parameters of the reservoir, and the inherent reservoir characteristics. With the engineering and reservoir parameters available and the magnitude of stress rotation observed the initial differential stress as an unknown can be estimated.

We demonstrate the feasibility of such an initial differential stress estimation based on observed stress rotations. We assess the parameters that are relevant for the occurrence and magnitude of stress rotation in a sensitivity study by means of a generic fully coupled 3D thermo-hydro-mechanical (THM) reservoir model. We then discuss the key reservoir parameters and the significance of their influence on the occurrence of stress rotations. Furthermore, we present an approach to estimate the initial differential stress of a reservoir with known properties from injection induced stress rotations.

The key parameters which govern the stress rotation are the reservoir permeability, the injection rate, and the initial differential stress. The injection rate correlates with the magnitude of stress rotation while an anti-correlation with the stress rotation is observed for each permeability and initial stress state. Of these three key parameters the permeability is clearly the most important parameter as the only decisive parameter whether there is or there is not a stress rotation. Other reservoir parameters such as porosity, thermal conductivity or temperature difference can be neglected. These findings indicate a relationship between initial differential stress and the observed stress rotations which depends mainly on the permeability and injection rate. With the generally known injection rate and estimations of the permeability we present a tool to estimate the initial differential stress from the observed stress rotation within a reservoir.

UI.1-002

From Characterizing Subsurface Aquifer Structures to Understanding Nutrient Pathways: Exploring Surface Geophysical, Direct Push, Chemical, and Nitrate Stable Isotopic Tools

A.U. Utom^{*1}, *U. Werban*¹, *P. Dietrich*^{1,2}

¹Department Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtz Centre for Environmental Research UFZ, Leipzig,

²Center for Applied Geosciences, Eberhard Karls Universität, Tübingen

We present an application of surface geoelectrical measurements and refraction seismic

tomography from a study site in southwest Germany where the structure of an alluvial aquifer was imaged. Crucial features identified by combining both methods include: (1) confined, but linearized low resistivity zone flanked by relatively high resistivity zones; (2) low velocity feature associated with the identified low resistivity zone; and (3) depression-like relief in the subsurface marking the low resistivity and velocity feature. This characteristic feature was corroborated by comparison to direct push-based electrical conductivity logs and soil samples as well as multilevel sampling of groundwater. On the basis of the described subsurface lithologic units and detected depth to the aquifer bedrock, the feature was thereafter interpreted as a potential preferential flow channel structure capable of significantly influencing nitrate loads. In conjunction with the chemical and nitrate stable isotopic analyses of the collected groundwater samples, these data were used to examine the likely interrelationships between the delineated subsurface structure and the biogeochemical pathway of the groundwater containing nitrate from agricultural sources. Based on the study results, we found that the alluvial aquifer is compartmentalized into the shallower and the deeper parts defined by decreasing dissolved oxygen levels and increasing trends of nitrogen-15 of the residual nitrate values and strong nitrate concentration gradients with depth. Surprisingly, basic reducing geochemical conditions did not result in opportunities for nitrogen denitrification pathway. Rather the anoxic deeper parts of the aquifer seem to allow nitrate to pass along conservatively. Specifically, the processes responsible for the observed nutrient (nitrate) dynamics and pathways are discussed, and measurement of geologic, hydrologic, and geochemical conditions as outlined here are therefore fundamental for improving their management strategies.

UI.1-003

Direct Push gestützte geotechnische und hydrogeologische Charakterisierung einer aktiven Erdfallzone

*T. Tippelt*¹, T. Vienken¹, R. Kirsch², P. Dietrich¹, U. Werban¹*

¹Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Leipzig, ²Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) Schleswig-Holstein, Flintbek

Erdfälle stellen in Gebieten, in denen lösliche Gesteinsschichten im Untergrund vorhanden sind, ein natürliches Georisiko dar. Die detaillierte Kenntnis über den Untergrundaufbau und dessen hydrogeologische und geotechnische Eigenschaften ist essentiell für das Verständnis von Erdfallgenese und -ausbreitung. Dieses bildet die Grundlage für Risikoabschätzungen und die Entwicklung eines Erdfallfrühwarnsystems. Standortmodelle beruhen jedoch häufig auf Daten aus Bohrungen und oberflächengeophysikalischen Messungen, die allerdings die räumliche Verteilung relevanter hydrogeologischer und geotechnischer Parameter oftmals nicht hinreichend auflösen können. Daher wurde in Münsterdorf, Schleswig-Holstein, eine aktive Erdfallzone mittels Direct Push Technologie, ein geringinvasives Sondierverfahren, detailliert erkundet. Die durch Direct Push gewonnenen, vertikal hochauflösenden in situ Messprofile geotechnischer und hydrogeologischer Eigenschaften, sowie Direct Push-basierte Probenahme in Kombination mit oberflächengeophysikalischen Messungen trugen zu einer wesentlichen Verbesserung des geologischen Standortmodells bei. Auf Grundlage der gewonnenen Daten soll in einem nächsten Schritt das konzeptionelle Standortmodell hinsichtlich der Erdfallgenese und -ausbreitung überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

UI.1-004

Schnellfahrende Zustandsuntersuchung von Bahntrassen

J. Wolf, D. Hofmann, J. Niessen*

DB Engineering & Consulting, Bremen

Die Richtlinie RIL 821 der Bahn sieht Inspektionen der Bahntrassen in regelmäßigen Abständen vor. Die Regelinspektionen umfassen die visuelle Überprüfung der Strecken sowie den Einsatz von Gleismessfahrzeugen zur Prüfung der Gleisgeometrie. Direkte Untersuchungen zum Ober- und Unterbau der Eisenbahngleise erfolgen bei auftretenden Auffälligkeiten lediglich in Form von Aufschlüssen in regelmäßig platzierten Abständen. Eine zerstörungsfreie, lückenlose Untersuchung des Gleisaufbaus ohne Streckensperrung ist auf die Art nicht möglich.

Das Georadar-Verfahren gehört heute zum Stand der Technik bei der Erkundung und Qualitätssicherung des Oberbaus und Unterbaus von Eisenbahngleisen. Es ermöglicht die lückenlose Dokumentation des Zustandes ganzer Strecken. Durch die Erhöhung der Messgeschwindigkeit, die Verbesserung der Mess- und Auswertetechnik sowie den Einsatz optimierter Analysesoftware, konnte die Leistungsfähigkeit des Verfahrens gesteigert werden. Durch die Kombination mit zusätzlichen Sensoren wird eine exakte örtliche Zuordnung der Messdaten realisiert. Das Messsystem wird auf den Puffer einer Lok montiert, zusammen mit einer schnellen und berührungslosen Datenerfassung ermöglicht dies, je nach notwendiger horizontaler Auflösung, Messgeschwindigkeiten zwischen 80 km/h und 120 km/h. Die Georadar-Messfahrten lassen sich dadurch in den Streckenfahrplan einpassen. Der normale Zugverkehr bleibt also unbeeinflusst.

Durch die Befahrung von Streckenabschnitten mit dem Georadar-Messsystem kann die Schadensursache objektiver erkannt, der Schadensverlauf besser beobachtet und bei Erreichen eines festgelegten Grenzwertes Instandhaltungsmassnahmen eingeleitet werden. Wegen der örtlichen Zuordnung der Messdaten, kann die Instandhaltung gezielt und konkret gestaltet werden, was Kosten und Streckensperrzeiten reduziert.

Eine Kombination der Georadar-Messungen mit beispielsweise hochauflösenden Kameras, Lasern zur Gleislagenbestimmung und Wirbelstrommessgeräten würde die komplette Untersuchung der Trasse, vom Unterbau über die Schwellen bis hin zu den Schienen, mit nur einer Befahrung ermöglichen. Die Teilautomatisierung der Datenauswertung, bei der Standard-Signaturen durch spezielle Algorithmen detektiert werden, würde die Auswertzeit langer Strecken erheblich reduzieren.

In dem Beitrag wird die Georadar-Technik für Messungen entlang Bahntrassen vorgestellt, die Auswertung an einem Anwendungsbeispiel dargestellt und die nächsten Entwicklungsschritte diskutiert.

UI.1-005

Prognose von Erschütterungen bei Baumaßnahmen an Wasserstraßen

*J. Götz**, *R. Zierach*, *U. Zerrenthin*

Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Bei Baumaßnahmen an Wasserstraßen ist der Einsatz erschütterungsintensiver Bauverfahren wie Rammen, Verdichten, Sprengen oder Meißeln unvermeidlich. Erschütterungsprognosen können Hinweise für die Auswahl zulässiger Bauverfahren, die Fahrweise von Baumaschinen sowie für Art und Umfang von Beweissicherungsmaßnahmen liefern.

Die Einwirkung von Erschütterungen aus Baumaßnahmen auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden wird mit Hilfe der Messgrößen Schwinggeschwindigkeit und Frequenz bewertet. In der DIN 4150-3 (1999) werden Anhaltswerte für Gebäude- und Bauteilschwingungen angegeben, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne der Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken erfahrungsgemäß nicht zu erwarten sind. Für die Beurteilung der Belästigung von Menschen in Wohngebäuden wird die bewertete Schwingstärke herangezogen, die apparativ durch gleitende Effektivwertbildung aus dem frequenzbewerteten Zeitsignal der Schwinggeschwindigkeit der Deckenschwingungen gewonnen wird (DIN 4150-2, 1999).

Eine rein theoretisch begründete Prognose von Erschütterungen ist mit großen Unsicherheiten behaftet, da das Verhalten der Schwingungsquelle in Wechselwirkung mit dem Baugrund, die Schwingungsausbreitung im Boden und die Schwingungsübertragung auf Bauwerke und Bauteile von vielen Parametern abhängig ist, die meist nicht ausreichend genau bestimmbar bzw. unbekannt sind. Ausreichend sichere Prognosen erfordern daher eine messtechnische Voruntersuchung der Erschütterungsausbreitung und der relevanten Übertragungsparameter. Hierfür sind Probemaßnahmen oder Ersatzanregungen bei vergleichbarem Baugrund und ähnlichen Bauwerken geeignet. In vielen Fällen sind Probemaßnahmen jedoch aus wirtschaftlichen, rechtlichen oder technischen Gründen nicht bzw. im gegebenen Planungszeitraum noch nicht durchführbar.

Für eine Erschütterungsprognose können in solchen Fällen dokumentierte Ergebnisse von Erschütterungsmessungen bei vergleichbaren Bauvorhaben herangezogen werden. Die Bundesanstalt für Wasserbau verfügt über große Datenmengen von Erschütterungsmessungen bei Baumaßnahmen an Wasserstraßen. In einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurden diese Daten in Abhängigkeit relevanter Parameter statistisch zusammengefasst und für die Prognose von Boden- Bauwerks- und Bauteilschwingungen aufbereitet. Mit den Anhaltswerten der DIN 4150 lassen sich so Gefährdungsbereiche für bauliche Anlagen bzw. Entfernungsbereiche mit möglichen erheblichen Belästigungen von Menschen in Gebäuden abschätzen.

UI.2-001

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

M. Grohmann^{*1}, *E. Niederleithinger*¹, *S. Buske*²

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), FB 8.2, Berlin,

²Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Das Ultraschall-Echo-Verfahren ist eine klassische zerstörungsfreie Prüftechnik zur Bestimmung der Geometrie von Bauteilen. Die Prüfaufgaben beinhalten unter anderem

die korrekte Dickenbestimmung der Baukörper sowie die Lokalisierung von Einbauteilen und Fehlstellen. Stand der Technik bei den Abbildungsverfahren ist die SAFT-Rekonstruktion (Synthetic Aperture Focusing Technique). Diese Gruppe von Verfahren weist Schwierigkeiten bei der Darstellung von steilen Grenzflächen und komplizierten Strukturen auf, wie beispielsweise Stufen oder Unterkanten von Hüllrohren. Zudem verarbeiten die SAFT-Verfahren nur die primären Reflexionen am abzubildendem Objekt korrekt. Als Alternative wird seit einiger Zeit die Reverse-Time Migration (RTM) aus dem Bereich der Geophysik evaluiert. Diese beruht auf der numerischen Lösung der vollständigen Wellengleichung. Die migrierte Abbildung wird durch Kreuzkorrelation von zeitlich vorwärts- und rückwärtsmodellierten Wellenfeldern erzeugt.

Für die Durchführung der RTM wurde in einer Vorarbeit ein 2D akustischer Code verwendet und an realen Ultraschallmessdaten getestet. Letztere wurden mit Scherwellenprüfköpfen an einem Stahlbetonfundament aufgenommen. Ein Vergleich der Migrationsergebnisse mit den Ergebnissen der SAFT-Rekonstruktion zeigte für die RTM einen deutlichen Fortschritt in der Rekonstruktion der Bauteilgeometrie.

Derzeit wird vom akustischen Code auf einen elastischen Code umgestellt, da für die eigentlichen Ultraschallmessungen elastische Wellen angeregt werden. In einem ersten Schritt wurde dies mit dem Softwarepaket Madagascar umgesetzt und an einem einfachen 2D-Modell getestet. Dabei fanden verschiedene Quellenregungen Anwendung. Um Migrationsartefakte zu reduzieren wurden weiterhin zwei Abbildungsbedingungen getestet. Die Kreuzkorrelation der Verschiebungskomponenten der zeitlich vorwärts- und rückwärtsmodellierten Wellenfelder wurde mit der Kreuzkorrelation der Skalar- und Vektorpotentiale beider Wellenfelder verglichen.

Im zweiten Schritt wurden Ultraschallmessdaten an einer Stufenplatte aufgenommen und mit dem akustischen sowie elastischen 2D Code evaluiert. Diese erste Anwendung der elastischen RTM auf reale Messdaten war erfolgreich und zeigt im Vergleich zu der akustischen Auswertung eine Verbesserung in der Abbildungsqualität.

UI.2-002

Lokalisierung von geotechnischen Ereignissen mittels Diffraktionssummation

*F. Hlousek^{*1}, S. Buske¹, J. Keßler², W. Kudla³, B. Lucke⁴, R. Mittag¹, H. Thoma⁵*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²BIUG GmbH, Freiberg, ³Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, ⁴LMBV mbh, Senftenberg, ⁵K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen

Geotechnische Ereignisse im Bereich der Innenkippen des ehemaligen Lausitzer Braunkohle Tagebaus sind eine potentielle und immer wieder auftretende Gefahr. Die auftretenden Rutschungen und Geländeeinbrüche sind in der Regel die Folge von Bodenverflüssigungsvorgängen. Diese Ereignisse sind durch einen vergleichsweise langsamen zeitlichen Verlauf des seismogenen Herdvorganges und teilweise geringer seismischer Energieabstrahlung gekennzeichnet. Zur Detektion und Lokalisierung solcher Ereignisse wurde in der Lausitz ein Überwachungssystem bestehend aus 26 Seismometern aufgebaut. Dieses soll als Alarmierungssystem dienen, um mögliche Unfälle in der Folge von dieser Ereignisse zu verhindern.

Bei den auftretenden Ereignissen wird in erster Linie Oberflächenwellenenergie aufgezeichnet. Raumwellenanteile besitzen hingegen eine deutlich geringere Amplitude, wodurch sie nicht immer, oder nur mit großer Schwierigkeit zu erkennen sind. Bei den Oberflächenwellen werden sowohl Love- als auch Rayleighwellen registriert, die bei guter Datenqualität anhand ihrer Polarisierung eindeutig voneinander unterschieden werden können.

Auf Basis der bestimmten Einsatzzeiten der Oberflächenwellen können diese verwendet werden, um die Herdlage des seismischen Ereignisses zu lokalisieren. Hierzu wird um den Ersteinsatz eine charakteristische Funktion definiert, welche als Zeitreihe mittels Diffraktionssummation räumlich abgebildet wird. Diese Abbildung wird für unterschiedliche potentielle Herdzeiten wiederholt, wobei sich die charakteristischen Funktionen der einzelnen Empfänger überlagern. Am potentiellen Herdort ergibt sich aus dieser Überlagerung ein räumliches und zeitliches Maximum in der Abbildungsfunktion, das die entsprechende fiktiven Herdzeit und die Lage des Herdortes angibt.

Darüber hinaus können die Richtungen der Einfallenden Oberflächenwellen bestimmt aus der Polarisation dazu verwendet werden, das Abbild der Diffraktionssummation in diese Richtung zu beschränken. Diese Beschränkung reduziert die Mehrdeutigkeit der Lösung, und somit kann auch bereits mit nur zwei Stationen eine Lokalisierung durchgeführt werden.

Die Anwendung dieses Lokalisierungsverfahrens für seismische Registrierungen in der Lausitz zeigt eine sehr gute Übereinstimmung der berechneten Lokationen und der geotechnisch sichtbaren Schäden an der Geländeoberfläche. Es ist damit sehr gut geeignet, um aus den registrierten Oberflächenwellen die Herdlokation auf diesen Innenkippen verlässlich zu bestimmen.

A1 Poster

S1.A-001

Apparatur zur synchronen Messung des spezifischen elektrischen Widerstandes von 4 Gesteinsproben im Frequenzbereich 100 uHz - 250 kHz

*T. Radic*¹, M. Halisch²*

¹Radic Research, Berlin, ²Leibniz Institut for Applied Geophysics (LIAG), Hannover

Die Methode der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) misst den spezifischen elektrischen Widerstand von Gesteinen als Funktion der Frequenz. Der spezifische Widerstand nicht mineralisierter Gesteine (frei von Elektronen leitenden Mineralen) wird primär von der Geometrie des Porenraumes und den ihn mehr oder minder füllenden Fluiden kontrolliert. Dabei kommt den elektro-chemischen Eigenschaften der inneren Oberflächen des Porenraumes eine besondere Bedeutung zu. Zu einer umfassende Charakterisierung eines Gesteins ist daher eine Impedanzmessung in einem möglichst weiten Frequenzbereich notwendig. Messungen im Milli- und Mikrohertz Bereich sind allerdings außerordentlich langwierig. Eine substantielle Erhöhung der Produktivität ist nur durch eine Parallelisierung von Messungen zu erreichen. Wir haben daher eine Laborapparatur entwickelt die es erlaubt zeitgleich bis zu 4 Gesteinsproben zu vermessen. Die einfachste technische Realisierung würde darin bestehen, dass alle Gesteinsproben in Reihe geschaltet werden und dann der an jeder Probe gemessene Spannungsabfall in Relation zum Gesamtstrom gesetzt würde. Diese Lösung liefert jedoch nur eine unbefriedigende Datenqualität, wenn sich die Leitfähigkeiten der Proben stark unterscheiden. Zudem treten bei hohen Frequenzen starke Kopplungseffekte zwischen den Messkanälen auf, die zu großen systematischen Messfehlern führen. Die implementierte Lösung sieht daher für jede Probe einen eigenen Strommesskanal vor. Zudem kann der Messsignalpegel individuell angepasst werden. Als weitere Massnahme befinden sich direkt an den Strom- und Potentialelektroden der Messzellen Impedanzwandler (Probes). Mit deren Hilfe kann der sonst bei hohen Messfrequenzen auftretende Einfluss der Messleitungskapazitäten auf das Messergebnis minimiert werden. Eine weitere Verbesse-

rung lässt sich erzielen, indem man die unvermeidliche aber konstante und messbare Eingangsimpedanz der Probes berücksichtigt. Hierzu haben wir eine analytische Gleichung abgeleitet, mit deren Hilfe sich der Einfluss auf das Messergebnis reduzieren lässt.

S1.A-002

Entwicklung eines CPT basierten seismischen Tomographiesystems zur geotechnischen Untergrunderkundung und Standortbewertung

*U. Sauer*¹, S. Mackens², P. Dietrich¹, T. Fechner²*

¹Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Leipzig, ²Geotomographie GmbH, Neuwied

Zur Untersuchung, messtechnischen Erfassung und der Überwachung von übertägigen Altbergbaurelikten werden Verfahren der Geotechnik standardmäßig verwendet. Diese geben punktuell Aufschluss über Bodenparameter. Eine der vielseitig für Baugrunduntersuchungen einsetzbaren Direct Push Untersuchungsmethode ist die Drucksondierung (Cone Penetration Test - CPT) in Lockergesteinen. Bei CPT werden in-situ Messwerte wie der Spitzenwiderstand, die lokale Mantelreibung an der Reibungshülse, die Eindringgeschwindigkeit der Sonde und die Abweichung der Spitze von der Lotrechten aufgezeichnet. In den letzten Jahren wurden bereits zusätzlich seismische Messverfahren bei verschiedensten geotechnischen Anwendungen und zur Risikoabschätzung eingesetzt. Die seismische Geschwindigkeit, insbesondere die S-Wellengeschwindigkeit, hat dabei einen direkten Bezug zu geotechnischen Parametern, wie dem Schermodul. Für die hochauflösende Erkundung zwischen existierenden Bohrungen fand das Verfahren der seismischen Tomographie zwischen Bohrungen bei der strukturellen Untergrunderkundung eine weitverbreitete Anwendung.

Im gerade gestarteten ZIM F&E Projekt (CPTTOMO - ZF4318901LT6 & ZF4315801LT6) soll ein CPT basiertes Tomographiesystem in einem kleinkalibrigen Direct-Push CPT Gestänge integriert werden. In das CPT Gestänge sollen mehrere 3C Schallempfänger im Abstand von 1 m eingebaut werden, ebenso auch in einem anderen Gestänge eine Schallquelle, die P- und S-Wellen abstrahlt. Durch die direkte Verlinkung der seismischen Geschwindigkeit mit bodendynamischen Parametern ist das hochauflösende tomographische Verfahren ideal geeignet, die punktuellen 1D Informationen aus CPT Messungen in eine Messebene (2D) und den Raum (3D) zu übertragen. Neue theoretische Ansätze sollen einen Zugang zur Dämpfung der seismischen Wellen erlauben, indem das Dispersionsverhalten der Körperwellen analysiert werden soll. Die Dämpfung ist ein wesentlicher Faktor, um den Einfluss von Erschütterungen z.B. auf die Bodenverflüssigung beurteilen zu können. Damit liefert die Seismik einen zusätzlichen geotechnischen Parameter, der einen wichtigen Beitrag zur Standsicherheitsbewertung leistet.

Die Posterpräsentation stellt die Projektidee der Zusammenführung von CPT und der seismischen Tomographie dar, fasst zu erwartende Messwerte und daraus abgeleitete geotechnische Parameter zusammen, zeigt erste Beispiele zur Auswertung von Amplituden und erörtert neue Ansätze zur Bestimmung der Dämpfung.

S1.A-003

Instrumentierung für H/V-Messungen im Flachwasserbereich

K.-H. Jäckel, M. Hönig, M. Haxter, T. Ryberg, C. Haberland*

Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Voruntersuchungen haben gezeigt, dass passive seismische Verfahren wie die H/V-Methode zur Bestimmung der Tiefe bis zur Permafrostschicht in arktischen Regionen, konkret im

Lena-Delta, gut geeignet sind. Hierfür wurde am GFZ ein mobil verwendbares, seismisches Datenerfassungssystem aufgebaut, das bis ca. 100 m Wassertiefe eingesetzt werden kann und so zum Beispiel Messungen von einem Boot aus ermöglicht. Die Unterwassereinheit enthält als Sensor einen seismischen Breitbandsensor des Typs Trillium-Compact-20s mit einer zulässigen Neigung bis zu 10°, einen Datenlogger auf Basis des Data Cube³ sowie weiterer Elektronik (Neigungssensoren, Schaltvorrichtungen und RS-485-Linedriver). Für die Bedienung und Real-Time-Datenbewertung wurde ein Raspberry-Pi2 inklusive Touchscreen spritzwassergeschützt in ein Pelicase eingebaut. In der Box befinden sich auch Akkus sowie ein GPS-Empfänger. Die Python-basierte Software ermöglicht das Ein- und Ausschalten des Seismometers, das Markieren von Events und die Anzeige der Neigung. Weiterhin werden die seismischen Signale in Real-Time geplottet, auf Knopfdruck H/V-Spektren kummulativ berechnet und visualisiert sowie ein Log-File aller Aktionen mit Positionsdaten angelegt. Die Anzeigen der H/V-Spektren in Real-Time erlaubt es sehr schnell die Qualität der gesammelten Daten zu bewerten und damit die effektive Messzeit zu minimieren. Alle seismischen Daten inklusive Neigungs- und Event-Informationen werden in der Unterwassereinheit gespeichert und stehen später für das weitere Processing zur Verfügung. Neben technischen Details werden Bilder vom praktischen Einsatz im Lena-Delta gezeigt und Beispiele für gemessene H/V-Spektren sowie erste Resultate von Permafrosttiefenbestimmungen entlang von Profilen präsentiert.

S1.A-004

Automated stacking of seismic reflection data based on ideas from non-rigid image registration

*S. Reiche*¹, B. Berkels²*

¹Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen University, Aachen, ²AICES Graduate School, RWTH Aachen University, Aachen

Seismic reflection imaging is a principle method in exploration geophysics, widely used for subsurface investigation. During seismic data acquisition, each subsurface point is usually imaged multiple times. By stacking traces assigned to a common subsurface point, such redundancy is used in seismic signal processing to improve the quality of the final seismic image. However, travel time correction prior to stacking traditionally involves time consuming determination of stacking velocities which are sought along a set of hyperbolic travel time curves. Here we propose an alternative way of stacking, both independent of a reference velocity model and any prior assumptions regarding the shape of the travel time curve. This technique is based on ideas from non-rigid image registration and stereo reconstruction. Mathematically, our stacking operator is founded on a variational approach that transforms a series of seismic traces contained within a common midpoint gather into a common reference frame. Based on the normalized cross correlation and regularized by penalizing irregular displacements, time shifts are sought for each sample to minimize the discrepancy between a zero-offset trace and traces with larger offsets. Time shifts are subsequently exported as a data attribute and can easily be converted into stacking velocities, using the traditional hyperbolic travel-time formulation.

For demonstrating the feasibility of this approach, we apply it to simple and complex synthetic data and finally to a real seismic line. Results are compared to those obtained by the automated, semblance-based, hyperbolic velocity scanning and stacking approach that is implemented as a first step in the CRS parameter search strategy described by Jäger et al. (2001). We find that our new method produces stacks of equal to slightly superior signal-to noise ratio compared to the traditional, hyperbolic stacking operator, even for complex syn-

thetic and real data cases. We compute stacking velocities from time shifts, generated as a data attribute during our stacking routine. Stacking velocities are of high quality and produce meaningful results when used as a first guess in subsequent pre-stack time migration routines.

References:

Jäger, R., Mann, J., Höcht, G., Hubral, P., 2001. Common-reflection-surface stack: Image and attributes. *Geophysics* 66, 97-109.

S1.A-005

3D potential field modelling and 3D prints of complex geological structures

*H.-J. Götze*¹, S. Schmidt¹, P. Menzel²*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Arbeitsgruppe Modellierung und Bewertung, Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Freiberg

The new gravmag techniques are user-friendly because they are highly interactive, ideally real-time and topology conserving and can be used for both flat and spherical models in 3D. These are important requirements for joint inversion not only for gravity and magnetic modelling of fields and derivatives, constrained by seismic and structural input from independent data sources, but also essential towards a true integration with Full Waveform Inversion. A borehole tool for magnetic and gravity modelling has also been introduced.

For 3D gravity and magnetic modelling, polyhedrons built by triangles are used. All elements of the gravity and magnetic tensors can be included. In the modelling interface, after geometry changes the effect on the model is quickly updated because only the changed triangles have to be recalculated. Because of the triangular model structure our approach can handle complex structures very well (e.g. overhangs of salt domes, plumes). For regional models the use of spherical geometries and calculations is provided. 3D visualization is performed with a 3D-printer (Ultimaker 2) and gives new insights in even rather complicate Earth subsurface structures.

Inversion can either be run over the whole model, but typically it is used in smaller parts of the model, helping to solve local problems and/or proving/disproving local hypotheses. Instead of optimizing the position of model vertices, interactive inversion uses a different parameterization of the model. The inner points of a lattice are utilised to define a distortion of space. The user can monitor model updates live on screen and stop the process at any time. The basic principles behind this interactive approach are high performance optimized algorithms (CMA-ES: Covariance-matrix-adoption-evolution-strategy). The efficiency of the algorithm is very good in terms of stable convergence due to topological model validity. Potential field modelling is always influenced by the area outside the core area of investigation, causing edge effects. To avoid these effects a simple but very robust method has been developed: derive a density/susceptibility-depth function by taking the mean value of the borders of depth slices through the model. The focus of the poster presentation is set on practical study examples from the international KTB – Project, Germany’s deep continental borehole.

S1.A-006

Earthquake location including rotational ground motion: a single station approach

S. Donner, F. Bernauer, H. Igel, J. Wassermann*

Department für Erd- und Umweltwissenschaften, LMU München, München

In translational based seismology the location of an earthquake with one single station (3C) is theoretical possible (at least for the epicentre) but comes with large uncertainties. Thus, the location is traditionally done on data of at least three stations. However, there are settings where only very few or even just one station can be installed, such as in grim environments (deserts, ocean islands, Earth's poles) or on other planets.

Rotational seismology may provide a solution to this difficulty. Assuming the availability of 6C data (3C of translation + 3C of rotation) – which is almost the case – we should be able to locate an earthquake much better from a single 6C station than using 3C data alone, even without or little prior knowledge. Measuring the amplitude ratios of translation and rotation, we obtain information on the local phase velocity. From surface waves Love wave dispersion curves can be determined, allowing the estimation of a 1D velocity model. By analysing the coherence between rotational and translational amplitudes the backazimuth of the event can be determined.

Here, we use data of the 1C (vertical) laser gyroscope in Wettzell and the 3C laser gyroscope close to Munich. We compare the location results from 3C versus 4/6C data.

S1.A-007

Applicability and Bias of V_p/V_s Estimates by P and S Differential Arrival Times of Spatially Clustered Earthquakes - why the method of Lin and Shearer (2007) will yield biased results in nearly all realistic configurations

M. Palo, F. Tilmann, B. Schurr*

Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Estimating small-scale VP/VS variations at depth can be a powerful tool to infer lithology and hydration of a rock, with possible implications for frictional behavior. In principle, from the differential arrival times of P and S phases from a set of spatially clustered earthquakes, an estimate of the local VP/VS can be extracted, because the VP/VS is the scaling factor between the P and S differential times for each pair of earthquakes. We critically review the technique proposed by Lin and Shearer (2007), in which the mean value over all stations is subtracted from the differential arrival times of each pair of events in order to make the method independent of a priori information on origin times. The demeaned differential P and S arrival times are plotted on a plane, and the VP/VS ratio is estimated by fitting the points on this plane. We tested the method by both theoretical analysis and numerical simulations of P and S traveltimes in several velocity models. We found that the method returns exact values of VP/VS only in the case of a medium with homogeneous VP/VS, whereas, when a VP/VS gradient is present, the estimates are biased as an effect of systematic differences between P and S takeoff angles. We demonstrated that this bias arises from the demeaning of the arrival times over the stations. In layered models with VP/VS decreasing with depth, we found that VP/VS is overestimated or underestimated, respectively, for takeoff angles larger or smaller than 90°. In most realistic local earthquake monitoring settings, the take-off angles are not equally distributed but there will be a dominance of downward going rays, resulting in an overall bias.

We calculated analytically the dependence of this bias on the takeoff angles. Additional simulations showed that the difference between the calculated and the expected VP/VS is reduced for simple horizontally layered velocity structures (<0.06), whereas it is 0.27 in a more realistic velocity model mimicking a subduction zone.

S1.A-008

Mystery of the first teleseismic earthquake record in Potsdam.

*G. Kulikova**

Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam

It is generally known among seismologists that the first teleseismic earthquake registration was made in Potsdam in 1889 by a German scientist Ernst von Rebeur-Paschwitz. The picture of this first seismograms appeared in the literature over decades and is very well known by now. Rebeur-Paschwitz has developed and installed two of the same type seismic instruments in Wilhelmshaven and Potsdam in Germany, both of which recorded a significant disturbance on April 18, 1889. The Potsdam records had a better quality and therefore is better known. The records were later associated, by Rebeur-Paschwitz, with a Japanese earthquake at corresponding time, which was felt in Tokyo. The earthquake was then given a magnitude of 6.9 and believed to occur in Tokyo.

More detailed investigation of literature, especially description of the earthquake intensity in Tokyo, suggests that it has rather been mis-located and its magnitude might be different. One of the earlier publications suggested that the earthquake is likely to occur offshore, south of Honshu and had larger magnitude (7+). There actually was no significant damage reported after this earthquake and it does not appear in historical catalogs. It is rather surprising that an earthquake of such a large magnitude went almost unnoticed. Especially considering that in July the same year the magnitude 6.3 Kumamoto earthquake, which also occurred in Japan, despite of its smaller magnitude, has received much attention and is very well known.

In this study the original Japanese earthquake catalogs from 1889 and damage reports are examined in order to determine more probable epicenter location, taking into account modern seismicity of the region. The main focus of the study is a very detailed investigation of the seismic records of the Potsdam and Wilhelmshaven seismograms. The Rebeur-Paschwitz records are simulated using the corresponding instrument parameters for a modern magnitude 6.9 earthquake, which occurred in the region close to the suspected epicenter of 1889 earthquake. The late code waves analysis is used to redetermine the magnitude of the 1889 earthquake by scaling it to the modern event.

S1.A-009

Deformation Offshore Northern Chile monitored by a Seafloor Geodetic Network (GeoSEA)

*K. Hannemann*¹, D. Lange¹, H. Kopp¹, F. Petersen¹, E. Contreras-Reyes²*

¹GEMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel,

²Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile

The Nazca-South American plate boundary around 21°S has last ruptured in an earthquake in 1877 and was identified as a seismic gap prior to the 2014 Iquique earthquake (Mw=8.1). The southern portion of this segment is still unbroken. The geodetic monitoring of the Chilean subduction zone is crucial to understand the deformation processes in this area. Most geodetic measurements rely on GPS and are therefore limited to onshore campaigns. In December 2015, we installed the GeoSEA (Geodetic Earthquake Observatory on the SEAFloor) array around 21°S of the Nazca-South American plate boundary with RV SONNE to extend the geodetic observations to the offshore areas. The GeoSEA array consists of autonomous acoustic seafloor transponders mounted on 4 m high tripods. These transponders

are able to continuously measure the two-way travel time of acoustic signals between station pairs (baselines) and the properties of the sea water (sound speed, temperature and pressure) at each transponder. These measurements are used to retrieve the distances between the transponders and give insights into the deformation of the seafloor. At the Chilean subduction zone, we installed in total 23 transponders in 3 subarrays with interstation distances of up to 2500 m. On the middle continental slope in 2300 m water depth, an array consisting of 8 transponders measures across crustal faults seen in AUV mapping. A second array of 5 stations located on the outer rise monitors extension across normal plate-bending faults. The deepest deployment in ~5000 m water depth located on the lower continental slope with 10 stations is designed to measure diffuse strain build-up. The transponders are intended to monitor the seafloor deformation for 3.5 years. In November 2016 during a cruise of RV Langseth, the first 11 months of data were successfully uploaded via an acoustic modem. Furthermore, an additional component of the network, GeoSURE, a self-steering autonomous vehicle (wave glider), was successfully used to monitor system health and to upload parts of the data from the seafloor stations. The first 11 months of data show a good signal quality and the baseline precision is ± 5 mm. For the available period, the data reveals no deformation above the resolution limits of the individual distance measurements.

S1.A-010

Software Toolbox Development for Rapid Earthquake Source Optimisation Combining InSAR Data and Seismic Waveforms.

*M.P. Isken**¹, *H. Sudhaus*¹, *S. Heimann*², *A. Steinberg*¹, *H.M. Bathke*³

¹Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Geoforschungszentrum Potsdam, Potsdam,

³Crustal Deformation and InSAR Group, King Abdullah University of Science and Technology, Thuwal, Saudi Arabia

We present a modular open-source software framework (pyrocko, kite, grond; <http://pyrocko.org>) for rapid InSAR data post-processing and modelling of tectonic and volcanic displacement fields derived from satellite data. Our aim is to ease and streamline the joint optimisation of earthquake observations from InSAR and GPS data together with seismological waveforms for an improved estimation of the ruptures' parameters. Through this approach we can provide finite models of earthquake ruptures and therefore contribute to a timely and better understanding of earthquake kinematics.

The new kite module enables a fast processing of unwrapped InSAR scenes for source modelling: the spatial sub-sampling and data error/noise estimation for the interferogram is evaluated automatically and interactively. The rupture's near-field surface displacement data are then combined with seismic far-field waveforms and jointly modelled using the pyrocko.gf framework, which allows for fast forward modelling based on pre-calculated elastodynamic and elastostatic Green's functions. Lastly the grond module supplies a bootstrap-based probabilistic (Monte Carlo) joint optimisation to estimate the parameters and uncertainties of a finite-source earthquake rupture model.

We describe the developed and applied methods as an effort to establish a semi-automatic processing and modelling chain. The framework is applied to Sentinel-1 data from the 2016 Central Italy earthquake sequence, where we present the earthquake mechanism and rupture model from which we derive regions of increased coulomb stress.

The open source software framework is developed at GFZ Potsdam and at the University of Kiel, Germany, it is written in Python and C programming languages.

The toolbox architecture is modular and independent, and can be utilized flexibly for a variety of geophysical problems.

This work is conducted within the BridGeS project (<http://www.bridges.uni-kiel.de>) funded by the German Research Foundation DFG through an Emmy-Noether grant.

S1.A-011

Latest Developments in Very Broadband Seismometer Deployment Possibilities

T. Parker, P. Devanney*, G. Bainbridge

Nanometrics Inc., Kanata, Canada

Broadband seismology has changed radically over the last 30 years, from researchers with a large seismological apparatus in their basement to deploying a very broadband seismometer on an Antarctic ice sheet in the brief time it takes to shut off and restart a helicopter! The introduction of new instrumentation that is miniaturized and ruggedized reduces the logistic costs for deploying the lowest noise very broadband sensors making it affordable and possible.

Could a researcher ever conceive of an experiment that could deploy the equivalent of an STS-1 in a temporary array? Broadband vendors continue to evolve and miniaturize traditional force feedback systems to enable researchers to create cost effective early earthquake warning networks, continental scale rolling arrays, observe glacial seismic's and record the ringing of the earth. The newest sensors can have the next logical step in integration from the digitizer to multiple instruments with dynamic ranges greater than 200dB. And the next iteration? Geodetic tilt? Atmospheric pressure?

We discuss the latest developments that free researchers to deploy new arrays in even the harshest terrestrial conditions by reducing the limitations of the older systems and improving the noise performance, reliability and required logistics support while reducing the complexity.

S1.A-012

Anwendung der Reverse-Time Migration auf Ultraschall-Echo-Daten zur Detektion von Rissen in Betonkörpern

M. König*¹, E. Niederleithinger², M. Grohmann²

¹VMT GmbH, Bruchsal, ²Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Die Ultraschall Echo Methode ist eine wichtige Methode der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP). Prüfaufgaben im Bauwesen beinhalten unter anderem die korrekte Dickenbestimmung von Konstruktionen, sowie die Lokalisierung von Einbauteilen und Fehlstellen. Sehr häufig erfolgt die Abbildung mittels SAFT-Rekonstruktion (Synthetic Aperture Focusing Technique). Frühere Studien zeigten, dass die Reverse Time Migration (RTM) in Fällen von komplexen Strukturen, wie z.B. vertikale Reflektoren, eine verbesserte Abbildungsqualität liefert. RTM basiert auf der numerischen Lösung der gesamten Wellengleichung. Zwei Wellenfelder, ein vorwärtsgerechnetes Quellen-Wellenfeld, sowie ein rückwärtsgerechnetes Empfänger-Wellenfeld, erzeugen durch eine Abbildungsbedingung ein migriertes Bild. Diese Methode wurde in einer Masterarbeit im Hinblick auf eine weitere Anwendungsmöglichkeit in der ZfP evaluiert. Ziel war es, nicht sichtbare Risse an der Rückseite von Betonkonstruktionen zu

visualisieren. In dieser Studie wird eine 2D-RTM auf Basis der akustischen Wellengleichung verwendet. Simulationen sowie die RTM erfolgten mit Hilfe des Softwarepakets Madagascar. Zunächst wurde ein numerisches Modell eines Betonprobekörpers, der später für eine Datenaufnahme mit Scherwellenprüfköpfen zur Verfügung steht, erstellt. Dieser hat eine schmale, vertikale Nut an der Rückseite. Die RTM der synthetischen Daten zeigte eine sehr gute Abbildung der vertikalen Nut. Die Ergebnisse der Simulation werden durch die Auswertung von am Betonprobekörper aufgenommenen Ultraschallmessdaten bestätigt. Eine vergleichende Auswertung mittels SAFT zeigt eine deutlich schlechtere Abbildungsqualität an den vertikalen Grenzflächen der Nut. Abschließend wurden Daten an einem Probekörper aufgenommen, welcher einem Belastungstest unterzogen worden war. Der Probekörper zeigt mehrere Risse, deren interne Geometrie und Dimensionen unbekannt sind. Die Auswertung mit RTM zeigen die laterale Position, sowie die Höhe der Risse innerhalb des Probekörpers. Weitere Vergleiche mit SAFT Rekonstruktionen zeigen das hohe Anwendungspotential der Reverse Time Migration innerhalb der zerstörungsfreien Prüfung.

S1.A-013

Erste Ergebnisse faseroptischer Langzeit-Temperaturmessungen in der Bohrung KB Moxa 1/13 am Geodynamischen Observatorium Moxa (Germany)

C. Schwarze, A. Goepel, P. Methe, N. Kukowski*

Geodynamischen Observatorium Moxa, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena

Temperatur-Tiefenprofile in Bohrungen bieten einen Einblick in die geothermischen Bedingungen des Untergrunds. Sie archivieren vergangene Temperaturänderungen, die z.B. aus Klimaänderungen resultierten. Um Zusammenhänge zwischen Umgebungstemperaturen und der Temperaturänderung im Untergrund besser zu verstehen und um historische und rezente Klimaänderungen direkt zu beobachten, führen wir kontinuierliche Langzeit-Temperaturmessungen über die gesamte Tiefe einer 96 m tiefen Forschungsbohrung (KB Moxa 1/13) mit Hilfe einer optischen Faser (DTS distributed temperature sensing) auf dem Gelände des Geodynamischen Observatoriums Moxa durch. Das Messkonzept beruht auf dem Raman-Rückstreuverfahren, die Messung erfolgt mit einem Sampling-Intervall von 10 min jeweils über die gesamte Länge der Faser, so dass ein raumzeitlich hochaufgelöster Datensatz entsteht. In der Bohrung ist zusätzlich eine Drucksonde installiert die die Pegeländerungen aufzeichnet. Verschiedene meteorologische Parameter, z. B. Niederschlag, Luftdruck oder Sonneneinstrahlung werden durch eine ebenfalls auf dem Observatoriumsgelände installierten Klimastation erfasst, so dass auch mögliche Auswirkungen etwa von Starkregenereignissen auf die Temperaturen im flacheren Untergrund identifiziert werden können.

Wir präsentieren hier den technischen Ausbau der Bohrung, unsere Beobachtungsstrategie und erste Daten eines vollständigen Jahreszyklus' vom 11.05.2015 bis zum 11.05.2016. Die Daten zeigen eine Korrelation von Lufttemperatur und Bodentemperatur, den Einfluss von saisonalen Temperaturänderungen der Atmosphäre auf die Untergrundtemperaturen bis in eine Tiefe von etwas mehr als 20 m, in einer Teufe zwischen 70 - 80 m wurde über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg ein anomaler Temperaturverlauf aufgezeichnet, was die Vermutung nahe legt, was mit dem Zutritt von Fluid erklärt werden kann. Es werden weitere Anwendungsmöglichkeiten der glasfaseroptischen Temperaturmessung im Bereich des Bohrlochmonitorings diskutiert.

S1.A-014

Eine neue, modulare Messzelle für hochgenaue SIP-Labormessungen

M. Halisch, T. Grelle, S. Hupfer, J.-T. Blanke, C. Lehne*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Die Untersuchung komplexer elektrischer Eigenschaften von natürlichen Fest- und Lockergesteinen mit der Methode der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) ist von großem Forschungsinteresse für alle Porenraum bzw. Grenzflächenspezifischen Prozesse und Eigenschaften zwischen der mineralischen Matrix und dem Porenfluid. Von besonderem und aktuellem Forschungsinteresse sind dabei die Ableitung von hydraulischen und strukturellen Gesteinseigenschaften sowie die Korrelation der SIP-Daten mit Ergebnissen und Parametern aus der klassischen Gesteinsphysik. In den vergangenen Jahren hat dabei insbesondere die Entwicklung der Messtechnik zu einer deutlichen Verbesserung der Ergebnisqualität geführt. Gleichwohl gibt es allerdings keine einheitlichen Standards für passende Labor-Messzellen. Weiterhin sind viele der verwendeten Zellen weder für Messungen an unterschiedlichen Materialien (Fest- & Lockergestein), noch an Materialien unterschiedlicher Geometrie (Durchmesser, Länge, Querschnittsform) ausgelegt. Im Rahmen der Arbeiten der Sektion 5 (Gesteinsphysik & Bohrlochgeophysik) des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik (LIAG), wurde eine Messzelle für SIP-Labormessungen entwickelt, die flexibel und mit hoher Funktionalität den oben genannten Ansprüchen angepasst werden kann. Darüber hinaus zeichnet sich die neue Messzelle durch ein besonders geringes „Eigenrauschen“ aus, wodurch auch Probenmaterialien, die besonders geringe Phaseneffekte erwarten lassen, mit hoher Genauigkeit und Reproduzierbarkeit untersucht werden können. Die Zelle ist zum Patent angemeldet und kann auch von interessierten Arbeitsgruppen käuflich erworben werden.

S1.A-015

Beispiele für thermografische Untersuchungen der Oberflächenbeschaffenheit historischer Bauwerke

*M. Tesch*¹, E. Erkul¹, D. Schulte-Kortnack¹, K. Jepsen¹, D. Wilken¹, L. Cristiano¹, M. Auras², R. Sobott³, T. Meier¹*

¹Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Institut für Steinkonservierung e. V., Mainz,

³Labor für Denkmalpflege, Naumburg

Thermografie ist ein berührungsloses Messverfahren geeignet zur Erfassung von oberflächlichen und oberflächennahen Materialeigenschaften. Das Lokalisieren von Fugen, Rissen und Hohlräumen, das Erkennen von Feuchtigkeitseindringungen und Ablösungserscheinungen oder das Aufzeichnen von Luftströmungen sind einige der möglichen Anwendungen. Da dafür nur Temperaturvariationen um wenigen Grad in situ beobachtet werden müssen, eignet sich die Methode exzellent zur Anwendung an historischen Bauwerken und Baudenkmalern.

Es werden Beispiele von Messungen am Merseburger Dom, der Neptungrotte im Park von Sanssouci (Potsdam), der Porta Nigra in Trier und dem Haus des tragischen Dichters in Pompeji gezeigt.

Mittels aktiver thermografischer Messungen konnte unter Putz verborgenes Mauerwerk, sowie dessen lokaler Feuchtigkeitsgehalt sichtbar gemacht werden. Darüber hinaus erwiesen sich verschiedene Verwitterungszustände und Verkrustungen an Sandsteinen als gut unterscheidbar anhand ihres Erwärmungs- und Abkühlungsverhaltens.

Eine Modellierung zeigte eine um 30% verminderte Temperaturleitfähigkeit von verkrustetem gegenüber intaktem Sandstein.

Mit dem Vergleich von Messungen an beschädigtem Marmor und mittels Polyacrylat-Tränkung konserviertem Marmor konnte der Erfolg einer möglichen restauratorischen Maßnahme für reparaturbedürftige historische Baustoffe bestätigt werden.

Passive Thermografie erwies sich ebenfalls als geeignet zur Erkennung lokaler Wasserintrusionen oder dem Ablösen der Bausteine eines Mosaiks. Insbesondere die Betrachtung der Standardabweichung einer passiven Messung kann hilfreich sein, um Variationen auf der Oberfläche des Untersuchungsobjekts hervorzuheben, die etwa durch Luftströme und andere atmosphärische Effekte, aber auch durch Heterogenität des Materials verursacht werden können.

S1.A-016

Rückblick auf die Entwicklung des Geophilus-Messsystems zur großflächigen Bodenkartierung

*E. Lück^{*1}, J. Guillemoteau¹, J. Rühlmann²*

¹Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, ²Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren

In der modernen teilflächenspezifischen Landwirtschaft besteht der Bedarf an detaillierten Bodeninformationen. Konventionelle Bodenbeprobung ist zeitaufwendig und teuer. Deshalb werden geophysikalische Kartierverfahren zur Erfassung der Flächenheterogenität und zur Optimierung der Bodenbeprobung genutzt. Die interessierenden Bodenparameter korrelieren mit der elektrischen Leitfähigkeit, weshalb im ersten Schritt ein Messsystem zur Erfassung des elektrischen Widerstandes entwickelt wurde. Es wird mit einer äquatorialen Dipol-Dipol-Anordnung gearbeitet, wobei neben dem Einspeisedipol bis zu sechs Spannungsdipole mit je 0.5 m Abstand zur Verfügung stehen. Weil der ‚footprint‘ einer Einzelmessung in der Größenordnung des realisierten Messpunktabstandes von etwa 4 m liegt, wurde für die Inversion der scheinbaren Widerstände ein 1-dimensionaler Algorithmus entwickelt. Um bei der Interpretation der Widerstandsdaten die Mehrdeutigkeiten einzuschränken, werden die elektrischen Messungen mit der Messung der natürlichen Gammastrahlung kombiniert.

Die eingesetzte Messtechnik besteht aus mehreren Komponenten, die teilweise nach Bedarf gegeneinander ausgetauscht werden. Das für die Elektrikmessungen von T. Radic entwickelte SIP - System ‚Rabbit‘ misst den komplexen elektrischen Widerstand für bis zu 4 Signalfrequenzen im Bereich zwischen 1 mHz und 1 kHz gleichzeitig. Kartierungen unter teilweise extremen Bodenbedingungen haben gezeigt, dass sich die Auswirkungen der Ankopplungsbedingungen auf die Signalqualität in Abhängigkeit von den Signalfrequenzen unterscheiden.

Für den routinemäßigen Praxiseinsatz wird in Zusammenarbeit mit der Firma Delphin Technology der Einsatz der Geräte TopMessage und Expert Vibro erprobt. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass die realisierte vollautomatisierte Datenerfassung mit einer festen Signalfrequenz erwartungsgemäß zu einem Qualitätsverlust führen kann und teilweise einen erhöhten Aufwand in der Nachbereitung der Daten erfordert. Für die Messung der natürlichen Gammastrahlung des Bodens wird bisher ein von der Firma BLM Storkow entwickeltes System genutzt. Der eingesetzte Plastiksensoren mit einem Volumen von ~ 10 l eignet sich zur quasikontinuierlichen Erfassung der Gesamtstrahlung. Ein ebenfalls von BLM Storkow entwickelter NaI-Detektor mit einem Kristallvolumen von 3 l ist momentan noch in der Erprobung. Damit wird die Möglichkeit eröffnet, über eine spektrale Erfassung der Gammastrahlung auf die Strahlungsquellen zu schließen.

S1.A-017

Die Switch-Box - eine kostengünstige Geräteerweiterung für geoelektrische Messinstrumente

M. Maier-Rotter, V. Nawa, A. Junge*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde das Gerät Switch-Box konstruiert, welches erlaubt einzelne Einspeiseelektroden in beliebiger räumlicher Anordnung individuell mit einer Hochstromquelle zu verbinden. Es können insgesamt 20 Einspeiseelektroden in insgesamt 100 Kombinationen mit dem Gerät angesteuert werden und zu den Stromausgängen einer Stromquelle durchgeschaltet werden. Zudem können durch Einstellen eines automatischen Messprogrammes die gewünschten Elektrodenkombinationen zur Einspeisung in Serie abgearbeitet werden. In Zukunft soll ein automatisches Messprogramm die optimalen Einspeisekombinationen anhand der Ergebnisse einer parallel ablaufenden 3D-Inversion beurteilen. In Bereiche des Untergrundes mit unzureichender Sensitivität im entsprechenden Modell soll dann bevorzugt eingespeist werden. Wir erhoffen uns durch eine derartige Wahl der Einspeiseorte eine Verkürzung der notwendigen Messdauer und einer damit einhergehenden Erhöhung der Effizienz. Die Ansteuerung der Switch-Box erfolgt im Feld durch eine GUI auf einem Tablet oder Notebook. Die Verbindung mittels WLAN erlaubt zudem eine freie Bewegung des Benutzers.

Die Switch-Box wurde des Weiteren erfolgreich einem Feldtest mit einem 4x5 Elektroden-gitter mit 15 m Elektrodenabstand unterzogen. Die Potentialmessungen erfolgten dabei mit fünfzehn 2-Kanal Stand-Alone-Loggern innerhalb des Gitterrasters.

SO.A-018

SplitRacer – a semi-automatic tool for the analysis and interpretation of teleseismic shear-wave splitting

M.C. Reiss, G. Rümpker*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

We present a semi-automatic, graphical user interface tool for the analysis and interpretation of teleseismic shear-wave splitting in MATLAB. Shear wave splitting analysis is a standard tool to infer seismic anisotropy, which is often interpreted as due to lattice-preferred orientation of e.g. mantle minerals or shape-preferred orientation caused by cracks or alternating layers in the lithosphere and hence provides a direct link to the earth's kinematic processes. The increasing number of permanent stations and temporary experiments result in comprehensive studies of seismic anisotropy world-wide. Their successive comparison with a growing number of global models of mantle flow further advances our understanding the earth's interior. However, increasingly large data sets pose the inevitable question as to how to process them. Well-established routines and programs are accurate but often slow and impractical for analyzing a large amount of data. Additionally, shear wave splitting results are seldom evaluated using the same quality criteria which complicates a straight-forward comparison.

SplitRacer consists of several processing steps: i) download of data per FDSNWS, ii) direct reading of miniSEED-files and an initial screening and categorizing of XKS-waveforms using a pre-set SNR-threshold. iii) an analysis of the particle motion of selected phases and successive correction of the sensor miss-alignment based on the long-axis of the particle motion. iv) splitting analysis of selected events: seismograms are first rotated into radial and transverse components, then the energy-minimization method is applied, which provides the po-

larization and delay time of the phase. To estimate errors, the analysis is done for different randomly-chosen time windows. v) joint-splitting analysis for all events for one station, where the energy content of all phases is inverted simultaneously. This allows to decrease the influence of noise and to increase robustness of the measurement when deriving hypothetical one or two-layer splitting parameters.

SO.A-019

StackSplit – a plugin for multi-event shear wave splitting analyses in SplitLab

*M. Grund**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Geophysikalisches Institut, Karlsruhe

The SplitLab package (Wüstefeld et al., Computers and Geosciences, 2008), written in MATLAB, is a powerful and widely used tool for analysing seismological shear wave splitting of single event measurements. However, in many cases, especially temporary station deployments close to seaside or for recordings affected by strong anthropogenic noise, only multi-event approaches provide stable and reliable splitting results.

In order to extend the original SplitLab environment for such analyses, I present the Stack-Split plugin that can easily be implemented within the well accepted main program. Stack-Split grants easy access to several different analysis approaches within SplitLab, including a new multiple waveform based inversion method as well as the most established standard stacking procedures.

The possibility to switch between different analysis approaches at any time allows the user for the most flexible processing of individual multi-event splitting measurements for a single recording station. Besides the provided functions of the plugin, no other external program is needed for the multi-event analyses since StackSplit performs within the available SplitLab structure.

SO.A-020

Anisotropieuntersuchungen in SW-Deutschland mit SKS-Splitting-Analysen

Y. Sanz Alonso, M. Grund, J. Ritter*

Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Es soll die seismische Anisotropie in Südwest-Deutschland, speziell im Bereich des Oberrheingrabens, untersucht werden. Dies wird mithilfe der Analyse von Scherwellen-Splitting durchgeführt. Dazu werden SKS- und SKKS-Wellen verwendet, die im isotropen Untergrund durch die p-zu-s-Konversion an der Kern-Mantel-Grenze linear polarisiert sind und anschließend durch die Propagation in einem anisotropen Medium eine Doppelbrechung erfahren, sodass die lineare Polarisation nicht mehr vorhanden ist. Mit dem Programm SplitLab (Wüstefeld et al., 2008) werden die beiden Splitting-Parameter – Richtung der schnellen Achse und Zeitunterschied zwischen schneller und langsamer Welle – bestimmt. Mittels der Programmiererweiterung StackSplit (Grund, 2017) kommt auch die simultane Wellenforminversion (Simultaneous Inversion of Multiple Waveforms SIMW, Roy et al., 2017) zur Anwendung, die es durch Kombination mehrerer Ereignisse ermöglicht, qualitativ schlechtere Daten auszuwerten und dabei auch Wellenfelder aus anderen Richtungen als bisher verwendet werden können. Somit können Richtungsabhängigkeiten gesucht werden, welche ggf. komplexe Anisotropieverhältnisse im Untergrund aufzeigen können. Hierfür

werden neben Feststationen besonders auch Wellenformen von temporären Netzwerken verwendet. Das Poster zeigt die ersten Ergebnisse der Untersuchung.

SO.A-021

DSEBRA - eine Gerätekomponente des neuen SPP 2017 „Gebirgsbildung in 4 Dimensionen“ und der deutsche Beitrag zum AlpArray Seismic Network

*W. Friederich*¹, M. Korn², T. Meier³, J. Ritter⁴, G. Rümpler⁵, C. Thomas⁶, F. Tilmann⁷, J. Wassermann⁸*

¹Inst. für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum,

²Universität Leipzig, Leipzig, ³Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

⁴Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, ⁵Goethe-Universität, Frankfurt,

⁶Westfälische-Wilhelms-Universität, Münster, ⁷Geoforschungszentrum, Potsdam,

⁸Ludwigs-Maximilian-Universität, München

Im neu eingerichteten DFG-Schwerpunktprogramm 2017 "Gebirgsbildung in 4 Dimensionen" soll am Beispiel der Alpen untersucht werden, wie an der Oberfläche beobachtbare Gebirgsbildungsprozesse mit Vorgängen in der Lithosphäre und dem tieferen Mantel interagieren. Das SPP 2017 ist sehr stark in das internationale Projekt AlpArray eingebunden, in dem eine detaillierte Untersuchung der Tiefenstruktur der Alpen angestrebt wird.

Zu diesem Zweck wurde ab Sommer 2015 das AlpArray Seismic Network aufgebaut, das in vollem Ausbau rund 600 Breitbandstationen umfasst, von denen etwas mehr als die Hälfte temporäre Stationen sind.

Der deutsche Beitrag zu den temporären Stationen dieses Netzwerks wird über das SPP 2017 beigesteuert. Beantragt ist die Beschaffung eines mobilen Arrays aus 100 Breitbandstationen für die deutsche seismologische Gemeinde, genannt DSEBRA (Deutsches Seismologisches Breitbandarray), welches zunächst im Rahmen von AlpArray und danach insbesondere bei langfristigen, temporären Feldexperimenten zum Einsatz kommen soll. Das Betriebskonzept betrachtet DSEBRA ausdrücklich als Array und nicht als Instrumentenpool, weshalb eine Stückelung auf unterschiedliche Projekte nicht vorgesehen ist.

Da die Finanzierung von DSEBRA über das SPP 2017 frühestens im Sommer 2017 zur Verfügung steht, haben die Autoren bereits Ende 2015 insgesamt 71 Stationen im Rahmen von AlpArray aufgestellt (UNIBRA Experiment). Diese sollen nach der Beschaffung von DSEBRA durch die neuen Stationen ersetzt werden. Die verbleibenden 29 Stationen werden entweder an Standorten aufgestellt, die von anderen Projektpartnern verlassen werden, oder für die Besetzung neuer Standorte verwendet. Die Instrumentierung von UNIBRA ist heterogen und umfasst Sensoren von Streckeisen, Nanometrics und Guralp, die mit Earth-Data, Nanometrics, RefTek sowie Quanterra-Datenloggern betrieben werden. Die Daten der UNIBRA und AlpArray-Stationen werden an den nationalen EIDA-Zentren gespeichert und von dort an die Projektpartner verteilt.

In diesem Poster stellen wir das AlpArray Seismic Network vor, zeigen Installationsbeispiele und Standorte der deutschen Stationen, Rausch-Spektren zur Einschätzung der Qualität der Standorte und Datenbeispiele für einige ausgewählte, vom AlpArray Seismic Network registrierte Erdbeben.

SO.A-022

LITHOS-CAPP: LITHOspheric Structure of Caledonian, Archaean and Proterozoic Provinces

*A. Mauerberger**¹, *H. Sadeghisorkhani*², *M. Grund*³, *O. Gudmundsson*², *F. Tilmann*¹, *J. Ritter*³

¹Helmholtz Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²University of Uppsala, Geocentrum, Uppsala, Sweden,

³KIT Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe

The western rim of Scandinavia is characterized by the Scandes mountain range with topographies up to 2500 m. Since this region lacks recent compressional tectonic forces, it provides a great opportunity to understand the geodynamical evolution of crustal and upper mantle structures at passive continental margins. This project is the German contribution (GFZ and Karlsruhe Institute of Technology) to the SCANarray initiative implemented by a consortium including also NORSTAR, NGU (both Norway) as well as Universities of Copenhagen, Oslo, Leicester, Uppsala, Bergen, Aarhus and Oulu.

In total, around 130 temporary broadband stations have been deployed by the project partners covering central and northern Norway and Sweden and the western margin of Finland, where 20 broadband seismic stations have been provided by GFZ pool from September 2014 to October 2016. Additionally, about 115 permanent stations from Denmark, Norway, Finland and Sweden are available, resulting in a typical interstation distance of 60 km.

Our project links to former studies, which mainly covered the southern regions of Scandinavia, the Baltic shield and the North-European craton in Finland. An unusually shallow crust has been found beneath the high-topography Scandes mountain range of western Norway, where a clear crustal mountain root seems to be absent. The lower topography regions of eastern Norway and Sweden, however, reveal a thicker crust, which is in contrast to the principles of Airy isostasy, and hints at a mantle source for the high topography of the Scandes. Indeed, a shallow lithosphere-asthenosphere boundary was found between the southern Scandes. Lower seismic velocities than expected for a tectonically stable region have also been found for southern Norway with a sharp transition to higher VP and VS beneath Sweden.

To obtain a high-resolution (lithospheric) shear wave model, we will combine tomographic and waveform inversions of surface waves and ambient noise subsequently producing 3D velocity models, including both isotropic and anisotropic analyses. The focus is on the variation of crustal and lithospheric structure as well as seismic velocity across the Scandes mountain range and western (Phanerozoic) and eastern (Proterozoic) Scandinavia. The spatial variation of anisotropic structures can give us a hint at the tectonic formation since anisotropy may differ between the tectonic units or could be consistent over larger regions.

SO.A-023

Untersuchung des unteren Erdmantels hinsichtlich möglicher Niedriggeschwindigkeitszonen unter dem Pazifik mittels Scherwellen

*N. Christiansen**, *L. Schumacher*, *C. Thomas*

Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

Abbildungen seismischer Tomographie weisen Regionen auf, in welcher sich vor allem Scherwellen langsamer ausbreiten. Diese sogenannten LLSVPs (Large Low Shear Velocity Provinces) befinden sich im tiefen Erdmantel unterhalb Afrikas und des Pazifiks und reichen von der Kern-Mantel-Grenze ungefähr 1200km in den Erdmantel hinein. Es wird vermutet,

dass es sich bei diesen Niedriggeschwindigkeitszonen um thermochemische Strukturen handelt, deren Form und Größe abhängig von Eigenschaften wie Dichte, Temperatur und chemischer Zusammensetzung ist.

Wir untersuchen ob die Niedriggeschwindigkeitszonen Auswirkungen auf Laufzeiten und Amplitude von Schwerwellen haben. Dabei werden synthetische Beispiele als auch echte Daten benutzt. Die synthetischen Daten werden hinsichtlich der Laufzeiten und Slownesswerte bekannter S-Phasen für verschiedene Epizentraldistanzen ausgewertet. Zusätzlich zu den Laufzeit- und Amplitudeneinflüssen auf die bekannten S-Wellen treten durch die Scherwellengeschwindigkeitsreduktion mindestens zwei weitere SS-Vorläufer auf. Bei den hier betrachteten Vorläufern handelt es sich um die an der Unterseite der neuen Diskontinuität reflektierte Welle und um die Welle, die an der neuen Diskontinuität diffraktiert. Beide Signale treten zeitlich hinter der direkten S/Sdiff-Welle auf und können je nach Tiefe und Stärke der Geschwindigkeitsreduktion Einflüsse auf die Wellenphasen der 410- und 660-Diskontinuität haben. Basierend auf den Ergebnissen der synthetischen Daten werden süd-west pazifische Beben an US-Array Stationen analysiert um die Präsenz einer Niedriggeschwindigkeitszone nachzuweisen.

SO.A-024

Working towards a numerical solver for seismic wave propagation in unsaturated porous media

M.S. Boxberg, W. Friederich*

Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum

Modeling the propagation of seismic waves in porous media gets more and more popular in the seismological community. However, it is still a challenging task in the field of computational seismology. Nevertheless, it is important to account for the fluid content of, e.g., reservoir rocks or soils, and the interaction between the fluid and the rock or between different immiscible fluids to accurately describe seismic wave propagation through such porous media. Often, numerical models are based on the elastic wave equation and some might include artificially introduced attenuation. This simplifies the computation, because it only approximates the physics behind that problem. However, the results are also simplified and could lack accuracy or miss phenomena in some applications.

We present a numerical solver for wave propagation in porous media saturated by two immiscible fluids. It is based on Biot's theory of poroelasticity and accounts for macroscopic flow that occurs on the same scale as the wavelength of the seismic waves. Fluid flow is described by a Darcy type flow law and interactions between the fluids by means of capillary pressure curve models. In addition, consistent boundary conditions on interfaces between poroelastic media and elastic or acoustic media are derived from this poroelastic theory itself.

The poroelastic solver is integrated into the larger software package NEXD that uses the nodal discontinuous Galerkin method to solve wave equations in 1D, 2D, and 3D on a mesh of linear (1D), triangular (2D), or tetrahedral (3D) elements. Triangular and tetrahedral elements have great advantages as soon as the model has a complex structure, like it is often the case for geologic models. We illustrate the capabilities of the codes by numerical examples.

This work can be applied to various scientific questions in, e.g., exploration and monitoring of hydrocarbon or geothermal reservoirs as well as CO₂ storage sites.

SO.A-025

Shear wave velocity anomalies underneath Scandinavia deduced from global travel time tomography

F. Lutz^{*1}, *M. Grund*¹, *J. Ritter*¹, *C. Weidle*²

¹Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Karlsruhe,

²Institute of Geosciences, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel

The international research experiment ScanArray with the German contribution Lithos-CAPP operated up to 98 broad band seismic recording stations in Norway, Sweden and Finland. The teleseismic waveforms from these stations and additionally from permanent stations and broadband sensors of previous temporary studies in different areas of Fennoscandia are used to deduce a 3D absolute shear wave velocity model for the Earth's mantle in this region. Overall, travel time measurements from approximately 300 stations, that have been deployed in Scandinavia in the past 20 years and that are evenly distributed in the survey area have been incorporated. Due to the long observation period, an excellent azimuthal coverage with ca. 250 earthquakes ($MW > 5.5$) in distances of 20° - 90° is achieved.

The used inversion method integrates regional and global tomography: absolute travel times of shear waves, which were recorded at our regional network are inverted together with travel times of a global dataset provided by the EHB-catalogue. In this way we calculate a global tomographic model with an increased resolution in the study region. Raytracing is performed for the entire mantle from source to receiver, which makes it possible to obtain an absolute 3D velocity model without plane wave assumptions or normalised relative residuals. Model parametrization in the upper mantle is performed with small-sized blocks. Together with the high ray coverage, this procedure provides a high resolution, especially in the deep upper mantle.

The resulting velocity model provides information about possible active and past mantle processes which contributed to the present-day topography and tectonic division of Scandinavia. The results focus on Central and Northern Scandinavia, where only few studies exist up to the present day.

SO.A-026

KNIPAS – exploring active seafloor spreading processes at segment-scale

V. Schlindwein^{*1}, *F. Krüger*², *F. Schmid*¹, *W. Czuba*³, *T. Janik*³

¹Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, ²Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, ³Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poland

Knipovich Ridge passive seismic experiment (KNIPAS) is a state-of-the-art seismological project that studies on segment scale the active spreading processes of an ultraslow mid-ocean ridge. The generation of new ocean floor is accompanied by characteristic seismicity that reflects ongoing spreading events and the physical state of the young lithosphere, and differs widely depending on spreading rate. While fast spreading ridges hardly show earthquakes that are large enough to be recorded on land, magmatic spreading events at the slowest spreading centres seem to be regularly preceded by earthquakes larger than $M 5$.

The depth limit of earthquakes and their presence and absence reveal along-axis variations in the thermal and mechanical regime of the lithosphere. Therefore, it is necessary to record earthquakes locally with ocean bottom seismometers (OBS). Such surveys, however, typically

have limited spatial extent and cannot reveal segment-scale spreading processes like along-axis melt flow, while spatially more extended data sets of hydro-acoustically recorded earthquakes yield no information on focal depth and can therefore not constrain lithospheric thickness or temperature.

The project KNIPAS instruments for the first time an entire ridge segment with OBS. During Polarstern cruise PS100 in July-September 2016 we deployed 23 OBS of the German Instrument Pool for Amphibian Seismology (DEPAS) along a 160 km long ridge section that covers Logachev Seamount and a neighbouring volcanic centre. An additional 5 OBS of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, were deployed around Logachev Seamount. The instruments will record seismicity until July-October 2017 depending on capacity. Cruise MSM67 of Maria S. Merian will acquire wide-angle seismic profiles across Logachev Seamount and the subsequent cruise MSM68 will recover all OBS.

By the end of 2017 we will have a comprehensive seismological dataset at hand consisting of an expected 9000 earthquakes $M > 1$ and several dozens of well-recorded teleseismic events to study spatial variations of seismicity, thermal structure and lithospheric thickness of an ultra-slow spreading ridge. In a joint project we will combine the expertise of our work groups to study seismicity pattern, analyse the large-scale lithospheric structure with modern passive seismic methods to be adapted for the special conditions of marine seismic surveys and to image at high resolution the structure of a volcanic centre.

SO.A-027

Ambient noise characteristics and Green's Functions across the Oman ophiolite

*L. Wiesenberg^{*1}, C. Weidle¹, P. Agard², C. Ducassou³, I. El-Hussain⁴, C. Prigent⁵, T. Meier¹*

¹Department of Geosciences, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²ISTeP,

University Pierre et Marie Curie, Paris, France, ³German University of Technology, Muscat, Oman, ⁴Earthquake Monitoring Center, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman,

⁵University Joseph Fournier, Grenoble, France

Obduction is the emplacement of oceanic lithosphere (ophiolites) on top of continental lithosphere. The Peri-Arabic obduction corresponded to an almost synchronous thrust movement along thousands of km from Turkey to Oman. It is the site where the largest and best preserved ophiolite on Earth is exposed. Obduction in the eastern part of the Arabian plate occurred during mid and upper Cretaceous. The ophiolite covers an area of about $\sim 700 \times 140$ km with a thickness up to 12 km, however, the 3D geometry of the ophiolite and its underlying continental lithosphere are almost entirely unknown.

Therefore, we operated a network of 40 broadband seismometers across the Oman Mountains for passive seismic registration from Oct 2013 until Feb 2016. The temporary network is complemented by 10 permanent stations, operated by the Earthquake Monitoring Center in Oman.

The primary objective of the project is imaging the geometry and internal properties of obducted oceanic and its underlying continental lithosphere using ambient noise tomography. The analysis of ambient seismic noise will allow us to image the 3D structure by measuring surface wave Green's functions for radial and transverse components at periods where they are most sensitive to the crustal structure.

In a first step we find that noise conditions of the temporary network are favorable for ambient noise tomography. Preliminary Green's functions extracted from ambient noise cross correlations indicate that the ophiolitic, high-velocity layer can be robustly recovered using surface wave tomography.

SO.A-028

Crustal thickness of the Pamir and Hindu-Kush deduced from receiver functions

F.M. Schneider^{*1}, X. Yuan², B. Schurr², J. Mechie², C. Sippl², S.K. Kufner², L. Ratschbacher³

¹Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Wien, Österreich,

²GFZ-Potsdam, Potsdam, ³TU Bergakademie Freiberg, Freiberg

Crustal thickness in the western Tian Shan, Pamir, Hindu Kush, and the adjacent Tajik, Ferghana, and Tarim Basins is determined using data of the TIPAGE, TIPTIMON and FER-GANA seismic experiments. The investigation have been performed by independent observations from P- and S-receiver functions which have been compared and combined. The Moho depth varies strongly from around 40 km below the Basins to double normal thicknesses around 70 km underneath the Pamir and Hindu Kush. A Moho trough with up to 90 km thick crust underlies the arc of intermediate depth seismicity in the Pamir, reflecting subduction and roll-back of material from the Tajik-Basin crust beneath the Pamir, driven by indentation of Indian lithospheric mantle. Since the crustal thickness in the Pamir is 65 to 75 km the observation of a 90 km thick Moho trough indicates a crustal excess of 15-20 km into the mantle which is consistent with the published observation along the TIPAGE seismic profile in the Eastern Pamir.

SO.A-029

What Do Earthquake Depths Tell Us About Deformation Processes in the Lower Continental Crust?

J. Strehlau*

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Earthquake depth distributions available about 35 years ago appeared to be consistent with the layered ("jelly sandwich") strength model that had been suggested at the time. The results implied that continental seismicity is limited to depths of about 20 km and to temperatures of about 400-500 °C. Deformation at higher temperatures has since been thought to be aseismic because laboratory friction tests show stable sliding under hydrothermal conditions (at constant fluid pressure) and steady-state flow experiments show viscous creep (at constant strain rate). Basic assumptions include isochemical composition (absence of phase changes), preexistence of faults (extrapolation of friction laws), and dichotomy of deformation mechanisms (either friction or flow). This concept was widely adopted by the geoscience community (thus perhaps constituting a "*paradigmatic standard*" or "*exemplar*" in the sense of Thomas Kuhn).

This simple model, however, is difficult to reconcile with recent observations (possible "*incommensurability*"): (1) Lower-crustal seismicity, deep low-frequency earthquakes and non-volcanic tremors have been located in a variety of continental regions, at temperatures calculated to be significantly higher than values noted above; (2) Numerical simulations of earthquake scaling relations suggest that coseismic slip in large earthquakes may propagate deeply below a shallow seismic-aseismic transition; (3) This inference is supported by field studies of pseudotachylyte fault rocks preserved in high-grade shear zones, showing that frictional melting can occur under ambient temperatures of about 650-700 °C; (4) Petrologic evidence indicates that metamorphic reaction-induced fluid transport may give rise to high-temperature embrittlement.

These results pose fundamental questions about the mechanical, thermal, and compositional conditions in the lower crust. For example, may deep crustal seismicity be associated with active metamorphism (proposed "*paradigm shift*")? Metamorphic phase changes involving metastable hydration and/or dehydration reactions may cause transient changes in rock properties and rheology. These changes may in turn generate localized plastic flow instabilities (short-term creep bursts) and rapid ductile fracturing and faulting. Consequently, coupled chemo-hydro-thermo-mechanical processes may play a significant role in deep crustal deformation, but it is yet to be fully determined how such processes can generate earthquakes and tremors.

SO.A-030

Anisotropic crustal structures of southern Madagascar from ambient seismic noise

J. Dreiling^{*1}, *F. Tilmann*¹, *X. Yuan*¹, *E. Rindraharisoana*¹, *G. Rümpler*²

¹GFZ GeoForschungsZentrum, Potsdam, ²Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt

The island of Madagascar occupied a key region in both the assembly and the multistage breakup of Gondwana. Madagascar consists of amalgamated continental material comprising several distinct tectonic units. Because of its key role in the assembly of Gondwana, numerous geological and geophysical investigations have been carried out in Madagascar to understand the evolution of Gondwana.

The aim of this study is to characterize the crustal structure of southern Madagascar using ambient seismic noise correlation. Radial anisotropy is determined to study the crustal deformation around the central southern Madagascan shear zones (i.e. the Ampanihy, Beraketa and Ranotsara shear zones) and to shed light on the geological development of Madagascar and its role during the breakup of Gondwana.

The majority of analyzed seismic data are from the SELASOMA project, a passive seismic experiment carried out by the GFZ German Research Centre for Geosciences in southern Madagascar from May 2012 to May 2014. Seismic data recorded by 61 three component seismometers were processed and cross-correlated. Group velocity dispersion curves were picked manually for the vertical-vertical and transverse-transverse component correlations, which represent the Rayleigh (ZZ) and Love (TT) surface waves, respectively. Velocities from periods between 0.9 and 21 s are used for tomography and computation of radial anisotropy within the crust.

SO.A-031

Acht seismische Diskontinuitäten bis in 1700 km Tiefe unter Indonesien

I. Wölbern^{*}, *G. Rümpler*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Der Erdmantel ist durch graduell ansteigende seismische Geschwindigkeiten charakterisiert, unterbrochen durch seismische Diskontinuitäten, die sich als abrupte Sprünge oder starke Gradienten im Geschwindigkeitsprofil darstellen. Verschiedene Ursachen kommen hierfür infrage wie die Änderung der anisotropen Eigenschaften oder der chemischen Zusammensetzung des Mantels, Mineralphasenübergänge oder das Auftreten partieller Schmelze. Seismische Diskontinuitäten können somit zum Verständnis des kompositionellen und thermischen Zustands des Mantels beitragen.

Die Entstehung Südostasiens geht zurück auf die Öffnung und Schließung dreier Ozeane seit dem frühen Devon, die jeweils mit der Abspaltung kontinentaler Fragmente vom Rand Gondwanas verbunden waren. Das Messgebiet ist daher geprägt von wiederholter Subduktion. Wir haben Daten des temporären MERAMEX-Netzwerks untersucht, das im Jahr 2004 durch das GFZ Potsdam in Zentraljava betrieben wurde. Zur Analyse der seismischen Schichtstruktur unter dem Messgebiet wurden P-Receiver Functions ausgewertet. Dabei konnte eine Sequenz von bis zu acht Diskontinuitäten bis in den mittleren Mantel abgebildet werden. Klare Signale können der Lehmann- und der X-Diskontinuität in durchschnittlich 245 km bzw. 300 km zugeordnet werden. Ein ausgeprägtes negatives Signal deutet auf eine Niedriggeschwindigkeitszone unterhalb von 370 km hin. Die Schichtgrenzen der Mantelübergangszone wurden in 408 km bzw. 665 km abgebildet und stimmen somit in etwa mit den Tiefen des IASP91-Modells überein. Ein schwaches Signal aus 970 km Tiefe kann möglicherweise der Repetti-Diskontinuität zugeordnet werden. Signifikante Diskontinuitäten werden in 1320 km und 1700 km Tiefe beobachtet, die beide lateral begrenzt sind. Die Konversion aus 1320 km Tiefe wird von multiplen Phasen begleitet. Wir interpretieren diese Struktur als subduziertes Lithosphärenfragment. Eine grobe Abschätzung aufgrund der Laufzeitdifferenz der Multiplen führt auf eine Schichtmächtigkeit von ca. 40 km. Verschiedene beobachtete Aspekte können mit einer herkömmlichen pyrolitischen Zusammensetzung des Mantels nicht erklärt werden, sondern erfordern die Anreicherung zusätzlicher Mineralkomponenten. Unsere Studie dient somit dem Nachweis signifikanter Veränderung der Mantelkomposition infolge wiederkehrender Subduktion bis in den mittleren Mantel.

GF.A-032 **Status of the Ground Motion Service Germany**

A.C. Kalia, M. Frei, T. Lege*

BGR, Hannover

Surface motions are caused by various processes, e.g. (abandoned) mining, natural gas extraction, subsidence, landslides and can e.g. cause damage to buildings, infrastructure or affect ecosystems. Advanced differential interferometric SAR processing techniques (A-DInSAR), e.g. Persistent Scatterer Interferometry (PSI) and Small Baseline Subset (SBAS) are able to measure surface motions with a high precision, a large spatial coverage and a high spatial sampling density compared to terrestrial measurement techniques. In the day-to-day work of responsible public administration in Germany the use of A-DInSAR techniques is not widespread. In order to foster the operational use of this technology the Ground Motion Service Germany has been established. The service is based on two data-product categories, these are i) successively updated PSI Wide-Area-Product (PSI-WAP) datasets covering the entire nation and ii) Zoom-products. The nationwide surface motion datasets are based on Sentinel-1 Interferometric Wide Swath Mode data, while the Zoom-products are based on Copernicus contributing missions, e.g. TerraSAR-X.

Two pilot studies demonstrate application driven A-DInSAR data and their value-added products. The first is focusing on subsidence in natural gas extraction areas. A PSI-WAP processing based on six stacks of ERS-1/2 SAR-imagery is performed. The resulting velocity field and displacement time series are verified by using thematic data (location of natural gas fields, natural gas extraction per year). The result shows a spatial and temporal correlation between the PSI-WAP and the thematic data. The second pilot study is focusing on landslides. A SBAS processing based on TerraSAR-X data is performed. By combination of as-

ascending and descending acquisition geometries a 2-D motion decomposition is performed. The result shows an increased information content compared to the Line-Of-Sight velocities. A verification with inclinometer measurements shows a high accuracy of the SBAS results (inclinometer, 2007-2012: 3 mm a⁻¹; SBAS, 2011-2014: 3.5 mm a⁻¹).

To sum up, the monitoring of various surface motion processes is of interest for the Ground Motion Service Germany. Therefore, two data-product categories are defined. With respect to these data-product categories two pilot studies are performed. The verification results of both pilot studies show a correlation with thematic data.

EM.A-033

Abbildbarkeit von Auftauschicht und Eiskeilen in Permafrostgebieten mittels Georadar

S. Schennen^{*1}, *S. Bricheva*², *J. Tronicke*¹

¹Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam,

²Faculty of Geology, Seismics and Geoacoustics Department, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Eiskeilstrukturen sind ein häufiges Element in Permafrostgebieten, die fast ein Viertel der Landmasse auf der nördlichen Hemisphäre bedecken. Die mehrere Qubikmeter großen Eiskörper im Untergrund formen typischerweise eine charakteristische polygonale Mikrotopographie und prägen dadurch indirekt auch die Feuchte-, Vegetations-, und Elementverteilung der saisonalen Auftauschicht. Die Existenz der Eiskörper im Untergrund ist jedoch nicht immer aus Oberflächendaten ableitbar und stellt durch das erhöhte Subsidenzpotenzial im Falle eines Temperaturanstiegs ein Risiko für die Infrastruktur in der direkten Umgebung dar. Auch für wissenschaftliche Arbeiten und Bohrungen ist die Identifizierung dieser im Untergrund verborgenen Eiskörper relevant.

In der Vergangenheit hat sich insbesondere das Georadar als vielversprechende geophysikalische Methode erwiesen, um die Sedimente der Auftauschicht hochauflösend abzubilden und die Existenz und Position von Eiskeilen in Permafrostgebieten nicht-invasiv zu bestimmen. Allerdings setzen sowohl die Heterogenität des Untergrundes (z.B. bedingt durch Cryoturbation oder gestreut auftretende Eislinen) als auch die Komplexität der Eiskörper der Abbildbarkeit mit weit verbreiteten Akquisitions-Strategien (Common Offset Geometrie, 2D Datenakquisition und Bearbeitung) Grenzen. In unserem Beitrag untersuchen wir auf Basis synthetischer Daten für ein sukzessiv komplexer werdendes 2D Polygon-Szenario den Einfluss verschiedener Faktoren wie z.B. Eiskörper-Struktur und Untergrund-Heterogenität auf die Abbildbarkeit solcher Strukturen durch das Georadar. Die aus diesen synthetischen Studien abgeleiteten Interpretationsstrategien wenden wir anschließend zur Identifizierung von Eiskeilen auf reale 2D und 3D Datenbeispiele aus Sibirien an.

EM.A-034

Experimentelle Untersuchung des Auflösungsvermögens von Georadar

F. Sandring^{*}, *N. Allrogen*, *J. Tronicke*

Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam

Georadar (GPR) ist ein geophysikalisches Verfahren, das bei geeigneten Untergrundverhältnissen vielfältige Anwendung im Bereich der oberflächennahen Erkundung findet.

Im Vergleich zu anderen geophysikalischen Verfahren bietet es den Vorteil eines sehr hohen horizontalen und vertikalen Auflösungsvermögens. Typischerweise wird der Radius der 1. Fresnel-Zone zur Abschätzung des horizontalen Auflösungsvermögens und das Rayleigh-Kriterium für das vertikale Auflösungsvermögen verwendet. Für beide ist die Signalfrequenz bzw. die Wellenlänge der entscheidende Parameter.

Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeiten wurde das Auflösungsvermögen von GPR-Messungen experimentell analysiert und ein Vergleich zwischen dem visuell bestimmten Auflösungsvermögen und den oben genannten Abschätzungen durchgeführt. Dafür wurden sowohl 2D als auch 3D GPR-Datensätze aufgezeichnet. Für die Umsetzung der verschiedenen Versuche wurde eine aus Polyethylen bestehende Box mit einem homogenen Medium (Wasser) gefüllt und einfache geometrische Körper in der Box fixiert, die als Abbildungsziel dienten. Für die Datenaufzeichnung wurden Antennen mit einer Nominalfrequenz von 1 GHz verwendet. Die Aufnahme der Daten erfolgte somit unter idealisierten Feldbedingungen, wodurch ähnliche Fehlerquellen bzw. Datencharakteristika wie in typischen Felddaten beobachtet werden konnten. Als Reflektionskörper für die 3D-Datensätze diente ein Styroporring (Durchmesser von 14.5 cm) und eine Styroporkugel (Durchmesser von 6 cm). Ziel war es, zu überprüfen, wie gut die Körper in ihrer horizontalen Ausdehnung aufzulösen sind. Für die 2D-Datensätze kamen zwei gleichgroße Stahlstäbe (Durchmesser von 0.8 cm) zum Einsatz, wobei die Entfernung der beiden Stäbe sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung sukzessive erhöht wurde um somit feststellen zu können, ab welcher Distanz die beiden Stäbe auflösbar sind.

Die Ergebnisse des experimentell bestimmten Auflösungsvermögens dienen als Information im Hinblick auf die Bestimmung zu erwartenden Auflösungsvermögens. Die erlangten Ergebnisse zeigen, dass selbst unter idealen experimentellen Bedingungen die abgeschätzten Auflösungsgrenzen kaum erreichbar sind. Somit erlauben die vorgestellten Ergebnisse eine realistischere Einschätzung des zu erwartenden Auflösungsvermögens unter realen Feldbedingungen.

EM.A-035

Georadar zur Strukturerkundung im Karstgebiet Innerste Mulde, Niedersachsen

M. Miensopust, J. Igel*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Die Kalksteinformationen der westlichen Flanke der Innerste Mulde in Niedersachsen beherbergen ein 27 km langes Karstwassersystem. Dieses ist an der Oberfläche durch zahlreiche Erdfälle und Einbruchstrukturen gekennzeichnet. Das Karstwasser tritt an mehreren Quellen aus – eine davon ist die temporär schüttende Quelle namens Kirschensoog. Seit dem Frühjahr 2015 wurden verschiedene elektrische und elektromagnetische Methoden eingesetzt, um die geologischen Strukturen im Umfeld der temporären Quelle Kirschensoog zu erkunden. Die lehmhaltige Deckschicht von einigen dm bis m Mächtigkeit weist eine starke elektromagnetische Dämpfung auf, so dass die Erkundungstiefe von Georadar auf ca. 1-2 m beschränkt ist. Dennoch lassen sich schrägeinfallende Reflektoren mit wechselnder räumlicher Orientierung erkennen, die teilweise auch in den Widerstandsmodellen der Geoelektrik wiederzufinden sind. Vermutlich handelt es sich hierbei um die Bankung der Kalksteine oder um Kluffstrukturen.

Um diese Reflektoren räumlich zu kartieren, wurde eine Fläche von ca. 180 m × 180 m um den Kirschensoog herum mit 46 Georadarprofilen (Parallelprofile mit einem Abstand von

5 m und einige Querprofile) vermessen. Ziel ist es die Änderung der räumlichen Orientierung der Klüfte zu bestimmen. Diese Klüfte stehen vermutlich im engen Zusammenhang mit den Lösungsvorkommen im Kalkgestein und der Karstquelle und deren räumliche Orientierung könnte einen Hinweis auf die Ursache geben - eine tektonische Faltung oder lokales Lösungsphänomen. Die ersten Ergebnisse von diesen Messungen werden präsentiert und mögliche, weiterführende Untersuchungen vorgestellt.

EM.A-036

Ground-penetrating radar investigation of glacialacustrine delta and subaqueous fan deposits

*J. Igel*¹, M. Loewer¹, J. Sievers², J. Lang², J. Winsemann²*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover,

²Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover, Hannover

Sedimentary processes related to supercritical flow have increasingly been investigated in the last years. Field examples from Pleistocene glacialacustrine deltas and subaqueous fan settings indicate that deposits of these processes are characteristic of these depositional systems (Lang & Winsemann, 2013). The near-surface glacialic successions can serve as analogue systems for Palaeozoic hydrocarbon reservoirs at deeper depth. To overcome the limitations posed on outcrop studies by the long bedform wavelengths, we combined sedimentary facies analysis with ground-penetrating radar (GPR) investigation. The investigated delta and subaqueous ice-contact fan successions in Northern Germany were deposited in ice-dammed lakes along the margins of the Middle Pleistocene Scandinavian ice sheets. GPR measurements were carried out along longer transects to image the large-scale facies architecture. Densely spaced grids were used to image small-scale 3D depositional structures. Due to the sandy and gravelly material, wave attenuation was low and sedimentary structures could be imaged up to a depth of more than 5 m. Along the delta foresets, several metres wide and up to 0.5 m deep scours, which are typically filled with upslope dipping backsets or massive and deformed strata, were observed. These facies types are interpreted as deposits of cyclic steps, representing deposition from supercritical density flows related to high discharge events or major regressive slope failures. Long wavelength (2 to 40 m) sinusoidal reflectors with lateral extents of up to 175 m represent the dominant radar facies of subaqueous fan successions, which are interpreted as deposits of stationary aggrading antidunes. This radar facies is associated with lenses (2 to 15 m wide, 0.5 to 1.5 m thick) filled by planar upflow-dipping reflectors, and sheet-like sigmoidal downflow-dipping reflectors, which are interpreted as deposits of chutes-and-pools and humpback dunes, respectively. Facies transitions occur from cyclic steps/chutes-and-pools to antidunes and from antidunes to humpback dunes and are probably related to the evolution of bedforms under spatially and temporarily changing flow conditions.

References:

Lang, J. & Winsemann, J. (2013) Lateral and vertical facies relationships of bedforms deposited by aggrading supercritical flows: from cyclic steps to humpback dunes. *Sed. Geol.* 296, 36-54.

EM.A-037

Electrical anisotropic asthenosphere under the Pyrenees

*M. Cembrowski**¹, *A. Junge*¹, *J. Campanyà*², *J. Ledo*³, *P. Queralt*³

¹Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main,

²Dublin Institute for Advanced Studies, Dublin, Ireland, ³Universitat de Barcelona, Departament de Geodinàmica i Geofísica, Barcelona, Spain

The Pyrenees have formed due to the convergence and the subsequent collision between the Iberian and European plates from Late Cretaceous to Early Miocene. The collision resulted in the subduction of the Iberian continental lower crust below the continental European crust. The electromagnetic signature of the Pyrenees can reveal a lot about its tectonic history and therefore Magnetotelluric studies play an important role in understanding the evolution of the orogen. We perform 3-D resistivity modelling of the orogen and its surrounding areas by fitting phase tensors and induction arrows. For periods >1000 s the data feature an enormous phase split with its minimum and maximum phase oriented perpendicular and parallel to the strike direction of the orogen. We show that the split is partly caused by the induction effect of the surrounding oceans, but an anisotropic asthenosphere is needed to fully explain the phase difference. This requirement is also supported by isotropic 3-D inversion results.

We favor conductivity and anisotropy ratio enhancement due to the diffusion of hydrogen in olivine crystals and explain the alignment of the good conductive axes of the olivine crystals by the present-day NE-SE directed absolute plate motion of Eurasia.

EM.A-038

Land-based application of differential electrical dipole and transient electromagnetic measurements to investigate a freshwater aquifer in de Panne, Belgium

*J. Böckmann**¹, *K. Lippert*¹, *A. Haroon*¹, *B. Tezkan*¹, *L. Lebbe*²

¹Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln,

²Department Geology and Soil Science, Ghent University, Gent, Netherlands

The marine differential electrical dipole (DED) system has been developed for shallow sea applications to detect resistive targets in conductive environments, i.e groundwater aquifers embedded in seawater-saturated sediments. The transmitter consists of two horizontal electrical dipoles that share a common central electrode which has one polarity, while the outer ones have the other polarity. Therefore the current in each dipole flows in opposite directions. At a certain distance, the electrical receivers record the differential signal.

This feasibility study is the first land-based application of the DED system, realized along the beach of de Panne in Belgium. Here, a fresh water distribution underneath the beach has already been detected in the 1950s. The freshwater distribution has a thickness variation of 8 – 15 m in a depth of up to 30 m.

In November 2016, 24 DED measurements were conducted at the beach at low tide, utilizing two 75 m transmitter dipoles in an inline configuration parallel to the beach. Six transmitter locations were assembled parallel to the beach with a spacing of 50 m along with four electrical receiver stations at offsets of 225 m, 260 m, 295 m and 330 m for each transmitter. These were determined by synthetic model studies prior to the survey to derive the optimal field set-up. Additionally, 41 inloop transient electromagnetic (TEM) stations were measured, using a 25 x 25 m² transmitter loop and a 5 x 5 m² receiver loop.

1D inversion models of both data sets are presented to indicate the thickness and depth of

the groundwater aquifer. Sensitivity studies are conducted to highlight the benefits of each method.

Additionally a joint inversion will be applied to combine the advantages of the DED system with the inloop TEM system.

EM.A-039

Evaluation of different laboratory NMR devices in a tripartite round robin test

*T. Hiller^{*1}, S. Costabel², M. Müller-Petke³, S. Kruschwitz⁴*

¹Institut für Angewandte Geophysik und Geothermische Energie, RWTH Aachen, Aachen, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin, ³Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, ⁴Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Nuclear magnetic resonance (NMR) is a well established laboratory / borehole method to characterize the storage and transport properties of rocks due to its direct sensitivity to the corresponding pore fluid saturation (water or oil) and pore sizes. For petrophysical applications there are several different NMR laboratory devices commercially available varying over a wide range of e.g. magnetic field strength / frequency (2 MHz to 30 MHz), applicable measurement protocols (T1, T2, T1-T2, T2-D, etc.) and sample sizes (2.5 cm to 10 cm in diameter). In this work we present NMR measurements, layed out in a round robin like manner, on a set of 20 sandstone samples. We use three different NMR devices containing two standard setups with homogenous magnetic fields (LIAG and RWTH) and one single-sided setup with gradient field (BGR) to measure T1 and T2 relaxation data. In our evaluation we especially focus on the comparison of the individually inverted relaxation time distributions to quantify the differences arising from different laboratory setups. Diverging results can be deduced on the one hand to the inherit differences between homogeneous and gradient fields but on the other hand also due to quality differences between the two homogeneous setups. Additionally, we also examine the influence of the individually chosen inversion parameters (signal processing, distribution sampling points, error weighting, regularization, etc.) to establish a general standardized best practice recommendation for future petrophysical NMR laboratory measurements.

EM.A-040

A sensitivity study of step-on and step-off signals in marine time-domain controlled source electromagnetic applications

A. Haroon^{}, B. Tezkan*

Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln

Marine time-domain Controlled Source Electromagnetic (TD-CSEM) methods are commonly applied to study the sub-seafloor resistivity structure. The most general application utilizes a horizontal electric dipole (HED) source, accompanied by in-line electric field receivers. Typically, the injected source current is a 50% duty cycle square-wave signal, which consists of both step-on and step-off excitations. Although either excitation can be transformed into the other by using the direct-current (DC) voltage, the signals are sensitive towards different model parameters.

In the context of the presented analysis, theoretical modelling studies are applied to examine the differences between step-on and step-off signals using the conventional seafloor-based TD-CSEM application. One-dimensional modelling studies indicate that the signal detectability of a resistive layer, embedded in conductive sediments differs for step-on and

step-off signals, provided the depth of the overlying water column is rather shallow. This is confirmed by further model parameter sensitivity studies using a SVD analysis of the weighted Jacobian matrix. However, if the depth of the overlying seawater layer is increased, the differences in detectability of step-on and step-off signals diminish. Accordingly, it seems evident that the interaction of the EM wave at the air-sea interface is the driving factor of this phenomenon. We apply several different modelling approaches to depict the signals into their elementary contributions to further investigate this phenomenon.

EM.A-041

Electromagnetic monitoring of IDDP2 (DEEPEGS)

*N. Haaf^{*1}, E. Schill¹, R. Karlsdóttir², K. Árnason², Y. Abdelfettah¹*

¹Institut für Nukleare Entsorgung, Karlsruher Institut für Technologie, Eggenstein-Leopoldshafen, ²ISOR Iceland GeoSurvey, Reykjavic, Iceland

The European DEEPEGS (DEPLOYMENT OF DEEP ENHANCED GEOTHERMAL SYSTEMS FOR SUSTAINABLE ENERGY BUSINESS) is a Horizon2020 project of the European union. The project has the goal to demonstrate advanced technologies in several geothermal reservoirs on different geological conditions in Iceland and France. The focus of this work is self-potential (SP) and magnetotelluric (MT) monitoring of massive and soft hydraulic stimulation in the high enthalpy geothermal reservoir at Reykjanes in Iceland. The IDDP2 borehole is the deepest borehole (4.6 km depth 01/17) in Iceland which is planned to be drilled down to a depth of 5 km. MT and SP monitoring during massive hydraulic stimulation is useful to obtain information on the directional development of the reservoir and the evolution of preferential hydraulic connectivity during massive and soft hydraulic stimulation. In September 2016, the first MT monitoring campaign took place at the Reykjanes. The goal was to accomplish the first time lapse MT campaign before massive hydraulic stimulation and to install the continuous MT monitoring. The first MT time lapse measurements included eight sites around IDDP2. In spring 2017, the next time lapse field campaign is planned to be taking place after the soft stimulations. Continuous MT monitoring is running at two sites since December 2016 until spring 2017 with a sampling frequency of 512 Hz. Additionally, SP sensors were installed in the vicinity of the drilling site in September 2016 and put into operation in December 2016. The location is around 600 m to the drilling site. Two profiles were installed in direction of S_{hmax} and S_{hmin} (30°N and 120°N respectively). By comparing the MT parameters from the time lapse monitoring before and after the stimulation, expected changes in the phase tensor difference can provide information on the directional evolution of the hydraulic connectivity as well as the quantitative improvement. A strong focus will be given to the critical shut-in phase, in which seismic events of highest magnitude tend to occur.

EM.A-042

An approach in 2D axisymmetric TEM forward modelling

C. Ader^{}, R.-U. Börner*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Volcanic activity as a natural hazard is a threat to life and infrastructure. Hence, investigation and monitoring of volcanoes is crucial in mitigating volcanic risk. Such mitigation measures are based on a solid understanding of volcanic processes, especially those occurring prior to an eruption. Thus, processes inside volcanic conduits are of prime interest as they control the final rise of magma prior to an eruption. However, monitoring such events is still quite

difficult as direct measurements inside volcanic conduits are impossible. Here we propose to explore processes inside volcanic conduits using the transient electromagnetic method (TEM) to observe the rise of major gas slugs inside a volcanic conduit prior to a strombolian eruption.

TEM is characterized by measuring multiple time gates which equals a multifrequency measurement leading to a variety of penetration depths. In order to verify whether this method is capable of imaging the area of interest within a volcano we are developing a forward modelling approach based on TEM. For simplicity we assume a cone shaped volcano and restrict the simulation to the 2D axisymmetric case.

This approach is using the finite element method and a rational Krylov algorithm for solving a partial differential equation yielding the electric field distribution. This can easily be transformed into the time derivative of the vertical component of the magnetic flux density measured with TEM instruments. Our investigations include analysis of synthetic data sets, convergence studies of the simulation routine and give an outlook on a possible parameter study using parameters of Stromboli volcano.

EM.A-043

COMET - Coupled magnetic resonance electrical resistivity tomography

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

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik und Elektromagnetik, Hannover

Für die Exploration und Charakterisierung von Grundwasserleitern bieten sich mehrere hydrogeophysikalische Methoden an. Die elektrische Widerstandstomographie und das Verfahren der Oberflächen-Nuklear-Magnetischen-Resonanz sind dabei wichtige Methoden, um 1D und 2D Informationen über Wassergehalt, hydraulischer Leitfähigkeit und Salzgehalt zu gewinnen, insbesondere, wenn eine Kombination der Verfahren zur Anwendung kommt. Als Verfahren für eine gemeinsame Auswertung haben wir ein strukturell gekoppelter Inversionsansatz verwendet. Dadurch erhöht sich das Auflösungsvermögen und die Mehrdeutigkeit der Lösung im Vergleich zu den Einzelverfahren wird reduziert. Ergebnis der Inversion sind 2D Verteilungen des Wassergehaltes, des elektrischen Widerstandes, sowie der Relaxationszeiten.

Der Inversionsalgorithmus muss unterschiedlichste Spulengeometrien sowie -anordnungen berücksichtigen können. Die Berechnung des Magnetfeldes soll auf Basis einer 2D Widerstandsverteilung erfolgen. Die eigentliche Vorwärtsrechnung der NMR Modellierung besteht aus zwei Schritten. Als erstes muss das im Untergrund induzierte Magnetfeld der Anregung und der Empfangsspule berechnet werden. Danach wird auf Basis der Magnetfelder eine sehr fein diskretisierte, weil stark oszillierende, Sensitivitätsverteilung berechnet. Diese bildet nach der Integration, je nach Anwendung, die 1D oder 2D Kernelfunktion der NMR Vorwärtsrechnung. Um einen passenden Inversionsalgorithmus zu entwickeln, liegt ein Hauptfokus des Projektes auf der Optimierung der Vorwärtsrechnung, da diese einen großen Teil der notwendigen Gesamtrechnzeit einnimmt.

Wir stellen einen 1D strukturell gekoppelten Inversionsalgorithmus vor, der in jeder Iteration den Kernel in Abhängigkeit der Widerstandsverteilungen neu berechnet. Studien an synthetischen Daten zeigen die Funktionalität des Algorithmus und die Vorteile einer gekoppelten Inversion. Der nächste Schritt ist die Weiterentwicklung des Vorwärtsoperators hin zu einer stabilen und schnellen Lösung für 2D Widerstandsverteilungen. Zu diesem Zweck wird für die Vorwärtsrechnung ein Sekundärfeldansatz verwendet, bei dem der bestehende Algorithmus das Primärfeld bereitstellt. Wir verwenden zur Finite Elemente Modellierung des Sekundärfeldes die Open Source Bibliothek FEniCS.

EM.A-044

Time-Lapse borehole transient electromagnetic measurements at a pilot CO₂-sequestration site in Brooks, Alberta (CA)

M. Bär, K. Spitzer*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

We report about first results from a transient electromagnetic (TEM) surface-to-borehole field campaign in the Canadian prairies around Brooks, Alberta, where a test site for carbon capturing and storage is being prepared by Carbon Management Canada (CMC). The measurements carried out in summer 2016 serve as a base line for a time-lapse approach for monitoring CO₂. A follow-up field survey is planned for 2017. The survey complements current seismic experiments. Different institutions from Canada and Germany are involved in the experiment. The EM groups will draw on two techniques that have not been applied to CO₂-monitoring yet – magnetometric resistivity (MMR) and time-domain electromagnetics (TEM). However, MMR does not provide absolute values for resistivity; instead it resolves resistivity contrasts. TEM, on the other hand, yields absolute resistivity values.

Being inductively coupled to the ground, there is no need for current electrodes, which can be difficult and costly to install and maintain. This also applies to electrical resistivity tomography (ERT) which, in addition, also uses steel electrodes to measure electrical fields. Steel electrodes are particularly problematic in saline aquifers because measurements easily become noisy and the equipment is difficult to install and maintain.

The data gathered through these three electric/EM techniques will be studied and compared to determine the limitations and advantages of each method. Our lab experiments will accompany the field surveys to illuminate the petrophysical background of CO₂ migration and its mapping on the electric conductivity. Finally, virtual experiments are carried out to compare model responses of a reservoir filled with CO₂ with a model representing the current state without CO₂.

EM.A-045

A new 3D FEM modeling toolbox based on FEniCS for arbitrary CSEM setups (DESMEX project)

R. Rochlitz, N. Skibbe, T. Günther*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Sektion 2 - Geoelektrik und Elektromagnetik, Hannover

Deep mineral exploration with controlled-source electromagnetic (CSEM) methods, using a semi-airborne survey setup such as in the project DESMEX (Deep Electromagnetic Soundings for Mineral Exploration), requires the simulation of electromagnetic fields including topography and arbitrarily shaped conductors. We present a novel, freely customizable 3D frequency-domain CSEM modeling toolbox based on the open-source library FEniCS using the finite element method (FEM). This well-documented and maintained FEM library supports unstructured tetrahedral edge-elements with higher order basis functions, parallelization, high-performance linear algebra and suitable solvers for linear algebraic systems.

The new CSEM modeling toolbox features flexible usage of three different modelling approaches: electric field on edge-elements, Coulomb gauge potential on pure nodal elements and Coulomb gauge potential on mixed edge- and nodal elements. Each formulation is implemented as total and secondary field approach resulting in a symmetric system of equations to be solved. Besides the FEM framework, example meshes, semi-analytic solutions for

1D layered-earth, common sources, simple conductors as well as interpolation and visualization tools are implemented, which allow for an easy and automatized solution of common CSEM problems with the direct solver MUMPS. Primarily, this allows for performance as well as accuracy studies and based on this, the most suitable approach can be chosen for the individual CSEM configuration.

Furthermore, it is possible to manually include or define further primary field solutions, arbitrary sources, topography and subsurface resistivity distributions including anisotropy. Thus, the computation of electric and magnetic fields for any geology, topography or source and receiver setup is supported. Nevertheless, the accuracy of the solution can be only validated for common configurations, e.g. line or loop sources in halfspace models with simple conductors such as plates.

Besides developing the toolbox itself, special focus is on the accurate computation of primary fields for arbitrary sources and topography. For this purpose, we work on mesh optimization and domain decomposition techniques for direct solvers, which should circumvents memory issues occurring from a high degrees of freedom for models with comparatively high frequencies and fine meshes. Furthermore, this enables a reasonable usage of the toolbox on commonly available computer resources.

EM.A-046

Joint AMT and TEM aquifer study in the Atacama Desert, North Chile

*A.D. Ruthsatz*¹, H. Brasse¹, D. Diaz², P. Salazar³, A. Sarmiento³*

¹Fachrichtung Geophysik, Freie Universität Berlin, Berlin, ²Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Santiago, Chile, ³Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile

The Atacama Desert represents the driest region on earth and despite the absence of sustainable clean water reserves the demand has increased drastically since 1970 as a result of growing population and expanding mining activities. Few publicly accessible surveys have been conducted and hence an extensive aquifer study was initiated by the Universidad Católica del Norte, Antofagasta. Audiomagnetotelluric (AMT) and Transient Electromagnetic (TEM) measurements were carried out in late 2015 along three profiles in the area of the Profeta Basin, confined by the Cordillera de la Costa in the west and the Precodillera in the east, midway between the cities of Antofagasta and Taltal. This should enable a continuous resistivity image from the surface to at least several hundred metres depth.

TEM data was inverted in a 1-D manner, consistently yielding a poor conductive layer near the surface and well conducting structures, suggesting an aquifer, with resistivities between 3 and 10 Ohm-m and an upper boundary of approximately 30m. At marginal sites of the main profile the resistive basement was found in 150m. These depths are confirmed by interpretation of the AMT soundings. Those were primarily inverted with a 2-D approach. Because clear indications of three-dimensionality exist, we applied the 3-D ModEM inversion code by Egbert, Kelbert and Meqbel. Several modelling runs were performed with different combinations of transfer functions. Generally AMT and TEM results agree reasonably well and an overall image of the resistivity structures in the Profeta Basin could be achieved.

This study was funded by Conicyt Foundation, Chile in the framework of project ACT1203.

EM.A-047

Long offset transient electromagnetics to investigate deep mineral deposits in Germany within the DESMEX project: 1D inversion results of the LOTEM Survey 2016

*W. Mörbé**, *P. Yogeshwar*, *B. Tezkan*

Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln

The objective of the BMBF funded DESMEX (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration) project is the development of an electromagnetic exploration system which can be used for the exploration of mineral resources for depths down to 1000 m. In order to obtain a high data coverage as well as a high resolution, air-borne and ground based methods are combined. In the framework of DESMEX, the University of Cologne performed ground based (long offset) transient-electromagnetic (LOTEM) measurements in an old mining area in eastern Thuringia, Germany. Within the LOTEM validation study, an independent multi dimensional resistivity model of the survey area will be derived, which serves as a reference model for the semi airborne concept and will eventually be integrated in a final mineral deposition model.

An extensive LOTEM survey was carried out in August/September 2016. Along one profile of ~7 km length, horizontal electrical field data were recorded at 36 stations for different transmitter locations in broad side configuration, leading to a dataset of in total 115 stations. Although the data at most sites are affected by electromagnetic noise, after intensive data processing, high quality transients were obtained over the complete time range of 10^{-5} s – 1 s and for source-offsets up to 4 km. Additionally, the time derivative of the vertical magnetic field was recorded every 500 m for all transmitter positions. Using the same source, ground based SQUID data of the magnetic field was collected by IPHT Jena every 50 m with offsets up to 1 km.

Here, we present an overview over the collected data, its quality and the applied processing techniques. Furthermore, we present the results of the 1D inversion of the LOTEM dataset in comparison with complementary geophysical data available for the survey area, i.e. central loop TEM data collected in 2015 and DC data recorded by LIAG in 2015/2016. The electrical field data are well fitted using the 1D inversion approach. The depth of investigation is roughly 1.5 km. However, sign changes in the vertical magnetic field transients indicate a multi dimensional subsurface and cannot be fitted by 1D inversion techniques. In order to explain all data and to derive a more realistic subsurface validation model, in a next step, a multi dimensional inversion of the data set will be conducted.

EM.A-048

Effects of the sea floor topography on the 1D inversion of time domain marine controlled source electromagnetic data

J. Cai^{*1}, *B. Tezkan*¹, *Y. Li*²

¹Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, ²Ocean University of China, Key Lab of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques of Ministry of Education, Qingdao, China

Marine time domain controlled-source electromagnetic methods (CSEM) have been successfully used for the detection of resistive targets, like for the detection of hydrocarbon or the marine groundwater aquifer. As the application of time domain marine CSEM increases, sur-

veys in areas with strong seabed topography are inevitable. In these cases, an important question is whether bathymetry information should be included in the interpretation of the measured electromagnetic field or not.

Since multi-dimensional inversion is still not common in time domain marine CSEM, bathymetry effects on the 1D inversion of time domain CSEM data are investigated. We firstly used an adaptive finite element algorithm to calculate the time domain CSEM responses of 2D conductivity models with strong seafloor topography. The FE numerical results were compared with analytic solutions for validation. Then we applied 1D inversions on the synthetic data derived from marine conductivity models including the 2D topography in order to study topography effects on the 1D interpretation.

As inversion results show, the seabed topography has no strong effect on the measured data when the air wave is absent. The 1D inversion can be applied directly on the 2D topography data in a deep water environment where the air wave is absent. In a shallow water environment, where the air wave dominates, it is possible to uncover the resistive target if the water depth for the 1D inversion is properly chosen. In our testing, this inversion scheme can always present a satisfactory data fit in the 1D inversion when only one offset is employed. Usually speaking, the 1D multi-offsets joint inversion can reduce the number of equivalent models and lead to a more precise result. However, choosing an optimal water depth for a multi-offsets inversion in shallow water is challenging.

EM.A-049

A 1D inversion algorithm for the interpretation of ground based and airborne SQUID/COIL TDEM data from arbitrarily shaped sources

S. Janser, P. Yogeshwar, B. Tezkan*

Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln

There is a rise of interest in interpreting magnetic field data measured with SQUID-magnetometers as these may have superior data quality compared to coil-data for late times and thus a higher depth of investigation. Moreover, airborne measurements, e.g. using helicopters, speed up the data collection a lot and allow for high data coverage. Therefore, the 1D inversion code for electromagnetic data of the University of Cologne has been extended by this facility within the scope of a BMBF project (DESMEX) where SQUID data were measured. The algorithm based on Weidelt, (1986) has been implemented for both, polygonal loop sources as well as extended dipole sources in the presence of a 1D-layered earth model. The shape of the extended dipole transmitter is handled more generally in order to consider obstacles in the field-setup or specified layouts by introducing an arbitrary parametrisation. The sensor position can be set at an arbitrary position on the earth surface and in the air. The implemented code has been combined with pre-existing inversion routines, e.g. Occam R1/R2, Marquardt, and a Montecarlo approach to assess equivalent models. The code has been applied on fixed-loop SQUID data collected in Bad-Frankenhausen (Thuringia, Germany) in cooperation with the IPHT Jena.

EM.A-050

Untersuchung des Einflusses von Hydratisierung und Feuchte auf die Radarstreuung an der Heterogenität von Beton

M. Klee^{1,2}, T. Kind¹*

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin,

²Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Berlin, Berlin

Feuchte stellt eine wesentliche Einflussgröße auf Bauwerke dar. Die Bestimmung und Charakterisierung von Feuchteschäden ist zur Instandhaltung von Bauwerken wichtig und wird bereits mit verschiedenen nicht invasiven Prüfverfahren praktiziert. Mittels GPR sollen die schwachen Streuungen der elektromagnetischen Wellen an der Heterogenität von Beton genutzt werden, um eine quantitative Feuchtecharakterisierung zu ermöglichen. Es wurde bereits gezeigt, dass die schwachen Streuungen der Radarwellen, die an der Körnung des Betons entstehen, örtlich reproduzierbar sind und von der Größe der Gesteinskörnung abhängen. Die Veränderung der Streumuster aufgrund von Feuchte und Hydratisierung soll untersucht werden.

In einer Versuchsreihe wird überprüft, ob es möglich ist, den Verlauf von Hydratisierungs- und Trocknungsprozessen unmittelbar nach der Herstellung von Betonproben anhand der zeitlichen Veränderungen von Radarstreuungen im Probenvolumen zu erfassen und zu quantifizieren. Da die Streuungen direkt von der Gesteinskörnung abhängen, werden drei Proben mit unterschiedlichen Kieskornbereichen (4–8 mm, 8–16 mm und 16–32 mm) untersucht. Die Radarmessungen erfolgen dabei in einem sehr dichten Messraster von 2,5 x 5,0 mm und sind daher nur mit einem Bauwerksscanner realisierbar. Die flächigen Messungen werden in einem Zeitraum von drei Monaten stets wiederholt, um zeitliche Änderungen der Messdaten zu erfassen.

Die quantitative Auswertung erfolgt nach räumlicher Hoch- und Tiefpassfilterung in erster Linie mittels Bestimmung von Effektivwerten (root mean square bzw. RMS) der Amplituden eines Zeitschnitts. Diese können als Maß für die Stärke der schwachen Streuungen betrachtet werden. Erste Ergebnisse haben gezeigt, dass der RMS im Bereich des Rückwandsignals der Betonproben mit abnehmendem Feuchtegehalt stetig zunimmt und sich die Signallaufzeit verkürzt. Wird jedoch allein der RMS-Verlauf im Bereich der Volumenstreuung untersucht, ergeben sich lediglich minimale Änderungen während des Hydratisierungs- und Trocknungsprozesses.

Diese ersten Erkenntnisse lassen vermuten, dass die quantitative Feuchtecharakterisierung anhand schwacher Radarstreuungen nur begrenzt möglich ist. Im Falle, dass die Rückwand des Untersuchungsobjektes detektiert werden kann, stellt die Auswertung der RMS jedoch eine gute Methode dar, um den Feuchtegehalt in Beton zu bestimmen. Um auch die Volumenstreuung zur Feuchtebestimmung nutzen zu können, ist eine Analyse des Frequenzbereichs geplant.

EM.A-051 Berechnung und Untersuchung der Sensitivitätsfunktionen vom DUALEM-21S

T. Klose, J. Guillemoteau, J. Tronicke*

Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam

Elektromagnetische Messungen werden in der angewandten Geophysik zur Untersuchung der elektrischen Leitfähigkeit und der magnetischen Permeabilität des Untergrundes durchgeführt. Für entsprechende Aufgabenstellungen werden in der oberflächennahen Geophysik vermehrt portable Messgeräte mit einer Spulen-Spulen-Anordnung und einer harmonischen Wellenform als Quellsignal eingesetzt. Diese sind so konstruiert, dass sie für einen möglichst großen Leitfähigkeitsbereich im Bereich von kleinen Induktionszahlen arbeiten. In diesem Fall ist die In-Phase-Komponente (IP) hauptsächlich von den Permeabilitäten im Untergrund abhängig. Um von den gemessenen Datenpunkten auf die genaue Verteilung der untersuchten Untergrundeigenschaft zu schließen, muss eine Inversion durchgeführt werden. Dabei spielt die schnelle und exakte Berechnung von synthetischen

Messwerten inklusive der zugehörigen Sensitivitätsfunktionen eine zentrale Rolle. Deshalb sollten diese Funktionen und die Parameter bei deren Berechnung gut untersucht sein. Die Sensitivität der IP ist noch nicht so ausgiebig erforscht, jedoch ist das Interesse in jüngster Vergangenheit auch aufgrund der sich weiter entwickelnden Messtechnik gestiegen.

Ziel der vorgestellten Masterarbeit war es, die Sensitivitätsfunktionen der IP näher zu untersuchen und anschließend gemessene Daten synthetisch nachzubilden. Die Parameter, die den Messaufbau beschreiben (z.B. Anordnung und Abstand der Spulen) wurden anhand des DUALEM-21S gesetzt. Dieses Messgerät bietet den Vorteil, dass mit vier Empfangsspulen parallel gearbeitet wird, die sich in der Anordnung und/oder dem Abstand zur Sendespule unterscheiden. Somit ergeben sich pro Messpunkt acht Messwerte, wodurch eine simultane Kartierung verschiedener Tiefenbereiche möglich ist. Zunächst wurden die 1D-Sensitivitäten numerisch durch Vorwärtsmodellierung berechnet und die auftretenden Parameter analysiert. Anschließend erfolgte die Erweiterung für den 3D-Fall, wobei die Berechnung nun analytisch über das Skalarprodukt aus den vom Sender und theoretisch vom Empfänger ausgehenden magnetischen H-Feldern realisiert wurde. Den Abschluss stellte die Berechnung von scheinbaren Suszeptibilitäten mit den gefundenen, normierten 3D-Sensitivitäten dar. Dabei konnte gezeigt werden, dass experimentelle Daten für einen bekannten isolierten Störkörper in ihrem Verlauf nachgebildet werden können und somit ein wichtiger Schritt hin zu einer effizienten 3D-Inversion solcher Datensätze erfolgen konnte.

EM.A-052

Radiomagnetotelluric Measurements to Investigate the Critical Zone

*N. Pützer*¹, B. Tezkan¹, M. Gurk¹, U. Weckmann², I. Muttaqien¹*

¹Institute for Geophysics and Meteorology, University of Cologne, Cologne,

²GFZ - German Research Centre for Geoscience, Potsdam University, Potsdam

The critical zone is a breathing, living and constantly evolving near surface boundary layer, which extends from the top of the trees to the bottom of the groundwater. In this layer rocks, soil, water, air and living organisms interact. These complex interactions regulate the natural habitat. It also determines the availability of life sustaining resources like our food production and water quality. This near surface layer is in the center of research of the German Research Centre for Geosciences, in particular the Earth Surface Geochemistry Section.

The critical zone is not well characterized and often poorly understood in terms of its physical parameters. Using several electromagnetic methods along with P-wave- and S-wave-seismics, it is possible to get a detailed overview about the electrical resistivity and velocity distribution in the first 100 meters. A combined estimation of these in theory uncorrelated physical properties might improve final earth models.

In September 2016, RMT measurements were carried out in the Black Forest in cooperation with the GFZ. Our survey area is located in the nature reserve Konventwald in the middle of the Black Forest near Freiburg. Along four parallel 250 meter long profiles with 50 meter elevation difference approximately 200 RMT soundings were realized. Additionally, P-wave- and S-wave-seismic data and geoelectric data were measured by the colleagues from GFZ. We will show 2D and 2.5D interpretations of the RMT data using seismic information as a-priori constraints in the inversion. In greater depths, where solid rocks like fractured and unaltered pragneiss and orthogneiss occur, high electrical resistivity values are expected. In the fractures, the values should be lower due to groundwater corrosion.

EM.A-053

3-D reinterpretation of early magnetotelluric data in the Central Volcanic Zone in Northern Chile

M. Buchner, C. Kühn, H. Brasse*

Fachrichtung Geophysik, FU Berlin, Berlin

Long-period magnetotelluric (LMT) and audio-magnetotelluric (AMT) experiments were conducted in the Central Volcanic Zone since the late 1980's to study the electrical conductivity distribution in the lithosphere and subduction related processes at the South American continental margin, where the oceanic Nazca plate plunges beneath the continental South American plate. Owing to the computational efforts most of the data were interpreted based on 2-D models.

Goal of this work is to extend the existing 2-D results by using three-dimensional modeling techniques at least for the volcanic arc and fore-arc region for two specified investigation areas at around 18°S and around 22°S in northern Chile. Dimensionality analysis in both areas indicate strong 3-D effects along the volcanic arc, at the transition zones to the Altiplano, in the Preandean Depression and partly along the Precordillerean Fault System. New 3-D models corroborate previous findings, but also enable a more detailed image of lateral resistivity variations in the study areas.

North, at around 18°S a shallow conductor is detected at a depth of 5-10 km beneath the stratovolcanoes Parinacota and Taapaca and can be associated with magma chambers belonging to these volcanoes. This shallow conductor was not resolved in previous MT approaches. At 22°S, the magmatic arc conductor emerges now as a trench-parallel, N-S elongated structure slightly shifted to the east of the volcanic front. The most prominent conductor in the whole Central Andes beneath the Altiplano and Puna plateau is also modeled.

EM.A-054

Magnetotellurik im nördlichen Odenwald

L. Mailänder, A. Junge, P. Hering*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Das Ziel der AMT- Messung im nördlichen Odenwald, vom 26.09.2016 bis 14.10.2016, ist der Nachweis der geologischen Scherzone zwischen dem Frankenstein- Massif und dem Flasergranitoid. Die Schwierigkeit liegt hierbei auf den, im gleichen Wertebereich gelegenen, elektrischen Leitfähigkeiten von Gabbro im Frankenstein- Massif und von Flasergranitoid in gleichnamiger Zone. Der Aufzeichnungserfolg hängt somit stark von einer Flüssigkeit-sansammlung im Bereich der Scherzone ab und der damit verbundenen Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit. Des Weiteren liegt das Messgebiet in einem stark besiedelten Gebiet mit den angrenzenden Städten Darmstadt und Frankfurt am Main, weswegen anthropogenes Rauschen einen starken Einfluss auf die Messdaten besitzt.

Insgesamt wurden 10 Standorte flächenhaft über die Störzone hinweg verteilt. An je zwei Positionen wurde gleichzeitig mit Metronix ADU 07 Datenlogger gemessen, deren Uhren über GPS miteinander synchronisiert wurden. Die Messung der drei orthogonalen Komponenten der Magnetfeldvariationen erfolgte mit Metronix MFS05 Induktionsspulen. Die elektrischen Felder wurden mithilfe unpolarisierbaren Ag/AgCl- Elektroden erfasst, positioniert im Abstand von 50m in einer gekreuzten Auslage. Die Aufzeichnung der Messdaten geschah in einem Intervall zu drei Messungen à 30min bei einer Samplefrequenz von 16kHz, gefolgt von einer 24- stündigen Messung bei 2kHz. Nach jeder Messung erfolgte eine Pause von

5 Minuten. Simultan dazu wurden Daten an der permanenten magnetotellurischen Referenzstation des GFZ Potsdam in Wittstock aufgezeichnet.

Mithilfe digitaler Filter wurden starke Einflüsse wie durch das lokale Stromnetz bei 50Hz und durch die Netzstromfrequenz der Bahn bei 16.7Hz, sowie deren Multiplen, aus den Datensätzen entfernt. Hinsichtlich des anthropogenen Rauschens wurden im Frequenzbereich von 100Hz bis 4000Hz gute Ergebnisse erzielt, wohingegen der Frequenzbereich darunter bis 10Hz stärker betroffen war. Daraufhin wurde der Versuch unternommen anthropogenes Rauschen, das die Fernfeldbedingung erfüllt, für die Datenauswertung zu nutzen.

EM.A-055

The coast effect by two opposite oceans on induction vectors and phase tensors: Magnetotelluric modelling studies for the Pyrenean Area and Central America

*M. Cembrowski**, *A. Junge*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

The transition between the resistive land and the highly conductive oceans has a large impact on electromagnetic induction studies carried out near coastal regions (the so called *Coast Effect*). Two oceans that bound a continental region on opposed sides constitute a special ocean-continent situation. Prominent examples are the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea flanking the Pyrenean Chain and its foreland basins or Central America with the Pacific Ocean to the southwest and the Caribbean Sea and the Gulf of Mexico to the northeast. For these areas we study the 3-D coast effect on tipper arrows and phase tensors by incorporating the oceans as bodies of high conductivity into our forward models.

The coast effect is intensified with increasing period and background resistivity, and attenuated by a conductive asthenosphere. For long periods the mutual influence of both oceans results in a uniform phase split of the phase tensors with the major axes being oriented towards the oceans. The induction arrows yield a rather complicated pattern with lengths and directions strongly depending on the distribution of the deep seawater and the mutual position of the oceanic bodies. Moreover, we investigate the influence of ocean bottom sediments as well as a resistive oceanic lithosphere of 20,000 Ωm .

EM.A-056

A magnetotelluric profile across the Mérida Andes (Venezuela) - preliminary results and directionality analysis

*J. Cruces*¹*, *O. Ritter¹*, *U. Weckmann¹*, *K. Tietze¹*, *M. Schmitz²*

¹GFZ - Potsdam, Potsdam, ²Funvisis, Caracas, Venezuela

The Mérida Andes (MA) are the main mountain chain that dominates western Venezuela. The MA are a Northeast-trending intracontinental orogen that started to rise from the middle Miocene due to the lateral strike-slip convergence between the Caribbean and South American Plates. From a geological point of view the MA are fairly well investigated but a lack of geophysical data makes it difficult to support or reject hypotheses regarding its deep roots and the structural complexity of this tectonically active region. We report on a magnetotelluric study which was conducted in 2015, as a part of the GIAME (Spanish acronym stands for Integrated Geoscience of the Mérida Andes) project, a multidisciplinary project aiming to determine the internal structure and the deep roots of the orogen. The main profile extends for 240 km across the central part of the Merida Andes. Overall we recorded

5-component MT broadband data at 70 sites in the frequency range from 10 kHz to 1 MHz. We give examples of data quality, show maps of induction arrows and an impedance tensor analysis to investigate the dimensionality and directionality structure of the acquired data. Such an analysis is prerequisite to any subsequent 2D or 3D full inversion modelling.

GE.A-057

Einfluss petrophysikalischer Parameter auf die Sättigungsdehnung von Sandsteinen

M. Moeller, G. Buntebarth, A. Weller*

Institut für Geophysik, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld

Die Sättigungsdehnung von Gesteinen ist ein natürlicher Prozess, der auftritt, wenn Fluide einen trockenen Porenraum füllen, ein Austausch von Fluiden unterschiedlicher Eigenschaften stattfindet oder der Porenraum eines Gesteins austrocknet. Diese Vorgänge können beispielsweise bei der Verwitterung von historischen Gebäuden aus Sandstein auftreten und stellen dort ein erhebliches Problem, die Zustandserhaltung betreffend, dar.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die porösen Gesteine bei der Wasseraufnahme mehr oder weniger simultan ausdehnen. Bislang wurde dieser Effekt qualitativ mit der Quellfähigkeit enthaltener Tone erklärt. In unserem Ansatz wird die Dehnung auf die Benetzung der Grenzfläche zwischen Fluid und Gesteinsmatrix zurückgeführt, die umso größer sein sollte, je größer die innere Oberfläche ist. In einer bereits durchgeführten Messreihe an verschiedenen Sandsteinen wurden die Kurvenparameter (maximale relative Längenänderung, Relaxationszeiten) der gemessenen Dehnungskurven untersucht. Aus den ermittelten Parametern konnten bislang keine gesteinstypischen Merkmale abgeleitet werden, was auf komplexere Vorgänge an den beteiligten Grenzflächen schließen lässt.

Im weiteren Verlauf des Projekts wurden systematisch alle potentiell beeinflussenden petrophysikalischen und elektrischen Gesteinseigenschaften (spezifische innere Oberfläche, Formationswiderstandsfaktor, Tortuosität, Real- und Imaginärteil der elektrischen Leitfähigkeit) bestimmt und mit den Dehnungsparametern verglichen. Zusätzlich zu einzelnen Korrelationen wurde eine umfangreiche multivariate statistische Auswertung bestehend aus einer Faktorenanalyse (FA) und einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Die genannten Methoden dienen nicht allein zur Datenreduktion, es können auch latente Zusammenhänge zwischen einzelnen Messgrößen und Ähnlichkeiten zwischen den unterschiedlichen Sandsteinen bestimmt werden.

Erste Ergebnisse zeigen Abhängigkeiten mehrerer petrophysikalischer Messgrößen voneinander. Außerdem lassen sich die untersuchten Sandsteine in wenigen Gruppen zusammenfassen.

GE.A-058

Uncertainty analysis of water content estimation at landslide-prone hillslopes using structurally-constrained inversion of electrical resistivity data

T. Heinze, J. Budler, S. Möhring, M. Weigand, A. Kemna*

Fachbereich Geophysik, Steinmann-Institut, Universität Bonn, Bonn

Landslide-prone hillslopes often consist of alternating sequences of layers with variable hydraulic conductivity, at whose boundaries water is accumulated during heavy rainfall.

Due to the resulting pore pressure, parts of the slope can become unstable and slip, generating potentially massive landslides. Monitoring systems as part of early warning systems therefore often target the measurement of water content in the subsoil, to identify critical slope parts and situations close to failure.

Geophysical methods like electrical resistivity tomography can determine the spatial distribution of water content, using well-established soil physical relationships between bulk electrical resistivity and water content. However, the electrical signatures of varying water content may be superimposed by different, often clay-rich, geological layers. In addition, smoothing constraints used in conventional inversion algorithms hinder the delineation of sharp resistivity contrasts.

We use structurally-constrained inversions of electrical resistivity data, to improve the estimation of water content in landslide-prone hillslopes. A-priori information on known layer boundaries, for example from seismic investigations, are taken into account. The inversion condition of a smooth parameter distribution in the subsurface is attenuated along the known layer boundaries and thus allows strong resistivity contrasts at the interfaces. Using synthetic data, we show that this method enables a considerably improved estimation of the water content. Since a-priori data are subject to uncertainties, we examine the influence of inaccurate layer boundaries on the inversion results and derive recommendations for field applications. Structural constraints can improve quantitative imaging of water content so increase the reliability of early warning systems for landslide-prone hillslopes.

GE.A-059

Mapping of Saltwater Intrusion Using Geoelectrical Methods in Durusu Basin, Istanbul

A. ARDALI^{*1}, A. GURER¹, B. TEZKAN²

¹Istanbul University, Istanbul, Turkey, ²Institute for Geophysics and Meteorology, University of Cologne, Cologne

Durusu Lake is the biggest and the most important freshwater source which supports drinking water supply to the European side of Istanbul. The formation of the lake is related to the development of a dune barrier that separates the lake from the sea. This barrier is formed from sands accumulated by Black Sea at the place where several rivers were converging and draining into the sea. At the East region where the thickness of the sand between sea and lake is too thin, the thickness is 165 meters. Because of the importance of Durusu Lake as a drinking water supply, it is urgent to reveal the characteristics of the subsurface system of the narrow coast line between the lake and the sea. It is important to understand the hydraulic relation between the lake and the sea and to determine the location of the possible saltwater wedge in terms of protecting the critical balance in the basin. For this purpose, Direct Current Resistivity (DCR) and Transient Electromagnetic (TEM) measurements were applied to detect possible saltwater intrusion and to delineate the subsurface structure in the north of Durusu Lake. The DCR and TEM measurements were applied along six parallel profiles on the dune barrier that separates the lake from the sea. The multichannel DCR measurements consisting of the Dipole-dipole configuration were applied. The 2-D inversion of DCR data was calculated by using the smoothness-constrained least-squares method. The TEM measurements were carried out by using the central loop configuration. The 1-D inversion approach by using Occam and Marquardt methods was carried out to interpret the TEM data. When the inversion of these data is interpreted along with the hydrogeology of the area, it is concluded that the saltwater intrusion along the barrier is not common. The saltwater intrusion occurs with very low resistivity values ($<0.5 \Omega.m$) where the distance between the lake

and the sea is very close, at LINE1. Furthermore a water resistivity section was calculated. As a result of this study, it was determined that there was not a widespread saltwater intrusion from sea through lake, except on the area of LINE1 which had the shortest distance between the lake and the sea. The conductive structures on the geoelectrical models of DCR profiles, except for LINE1, were related with clay layers and clay lenses but not saltwater intrusion. Also these clay lenses were preventing a rapid water loss from the lake to the sea and slowing down a saltwater intrusion, too.

GE.A-060 **Complex electrical conductivity of black shale from the Himalayas of central Nepal**

*J.H. Börner^{*1}, F. Girault², F. Perrier², M. Bhattarai³, L.B. Adhikari³, K. Spitzer¹*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg, ²Institut de Physique du Globe de Paris, Sorbonne Paris Cité, Univ. Paris Diderot, CNRS, Paris, France, ³Department of Mines and Geology, Lainchaur, Kathmandu, Nepal

The Himalayan Range, frequently affected by large earthquakes, results from the collision of the Indian plate with Eurasia. The tectonic process essentially takes place along a single, sub-horizontal fault, the Main Himalayan Thrust (MHT). The MHT exhibits a ramp, which is assumed to block all motion, except during large earthquakes. Several thrusts are branched at depth to the MHT. Among them, the supposedly inactive Main Central Thrust places high-grade metamorphic rocks of the Greater Himalayan Sequence, located northwards, over low-grade metamorphic rocks of the Lesser Himalayan Sequence (LHS), located southwards. Our study is focused on the LHS rocks of the MCT shear zone located 60 km north of Kathmandu, Nepal. The whole region was heavily affected by the deadly Mw7.8 Gorkha earthquake in 2015. There, the MCT zone is associated with outcrops of black shale and large CO₂ discharges with a metamorphic isotopic signature.

We analyzed the frequency-dependent, complex, electrical conductivity of the black shale and an old augen gneiss both collected in the MCT zone. The augen gneiss is coarse-grained, rich in quartz, feldspar, biotite, muscovite and tourmaline and is dated 1880 Ma. It has been sampled 100 m south of the MCT. The black shale is a biotite-rich, black mica-schist from an outcrop located 400 m south of the MCT. The electrical conductivity of both cores and crushed material was measured. Cores were drilled parallel and perpendicular to the natural foliation in order to investigate local electrical anisotropy.

We carried out laboratory measurements of the complex electrical conductivity, thereby focusing on anisotropy, salinity dependence and the impact of carbon dioxide on the electrical properties. The augen gneiss shows the expected low polarizability and moderate conductivity, which is dominated by the pore-filling brine. It shows a weak anisotropy. By contrast, the black shale possesses extraordinary high polarizability and, consequently, a high conductivity. Its anisotropy is very pronounced.

Understanding the anomalous conductivity of the Himalayan black shales provides valuable information, which might help to interpret the results of deep crustal MT surveys and reveal the nature of the Himalayan orogeny. Furthermore, understanding the physics of conductive phases in metamorphous rocks in the presence of CO₂ opens important new perspectives in numerous applications.

GE.A-061

3D Inversion of VES data to map the peat-lignite deposit in the Philippi sub-basin, northern Greece

*M. Gurk**¹, *F. Monteiro Santos*², *N. Tougiannidis*³, *I. K. Oikonomopoulos*⁴

¹Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, ²Centro de Geofísica, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, ³Institut für Geologie und Mineralogie, Universität zu Köln, Köln, ⁴Institute for Mineralogy, National Technical University of Athens, Athens, Greece

The peat-lignite deposit of the Philippi sub-basin represents the largest fossil hydrocarbon resource in the Balkans. It is filled with late tertiary and quaternary formations and accumulated limno-telmatic sediments. Over the time the sedimentation formed an approximately 55 km² and almost 200 m thick peat-lignite deposit.

The low resistive peat-lignite is underlain by more resistive sediments. We aim to study the geometry of the peat-lignite body and the conductivity distribution within the sub-basin. For this purpose we re-sampled 130 VES soundings collected in 1964 and combined them with available VES and TEM data from 2009 and 2010.

The 1964's survey collected VES data with L/2 values between 2 – 800 m on 16 transects.

Their general apparent resistivities range between 1 and 200 Ωm. The line distance is approximately 1 km, whereas the site spacing on the lines varies between 500 m and 1000 m, depending on the accessibility in the basin.

We focus ourselves on the main part of the sub-basin that stretches between Krinides at the North to Eleftheroupolis at the South. Here, we inverted the VES data on a 500 x 500 m grid using a 3D code based on a smoothness-constrained least-squares method. Our preliminary resistivity model show maximum peat-lignite thickness (ca. 250m) in the western part of the sub-basin. Towards the East, the interface between peat-lignite deposit and the sediments ascends.

GE.A-062

Electrical resistivity tomography for CO₂ migration monitoring at the Field Research Station near Brooks, AB (Canada)

*D. Rippe**¹, *A. Strom*¹, *C. Schmidt-Hattenberger*¹, *M. Jordan*², *D. Lawton*³, *A. Saeedfar*³

¹Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²SINTEF Petroleum Research, Trondheim, Norway, ³CMC Research Institutes, Calgary, Canada

The Field Research Station (FRS), located 20 km southwest of Brooks, AB (Canada), is a test site for the development and deployment of advanced monitoring technologies for underground CO₂ storage. It is operated by the Containment and Monitoring Institute (CaMI) of Carbon Management Canada Research Institutes. For studying the CO₂ migration at shallow to intermediate depths, three wells have been drilled (one injection well, two observation wells). The injection well extends to 500 m depth and has been completed for CO₂ injection at 300 m depth. The shallow target and low injection mass (up to 1000 t/yr) make FRS a unique site for developing and improving CO₂ monitoring technologies regarding CO₂ detection thresholds. A wide range of permanent monitoring systems have been installed and will be operated by CaMI. These include the two observation wells, which extend to 350 depth and have been fitted with a number of downhole monitoring instruments (geophones, electrodes, optical fiber, fluid recovery U-tube). Further non-permanent monitoring

(seismic, CSEM, ERT, gravity) will be carried out by other international research groups.

In September 2016, electrical resistivity tomography (ERT) measurements were carried out by GFZ German Research Centre for Geosciences. The main objective was to characterize the resistivity baseline of the pre-injection phase for future ERT monitoring at FRS. For this, a surface-downhole setup was realized, combining the existing 16 downhole electrodes with 192 surface electrodes. The latter were distributed along six branches, extending radially outward from the observation well. This setup allowed for a combination of various surface-downhole measurements, which are evaluated in terms of data quality and sensitivity, and will be used as baseline for future data processing. Of particular interest is the integration with other monitoring data collected at FRS, which will be addressed as part of aCQurate (accurate CO₂ monitoring using Quantitative joint inversion for large-scale on-shore and off-shore storage applications). The project will build on a recently developed structural joint-inversion approach, which integrates seismic full waveform and ERT data, to include quantitative calibration using well-derived petrological data. The proposed hybrid structural-petrophysical inversion will eventually be demonstrated using the available field data and provide better constraints on the saturation changes associated with CO₂ migration.

GE.A-063

Einsatz von Geoelektrik und Spektral Induzierter Polarisation im Monitoring von Schwachstellen entlang einer Kalirückstandshalde in Sonderhausen, Thüringen

N. Scholz*¹, T. Schicht², A. Rohlf¹, C. Rücker¹, K. Dünnebier¹, F. Börner¹

¹TU Berlin, Berlin, ²K-UTEC AG Salt Technologies, Sonderhausen

Im Laufe des 20. Jahrhunderts wurden in Thüringen großflächig Kali- und Steinsalz gefördert. Die in Folge der Aufbereitung entstandenen Rückstandshalden haben eine Grundfläche von mehreren Hektar, sind z. T. über 100 m hoch und befinden sich im Prozess der Renaturierung. Aufgrund ihrer salzhaltigen Zusammensetzung kommt es im Haldeninneren, u.a. klimatisch bedingt, zu Setzungs-, Auslaugungs- sowie Stoffumwandlungsprozessen. Dies führt zu einer Verringerung der Haldenstabilität und somit zu einer Gefährdung für Mensch und Umwelt. Kenntnisse des inneren Aufbaus der Halde und der darin ablaufenden Prozesse sind daher unerlässlich für die Einschätzung der Risiken und der Entwicklung entsprechender Präventivmaßnahmen. Wichtig ist daher eine eingehende Untersuchung der physikalischen und bodenhydraulischen Eigenschaften des Haldeninneren. Geoelektrische Methoden sind hierfür besonders geeignet, da sich mit ihnen Änderungen im Wassergehalt und in der Porengrößenverteilung sowie in der hydraulischen Leitfähigkeit ableiten lassen. Im Rahmen der Studie werden Messungen konventioneller Geoelektrik und der Spektral Induzierten Polarisation (SIP) an einer Rückstandshalde in Sonderhausen durch-geführt. Der scheinbare spezifische elektrische Widerstand wird entlang zweier 100 m langer, orthogonal zueinander ausgerichteter Profile gemessen. Dazu wurden 50 Stationen aufgebaut, bestehend aus jeweils einer Strom- und einer Potential-Elektrode. Der resultierende, komplex-wertige elektrische Widerstand ermöglicht die Ableitung von Informationen über Feuchtegehalt, die Porengeometrie und der damit verbundenen hydraulischen Leitfähigkeit. Die Messungen werden wiederholt ausgeführt, um zeitliche Änderungen in den Messgrößen zu erfassen und auf eine Korrelation mit sich ausbildenden Schwachstellen infolge von Subrosionsprozessen vor Ort zu untersuchen. Die Datenauswertung erfolgt mit Hilfe der Software BERT (Boundless Electrical Resistivity Tomography). Das Programm ermöglicht u.a. sowohl die Darstellung der räumlichen Verteilung des elektrischen Widerstands und der Phasenverschiebung sowie die Quantifikation deren zeitlicher Änderungen, als auch eine szenarien-basierte Modellierung

der Messgrößen. Die Ergebnisse dieser Studie liefern einen wichtigen Beitrag für die Erstellung eines Kennwertmodells, welches künftig eine schnelle Identifikation möglicher Schwächezonen in Rückstandshalden ermöglichen soll.

GE.A-064

Small-scale borehole-to-surface ERT (Electrical Resistivity Tomography)

J. Ochs, N. Klitzsch*

RWTH Aachen University, Applied Geophysics and Geothermal Energy (GGE), Aachen

We developed a geoelectrical borehole tool for near-surface measurements, allowing for highly resolved 2D resistivity distributions in soils. The tool consists of 20 ring electrodes distributed over one meter on a plastic rod and is pushed into the ground ensuring good electrical contact. It is operated in combination with surface electrodes, while the whole setup is characterized by its small electrode distances. This feature, allowing for a high resolution, also poses a challenge in terms of data processing and modeling, as the spatial extent of the electrodes is no longer negligible.

We will show why the ring electrodes (and even the surface electrodes) should not be represented by dimensionless point electrodes as they are usually assumed in standard ERT inversion codes. We utilize another way of representing electrodes with a finite spatial extent, the conductive cell model. This allows for an exact replication of the actual data acquisition conditions, as the whole electrode surface is involved in the measurement. The accuracy of the approach is evaluated for a couple of artificial model cases. Moreover, we also apply the approach to field data and compare it to a standard ERT inversion.

GE.A-065

Kleinskalige geoelektrische Kartierung an einem Erzgang in der Reichen Zeche (Freiberg)

L. Römhild, J. Börner, K. Spitzer*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Im Forschungs- und Lehrbergwerk "Reiche Zeche" in Freiberg soll im Rahmen eines umfassenden Forschungsprojektes am Erzgang "Wilhelm Stehender" ein untertägiger Laugungsversuchsstand zur mikrobiologischen Laugung von Indiumerzen eingerichtet werden. Es ist eine Überwachung dieses Prozesses mit geophysikalischen Methoden vorgesehen. Zur Abschätzung der Praktikabilität geoelektrischer Verfahren für die Überwachung muss zunächst herausgefunden werden, ob ein ausreichender Leitfähigkeitskontrast zwischen dem Erzgang und dem umgebenden Gneis besteht. Dazu wurde eine kleinskalige geoelektrische Kartierung im Grenzbereich zwischen den beiden Gesteinseinheiten durchgeführt. Wesentlich für das Gelingen der Messung war die Entwicklung einer geeigneten Messanordnung, die einer Vielzahl von Anforderungen genügen musste. So bestand eine Besonderheit darin, dass eine flexible Anpassung der Ankopplungspunkte an die unebene Oberfläche des anstehenden Gesteins möglich sein musste. Dies wurde durch eine bewegliche Lagerung der Elektroden und die Ankopplung an das Gestein mit Hilfe einer Bentonit-Masse erreicht. Der Herstellungsprozess der Konstruktion ging einher mit einer Vielzahl von Testmessungen, z.B. zur Bestimmung des Konfigurationsfaktors dieser neuartigen Anordnung. Tatsächlich bewährte sich die neu entwickelte Konstruktion beim praktischen Einsatz und es konnten aussagekräftige Daten gewonnen werden. Bei der anschließenden Auswertung zeigte sich, dass ein signifikanter Leitfähigkeitskontrast zwischen dem niederohmigen

Erzgang und dem hochohmigen Gneis besteht. Allerdings stellte sich auch heraus, dass der Erzgang selbst sehr heterogen aufgebaut ist und auch dort hochohmige Bereiche zu finden sind. Insbesondere konnte bei einem Vergleich der Messwerte mit optisch sichtbaren Strukturen herausgefunden werden, dass die ermittelten Widerstände sehr stark von der kleinräumigen Mineralverteilung im Bereich des Messpunktes abhängen.

Es stellt daher eine besondere Herausforderung dar abzuschätzen, welche genauen Widerstände später bei deutlich größerskaligen Messungen zur Überwachung des Laugungsprozesses beobachtet werden können. Dennoch kann man sicher davon ausgehen, dass der Leitfähigkeitskontrast zwischen Erzgang und Gneis groß genug ist, um den Einsatz geoelektrischer Methoden als sinnvoll zu erachten.

GE.A-066 OhmMapper- und Gleichstromgeoelektrikmessungen im Vergleich

M. Isik, M. Grinat*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Im Rahmen einer Masterarbeit im Studiengang Geowissenschaften an der Leibniz Universität Hannover, die in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik erstellt wurde, ist untersucht worden, inwiefern Messungen mit kapazitiver Geoelektrik und herkömmlicher Gleichstromgeoelektrik vergleichbar sind. Für die kapazitive Geoelektrik wurden Linienelektroden verwendet. Als Messsystem diente der OhmMapper von Geometrics mit Dipollängen von 2,5 m, 5 m und 10 m sowie Dipolabständen zwischen 1,25 m und maximal 30 m; die Messungen der Gleichstromgeoelektrik erfolgten mit dem Messsystem 4point light 10W (Lippmann) in den Elektrodenanordnungen Wenner-Alpha, Wenner-Beta, Schlumberger und Dipol-Dipol.

Der Vergleich basierte auf den Überlegungen von Kuras (2002). Demnach sollten die OhmMapper-Messungen (Linienelektroden) vergleichbar sein mit gleichstromgeoelektrischen Vierpunktelektrodenmessungen in Dipol-Dipol-Anordnung, bei denen bei gleichem Abstand der Dipolmittelpunkte die Länge von Strom- und Potentialdipol etwa der halben OhmMapper-Dipollänge entspricht. Der Verlauf der berechneten 1D-Sensitivitäten nach Niu & Wang (2014) mit der Tiefe ist in diesem Fall sehr ähnlich, wenn auch nicht identisch.

Als Testgebiet wurde der nahe gelegene Misburger Wald in Hannover ausgewählt, in dem in den Jahren 2000 bis 2009 Geländepraktika für die Universität Hannover durchgeführt worden sind. Die Geoelektrikmessungen aus diesen Praktika wurden im Rahmen der Masterarbeit zusammenfassend bearbeitet und als Vorinformationen und zum Vergleich verwendet. Die spezifischen Widerstände liegen in dem mit dem OhmMapper erfassten Tiefenbereich zwischen etwa 50 Ω m und 2000 Ω m, wobei die höheren Werte an der Erdoberfläche auftreten. Geologisch handelt es sich um quartäre Ablagerungen (Feinsande bis Grobkiese). Zusammenfassend ist festzustellen, dass die kontinuierlichen OhmMapper- und die stationären 2D-Geoelektrikmessungen sehr ähnliche Ergebnisse liefern. Auch die erstellten Pseudosektionen zeigen übereinstimmende Strukturen.

Kuras, O. (2002): The capacitive resistivity technique for electrical imaging of the shallow subsurface. – PhD Thesis, University of Nottingham.

Niu, Q. & Wang, Y.-H. (2014): Inversion of capacitively coupled resistivity (line-antenna) measurements. – *Geophysics*, 79(3): E125–E135; doi: 10.1190/GEO2013-0282.1.

GE.A-067

Supporting the 2D-inversion of ERT profiles with laboratory-based conductivity measurements

H. Thoss, H. Wilke, T. Blume, A. Güntner*

Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Electrical Resistivity Tomography (ERT) is often used to map subsurface structures. A slight variation of the apparent resistivity along an ERT profile can be an indicator of a small change in soil texture or soil water content. Strong contrasts in apparent resistivity are mostly correlated with boundaries in the soil, such as clay layers or the ground water table. To increase the reliability of the inversion of ERT data, it is advantageous to add such boundary conditions, if known, as a constraints. Information on the expected apparent resistivity of soil layers for different water content may serve as another valuable constraint for the inversion. The study area of ERT measurements presented here belongs to the TERENO observatory Northeastern German lowlands (TERENO-NE) close to Lake Fürstenseer See in the Müritznational Park (Mecklenburg-Vorpommern). It is located in an outwash plain of the last glaciation, dominated by sandy soils with embedded marl layers. Undisturbed soil samples were taken over the entire depth of 25 meter during the drilling of a groundwater observation well. The samples were analyzed for soil physical parameters (porosity, grain size distribution). Furthermore, 3 representative samples for each of the 4 sandy main layers in the profile were taken to measure the relationship between apparent electrical resistivity and soil water content from very dry to fully saturated conditions in the lab. The parameters porosity, cementation and saturation exponent as well as the tortuosity factor, used in Archie's law, were then determined based on these measurements. We also related the grain size distributions of the respective soil samples to the estimated parameters of Archie's law. As a result, we show that small differences in the grain size distribution may result in marked differences of the relationship between water content and apparent resistivity. One distinct effect is the difference in saturation exponent between fluvial and Aeolian sand deposits in our study area. Finally, the results obtained from the drilling and laboratory measurements were used as boundary conditions in the inversion in order to improve the subsurface model in delineating the upper boundary of the water retarding marl layer.

GE.A-068

SIP-monitored denitrification processes in an aquifer sediment on laboratory scale

*M. Sonntag*¹, J. Börner¹, N. Klammerth², K. Spitzer¹*

¹Institute of Geophysics/Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg,

²Institute of Hydrogeology, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg

Nitrate pollution of groundwater has adverse biological effects and can even induce cancer due to the production of nitrosamines in human organisms. Due to excessive use of fertilizers in agriculture nitrate concentrations often exceed the legal limits in some aquifers in Germany. Understanding the nitrate degradation processes in an aquifer is consequently essential for the development of geophysical monitoring and early warning techniques. The chemical reduction process of nitrate to nitrite is driven by microbiological activity and is called denitrification. This degradation occurs only under oxygen-free conditions and can be achieved by hetero- or autotrophic processes, where either organic material or iron-rich minerals (e.g. pyrite) act as a reaction partner.

As a result of autotrophic denitrification, the sulfur in pyrite is oxidized to sulfate and releases Fe^{2+} . This change in chemical composition of both rock matrix and pore fluid may act on the frequency-dependent complex electrical conductivity. We consequently investigated the denitrification processes with the spectral induced polarization method (SIP).

In this laboratory study, a height-oriented three-channel modular cell for SIP measurements was developed. The cell, equipped with three sampling ports was placed in an inert-gas glove box to ensure anaerobic conditions and was filled with pyrite and organic-containing aquifer sediment from South Hesse (Germany), a region, which suffers from large-scale nitrate pollution. Nitrate-rich synthetic groundwater passed through the cell for around 100 days. During this period continuous SIP-measurements were carried out and weekly hydrochemical sampling under controlled variable flow conditions took place.

An influence of nitrate presence on the complex conductivity was observed. The temporal variations in the real part of the three channels are similar over all frequencies. The imaginary part shows significant variations at frequencies below 10 Hz. The chemical analyses indicate a primary heterotrophic denitrification.

The measured complex conductivity during the denitrification process in a spectral and time-lapse manner as well as the experimental setup and the results of chemical analyses will be shown.

We show that geoelectrical methods may play an important role in understanding the denitrification processes and may help assessing the hydrogeological state of fresh-water aquifers affected by nitrate pollution.

GE.A-069

SIP Messungen an Fontainebleau Sandsteinen

*L. Gürlich^{*1,2}, S. Kruschwitz^{1,3}, M. Halisch⁴, A. Weller⁵*

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, ²Freie Universität, Berlin, ³Technische Universität, Berlin, ⁴Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, ⁵Technische Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld

Die Methode der Spektral Induzierten Polarisation (SIP) wird eingesetzt, um (z.B.) hydraulische Parameter wie Porosität und Permeabilität von Gesteinen abzuleiten. Dabei wird ein Wechselstrom in einem typischen Frequenzbereich von 1 mHz bis 45 kHz in das Gestein eingespeist und die Phasenverschiebung zwischen elektrischem Strom und Spannung gemessen, woraus die komplexe Leitfähigkeit berechnet wird.

In dieser Arbeit werden die komplexen Leitfähigkeiten von Fontainebleau Sandsteinen mittels einer am Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) hergestellten Messzelle und einer SIP Apparatur des Forschungszentrums Jülich (FZJ) gemessen. Die Fontainebleau Sandsteine stammen aus Frankreich, südlich von Paris und zeichnen sich durch eine nahezu homogene Zusammensetzung aus Quarz (> 99,4 %) aus. Für die Messungen wurden vier Blöcke mit jeweils vier Proben ausgewählt, die in Porosität und Permeabilität variieren. Für die SIP-Messungen werden die Gesteinsproben mit Natriumchlorid-Lösung unterschiedlicher Leitfähigkeiten gesättigt, um die Abhängigkeit der IP-Spektren von der Leitfähigkeit des Porenfluids zu untersuchen. Die Messungen werden mit anderen petrophysikalischen Untersuchungen ergänzt, wie z.B. der Bestimmung der Porenradialverteilung mittels Quecksilberporosimetrie und der spezifischen inneren Oberfläche mit Gassorption (BET). Mit dem Raster-Elektronen-Mikroskop und dem μ -CT werden hochauflösende 2D und 3D Bilder der inneren Gesteinsstruktur erzeugt und ausgewertet.

Erste Ergebnisse der SIP-Messungen zeigen deutliche Phasenmaxima im niederfrequenten Bereich, die hinsichtlich ihrer Amplitude und Frequenzlage zwischen den Blöcken variieren.

Ziel der Arbeit ist eine systematische Untersuchung der Polarisationsseigenschaften bezüglich der Variabilität von Porosität, Porenradialverteilung, spezifischen inneren Oberfläche und Fluidleitfähigkeit, um die Zusammenhänge qualitativ und quantitativ zu charakterisieren.

GE.A-070

Entwicklung eines geoelektrischen Messkonzeptes zur Detektion von struktureller Anisotropie der elektrischen Leitfähigkeit

V. Nawa, A. Junge*

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Strukturelle Anisotropie beschreibt die makroskopisch richtungsabhängige Leitfähigkeit eines heterogenen Gesteinsverbundes isotroper Materialien, der durch Messungen an der Erdoberfläche nicht weiter aufgelöst werden kann. Das Vorhandensein von struktureller Anisotropie der elektrischen Leitfähigkeit in einem Messgebiet erlaubt zum Beispiel Rückschlüsse auf die Ausprägung und Richtung fluiddurchströmter Klüftungen. Die Inversion geoelektrischer Daten in ein vollständig anisotropes Untergrundmodell erhöht die Anzahl der anzupassenden Parameter um den Faktor sechs. Im Falle der oben genannten durchströmten Klüften kann jedoch die Anpassung durch ausschließlich horizontale Anisotropie erfolgen. Der zuvor genannte Faktor beträgt dann drei.

Um eine solche Anisotropie nachweisen zu können wurde ein Gerät entwickelt, das sowohl die Potentialmessungen, als auch die Einspeisung koordiniert. Mit dem Messgerät können zunächst bis zu 64 Elektroden individuell angesteuert werden. Die Elektroden, beispielsweise in einem 8x8 2D-Raster angeordnet, können wahlweise zur Einspeisung, zur Potentialmessung oder als Referenzelektrode verwendet werden. Die Potentialmessung an allen Elektroden erfolgt gegenüber der gewählten Referenzelektrode. Dadurch entsteht der Vorteil, dass alle Spannungen zwischen den einzelnen Potentialelektroden aus den Referenzmessungen durch Differenzbildung rekonstruiert werden können. Durch dieses Messkonzept resultiert eine enorme Vergrößerung des Datenvektors zu jeder Einspeisung: der Datenvektor gibt die komplette elektrische Potentialverteilung innerhalb des Elektrodenrasters mit einer Auflösung entsprechend der Elektrodenabstände wieder. Durch das 64-Kanal breite, synchrone AD-Wandler-System kann mit bis zu 4 kHz Abtastrate aufgezeichnet werden. Das Gerät erlaubt die serielle Abarbeitung von zuvor eingegebenen Einspeisekombinationen. Die Auswahl der Einspeiseorte soll sich in Zukunft an den Ergebnissen einer während der Messung im Feld stattfindenden 3D-Inversion orientieren. Es sollen dadurch gezielte Einspeisungen in diejenigen Bereiche des Untergrundes erfolgen, die unzureichende Sensitivitäten im korrespondierenden Inversionsmodell aufweisen.

GE.A-071

A processing workflow for large-scale ERT - the example pre-investigation in Schleiz (DESMEX)

T. Günther, R. Rochlitz, F. Oppermann*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Electrical Resistivity Tomography (ERT) is a valuable tool for subsurface characterization covering many scales from centimetres to kilometres. Whereas small-scaled investigations are usually done with multi-electrode instruments driving a cable bus, this is not possible if several hundred meters investigation depth is required. The approach are dipole-dipole experiments with an installation of autarkic potential dipoles registering the voltage continuously, and a moving current dipole injecting with large currents up to 25A.

The whole procedure is demonstrated for two experiments, each covering a length of 4.5km, with an electrode distance of 125m and some overlap so that a profile length of 8km is achieved. Aim is the pre-investigation for the main experiment of the project DESMEX (Deep Electromagnetic Sounding for Mineral Exploration) using a semi-airborne controlled-source experiment. At each of the dipoles a large (up to 25A) and a small (2-3A) current strength with 15min and 5min duration, respectively. At the end of the profiles double dipoles were used to ensure signals with maximum penetration.

We use self-developed three-channel data loggers that are controlled remotely using GPRS data communication. The time series' have to be processed to obtain the measured voltages. There are three different approaches: 1) FFT analysis assuming pink (1/f) noise, 2) signal stacking and plateau determination, and 3) a lock-in approach that correlates current and voltage signals. All three methods provide quality measures for the individual data.

The analysis of the resulting resistances and their errors is based on different redundancies in the data: i) comparison between small and large input currents, ii) comparison between reciprocal data, and iii) comparison between overlapping data of different parts of the profile. Erroneous data are identified and removed before the inversion of the data.

We demonstrate this workflow on the Schleiz profile leading to a 8 km long and 1200m deep model of the subsurface that is used for designing the main experiment.

GE.A-072

Messzelle für kombinierte petro- und bodenphysikalische Labormessungen – Stand der Entwicklung

*S. Costabel^{*1}, T. Martin², R. Lieth³, S. Hupfer⁴, L. Behling⁵*

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Abteilung 2 Grundwasser und Boden, Berlin, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Berlin, ³Institut für Angewandte Geophysik und Geothermische Energie, RWTH, Aachen, ⁴Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, ⁵Fachbereich Geologische Wissenschaften, Freie Universität, Berlin

Seit einigen Jahren arbeiten wir an der Entwicklung einer Messzelle für Lockersedimente und Böden, mit der verschiedene petro- und bodenphysikalische Methoden kombiniert angewendet werden können: Spektral Induzierte Polarisation (SIP), Kernspinresonanz (NMR), Wasserretention (WR), gesättigte und ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit. Der Vorteil, diese porenraumbezogenen Messmethoden alle in einer Zelle miteinander zu kombinieren, liegt darin, dass systematische Fehler durch Veränderung von Porenstruktur und -fluid weitestgehend vermieden werden können, die durch individuelle Probenvorbereitung für die einzelnen Methoden und Umpacken des Materials unweigerlich entstehen würden. Dadurch sind die verschiedenen physikalischen Messgrößen unmittelbar miteinander vergleichbar und das Zusammenwirken der entsprechenden Mechanismen kann systematisch untersucht werden, was letztendlich die bodenphysikalische Interpretation geophysikalischer Methoden deutlich verbessert. Nach ersten erfolgreichen Anwendungen an überwiegend sandigem Probenmaterial (Hupfer et al., 2015; Behling 2015; Lieth 2016) ist es uns bisher jedoch noch nicht gelungen, auch für bindige Materialien die gewünschten Methoden zufriedenstellend zu implementieren. So messen wir beispielsweise über eine unterdruckgesteuerte Entsättigung die WR-Kurve sowie zugehörige NMR-Relaxationszeitenverteilungen und SIP-Frequenzspektren bei teilgesättigten Sanden sehr zuverlässig, bei tonigem Material

jedoch reicht der Wertebereich des Kapillardrucks nicht aus. Hierfür werden wir in Zukunft Miniatur-Tensiometer in Kombination mit natürlicher Verdunstung zum Einsatz bringen. Erste Experimente damit zeigen, dass dieser Weg erfolgversprechend ist.

Referenzen:

Behling, L. (2016), Der Effekt der Sättigung aus das SIP-Signal bei Mineral-Quarzsand-Gemischen, Masterarbeit, Freie Universität Berlin.

Hupfer, S., Martin, T., Weller, A., Günther, T., Kuhn, K., Nguimeya, V.D. & Noell, U. (2015), Polarization effects of unconsolidated sulphide-sand-mixtures. *Journal of Applied Geophysics*, 456-465.

Lieth, R. (2016), Impact of Fe-bearing minerals in soils on NMR and SIP, Masterarbeit, RWTH Aachen.

GE.A-073

Numerical simulation of the membrane polarization effect for gradually varying pore sizes

N. Rezaei**, *A. Hördt

Institute for Geophysics and Extraterrestrial Physics, TU Braunschweig, Braunschweig

For many years, the membrane polarization effect has been considered as a potential origin of induced polarization. A model to describe the impedance of membrane polarization was primarily suggested by Marshal and Madden, which was analytically solved for a 1-D system. The model consists of a sequence of active and passive zones, where the counter ion mobility is restricted in active zones. This concept has been further developed to simulate a sequence of wide and narrow cylindrical pores, in which instead of a counter ion mobility reduction in active zones, the effect of the electrical double layer (EDL) is considered as a source of the IP effect. Moreover, the pore space is parametrized by real radius and length.

In this work a numerical study based on that concept is conducted in which the ion mobilities are calculated from a mobility function, which considers the effect of several parameters such as electrolyte type, zeta-potential, partition coefficient, absolute temperature, and the pore radius. The simulation results for a particular model are compared with those of the same analytical model, which are in good agreement.

This conformity is a platform to simulate more realistic geometries like sequences of pores with more than two different pore radii, which is the maximum allowed in analytical solutions. Approaching this aim, each cylindrical pore has been broken down into a sequence of shrinking pores. The impedance and phase magnitude of the system is compared with those of a simple 2-cylindrical pore system, which is calculated analytically. Our results indicate that a sequence of gradually shrinking pores exhibits smaller phase shifts compared to a model with a sharp transition.

GE.A-074

Shallow electrical resistivity tomography monitoring at the Svelvik Field Lab, Norway

A. Strom*¹*, *D. Rippe¹*, *C. Schmidt-Hattenberger¹*, *M. Barrio²*, *P. Eliasson²*, *M. Jordan²

¹Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

²SINTEF Petroleum Research, Trondheim, Norway

The site of the Svelvik Field Lab is located at the Svelvik ridge around 40 km SW of Oslo, Norway. It is a small peninsula within the Drammensfjord with a length of around 1.5 km and a width of 500 m. Its geology is characterized by glaciofluvial-glaciomarine deposits

from the Holocene comprising sands intercalated with pebble and cobble channels and clays onlapping the flanks of the ridge. The phreatic coastal aquifer forms the injection target with its water level at around 1 m below ground level. A total of 31 wells exist at the site. The heterogeneous geology and proximity to the sea pose challenges to monitoring technologies. However, the shallow environment and good accessibility of the site offer excellent opportunities for testing the sensitivity of monitoring systems. The Svelvik Field Lab has been incorporated into the European Carbon dioxide Capture and Storage Laboratory Infrastructure (ECCSEL), which offers open access to its advanced laboratories for scientists to conduct cutting-edge research.

An initial shallow CO₂ migration experiment was carried out in 2011 with an injection volume of 1.7 t in an inclined injector (45°). Besides gas measurements at the surface and water sampling, ERT cross-hole monitoring was performed in 4 wells. The ERT could roughly track the CO₂ plume, but a detailed image of the migration was missing due to the resistivity contrast of the freshwater-saline interface. Therefore, feasibility studies of alternative ERT geometries together with joint inversion approaches seem to be necessary for improving the subsurface imaging performance. Two field campaigns for optimizing ERT acquisition geometries have been conducted in 2014 and 2015, respectively, and first results will be presented. One 21 m deep ERT monitoring well with 28 electrodes and 0.7 m spacing was used together with surface electrodes. Compared to cross-hole setups, surface-downhole arrays are spatially more flexible and do not require the construction of additional boreholes. They cannot replace cross-hole setups, but may enhance the capability of cross-hole ERT imaging without much effort. However, additional ERT monitoring challenges at the Svelvik Field Lab site are potential noise sources, e.g. groundwater recharge events or tidal effects in the aquifer affecting the water level and salinity distribution.

DL.A-075

Studentische (Inter-) Aktion im Forschungsseminar im Masterstudiengang Geophysik am KIT

*E. Gottschämmer**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Geophysikalisches Institut (GPI), Karlsruhe

Der Besuch eines der drei Forschungsbereichs-Seminare des Geophysikalischen Instituts ist Teil der forschungsnahen Ausbildung im Masterstudiengang Geophysik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Laut Studienplan ist die Belegung im 3. Semester vorgesehen. Viele Studierende besuchen das Seminar jedoch über die gesamte Zeit des Studiums im Masterstudiengang und einige sogar bereits während ihres Studiums im Bachelorstudiengang Geophysik am KIT. Auch Studierende der Physik, der Meteorologie oder der Wissenschafts-Medien-Kommunikation mit Nebenfach Geophysik nehmen an den Seminaren teil. In der Regel wird in den Seminaren vom Fortgang der aktuellen Arbeiten im Forschungsbereich berichtet. Die jüngeren Studierenden, die noch nicht mit ihrer Abschlussarbeit beschäftigt sind, oder die Studierenden mit Nebenfach Geophysik nehmen im Seminar deshalb meist nur die Rolle eines Zuhörers ein und sind höchstens an der Diskussion aktiv beteiligt.

Dies war Grund genug, das Seminar des Forschungsbereichs Naturgefahren und Risiken im Wintersemester 2016/17 inhaltlich anders zu gestalten und für die Erprobung eines Konzepts zu nutzen, das die Studierenden aktiv durch eigene Vorträge sowie Experimente oder numerische Simulationen einbindet und sie zudem ermutigt, Kontakt zu Wissenschaftlern anderer Forschungseinrichtungen aufzunehmen und mit ihnen in Austausch zu treten. Dazu erhielten die am Forschungsseminar teilnehmenden Studierenden den Auftrag, selbst

einen Vortrag zu einem aktuellen Forschungsthema aus dem Gebiet der quantitativen Modellierung vulkanischer Systeme zu erarbeiten. Die Basis der einzelnen Vorträge bildeten jüngere Artikel aus Fachzeitschriften. Das Spektrum der Themen reichte von der numerischen Modellierung von Lahars, pyroklastischen Strömen oder der Ascheausbreitung bis hin zu analogen Experimenten mit Sand, Gelatine und Sirup. Die Studierenden nahmen im Laufe der Vorbereitung der Vorträge Kontakt zu den Autoren auf. In fast allen Fällen gelang es ihnen, Modelle nachzubauen oder die Modellierungstools auf dem eigenen Rechner zu installieren und mit einfachen Parametern nachzuvollziehen, was die Gestaltung der Vorträge sehr lebendig machte. Einige Studierende bezogen die Zuhörer sogar aktiv in die Gestaltung ihres Vortrags ein: Sie ließen die Zuhörer am Anfang des Vortrags bestimmen, an welchem Vulkan die Berechnungen ausgeführt werden sollten, und präsentierten am Ende die Ergebnisse, die während ihres Vortrags im Hintergrund berechnet worden waren.

DL.A-076

Das Konzept der In-Situ-Lehre in den Geophysik-Studiengängen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

E. Gottschämmer, J. Ritter*

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Geophysikalisches Institut (GPI), Karlsruhe

Die klassischen Lehrveranstaltungen in der Geophysik finden als Vorlesung oder Übungen im Hörsaal statt. Daneben finden sich in den Curricula geophysikalischer Studiengänge in der Regel praktische und experimentelle Arbeiten, in einigen Studiengängen auch Exkursionen. Die Verknüpfung der theoretischen Inhalte mit den praktischen Tätigkeiten ist jedoch häufig nur marginal entwickelt, da sie oft von Dozenten unterschiedlicher Fachrichtungen gelehrt werden, deren Vokabular sich unterscheidet und die sich inhaltlich nicht aufeinander beziehen. Der Transfer der theoretischen Inhalte auf das Untersuchungsobjekt ist jedoch insbesondere in den Geowissenschaften von großer Bedeutung, da beispielsweise die Dimension und die Ansicht eines Objekts im Hörsaal nur schwer vermittelt werden kann. Aus diesem Grund haben wir für die Geophysik-Studiengänge am KIT das In-Situ-Lehrkonzept entwickelt. Dabei werden theoretische Inhalte direkt mit dem Objekt der Lehre vor Ort verknüpft. Dies realisieren wir, indem wir Vorlesungen, Übungen und Seminarvorträge am Ort des Geschehens lehren. Das Untersuchungsobjekt kann dabei in seiner ganzen Größe erfasst werden, zusätzliche sensorische Informationen wie beispielsweise der Geruch des Schwefels am Vulkan oder der Lärm, dem Arbeiter auf einer Tunnelbohrmaschine ausgesetzt sind, werden von den Studierenden intensiv verinnerlicht und machen die praktischen Anforderungen an geophysikalische Untersuchungen deutlich. Übungen, die vor Ort bearbeitet werden, stehen in direktem Zusammenhang mit dem Untersuchungsobjekt. In-Situ-Vorlesungen führten uns bspw. im Sommer 2013 und 2016 zum Vesuv und zu den Vulkanen der Liparischen Inseln, deren Gefährdungs- und Risikopotenziale die Studierenden vor Ort analysierten. Dazu führten sie geophysikalische Messungen durch, interpretierten die Daten und diskutierten mit Wissenschaftlern in Vulkan-Observatorien. Diese Arbeiten wurden durch Seminarvorträge im Hotel oder im Gelände inhaltlich ergänzt. Weitere In-Situ-Lehrveranstaltungen der vergangenen Jahre zur physikalischen Vulkanologie hatten Tschechien, den Vogelsberg oder die Vulkaneifel zum Ziel. Zur Thematik der Induzierten Seismizität haben wir 2014 eine Lehrveranstaltung in Thüringen (Kalisalzbau) gehalten. Regelmäßig führen wir In-Situ-Lehrveranstaltungen in den Schwarzwald zum Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsobservatorium (BFO), nach Staufen (Geothermie), zum Schauinsland-Bergwerk (Erzbergbau) oder nach Straßburg (historische Seismologie) durch.

DL.A-077

Innovative Lehrformate – interaktiver Austausch zwischen Lehrenden und Studierenden

*P. Rulff**

Studentische Initiative der Geophysik, Universität Potsdam & Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Magnetotellurik, Potsdam

Aus der Hochschuldidaktik kommen Impulse zur Entwicklung neuer Lehrformate, die die Studierenden stärker einbinden und weniger auf Frontalunterricht setzen. In der Geophysik lässt sich das durch die kleinen Gruppen häufig gut umsetzen. Welche Erfahrungen gibt es damit in unseren Studiengängen? Gibt es Beispiele aus der Praxis, die sich auf andere Universitäten übertragen lassen?

Da auf der DGG Tagung sowohl viele Lehrende als auch Studierende vertreten sind, soll dieser Beitrag als Möglichkeit für interaktiven Austausch zwischen beiden Parteien dienen. Es wird für die Lehrenden die Möglichkeit geben, in Form einer Kurznotiz auf dem Poster die Frage zu beantworten: Welche "innovativen" Lehrformate wende ich in meinem Unterricht an?

Die Studierenden haben die Möglichkeit, die bereits eingetragenen „innovativen Lehrformate“ zu bewerten, indem sie Punkte vergeben oder eine Art „gefällt mir“ Kommentar auf dem Poster hinterlassen können.

Das somit im Laufe der Tagung zu gestaltende Poster soll sowohl für die Lehrenden eine Austauschmöglichkeit über neue Ideen zu innovativen Lehrformaten darstellen, als auch den Studierenden ermöglichen, sofort Feedback zu den Lehrformaten zu geben. So kann dieser Beitrag auf interaktive Art zur Vermittlung und Diskussion von neuen Lehrformaten genutzt werden.

DL.A-078

Mechanische Kalibration von Breitbandsensoren

*T. Dahm¹, J. Buelow², K.-H. Jäckel¹, C. Milkereit^{*1}, S. Mikulla¹*

¹Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam, ²Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Hamburg

Breitbandseismometer messen kleinste Bodenschwingungen im Bereich von weniger als 1 nm/s bis wenige mm/s im Frequenzbereich zwischen < 0.01 bis > 50 Hz. Die genaue Kenntnis der Übertragungsfunktion der Sensoren wird in der Seismologie zunehmend wichtiger. In Abhängigkeit vom Seismometermodell kann die Übertragungsfunktion teilweise komplexer sein und individuell variieren. Veränderungen können auch auf technische Probleme zurückzuführen sein.

Die mechanische Kalibration von Breitbandsensoren erfordert die definierte Anregung des Sensors durch Bewegungen der Bodenplatte. Eine pulsartige Anregung hat den Vorteil, dass der gesamte Frequenzbereich direkt angeregt wird, erfordert allerdings sehr ruhige Umgebungsbedingungen.

In dem vorgeschlagenen Kalibrationsexperiment wird alternativ zur Pulsanregung eine Sinusartige Tilt-Anregung realisiert, die einzelne Frequenzwerte nach einem voreingestelltem Zyklus automatisch durchläuft. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass keine besonderen Anforderungen an die Umgebungsruhe gestellt werden müssen, da ein hohes Rauschen durch eine längere Messzeit kompensiert werden kann. Die Methode funktioniert zuverlässig für horizontale Komponenten und Frequenzen < 1 Hz.

In dem Poster wird ein automatisiertes mechanisches Kalibrationsexperiment von Breitbandseismometern beschrieben, wie es in einem Studenten- oder Schülerpraktikum durchgeführt werden kann. Neben der Versuchsanordnung und Messergebnissen kann bei geeigneten Bedingungen ggf. ein Exponat vorgeführt werden.

DL.A-079

Aufbau eines Praktikumsversuchs zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften von Bohrkernproben

C. Kulüke, A. Hördt, C. Virgil*

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

Für das Fortgeschrittenenpraktikum im Bachelorstudiengang Physik an der TU Braunschweig soll ein neuer Versuch zur Gesteinsmagnetik entstehen. In diesem sollen die Studenten die remanente Magnetisierung und Suszeptibilität zylindrischer Bohrkernproben bestimmen.

Als Messgerät wird ein Fluxgate-Magnetometer mit zwei dreikomponentigen Sensoren verwendet. Die Sensoren können in beliebigen Abständen im rechten Winkel zueinander stehend auf Profilen angebracht werden. Im Schnittpunkt der Profile ist ein drehbarer Probenhalter befestigt. Ein Probenhalter kann in definierter Position und Orientierung darauf befestigt werden.

Durch die Drehung der Probe um die z-Achse ist bei einer Messung im Erdmagnetfeld die Trennung des induzierten und remanenten Anteils der magnetischen Anomalie möglich. Dabei wird ausgenutzt, dass die induzierte Magnetisierung bei einer Drehung um 360° zwei Perioden aufweist, die remanente hingegen nur eine. Die Drehung erfolgt automatisch mit einem Motor und erlaubt somit eine sehr hohe Datendichte und damit ein gutes Signal/Rausch-Verhältnis. Zur Inversion wird ein analytisches Ellipsoidenmodell genutzt. Zylinder und Ellipsoid haben zwar die gleiche Grundgeometrie, erzeugen für sehr kleine Abstände jedoch unterschiedlich starke Anomalien. Daher muss ein Mindestabstand von 8 cm zwischen Sensor und Probe eingehalten werden um eine hinreichend gute Näherung zu erhalten. Aus dem Aufbau und der Sensorauflösung von 0,1 nT ergibt sich eine zu erwartende Auflösung von 0,01 A/m für die remanente Magnetisierung. Bisher wurden Zylinderproben mit Suszeptibilitäten zwischen 10^{-2} und 1 (SI) bei einem Durchmesser von 2,5 cm und einer Länge von 4 cm vermessen. Der relative Fehler liegt hier im Mittel bei etwa 3%, die Auflösungsgrenze etwa bei $5 \cdot 10^{-4}$.

Die Art des Aufbaus erlaubt nicht nur die Vermessung kleiner Zylinderproben sondern auch die Untersuchung größerer sowie beliebig geformter Proben. Dazu müssen lediglich ein entsprechender Probenhalter und ein entsprechendes Modell verwendet werden.

DL.A-080

iBRIDGE – Interaktiver BRückenkurs In Das GEophysik-Masterstudium am KIT und Aufbau eines deutschlandweiten, digitalen Lehrmittelpools

A. Barth, E. Gottschämmer*

Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe

iBRIDGE ist ein interaktiver Brückenkurs für Studierende aus verwandten Fachrichtungen der Geophysik sowie der Aufbau eines digitalen Lehrmittelpools für die Studiengänge der Geophysik in Deutschland. Durch beide Einrichtungen soll nachhaltig die Attraktivität des Studienfaches erhöht und die Vernetzung der geophysikalischen Studiengänge innerhalb

Deutschlands verbessert werden. Das Projekt wird vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Rahmen des Strukturfonds „Kleine Fächer“ gefördert.

Der onlinebasierte Brückenkurs richtet sich an Studierende, die mit einem Bachelorabschluss in Physik, Mathematik oder einem Fach aus dem Bereich der Geowissenschaften zum Masterstudiengang Geophysik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wechseln. Der Brückenkurs wird von den Studierenden vor Beginn der Vorlesungen im Masterstudiengang absolviert und besteht aus digitalen Modulen zur Seismologie, Seismik und Rechnernutzung. Diese können entsprechend der Vorkenntnisse der Studierenden gewählt werden und setzen sich aus 50 Einzelthemen, didaktisch umgesetzt in Lehrvideos, fachlichen Texten sowie Onlinetests und -übungen, zusammen. Das Angebot eines moderierten Forums bietet Raum für persönliche Fragestellungen und Hilfe bei der Auswahl der angebotenen Inhalte.

Dozierende der Geophysik müssen in der Lehre oft Abbildungen und andere Materialien selbst erstellen oder auf fremde Quellen (Lehrbücher, Skripten etc.) zurückgreifen. In Kooperation mit Lehrenden von geophysikalischen Instituten deutscher Universitäten wird eine Sammlung von digitalen Lehr- und Lernmitteln (Skripte, Abbildungen, Übungsaufgaben, interaktive Übungen, Online-Lehrangebote, etc.) aufgebaut, die sich die Dozierenden gegenseitig zur Verfügung stellen und so vom Angebot anderer profitieren. Diese Zusammenarbeit zwischen den geophysikalischen Instituten verschiedener Hochschulen kann Synergien erzeugen und eine weitere Vernetzung der geophysikalischen Studiengänge in Deutschland anstoßen.

DL.A-081

Programmieren mit Python - Einbindung in Bachelor- und Mastermodule

A. Zoprowski, F. Wagner, A. Kemna*

Universität Bonn, Steinmann-Institut, Fachbereich Geophysik, Bonn

In der Geophysik ist der Einsatz von Computerprogrammen für Inversion und Modellierung nicht mehr wegzudenken. So bedarf es sowohl in der Forschung als auch in der Praxis wissenschaftlichen Nachwuchses mit Kenntnis zumindest einer höheren Programmiersprache. Python, als freie und plattformunabhängige Programmiersprache, gewinnt in Forschung und Lehre zunehmend an Bedeutung. Absolventen sollen nicht nur in der Lage sein, eine Software zu bedienen; sie sollen Programmcodes verstehen, modifizieren und weiterentwickeln können.

Dieser Erfahrungsbericht gibt einen Einblick in das didaktische Konzept des Fachbereiches Geophysik der Universität Bonn zur Einbindung der Python-Programmierung in bestehende und neue Bachelor- und Mastermodule. Weiterhin werden Nutzungsmöglichkeiten einer zentralisierten und webbasierten Recheninfrastruktur aufgezeigt.

Lässt sich „Programmieren“ nicht als eigenständiges Modul im Curriculum abbilden, werden die Studierenden mit Beginn ihrer Abschlussarbeit im Schwerpunkt Geophysik - viel zu spät also - mit der Herausforderung konfrontiert, sich das Programmieren anzueignen. Wir setzen bei der Vermittlung des Programmierens mit Python auf Effektivität durch Kontinuität. Im Bachelorstudiengang Geowissenschaften lag die Herausforderung der Einbindung ab dem dritten Fachsemester darin, bestehende Module durch die Python-Komponente zu erweitern ohne fachliche Lehrinhalte zu kürzen. Mehr Freiräume im Masterstudiengang Physik der Erde und Atmosphäre ermöglichen das Angebot eines zusätzlichen Moduls, das pythonbasiert eine Brücke schlägt zwischen bestehenden Modulen zu theoretischer Modellierung und hydrogeophysikalischen Prozessen.

Realisiert werden die Python-Sessions mithilfe von Jupyter Notebooks: Interaktive Dokumente, die Text, Formeln, Grafiken, Eingabecode und zugehörige Ausgaben anzeigen können. Die Notebooks können somit Aufgabenstellungen, Theorie, numerische Lösungen und Visualisierung der Ergebnisse bereithalten. Eine zentralisierte Recheninfrastruktur mit persönlichen Zugängen für die Studierenden erlaubt webbasierten Zugriff über Computer, Tablets und Smartphones. Auf diese Weise steht den Studierenden ohne Installationsaufwand stets eine vollständige Programmierumgebung mit allen erforderlichen Modulen und Paketen für die geophysikalische Anwendung zur Verfügung - eine willkommene und motivierende Abwechslung im Studienalltag.

DL.A-082

Das MSc-Studium der Geophysik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

N. Kukowski*, U. Wegler, A. Goepel, T. Jahr, P. Methé

Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena

Der MSc-Studiengang „Geowissenschaften“ umfasst drei Fachrichtungen: Geologie, Geophysik und Mineralogie. So ist es möglich, ein Studium der Geophysik in der ganzen Breite des Fachs zu absolvieren und durch Lehrveranstaltungen in anderen geowissenschaftlichen Disziplinen, Physik, Mathematik und Informatik zu vertiefen.

Der viersemestrige Masterstudiengang zeichnet sich durch den großen Anteil und das breite Spektrum an praxisnaher Ausbildung aus. Unsere Studierenden lernen in Gelände- und Laborübungen viele verschiedene Messgeräte und -verfahren kennen. Dabei werden von den Studierenden Untersuchungen mithilfe geomagnetischer, geoelektrischer, seismischer, gravimetrischer, petrophysikalischer und rheologischer Messmethoden durchgeführt. Insbesondere besteht für die Studierenden in Jena stets die Möglichkeit einer aktiven Mitwirkung z.B. im modern eingerichteten gesteinsphysikalischen Labor oder beim Experimentieren mit hier entwickelten Apparaturen zur Analogmodellierung. Bei der Auswertung von geophysikalischen Feld- und Labordaten werden modernste Inversionsverfahren genutzt. Zum besseren Verständnis von Geoprozessen werden numerische Simulationsverfahren eingesetzt.

Neben der sehr umfangreichen Ausstattung mit modernen Feldgeräten, Apparaturen zur Messung gesteinsphysikalischer Eigenschaften, selbst entwickelter Experimentierapparate und der Möglichkeit, leistungsfähige Computer zu nutzen, ermöglicht das Institut für Geowissenschaften in Jena (IGW) Studierenden die Teilnahme an aktueller und internationaler Forschung im Rahmen von Drittmittelprojekten, Forschungsarbeiten am Geodynamischen Observatorium Moxa sowie die Analyse von Erdbebendaten des Thüringer Seismologischen Netzes (TSN). Es bestehen enge Kontakte zu Kooperationspartnern aus Forschungseinrichtungen, Industrie und Behörden. Als sehr durch die Studierenden und vielfältige Forschungseinrichtungen geprägte junge Stadt bietet Jena viele Entwicklungs- und Freizeitmöglichkeiten neben dem Studium.

Was ist ein besonderes Kennzeichen des MSc-Studiengangs Geowissenschaften mit dem Schwerpunkt Geophysik? Die große Themenbreite ermöglicht es fortgeschrittenen Studierenden der Geophysik, das Masterstudium in Jena in hohem Maße individuell zu gestalten. Dies bedeutet, dass eigene Interessen den Studienablauf mitbestimmen und durch die Wahl der Abschlussarbeit weiter gestaltet werden. Dieses deutschlandweit einmalige Angebot wird gerne angenommen und führt immer wieder zu sehr positiven Rückmeldungen.

DL.A-083

Role-playing in Geophysics: Learning to communicate

A.R. Jonkers, C. Thomas*

Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

If scientists warn about earthquakes or volcanic eruptions, are they always heard? How much influence do political and societal issues have on the mitigation of geohazards? To let students experience the difficulties in communication in "realistic" settings (limited communication, other priorities of government) we developed a role play at the island of Montserrat ca. 1995. The students are grouped into Government, Scientists and Community (including Press) and over five rounds live through different stages ahead of a possible volcanic eruption. Government spending is tight, scientists require instruments, the community wants to develop tourism, and everyone has their own agenda, based upon partial knowledge at best. We present the set-up and samples from the role play together with student evaluations, from the universities of Münster, Liverpool, Yale and Harvard.

GO.A-084

3D Druck - ein anschauliches Präsentationsmittel für geophysikalische Inhalte

P. Menzel*¹, H.-J. Götze², S. Schmidt², A. Steinberg²

¹Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie (HIF), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Freiberg, ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel

Für die öffentliche Kommunikation geophysikalischer Arbeiten spielt eine anschauliche Präsentation der Sachverhalte eine entscheidende Rolle.

Seit in den 1980er Jahren erste Ansätze für *Rapid Prototyping* vorgestellt wurden, hat sich die Technologie von 3D Druckern stetig weiterentwickelt und wird inzwischen regelmäßig in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen von den Ingenieurwissenschaften bis hin zu Medizin und Chemie eingesetzt, um Vorserien-Prototypen, Bau- und Ersatzteile sowie Anschauungsmodelle günstig und schnell produzieren zu können.

In den Geowissenschaften und speziell in der Geophysik wurden diese Verfahren bisher sehr selten, zur Anfertigung von Ersatz- und Zusatzteilen für verschiedene Messinstrumente, verwendet. Im Rahmen des DGMK-Projektes TiPot3D wurde in der Arbeitsgruppe *Geophysik und Geoinformation* der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ein 3D Drucker *Ultimaker*² angeschafft und steht dort seit 2013 für spezielle geophysikalische Anwendungen bei der Interpretation und für die Visualisierung von 3D Modellen der Erdkruste zur Verfügung.

Für die Präsentation von Daten nach einem 3D Druck ist kein zusätzliches Equipment notwendig. Diese neue Visualisierungsmöglichkeit bietet sich somit vor allem dann als Kommunikationsmedium an, wenn die Präsentation z.B. mittels 3D Computergrafik nicht angemessen ist oder technisch nicht in Frage kommt. Um Daten und Modelle mit Hilfe des 3D Drucks zu repräsentieren, müssen die Eingabedaten als digitale triangulierte Geometriemodelle vorliegen oder aber in diese überführt werden. Es wird anhand mehrerer unterschiedlicher Beispiele (z.B. 3D Untergrundmodelle aus Seismik und Gravimetrie, sowie Erdbebendeformationskarten) gezeigt, in welcher Weise geophysikalische Daten und Ergebnisse unterschiedlicher Komplexität für den 3D Druck aufbereitet und repräsentiert werden. Generell lassen sich die meisten geophysikalischen Datensätze mittels 3D Druck repräsentieren. Der zu betreibende Aufwand hängt dabei sowohl von der Komplexität der Eingabedaten, als auch vom kommunikativen Zweck und der beabsichtigten Größe des zu druckenden Datensatzes ab. Die gezeigten Ergebnisse haben sich vor allem für fachfremdes Publikum als ein eindrucksvolles Präsentationsmittel erwiesen.

GO.A-085

Erdbebeninformations- und Koordinations-System für Experten

S. Heimann, H. Woith, T. Dahm, F. Tilmann, R. Milkereit, P. Evans, J. Saul*

Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam

Unmittelbar nach dem Auftreten von Schadensbeben, ebenso wie während seismischer Clusterereignisse und Schwärme, ist der Bedarf der Öffentlichkeit an Experteninformationen groß. Die Informationsbereitstellung der Seismologen und Institutionen ist häufig unkoordiniert. Mögliche Probleme einer solchen Situation wurden 2009 nach dem Mw=6,3 Beben in L'Aquila durch die erstinstanzliche Verurteilung von Wissenschaftlern aus Italien offensichtlich.

Experten und Wissenschaftler haben zum einen die Herausforderung, sich in ihren Aussagen in kurzer Zeit effizient zu koordinieren und eine Qualitätssicherung zu gewährleisten. Zum anderen ist es das Interesse der Wissenschaft, ihre Produkte und Erkenntnisse möglichst direkt und in verständlicher Weise schnell an die Öffentlichkeit zu geben.

Das Equator System am GFZ wird weiter entwickelt, um eine möglichst gute interne Koordination des Expertenwissens mit Öffentlichkeitsarbeit und Produkten für die Öffentlichkeit zu verbinden. Der Prototyp wird beispielhaft für Erdbebeninformationen aufgebaut, kann aber auch auf andere Naturgefahren erweitert werden.

Kernstück ist der Aufbau einer Datenbank mit Ereignis-Parametern, Messgrößen und Hintergrundinformationen zum Ereignis. Datenbankeinträge zu früheren Ereignissen werden gleichzeitig zur Informationsverbesserung genutzt. Im Equator System werden sowohl Auswertungen und Messergebnisse automatisch oder halbautomatisch eingestellt, sowie Produkte für die Öffentlichkeit erarbeitet und integriert. Produkte sind zum Beispiel Erdbebenposter, Webseiten, Abbildungen für die Presse, probabilistische Vorhersagen für den Verlauf der Prozesse. Alle Experten können sich nach einem Ereignis auf die Equator Webseiten einloggen und Informationen und Produkte einsehen, diese kommentieren, aktualisieren oder ergänzen. Fertige oder abgestimmte Produkte können auf „Knopfdruck“ veröffentlicht und an sekundäre Nutzergruppen weitergeleitet werden, wie z.B. an die Pressestelle des GFZ.

In dem Poster wird der Prototyp des Equator Systems vorgestellt. Anregungen für Erweiterungen und Verbesserungen sind erwünscht.

GS.A-086

Seismologisches Observatorium Berggießhübel - 50 Jahre kontinuierliche seismische Registrierung

*R. Mittag**

TU Bergakademie Freiberg, Observatorium Berggießhübel, Bad Gottleuba-Berggießhübel

Das Seismologische Observatorium Berggießhübel wurde 1957 durch die Bergakademie Freiberg gegründet und entstand im Rahmen des internationalen Projektes „Geophysikalisches Jahr“.

Nach ersten Versuchsmessungen für Gezeitenuntersuchungen wurde am 1. Mai 1960 eine seismische Proberegistrierung gestartet, wodurch bereits 22 Tage später das mit Magnitude 9,5 stärkste, jemals von Seismografen registrierte Erdbeben aus Chile aufgezeichnet werden konnte.

Die kontinuierliche seismische Registrierung mit kurz- und langperiodischen Dreikomponenten-Seismogrammen wurde im Oktober 1966 aufgenommen. Unter dem Code BRG wurde die seismische Station Berggießhübel in das weltweite Netz standardisierter seismischer Stationen (WWSSN) integriert.

Mit der Einrichtung des deutschen Regionalnetzes digitaler Breitbandstationen (GRSN) wurde das Observatorium 1993 mit moderner Registrier- und Kommunikationstechnik ausgerüstet, womit die Station in das globale digitale seismische Stationsnetz (GDSN) eingebunden werden konnte.

Auf der Grundlage einer eigenständig durchgeführten seismologischen Datenauswertung stellt das Observatorium seit 1966 dem Internationalen Seismologischen Zentrum ISC direkt konsistente Daten zur Erfassung der globalen Seismizität zur Verfügung.

Mit Aufnahme der kontinuierlichen Registrierung wurde das Observatorium gleichzeitig in seismische Überwachungsprojekte integriert und fungiert u.a. seit 2001 als Referenzstation innerhalb des lokalen seismischen Stationsnetzes SXNET in Mitteldeutschland.

Durch die untertägige Installation der Messgeräte im Festgestein sowie die relativ ungestörten Registrierbedingungen liefert die seismische Station BRG qualitativ hochwertige Daten zur Erfassung der regionalen und globalen Seismizität.

Es wird ein statistischer Überblick über die jährlich registrierten seismischen Ereignisse sowie das dem Weltzentrum ISC zugestellte Datenvolumen gegeben.

S2.A-087

Dependency of near-field ground motions on the structural maturity of the North Anatolian Fault Zone

*E. Türker*¹, F. Cotton²*

¹Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam, ²Helmholtz Centre, GFZ-Potsdam, Section 2.6, Seismic Hazard and Stress Field, Potsdam

During the last decade, hundreds of Ground Motions Equations (GMPE's) have been derived to predict the seismic shaking for different regions in the world. Until now, many studies have been carried out in considering the influence of site-specific parameters but just a few (e.g. Radiguet et al., 2009) in source-parameters, like the long-term fault properties. The presented study is analyzing the regional variations of ground-motions in Turkey and the potential influence from the structural maturity of ruptured parts of the North Anatolian Fault Zone (NAF). Around 160 ground motion records have been gathered from the "Strong ground motion database of Turkey", provided by AFAD Turkey at short distances of the NAF. The maximum source-to-site distance was set as 200 km and the structural maturity of the entire fault was subdivided into three different parts, the western (immature), central (intermediate) and the eastern (mature) part. We use this ground-motion database on the fault segments maturity classification to select the best Ground-Motion models, analyze the regional variations of ground-shakings and test the potential dependency of ground-motions on the structural maturity of the NAF.

S2.A-088

Distinct Element modeling of geophysical signatures during sinkhole collapse

*D. Al-Halbouni*¹, E.P. Holohan², A. Taheri³, T. Dahm¹*

¹German Center for Geosciences GFZ, Potsdam, ²School of Earth Sciences, University College Dublin, Dublin, Ireland, ³School of Civil, Environmental and Mining Engineering, University of Adelaide, Adelaide, Australia

A sinkhole forms due to the collapse of rocks or soil near the Earth's surface into an underground cavity. Such cavities represent large secondary pore spaces derived by dissolution and subsidence in the underground. By changing the stress field in the surrounding material, the growth of cavities can lead to a positive feedback, in which expansion and mechanical instability in the surrounding material increases or generates new secondary pore space (e.g. by fracturing), which in turn increases the cavity size, etc. Both natural processes like (sub)surface water movement and earthquakes, and human activities, such as mining, construction and groundwater extraction, intensify such feedbacks. The development of models for the mechanical interaction of a growing cavity and fracturing of its surrounding material, thus capturing related precursory geophysical signatures, has been limited, however.

Here we report on the advances of a general, simplified approach to simulating cavity growth and sinkhole formation by using 2D Distinct Element Modeling (DEM) PFC5.0 software and thereby constraining pre-, syn- and post-collapse geophysical and geodetic signatures. This physically realistic approach allows for spontaneous cavity development and dislocation of rock mass to be simulated by bonded particle formulation of DEM.

First, we present calibration and validation of our model. Surface subsidence above an instantaneously excavated circular cavity is tracked and compared with an incrementally increasing dissolution zone both for purely elastic and non-elastic material. This validation is important for the optimal choice of model dimensions and particles size with respect to simulation time.

Second, a cavity growth approach is presented and compared to a well-documented case study, the deliberately intensified sinkhole collapse at Cerville-Buissoncourt in France. The outcomes of our model are compared with available extensometer, surface-subsidence and microseismicity measurements during the pre- and syn-collapse period.

The proposed model development and a possible archive of modeled scenarios may, in combination with a geodetic and seismological sinkhole monitoring, contribute to an early-warning tool for end-users and decision makers in areas affected by natural (e.g. Dead Sea) or man-made sinkhole collapses (mines).

S2.A-089

Subduction-related structure at the southwest end (Albatross segment) of the Mw 9.2, 1964 megathrust rupture area offshore Kodiak Island, Alaska

*A. Krabbenhoft*¹, R. von Huene¹, D. Klaeschen¹, J. Miller²*

¹GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Kiel, ²U.S. Geological Survey, Central Energy Resources Science Center, Denver, CO, United States

Some of the largest earthquakes worldwide, including the 1964 9.2 Mw megathrust earthquake, occurred in Alaskan subduction zones. To better understand rupture processes and their mechanisms, we relate seafloor morphology from multibeam and regional bathymetric compilations with sub-seafloor images and seismic P-wave velocity structures. We re-processed legacy multichannel seismic (MCS) data including shot- and intra-shotgather interpolation, multiple removal and Kirchhoff depth migration. These images even reveal the shallow structure of the subducting oceanic crust. Traveltimes tomography of a coincident vintage (1994) wide angle dataset reveals the P-wave velocity distribution as well as the deep structure of the subducting plate to the ocean crust Moho.

The subducting oceanic crust morphology is rough and partly hidden by a thick sediment cover that reaches ~3 km depth at the trench axis. Bathymetry shows two major contrasting upper plate morphologies: the shallow dipping lower slope consists of trench-parallel ridges that form the accreted prism whereas the steep rough middle and upper slopes are composed of competent older rock.

Thrust faults are distributed across the entire slope, some of which connect with the subducted plate interface. A subtle change in seafloor gradient from the lower to the middle slope coincides with a splay fault zone marking the boundary between the margin framework and the frontal prism. It corresponds to the most prominent lateral increase in seismic P-wave velocities, ~25 km landward of the trench axis.

Major thrusts in several MCS-lines are correlated with bathymetric data, showing their > 100 km lateral extent, which might also be tsunamigenic paths of earthquake rupture from the seismogenic zone to the seafloor. The splay fault zone has been recognized as a potential tsunamigenic structure in the 1938 and 1946 earthquake rupture areas.

S2.A-090

Can animals predict earthquakes?

*H. Woith*¹, G.M. Petersen², S. Hainzl¹, T. Dahm¹*

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam

In public perception abnormal animal behavior is widely recognized as a potential earthquake precursor, in strong contrast to the viewpoint in natural science and seismology. Abnormal animal behavior is understood as unexpected behavior before the earthquake without a simple explanation. Examples are provided in recent papers on the 2010 and 2011 Christchurch, New Zealand and 2009 LAquila, Italy, earthquakes. In most cases, it is reported retrospectively after damaging earthquakes, incidentally observed by chance. Only very few of such reports present data from systematic measurements and continuous time series of animal behavior. On the other hand, the list of possible physical causes for the apparent abnormal behavior is large, ranging from an exceptional sensitivity to sounds, vibrations, electric or magnetic fields, temperatures, water level, gas emission, ionization of air or meteorological effects like heavy rain, thunderstorm or barometric pressure changes.

Among seismologists, earthquake precursors are viewed as unreliable if a unique correlation of anomalies with the occurrence of earthquakes cannot be demonstrated from a continuous, long time series of measurements, and if no testable model is presented.

In this study we reviewed 90 publications with claims of abnormal animal behavior before earthquakes, and analyze and discuss them with respect to quality and length of the published measurements or observations. All in all, above 600 records of animal precursors related to 155 earthquakes are reviewed. The unusual behavior of more than 120 species was reported. The precursor time ranges from months to seconds prior to the earthquakes, and the distances from few to hundreds of kilometers. However, only 12 time series were published. Another major difficulty for a systematic and statistical analysis is the high diversity of data and observations, which are often only anecdotal and retrospective. Among those publications presenting time series prior and after the earthquake, the time series are often short (the longest is 1 year), or only small excerpts of the full data set are shown. We discuss the length of presented time series with the number of identified precursory claims. The study clearly demonstrates strong weaknesses or even deficits in many of published reports

on possible abnormal animal behavior. In order to improve the research on precursors, we suggest a scheme of yes and no question to be assessed to ensure the quality of such claims.

S2.A-091

Spatio-temporal evolution of the 2016 Norcia earthquake sequence

*A. Zoporowski**, *A. Kemna*, *K. Winkler*

Universität Bonn, Steinmann-Institut, Fachbereich Geophysik, Bonn

In 2016, three magnitude (M) 6 earthquakes struck the Umbria-Marche Apennines in Central Italy, causing severe damages and loss of human lives. Starting August 24th with a M 6.2 event 10 km south of Norcia, the sequence developed northwards hitting Visso with a M 6.1 October 26th, to reach its peak with a M 6.6 earthquake in between both epicenters just four days later October 30th. The NW-SE striking normal faults, consistent with the seismogenic structure of the region, triggered within a 50 km radius and a period of four months over 42,000 aftershocks with several magnitude 5 and 4 events.

We analyse the Coulomb stress change and coseismic dilatation due to the main shocks and link the results to the spatial and temporal evolution of the aftershock sequence: The stress transfer cannot entirely explain the spatial distribution of the events; regarding Omori's law, we obtain a very low aftershock decay rate ($p \sim 0.6$) for two months following the first event. Both results indicate elevated fluid pressures being involved in the earthquake generation process.

Comparing these patterns to previous earthquakes in adjacent regions, we confirm the seismo-mechanics along the Central Apennines: From north to south, the 1997 Colfiorito, 2016 Norcia and 2009 L'Aquila earthquake sequences reflect the tectonic extension perpendicular to the trend of the Apennines and reveal fluid pressure enhanced seismogenesis along the fault zone.

S2.A-092

Variability of earthquake size and recurrence interval at different scales: insights from rate-state simulations

*C. Cattania**^{1,2}, *P. Segall*²

¹Universität Potsdam, Potsdam, ²Stanford University, Stanford, United States

The concept of earthquake cycles is often invoked when discussing seismic risk. However, large faults exhibit more complex behavior than periodic stick-slip cycles. Some events, such as the 2004 Parkfield earthquake, are delayed relative to the average recurrence interval; in other cases, ruptures are larger or smaller than expected. In contrast, small earthquakes can be very predictable: locked patches surrounded by aseismic creep can rupture periodically in events with very similar waveforms.

We use numerical tools and ideas from fracture mechanics to study the factors determining recurrence interval (T), rupture size and their variability at different scales. T has been estimated by assuming a constant stress drop and stressing rate inversely proportional to fault length (D). However, *Werner and Rubín (2013)* found that the scaling of T with D in numerical models is better explained by an energy criterion: on faults loaded from below, full ruptures occur when the elastic energy release rate at the top of the fault reaches the fracture

energy. We run simulations of seismic cycles on rate-state faults including dynamic weakening from thermal pressurization. A fault composed of a velocity-weakening part over a velocity-strengthening one is loaded from below at constant slip rate. We find that T increases with thermal pressurization, and verify that the energy argument, modified to account for the fracture energy from thermal pressurization, provides a good estimate of T and its scaling with D .

We suggest that the recurrence interval is determined by two timescales: the time required to accumulate sufficient elastic energy for full rupture (t_{full}), and the nucleation time, controlled by the propagation of a creep front into the velocity-weakening region (t_{nucl}). Both timescales depend on fault length: t_{full} increases with D , while t_{nucl} decreases. The latter is due to faster afterslip in the velocity-strengthening region on larger faults.

If $t_{nucl} < t_{full}$, partial ruptures occur; for large faults, $t_{nucl} < < t_{full}$ and multiple partial ruptures are observed. This causes heterogeneous stress fields and more variability in the recurrence interval. Therefore we suggest that fault size alone, by determining the difference between t_{nucl} and t_{full} , can lead to variability in seismic behavior without requiring heterogeneity in frictional properties or background stress.

S2.A-093

Smart Cluster Method – Analyse des Raum-Zeit Verhaltens von Erdbeben

A. Schäfer, F. Wenzel, J. Daniell*

Geophysikalisches Institut, Karlsruhe Institut für Technologie, Karlsruhe

Das Auftreten eines Erdbebens ist in der Regel kein singuläres Ereignis. Erdbeben treten in der Regel als Cluster auf, das heißt in räumlicher und zeitlicher Nähe. Solche Cluster lassen sich prinzipiell in 2 Gruppen unterteilen, Hauptbeben-Sequenzen sowie Erdbebenschwärme, wobei für manche Ereignisse diese Klassifizierung nicht eindeutig ausfällt. Um das Verhalten von derartigen Clustern besser zu verstehen müssen diese zuerst identifiziert werden. Hierzu wurde die Smart Cluster Methode (SCM) entwickelt. SCM untersucht Erdbebenkataloge und identifiziert Cluster anhand ihrer räumlichen und zeitlichen Nähe, wobei das Suchverhalten von der Magnitude der Erdbeben abhängt sowie deren räumlicher und zeitlicher Dichte. Einmal identifiziert, lassen sich Cluster unter anderem in Bezug auf ihr räumliches und temporales Verhalten untersuchen. Darüber hinaus bietet ein Cluster-klassifizierter Erdbebenkatalog auch direkt die Möglichkeit zum Declustering, welches bei seismischen Gefährdungsanalysen sehr wichtig ist.

Die SCM wurde auf verschiedene Datensätze angewendet und die klassifizierenden und analytischen Eigenschaften getestet. Zu diesen Regionen zählen Kalifornien, Neuseeland, Alaska, Italien und andere, alles Regionen mit bekannter starker Erdbebenaktivität. Dabei wurden einige grundlegende Korrelationen beim Cluster-Verhalten festgestellt, bspw. in Bezug auf die Akkumulation des seismischen Moments. Im Rahmen dieser Studie wird SCM auch auf Regionen mit überschaubarer Erdbebenaktivität angewendet, bspw. Mitteleuropa und Australien.

S2.A-094

A Comparison between the Forecast by the United States National Seismic Hazard Maps with Recent Ground Motion Records

*S. Mak**

GFZ-Potsdam, Potsdam

Verifying a seismic hazard model using observations collected after the model has been made (i.e., prospective data) is a true test of the predictive power of the model. We compared the predicted rate of ground motion exceedance by four versions of the USGS national seismic hazard map (NSHMP 1996, 2002, 2008, 2014) with the actual observed rate during 2000-2013. The data were prospective to the two earlier versions of NSHMP. We used two sets of somewhat independent data, namely 1) the USGS "Did You Feel It?" (DYFI) intensity reports, 2) instrumental ground motion records extracted from ShakeMap stations. Although both are observed data, they come in different degrees of accuracy. We separately verified the suitability of the two datasets.

Our result indicates that for California, the predicted and observed PGA hazards are very comparable. The result for spectral acceleration (at 1 second) was different; the model appeared to be conservative. The instrumental and macroseismic datasets gave consistent results, implying robustness. This consistency also encourages the use of DYFI data for hazard verification in the Central and Eastern US (CEUS), where instrumental records are lacking. The result for the CEUS shows that the observed hazard is largely consistent with the predicted one.

We studied also the effect of the data quantity to the usefulness of the test, in terms of the statistical power. This provides an estimate on how much a hazard model is empirically verifiable. The usefulness of DYFI data in hazard model verification provides a prospect of testing models in poorly instrumented regions.

S2.A-095

Landslides triggered by the 2016 Kumamoto earthquake sequence: role of ground - motion directionality

S. Specht^{*1, 2}, *U. Ozturk*^{1, 3}, *G. Veh*¹, *F. Cotton*^{1, 2}, *O. Korup*¹

¹Institut für Erd-und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam,

²Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam,

³Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam

In April 2016 a destructive earthquake sequence (mainshock $M_{JMA}=7.3$) occurred along the Futagawa and Hinagu faults near Kumamoto city, Kyushu, Japan. We provide an assessment of some 600 mainly shallow landslides triggered by the earthquake sequence, which consists of several thousand events recorded. Immediately after the mainshock the Geospatial Information Authority of Japan supplied high-resolution digital photos from unmanned aerial vehicles that allowed creating an inventory of landslide source areas, accumulation zones, directivity, impacts on river channels, and several other key characteristics. The mainshock was a strike-slip earthquake. Ground shaking associated with this kind of earthquake has a significant directivity effect, where the long period shaking is larger on the fault-normal component compared to the fault-parallel component. This property offers an opportunity to analyse potential links between shaking directionality and landslide occurrence, especially as few data are available on landslide response to strike-slip earthquakes. We analysed the distribution of landslides according to the distance from the fault, and the angle between the fault strike and landslide strike. We use strong-motion data to investigate ground-motion directionality and derive fault-parallel and fault-normal time series of ground motion.

S2.A-096

Liquefaction of sandy silts as the key failure mechanism for the southern Tuaheni landslide complex (TLC)?

J. Kuhlmann^{*1}, *K. Huhn*¹, *N. Kukowski*², *T. Freudenthal*¹, *G. Crutchley*³, *A. Goepel*², *S. Henrys*³, *S. Kasten*⁴, *N. Kaul*⁵, *J. Mountjoy*⁶, *A. Orpin*⁶, *T. Pape*⁵, *C. Schwarze*², *K.U. Totsche*², *M. Torres*⁷, *H. Villinger*⁵

¹MARUM, Universität Bremen, Bremen, ²Universität Jena, Jena, ³GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, ⁴AWI Bremerhaven, Bremerhaven, ⁵Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Bremen, ⁶NIWA, Wellington, New Zealand, ⁷Oregon State University, Corvallis, United States

The southern part of the Tuaheni landslide complex (TLC) is an actively deforming creeping slide system on the Hikurangi subduction margin of New Zealand. Previous analyses of multichannel seismic reflection data propose a prominent basal décollement at depth, along which terrestrial-style creeping occurs, and suggest a combination of earthquake ground shaking and gas release as the most likely triggering mechanism. A potential link to gas hydrates and stability-related pore pressure variability is considered to be a major controlling agent of this creeping landslide complex.

First evidence from long MeBo cores GeoB20831-2 and GeoB20831-3, recovered from the southern TLC during cruise SO247, cannot fully support this hypothesis. Though there is no direct evidence of gas hydrates within the recovered core material, gas fracturing frequently occurs in deeper sedimentary units and provides indirect evidence for its presence as suggested by the acoustic record. However, poor recovery in the depth window of the basal décollement impedes speculation on the role of gas hydrates as a potential trigger for creeping landslide behaviour.

At the same time, the poor recovery can be directly linked to a dominant sandy lithology in this depth window, which forms a strong contrast to the surrounding background sediment (predominantly composed of clay and silt). These sands of yet unknown origin appear to occur in large quantities (tens of meters) either in thick layers or as thin intercalated bands and are supposed to constitute the basal décollement. This previously unknown sedimentological anomaly suggests a novel approach in explaining the sliding mechanisms of the southern TLC: irrespective of the potential influence of gas hydrates and their stability/instability, a key failure mechanism in the study area is likely to relate to liquefaction processes in the basal décollement, supposedly in consequence of seismic shaking.

S2.A-097

Mitteldeutsche Erdbebenbeobachtung – Datenzentrum Leipzig und Routineauswertung

S. Funke^{*1}, *S. Wendt*¹, *T. Burghardt*²

¹Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig,

²Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Die Seismizität in Mitteldeutschland wird gemeinsam von den beiden lokalen Erdbebennetzen in Sachsen und Thüringen permanent und online überwacht. Beide Netze werden von den Universitäten Leipzig und Jena im Auftrag der Geologischen Landesämter in Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt betrieben. Aus der Perspektive der Auswertung wachsen

beide Netze (13 bzw. 19 Stationen) gemeinsam mit weiteren 20 ausgewählten Stationen der Nachbarnetze (Deutsches Regionalnetz, Tschechisches Regionalnetz, Bayern-Netz, Geofon-Netz) zu einem einheitlichen seismologischen Netz für Mitteldeutschland zusammen, dessen Daten zeitnah mit maximalem Verzug von 10 min im Leipziger Datenzentrum zur Auswertung vorliegen.

Die Entwicklungen der letzten Jahre brachten einen Zuwachs an Erdbebenstationen, Verbesserungen der zeitnahen Verfügbarkeit der kontinuierlichen Seismogramme und vor allem die automatische Auswertung potentiell spürbarer Beben. Dabei werden die beiden Schwerpunkte früherer Jahre weiterhin verfolgt:

Potenziell von der Bevölkerung spürbare Beben oder andere Erschütterungen (etwa ab Magnitude 2) werden umgehend ausgewertet. In seismisch aktiven Gebieten werden auch wesentlich kleinere Beben erfasst.

Bereits wenigen Minuten nach einem potenziell spürbaren Beben liefert ein vollautomatisches System unter Nutzung des Softwarepaketes SeisComP3 in Auswertung der genannten 52 Stationen Lage des Epizentrums, Magnitude des Ereignisses sowie eine entsprechende Meldung auf der gemeinsamen Mitteldeutschen Erdbeben-Internetseite. Jede Meldung wird vom Dienst habenden Seismologen überprüft, im Fall eines Fehlalarms auch wieder zurückgezogen. Dieser Dienst ist auf Kollegen mehrerer Institutionen verteilt. Die Qualität der automatischen Ortungen erfasst im Abgleich mit der Routineauswertung den ganz überwiegenden Teil der potenziell spürbaren Beben korrekt. Allerdings ist die Zahl der Fehlalarme (meist Fehlortungen oder Steinbruchsprengungen) noch deutlich zu hoch; entsprechende Verbesserungen sind in Arbeit.

Die manuelle Auswertung erfolgt weiterhin am Observatorium Collm und an der Universität Jena; sie umfasst unverändert sowohl die potenziell spürbaren als auch alle kleineren Beben. Auch diese Ergebnisse werden auf der gemeinsamen Mitteldeutschen Erdbeben-Internetseite veröffentlicht.

S2.A-098

Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands – Version 2016 – als seismologische Grundlage für die neue nationale Erdbebenbaunorm

G. Grünthal, D. Stromeyer, C. Bosse, F. Cotton, D. Bindi*

GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam

Die Gefährdung durch Erdbeben birgt auch für Deutschland, trotz der geringen bis moderaten Seismizität, ein nicht zu vernachlässigendes Risiko. Seit 1981 ist daher eine nationale Baunorm baurechtlich eingeführt, welche durch die europäische Norm Eurocode 8 mit Nationalem Annex abgelöst wurde. Die neuen methodischen Entwicklungen zu probabilistischen Erdbebengefährdungseinschätzungen, insbesondere auch am GFZ Potsdam, gestatten inzwischen die umfassende Einbeziehung der Unsicherheiten in Eingangsmodellen und -parametern für die Berechnungen. Dieser Herausforderung stellt sich die Neueinschätzung der Erdbebengefährdung, welche vom Deutschen Institut für Bautechnik gefördert wurde. Erst durch die Nutzung der Unsicherheiten ermöglicht die solide und robuste Berechnung sowohl von Mittelwerten als auch jeglicher Quantile geforderter Parametrisierungen seismischer Lastannahmen. Das entwickelte Gefährdungsmodell beinhaltet wesentliche Verbesserungen; d.h. es gründet sich auf aktualisierte und erweiterte Datenbestände, umfassende Unsicher-

heitsbereiche von Modellen, stabile Methoden und ausgewählte Bodenbewegungsmodellen jüngster Generation. Der Beitrag bietet einen Überblick zum neuen Erdbebenmodell, welches, um nur eine Besonderheit zu erwähnen, einen Logischen Baum mit 4040 Endzweigen enthält sowie wesentliche Innovationen für eine realistische Berechnungs-prozedur.

Die berechneten Gefährdungsparameter entsprechen den nutzerbezogenen Anforderungen, wie sie von zwei Betreuergruppen aus Mitgliedern des zugehörigen DIN-Normenausschusses vorgegeben wurden, die das Projekt begleiteten. Insbesondere wurden die Berechnungen für Felsuntergrund für drei Gefährdungsniveaus berechnet; d.h für 10%, 5% und 2% Wahrscheinlichkeit des Auftretens oder Überschreitens in 50 Jahren in Form von, z.B., gefährdungskonsistenten Antwortspektren, seismischen Gefährdungskarten für spektrale Antwortbeschleunigungen für unterschiedliche Spektralperioden und für makroseismische Intensitäten. Standardmäßig werden die Ergebnisse als Mittelwerte, Median und den 84%-Quantilen bereitgestellt. Die Eingangsparameter und Gefährdungsergebnisse sind verfügbar über zwei als DOI registrierte Open Access Internet-Portale und beinhalten (1) die normen-relevanten seismischen Lastannahmen für jeden geographischen Punkt innerhalb des Zielge-bietes und (2) die Details des seismischen Gefährdungsmodells mit den Berechnungsergebnissen einschließlich Deaggregationen bezüglich ausgewählter Gefährdungsergebnisse.

S2.A-099

Combining an earthquake forecast model with a data-driven tectonic regionalization scheme to improve testability of seismic hazard models

*J.A. Bayona Viveros**, *D. Schorlemmer*, *F. Cotton*, *Y.-S. Chen*, *G. Weatherill*

GeoForschungsZentrum (GFZ), Universität Potsdam, Potsdam

The SHIFT model, developed by Bird and Liu (2007), provides a global earthquake rate forecast based on strain rates. Although this forecast is limited to shallow seismicity (up to 70km depth), it may constitute a good baseline background model for seismic hazard analysis.

While the authors of this model have used a coarse regionalization procedure to adjust the forecasted rates based on the tectonic setting, we have replaced this scheme by a data-driven tectonic classification. This approach takes into account spatial variations within global datasets of seismic activity, 1 Hz LG attenuation quality factor Q, upper mantle shear-wave velocity and worldwide geologic stratigraphy data to estimate the tectonic setting through a fuzzy-logic procedure.

Finally, we compare the outcomes of this model with the results presented by Bayona et al.,(2017) to discuss differences between the earthquake forecast models and their possible impact on seismic hazard.

S2.A-100

Offshore-aftershock sequence of the Mw8.1 2014 Iquique earthquake

*D. Lange**¹, *I. Grevemeyer*¹, *K. Hannemann*¹, *H. Kopp*¹, *S. Barrientos*², *E. Contreras-Reyes*³, *E. Vera*³

¹GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, ²Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago de Chile, Chile, ³Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Santiago, Chile, Santiago de Chile, Chile

On 1 April 2014, a Mw 8.1 earthquake ruptured a portion of the subduction zone in northern Chile offshore Iquique between 19.5°S to 21°S. A large earthquake had been expected in the subduction zone off northern Chile, because it had not ruptured in a megathrust earthquake since a M ~8.8 event in 1877. The 2014 earthquake did only affect the northern region of the 1877 rupture and left an unbroken segment to the South. In December 2014 we deployed an offshore network of 15 ocean-bottom-seismometers (OBS) between 19°S and 22°S using the Chilean Navy ship OPV Toro, covering the aftershock zone of the 2014 Iquique event and the un-ruptured offshore domain in the South. The network was recovered in November 2015 with RV SONNE.

We present the distribution of 752 aftershocks based on three months data (01/12/2014 until 28/02/2015) of this ongoing project. The observed seismicity allows to constrain the structure of the marine forearc and we relate the seismicity distribution to the background seismicity, bathymetry and regional tectonics. Hypocentral parameters of the microseismicity are based on a minimum 1-D velocity model with station corrections. Most of the seismicity occurs updip of the coseismic peak slip of the 2014 event between 19.5 and 21°S. The spatial distribution of seismicity is irregular: Seismicity in seismogenic depths is highly concentrated forming well-defined clusters. Almost no faulting is observed in the outer rise and the majority of events is located ~30 km eastwards of the trench. The overriding crust is active with smaller magnitude events ($M < 4$). The downgoing Wadati-Benioff zone is readily identifiable as an east dipping structure. The observed seismicity pattern suggest that fore-arc activity includes both aftershock activity along the plate interface and hence along the rupture plane of the 2014 Iquique earthquake and upper plate seismicity.

S2.A-101

Dependence of b-value on depth, co-seismic slip, and time for large magnitude earthquakes: The Kumamoto Earthquake Case Study

*J. Aiken**, *F. Cotton*

GFZ Potsdam, University of Potsdam, Potsdam

We explore the hypothesis that Gutenberg-Richter b-values can be an indicator for the location of large magnitude hypocenters and areas of high co-seismic slip. The Gutenberg-Richter relation defines the relationship between earthquake magnitude frequencies, e.g., for each M7 earthquake there are 10 M6 earthquakes and is defined as $\text{Log } N = a - bM$. We use the Japan Meteorological Agency (JMA) Earthquake Catalog to explore earthquake statistics prior to the April 2016 M7.3 earthquake in Kumamoto, Japan. Spatial and temporal variations in parameters of earthquake sources and seismicity will be a key to understand the status of faults such as applied stress and fault strength and hence the potential of earthquake occurrence. Recent studies have shown that the b-value of the Gutenberg-Richter relationship decreases before large magnitude events for timescales of five years or more. In addition, large co-seismic slip values have been found to occur in low b-value regions, e.g., the 2011 Tohoku-oki earthquake. We calculated the b-values at three-dimensionally distributed grids using the maximum likelihood estimation method. We examined the cross section of depth, co-seismic slip, and time with the calculated b-values to investigate whether a common behavior exists prior to large events.

S2.A-102

Prospective Evaluation of the Global Earthquake Activity Rate Model (GEAR1) Earthquake Forecast: Preliminary Results

*A. Strader**, *D. Schorlemmer*

GFZ-Potsdam, Potsdam

The Global Earthquake Activity Rate Model (GEAR1) is a hybrid seismicity model, constructed from a loglinear combination of smoothed seismicity from the Global Centroid Moment Tensor (CMT) earthquake catalog and geodetic strain rates (Global Strain Rate Map, version 2.1). For the 2005-2012 retrospective evaluation period, GEAR1 outperformed both parent strain rate and smoothed seismicity forecasts. Since 1. October 2015, GEAR1 has been prospectively evaluated by the Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP) testing center. Here, we present initial one-year test results of the GEAR1, GSRM and GSRM2.1, as well as localized evaluation of GEAR1 performance. The models were evaluated on the consistency in number (N-test), spatial (S-test) and magnitude (M-test) distribution of forecasted and observed earthquakes, as well as overall data consistency (CL-, L-tests). Performance at target earthquake locations was compared between models using the classical paired T-test and its non-parametric equivalent, the W-test, to determine if one model could be rejected in favor of another at the 0.05 significance level.

For the evaluation period from 1. October 2015 to 1. October 2016, the GEAR1, GSRM and GSRM2.1 forecasts pass all CSEP likelihood tests. Comparative test results show statistically significant improvement of GEAR1 performance over both strain rate-based forecasts, both of which can be rejected in favor of GEAR1. Using point process residual analysis, we investigate the spatial distribution of differences in GEAR1, GSRM and GSRM2 model performance, to identify regions where the GEAR1 model should be adjusted, that could not be inferred from CSEP test results. Furthermore, we investigate whether the optimal combination of smoothed seismicity and strain rates remains stable over space and time.

S2.A-103

A volcanic dome in high-resolution: insights from multi-temporal photogrammetry at Merapi Volcano, Indonesia

*H. Darmawan**, *T. Walter*

GFZ Potsdam, Potsdam

Dome building volcanoes display rapid and profound topographic changes that are important to quantify for hazard assessment. However, as hazardous lava domes often develop on high altitude volcanoes associated with a steep sided topography, direct field access and the study of morphological and structural changes remain challenging. Merapi Volcano, Indonesia is a type example of such a volcano, where soon after the 2010 eruption a new lava dome developed and was partially destroyed again by six phreatic explosions between 2012 and 2014. The biggest phreatic explosion occurred on 18 November 2013 and left elongated open fractures or fissures splitting the dome and a deep crater. Here, we investigate topographic changes by comparing close range photogrammetric data acquired by camera drones before and after these explosions in April 2012 and October 2015. By applying the Structure from Motion (SfM) technique, we are able to investigate topographic changes and the complexity of the fractures. Furthermore, we estimate the characteristics of material redistribution associated with the phreatic explosions and we assess the quality of the drone based topographic data by comparison to a terrestrial laser scanning dataset obtained in 2014. Results reveal that the SfM topographic data set is highly accurate and only shows minimal shadowing ef-

fects. Structural analysis of the data suggests that the sites of phreatic explosions in 2014 were already structurally defined in 2012, highlighting the relevance of repeated and flexible DEM databases for assessing potential sites of explosions. Moreover, some of the newly developed fractures delineate a block on the southern slope of the dome which potentially shown a rock avalanche hazard.

S2.A-104

Analysis of volcanic low-frequency events using multiple small-aperture arrays: an example from Villarrica Volcano

*J. Lehr**, *M. Thorwart*, *W. Rabbel*

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

In March 2012 we deployed a dense local network at Villarrica Volcano, which is one of the most active volcanoes in South America. In eight days at least 500 low-frequency events were registered. About 10% of the signals form two waveform families which were found by applying a hierarchical clustering algorithm to the pairwise cross-correlations of the signals.

Low-frequency signals exhibit an emergent onset without clear p- and s-phases and a long coda which gives them a spindle-shape envelope. This characteristic waveform can be explained either by a volumetric source mechanism, indicating the presence of fluids (magma, gas) in a resonating reservoir; or by strong scattering of 'normal' earthquake signals which could provide information about the propagation medium. Therefore LF events are of special interest when investigating the behavior and the edifice of a volcano. In either case, the source location is essential for further analysis. The lack of clear phase onsets inhibits the use of standard methods. Array methods however provide a powerful alternative.

Our network included six small arrays, comprising four to five stations, distributed around the volcano. For each array the best slowness vector was estimated by beamforming. From the corresponding backazimuth, together with an estimate of its error, a circular normal distribution was derived. This allows to compute the likelihood of a point on a search grid to be the source for the event. The cumulated probabilities of multiple arrays lead to concise source locations, including a quantification of its accuracy. Our procedure enables the fully automated location of large databases.

Sources whose signals belong to one of the two waveform families, cluster spatially around the summit. Furthermore, the slowness estimate reveals a relatively low apparent propagation velocity indicating a shallow source depth. Our results are in good agreement other studies at Villarrica where repetitive low-frequency events were linked to magma activity in the lava lake.

S2.A-105

High-resolution TerraSAR-X interferometry reveals small-scale morphological changes within the summit crater system of Láscar Volcano, Chile

*N. Richter**¹, *J. Salzer*¹, *E. de Zeeuw-van Dalfsen*², *M. Nikkhoo*¹, *T.R. Walter*¹

¹German Research Centre for Geosciences (GFZ), Potsdam, ²Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI), De Bilt, Netherlands

Láscar Volcano, Chile belongs to the continental margin of the Central Volcanic Zone in the Chilean Andes. We use high-resolution TerraSAR-X SpotLight data to calculate near-vertical and near-horizontal displacement rates over time in order to better understand the current physical state, and dynamic behavior, as well as the morphological evolution of the volcano's nested summit craters. We observe movements that generally support previous findings from

the analysis of a high-resolution ground-based digital elevation model (DEM) and analogue experiments (de Zeeuw-van Dalfsen 2017, doi:10.1016/j.jvolgeores.2016.09.018). However, our data allow further evaluation of the general structural architecture of the nested summit craters. Our results demonstrate the potential of high-resolution satellite monitoring to analyze small-scale and shallow deformation processes which may occur at volcanoes elsewhere in the world, as well as e.g. in urban regions, mining areas or oil fields.

VU.A-106

Untersuchung der Auswirkung einer Vulkaneruption auf die Gesundheit der Bevölkerung

A.S. Dietzmann, E. Gottschämmer, F. Wenzel*

Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe

Vor 12.900 Jahren ereignete sich eine VEI 6 Eruption in der Eifel, bei der Asche über große Bereiche Europas verteilt wurde. Leder (2015) modellierte die Laacher-See-Eruption mit heutigen Windverhältnissen für eine Schadensabschätzung an Gebäuden. Sein Ergebnis zeigt aufgrund der Westwinde Ascheablagerungen in Hessen, Thüringen und Nord-Bayern. Dieser Bereich wird hier für eine Abschätzung von akuten Atemwegserkrankungen in Betracht gezogen. In einem etwa 5- bis 10-mal größeren Bereich ist ebenfalls mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu rechnen, die aber unter Umständen nicht zu einer stationären Behandlung führen.

Im betroffenen Gebiet leben etwa 8 Mio. Menschen. Diese Zahl kann als Obergrenze angesehen werden, da ein Großteil der Bevölkerung vermutlich rechtzeitig evakuiert würde. Laut Statistischem Bundesamt sind 20% der Einwohner älter als 65 Jahre. Wenn man davon ausgeht, dass jüngere Menschen eher mobil sind und die gefährdeten Bereiche verlassen, wohingegen ältere Menschen häufiger in der gewohnten Umgebung bleiben, so würden maximal 1,6 Mio. Menschen in der Region verbleiben.

Verschiedene epidemiologische, klinische und toxikologische Studien machen eine durch Aschepartikel hervorgerufene gesundheitliche Gefährdung der Bevölkerung deutlich. Entscheidend sind hierbei die Korngrößen der Partikel, ihre Verteilung sowie ihre chemischen und physikochemischen Eigenschaften. Besonders betroffen sind Personen, die bereits vorher unter Atemwegsproblemen gelitten haben. Beispielsweise kam es zu einer Verdreifachung der Krankenhauseinweisungen nach der Eruption des Mt. St. Helens bei Personen mit bereits existierenden Atemwegserkrankungen.

Bei einem erneuten Ausbruch eines Vulkans in der Eifel ist auch in Deutschland mit einer Erhöhung der Krankenhauseinweisungen zu rechnen. Die für eine Behandlung zuständigen Abteilungen sind die Hals-Nasen-Ohrenheilkunde und die Innere Medizin. Daten des Statistischen Bundesamtes zeigen, dass es etwa 34.000 freie Betten in beiden Abteilungen gibt. Normalerweise liegt die Anzahl für Diagnosen bei etwa 3.700. Wenn diese Zahl aufgrund eines Vulkanausbruches ebenfalls verdreifacht wird, so gibt es nun insgesamt 11.100 Diagnosen. Bei einer freien Bettenzahl von etwa 34.000 können die Patienten aufgenommen und behandelt werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass auch die Infrastruktur sowie das Krankenhauspersonal von den Auswirkungen des Ausbruchs betroffen wären und sich die Kapazität dadurch verringern würde.

VU.A-107

First results from a magnetotelluric survey at the Ceboruco Volcano in Mexico

P. Hering^{*1}, *L. Gonzalez-Castillo*², *A. Junge*¹, *F.J. Núñez-Cornú*², *J.I. Pinzon*²,
*V.H. Márquez-Ramírez*², *Q.j. Gutierrez*²

¹Institut für Geowissenschaften, Goethe Universität Frankfurt am Main, Frankfurt,

²Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, Mexico

In November 2016 the Centro de Sismología y Volcanología de Occidente (SisVoc, Universidad de Guadalajara, Mexico) performed magnetotelluric (MT) measurements at the Ceboruco Volcano in cooperation with the working group of Applied Geophysics from the Goethe University of Frankfurt (Germany). The Ceboruco is a 2280 m high stratovolcano, located in Nayarit State, Mexico. It is placed in the central part of the Tepic-Zacoalco Rift (TZR), which constitutes the northwestern end of the Trans-Mexican Volcanic Belt. Together with Chapala and Colima (in the Jalisco Block), they form the triple rift system developed as consequence of the ongoing subduction of the Rivera and Cocos oceanic plates beneath the North American continental crust. Despite its last eruption which occurred long ago in 1870, it is the most active volcano in the area showing volcanic-earthquake activity together with ongoing vapor emissions.

The survey itself was part of the geothermal project CeMIEGeo-P24 and focused on the investigation of electrical conductivity in the subsurface of the volcano to characterize its deep structure and features which help to determine its geothermal potential. The direct link between electrical conductivity and rock properties, such as fluidity and content of partial melt, was assumed to yield helpful information with regard to the detection of potential geothermal reservoirs or magma inclusions.

During two weeks measurement campaign, 25 broadband MT stations were installed (using METRONIX ADU-07 equipment) in a 10 km x10 km area, covering as well the crater and the calderas, as the lower parts of the Ceboruco. Subsequently, the collected data were processed using a multivariate processing scheme developed at Frankfurt University. Frequency dependent transfer functions were calculated in a range from 10 kHz to 100 s (representing a depth range from a few meters up to several kilometers).

Here, processing results will be shown for transfer functions between horizontal electric and magnetic fields (impedances and phase tensors) and also between vertical and horizontal magnetic fields (induction arrows). The results directly allow some rough conclusions on geological structures, albeit modelling studies, additionally considering strong topographical effects on the high frequency data, still remain to come.

B1 Poster

AG.B-001

Sikyon - erste geophysikalische Prospektion einer sedimentierten antiken Stadtruine am Golf von Korinth

*K. Rusch*¹, H. Stümpel¹, W. Rabbel¹, S. Müth-Frederiksen², K. Kissas³*

¹Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, ²Nationalmuseum Kopenhagen, Kopenhagen, Denmark, ³Eforia Archeotiton Korinthias, Corinth, Greece

Die antike mittelgroße Polis Sikyon befand sich auf dem nördlichen Peloponnes nordwestlich von Korinth und erstreckte sich von der auf einem Plateau gelegenen Akropolis über die 3,5km lange Küstenebene bis zum Hafen am Golf von Korinth. Im Jahr 303 v. Chr. wurde die Stadt eingenommen, das Hauptsiedlungsgebiet in der Küstenebene wurde von den Bewohnern verlassen und die Stadt auf dem Plateau der Akropolis neubegründet. Während die hellenistische Stadt im Bereich der Akropolis bereits länger erforscht wird, sind die verlassenen archaisch-klassischen Stadtgebiete in der Ebene und der Hafen bisher weitestgehend unerforscht. Dass es aber noch Siedlungsspuren in der Ebene gibt, haben nicht zuletzt Notgrabungen im Zuge eines Autobahnbaus gezeigt.

Um diesen verlassenen Teil des antiken Sikyons zu erforschen wurden seit 2015 in einem Kooperationsprojekt mit dem Dänischen Nationalmuseum und der Eforia Archeotiton Korinthias geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Eines der Hauptziele ist dabei die genaue Lage und die Ausmaße der Stadtanlage zu kartieren. In dem weitläufigen Gebiet wurde daher eine Magnetikkartierung durchgeführt, deren Ergebnis einige archäologisch interessante Strukturen zeigt. Diese wurden dann an Schlüsselstellen mit weiteren geophysikalischen Methoden untersucht. Dazu wurden neben der Magnetik Georadar, SH-Wellen-Seismik und Geoelektrik eingesetzt.

Neben einem Überblick über das Gesamtprojekt präsentieren wir beispielhaft Detailmessungen an zwei Strukturen, die in der Magnetik versuchsweise als Straßenkreuzung bzw. als Graben angesprochen und daraufhin mit Georadar, SH-Wellen-Seismik und Geoelektrik untersucht wurden. Während die Georadarmessung unter der hohen Dämpfung des Untergrundes litt, konnten die flächenhaften Geoelektrikmessungen nicht nur die vermeintliche Straßenkreuzung bestätigen sondern führten zusätzlich zur Entdeckung der Grundmauern eines großen Gebäudes von 18x20m Grundfläche. Im Verlauf der zunächst als Graben interpretierten magnetischen Struktur zeichnet sich in der Geoelektrik ebenfalls eine lineare Struktur ab, welche auf Grund ihres hohen spezifischen Widerstands jedoch eher das Fundament der Stadtmauer als einen verfüllten Graben darstellen könnte. Dies ist der erste Hinweis auf die Lage der antiken Stadtmauer und daher von besonderer archäologischer Bedeutung. Aufgrund der Geoelektrikergebnisse lassen sich nun auch in den restlichen Magnetikdaten weitere bis dahin unklare Anomalien sicherer identifizieren.

AG.B-002

Seismische Untersuchung eines hellenistischen Grabhügels in Bergama (Türkei)

R. Mecking, W. Rabbel, E. Erkul, B. Driehaus*

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

Die Stadt Pergamon gehörte im 3. und 2. Jhr. v. Chr. zu den bedeutendsten Städten des hellenistischen Kleinasien. Die Nekropolen und Grabhügel der Stadt sind eine wichtige Quelle für das Verständnis von sozialer Schichtung, Kultur und Politik in der Region. In einem deutsch-französisch-türkischen Projekt sollen Fragen bezüglich der Funeralarchäologie geklärt werden.

In den Sommern 2014/15 wurde der größte Grabhügel Pergamons, der Yigmatepe, refraktions- und reflexionsseismisch mit P- und SH-Wellen vermessen. Der Grabhügel hat einen Durchmesser von 158 m, ist ca. 30 m hoch und von einem 10-15 m tiefen Graben umgeben. Ziel der Untersuchung mit seismischen Methoden ist es, die Stratigraphie des Hügels zu klären und im Innern des Hügels liegende Strukturen wie Grabkammern zu identifizieren. Drei den Hügel querende Profile wurden refraktionsseismisch mit Raytracing und Ersteinsetzungstomographie ausgewertet, sodass ein approx. 3D-Geschwindigkeitsmodell des Hügels erstellt werden konnte.

Die Auswertung zeigt, dass der Hügel aus mehreren Schichten unterschiedlicher P- und S-Wellengeschwindigkeiten besteht, die radial und azimutal in ihrer Mächtigkeit variieren. Von der Aufschüttung heben sich das Basisniveau und ein innerer Zentralhügel durch deutlich erhöhte seismischen Geschwindigkeiten ab. Die Schichtung repräsentiert unterschiedliche Bauphasen und ist eventuell zum Teil durch Änderungen in der Zusammensetzung der Sedimente bedingt, die beim Bau im Graben von oben nach unten abgetragen und in umgekehrter Reihenfolge auf den Hügel aufgeschüttet wurden. Auffällig ist besonders eine Zone erniedrigter P- und S-Wellengeschwindigkeiten, die wie eine „Kraterfüllung“ mit steilen Innenflanken vom Top des Hügels bis in ca. 15 m Tiefe reicht.

Auf der Kuppe des Hügels wurden 8 Scherwellenprofile reflexionsseismisch vermessen. Sie ermöglichen eine 3D-Darstellung der Stratigraphie mit einer Auflösung im Meterbereich, bestätigen die Mehrphasigkeit und zeigen eine Vielzahl lokaler Diffraktionen. Im Zentrum des Hügels wird die Reflexionsseismik von wiederhallenden Diffraktionen dominiert, die nach Migration zu 5-10 m langen amplitudenstarken Reflexionselementen kontrahieren. Um zu klären, ob diese Signale von einem Hohlraum stammen, wurden FD-Wellenfeldmodellierungen durchgeführt.

Der Vergleich gemessener und modellierter Seismogramme ergibt, dass eine Art Hohlraum unterhalb der Lockerungzone direkt im Zentrum des Hügels benötigt wird, um die beobachteten Signale zu erzeugen.

AG.B-003

Geophysikalische Prospektion der antiken Hafenstadt Ainos: von der Magnetik zur seismischen Wellenforminversion

*M. Schwardt*¹, D. Köhn¹, T. Wunderlich¹, D. Wilken¹, W. Rabbel¹, H. Brückner², M. Seeliger², T. Schmidts³, M. Kocak³, S. Başaran⁴*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Geographisches Institut, Universität zu Köln, Köln, ³Römisch-Germanisches Zentralmuseum, Mainz, ⁴Restoration and Conservation of Movable Cultural Assets Department, Letters Faculty, Istanbul University, Istanbul, Turkey

Die in römischer und byzantinischer Zeit bedeutende thrakische Hafenstadt Ainos lässt sich im Mündungsbereich des Flusses Hebros an der griechisch-türkischen Grenze lokalisieren. Heutzutage befindet sich auf dem ehemaligen Siedlungsgebiet die Kleinstadt Enez. Die Stadt Ainos bildete als Schnittstelle zwischen Binnenland und Meer einen wichtigen wirtschaftlichen Knotenpunkt. Trotz zahlreicher Untersuchungen und Ausgrabungen seit den 80er Jahren gibt es noch einige Unklarheiten, wie in Ainos das ufernahe Gebiet als Hafen genutzt wurde. Des Weiteren sind sich verändernde Umweltbedingungen wie zunehmende Verlandung durch Sedimentablagerung und damit einhergehender Verschiebung der Küstenlinie ein wichtiger Faktor, der für die wirtschaftliche Entwicklung der Hafenstadt Ainos berücksichtigt werden muss. Um diese Fragen zu klären, wurden im Rahmen des SPP 1630 interdisziplinäre Forschungsarbeiten in Enez durchgeführt.

In den Jahren 2012-2014 fanden geomagnetische Kartierungen an Land und auf dem Wasser statt, um potenzielle Hafenanlagen zu suchen. Die Messungen östlich von Enez, angrenzend an die Lagune Taşlık Gölü zeigen deutliche lineare, senkrecht zum Ufer stehende Anomalien in der Geomagnetik, jedoch lassen sich keine baulichen Befunde in Bohrungen verifizieren. Diese Bereiche wurden daher gezielt mit weiteren Methoden (Seismik, Geoelektrik, EMI, GPR) untersucht, um eine Tiefenauflösung zu erhalten. Die Ergebnisse deuten auf eine Muldenstruktur. Die gängigen tiefenauflösenden Verfahren wie GPR und ERT leiden in diesem Fall unter der sehr hohen Leitfähigkeit der lagunären Sedimente. Es wurde daher auf seismische Verfahren gesetzt. Insbesondere wurde eine 2D-SH-Wellenformtomographie durchgeführt. Im Bereich der Muldenstruktur tritt hier eine Anomalie in den seismischen Geschwindigkeiten auf. Die Ergebnisse werden durch Bohrprofile und eine Grabung im Bereich der geomagnetischen Anomalie verifiziert. Hier ist eine drei Meter breite, etwa 80 cm Tiefe sandige Struktur sichtbar. Trotz des schwierigen Milieus lassen die Auflösungen eine Interpretation zu. Besonders die Wellenformtomographie stimmt gut mit den Ausgrabungsbefunden überein und liefert die besten Ergebnisse der angewandten geophysikalischen Messungen.

AG.B-004

Der Karlsgraben im Fokus verschiedener geophysikalischer Verfahren (seismische Tomographie, GPR, ERT)

*D. Wilken*¹, T. Wunderlich¹, A. Fediuk¹, L. Werther², W. Rabbel¹*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie, Friedrich-Schiller-Universität, Jena

Die Fossa Carolina (auch Karlsgraben) war eine von Karl dem Großen geplante Verbindung zwischen Schwäbischer Rezat und Altmühl und damit zwischen den Systemen des Rheins und der Donau. Der Bau des Kanals wurde 793 zur Überwindung der europäischen Haupt-

wasserscheide initiiert und zählt zu den bedeutendsten wasserbaulichen Großprojekten des Frühmittelalters.

Im Schwerpunktprogramm SPP1630: „Häfen von der Römischen Kaiserzeit bis zum Mittelalter“ ist der Karlsgraben seit 2012 Ziel interdisziplinärer Forschung aus den Bereichen Archäologie, Geographie und Geophysik. Seit Beginn des Projektes ist der Karlsgraben vom IPTH Jena weiträumig mit Magnetik prospektiert worden. In den Jahren 2015 und 2016 fanden ebenfalls erste Untersuchungen mit Seismik, GPR und Elektrik (elektrische Widerstandstomographie, ERT) statt. Hierbei war insbesondere eine Abbildung der Kanalbasis von Interesse, um die Tiefe und damit die Nutzung des Kanals besser verstehen zu können. Wir präsentieren einen Methodenvergleich von seismischer Scherwellentomographie, ERT und GPR an drei Schlüsselstellen des Karlsgrabens. Im Vergleich mit Grabungsergebnissen zeigen die geophysikalischen Resultate, daß die Kanalbasis bei Kanaltiefen bis 2m gut mit einem 200Mhz GPR, in tieferen Fällen mit seismischer oder elektrischer Tomographie abgebildet werden kann.

AG.B-005

Erkundung von Hohlräumen mit Georadar im Merseburger Dom

*E. Erkul*¹, T. Wiemann¹, K. Özkap², R. Sobott³, T. Meier¹*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Department of Geophysics, University of Kocaeli, Kocaeli, Turkey, ³Labor für Bau- und Denkmalpflege, Naumburg

Der Merseburger Dom wurde im Jahre 1015 vom Bischof Thietmar von Merseburg gegründet und ist von 1510 bis 1517 von Bischof Thilo von Trotha zu einem gotischen Dom umgebaut worden. Der ganze Komplex stellt eines der komplettesten Beispiele mittelalterlicher königlicher Paläste und Bischofssitze in Deutschland nordöstlich des römischen Limes. In Rahmen von geophysikalischen Feldpraktika wurden 2015 und 2016 Ultraschall-Oberflächenmessungen, Georadar (GPR) sowie thermografische Messungen in der Kathedrale durchgeführt. In diesem Beitrag präsentieren wir Beispiele zu den Ergebnissen der GPR-Messungen, die in verschiedenen Bereichen der Kathedrale und im Kloster durchgeführt worden sind, um die Lage von medialen Gräbern zu klären.

Die Messungen wurden mit einer SIR-3000-Messapparatur von der Firma GSSI mit 400 MHz-Antennen durchgeführt. In ausgewählten Bereichen wurden Profile bis zu einer Länge von 10 m mit einer Messdichte in Profiltrichtung weniger als 1 cm und zwischen den Profilen 10 cm gemessen. Außerdem wurden an ausgewählten Stellen Geschwindigkeitsmessungen (CMP) durchgeführt, um Tiefenberechnungen zu ermöglichen.

Die Ergebnisse bestätigen zum Teil archäologische Berichte aus dem 19. Jahrhundert. Zusätzlich wurden reflexionsreiche Strukturen beobachtet, die noch nicht dokumentiert sind. Die Ergebnisse können folgend zusammengefasst werden:

- In der Vierung ist westlich der Grabplatte Rudolf von Rheinfeldens eine Anomalie zu beobachten, die sich mit zunehmender Tiefe gen Osten dem Grab annähert. Diese Streukörper könnten möglicherweise in den Überresten eines Treppenabstiegs in die Krypta begründet sein.
- In der Bischofskapelle und in der Vorhalle sind rechteckige Strukturen in den Zeitscheiben zu beobachten, die möglicherweise den erwarteten Grabstellen entsprechen.

Zur Überprüfung der Ergebnisse wurde für ein leeres Grab und ein halb Sand gefülltes Grab eine 3D-Modellierung auf der Basis der Messergebnisse vorgenommen. Natürlich ist eine endgültige Feststellung nur durch eine archäologische Sondierung möglich.

- Die Ergebnisse aus der Krypta weisen eine großflächige Anomalie im zentralen Bereich zwischen den Säulen auf. Diese könnte möglicherweise durch den mehrstufigen Bauprozess der Krypta erklärt werden.
- Im Hof vom Kreuzgang der Kathedrale, konnten unter anderem Signaturen früherer archäologischer Teilausgrabungen abgebildet werden. Die flächenhaften Informationen aus den Zeitscheiben können zur Vervollständigung der Interpretation beitragen.

GT.B-006

Geothermal Prospection in NE Bavaria - crustal heat supply by sub-sediment Variscan granites in the Franconian basin?

*A. Schaarschmidt*¹, H. de Wall¹, C. Dietl¹, L. Scharfenberg¹, M. Kämmlein¹, G. Gabriel²*

¹GeoZentrum Nordbayern, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen,

²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover

Late-Variscan granites of different petrogenesis, composition and age constitute main parts of the Variscan crust in Northern Bavaria. In recent years granites have gained attention for geothermal prospection. Especially buried granitic bodies are target settings for geothermal energy prospection, e.g. in the Cooper Basin in Australia. Enhanced thermal gradients can be realized, when granitic terrains are covered by rocks with low thermal conductivity which can act as barriers for heat transfer. The geothermal potential of such buried granites is primarily a matter of composition and related heat production of the granitoid and the volume of the magmatic body. However, for geothermal prospection, the depth of such granitic bodies is critical for a reasonable economic exploration.

In the Franconian foreland of exposed Variscan crust in N Bavaria, a distinct gravity low of 46 mGal is indicated in the map of Bouguer anomalies of Germany. Judging from the geological context it is likely that the Variscan granitic terrain continues into the basement of the western foreland. The basement is buried under a cover of Permo-Mesozoic sediments (Franconian basin). Sediments and underlying Saxothuringian basement (at depth > 1342 m) have been recovered in a 1390 m deep drilling located at the western margin of the gravity low (Obernsees Th1) and subsequent borehole measurements have recorded an increased geothermal gradient (3.8 °C/100 m). The boundary between exposed and buried basement rocks is marked by the Franconian fault system.

This study presents results from 3D gravity modelling using IGMAS+ software, calculation of heat production of Variscan granites using in situ-gamma radiation measurements and an evaluation of heat supply of heat producing granitic bodies for the surface heat flow using the software COMSOL. The calculated gravity of the underground model including a granitic body in the upper crust shows a good correlation with the measured Bouguer anomaly field. The calculated heat production of Variscan granites in the exposed basement in eastern Bavaria in the Fichtelgebirge and Oberpfalz ranges from 3.9 $\mu\text{W}/\text{m}^3$ to 7.6 $\mu\text{W}/\text{m}^3$. The combined analysis shows that a buried granite in the Franconian geological setting can account for the locally anomalous heat flow (> 100 mW/m^2) in the Franconian Basin.

GT.B-007

Aufblicke und Einblicke in das Bruch- und Störungsmuster des Fränkischen Beckens -Ergebnisse aus LIDAR- und Bohrkernanalyse

I. Donhauser, M. Bestmann, C. Dietl, E. Zimmermann, L. Scharfenberg, H. de Wall*

Geozentrum Nordbayern, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen

Hohe geothermische Gradienten in Thermalwasserbohrungen der Region Oberfranken geben Hinweise auf eine geothermische Anomalie in Nordostbayern, es wurden Wärmestromdichten von $> 100 \text{ mW/m}^2$ bestimmt. Tiefreichende Störungssysteme können Wegsamkeiten für krustale Fluide darstellen und dabei lokale Anomalien der Wärmestromdichte verursachen. Das Fränkische Becken und sein unterlagerndes Grundgebirge besitzen ein komplexes strukturelles Inventar mit langer geologischer Geschichte: variszisch (NE-SW) streichende Großstrukturen; spät-variszisch (NW-SE) streichende Störungssysteme. Diese wurden als Schwächezonen während nachfolgender großräumiger tektonischer Bewegungen reaktiviert, so im Perm, im Buntsandstein und in der frühen Kreide. Bewegungen im Perm führten zur Entstehung lokaler Rotliegendbecken. Eine starke Heraushebung des Grundgebirges in der frühen Trias ist durch Spaltspurendatierungen und durch das im Vorland des Fichtelgebirges verbreitete Kulmbacher Konglomerat belegt. Weitere frühkretazische Hebungen sind entlang der Fränkischen Linie nachgewiesen.

Lineamente wurden auf Basis von LIDAR-Daten (DGM1, Auflösung 1 m) und geologischer Karten händisch in ArcGIS markiert und ihre Koordinaten, Streichrichtungen und Länge berechnet. Homogenitätsbereiche wurden definiert und auf Basis ihrer Länge wurden Lineamente gewichtet. Die Ergebnisse wurden als Rosendiagramme dargestellt. Neben den oben benannten variszischen Strukturen treten im Gebiet um Obernsees auch N-S verlaufende Strukturen auf. Messungen der Radonemanation haben in diesem Gebiet lokal erhöhte Werte angezeigt, die auf eine große Tiefenerstreckung einzelner Störungssysteme schließen lässt.

Mit der Bohrung Obernsees Th1 wurde das saxothuringische Grundgebirge im Untergrund des Fränkischen Beckens aufgeschlossen und gibt einen Einblick in den tieferen Untergrund. Das Grundgebirge besteht aus geschieferten metamorphen Sandstein-Siltstein-Wechselfolgen mit sehr komplexen, mehrphasig angelegten mineralisierten Bruch- und Störungsmustern. Älteste Quarzadern zeigen lokal Anzeichen niedrigtemperierter kristallplastischer Überprägung (Undulosität, Deformationslamellen, Subkornbildung), bei Anlage dieser Deformationsstrukturen muss daher von Temperaturen $> 250 \text{ °C}$ und damit einer größeren Tiefenlage ausgegangen werden. Diese Strukturen werden von steilen bruchhaften Störungen durchschlagen, die eine karbonatische Mineralisation aufweisen und damit eine Verbindung zu den Deckgebirgseinheiten anzeigen.

GT.B-008

Temporal variations in natural gamma radiation due to meteorological variabilities, cosmic radiation, and instrument characteristics

*S. Schwarz*¹, E. Erkul¹, M. Ibs-von Seht², W. Rabbel¹*

¹Institut für Geowissenschaften (Abt. Geophysik), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Geozentrum Hannover, Hannover

Gamma ray spectrometry offers the possibility to detect soil variabilities - especially clay and sand - by their contents of Potassium, Uranium, and Thorium. Therefore, it is a sensible addition to other geophysical measurement techniques.

At the University of Kiel a long-time survey of natural gamma radiation was carried out from mid December 2014 until mid February 2016. The instrument used was the Cs-stabilized gamma-ray spectrometer Gamma Surveyor Car by GF Instruments, containing a 4 litres NaI(Tl) - crystal. Aim of this project was to detect and understand the influence of external environmental factors on the data and to improve the quality of the data in terms of those factors to ensure a better reproducibility for field measurements. Based on this survey temporal variations due to meteorological variabilities, cosmic radiation, and instrument characteristics were detected, analysed, and where possible corrected.

The survey was performed for the dose rate, the concentrations of Potassium, Uranium, and Thorium as well as for the whole spectrum divided in promising energy windows. It has shown that precipitation influences the natural gamma radiation the most due to the discharge of radon from the atmosphere. Additionally a correlation with cosmic radiation was found. Further it was observed that outdoor temperature variations affected the instrument characteristics in terms of gain stabilisation.

UI.B-009

Borehole measurements and experimental investigations show significant mass transport in monitoring wells

*S. Berthold**

DGFZ Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V., Dresden

Borehole geophysical measurements and experimental investigations in groundwater monitoring wells show that water columns affected by natural (density-driven) convection act as a mixing reactor. Representative for many other substances that can be transported via convection, transport of dissolved oxygen originating from atmospheric input was studied.

It was shown that transport due to density-driven convective flow exceeds transport via heat conduction and molecular diffusion by several orders of magnitude and leads to an overturning circulation, resulting in a more or less uniform increase of oxygen concentration in the whole water column, depending on temperature gradient. In a testing facility with 5 cm diameter vertical destabilizing temperature gradients of 0.1 - 2 K/m led to continuous oxygen increase of around 1 to 4 mg/d in the water column due to natural convective mixing.

Whereas purely diffusive transport happens in form of a very slowly progressing front (e.g. 0.3 mm/d for dissolved oxygen). Convective mass transport velocity increased with increasing destabilizing temperature gradient. Effects are even stronger in water columns of larger diameters.

High-resolved borehole geophysical measurements using a multi-parameter probe verified significant density-driven transport of oxygen along the water column in monitoring wells down to the screened interval. Horizontal flow through the screened well section thereby causes an input of atmospheric introduced oxygen into the aquifer.

The constant influx of, regarding to original water, impacted water into the aquifer leads to the development of an adversely impacted zone downstream the well. For example, in the case of oxygen influx into an otherwise anoxic aquifer, diverse detrimental effects may arise, affecting fluid phase and water-rock interface due to redox reactions, sorption/desorption and microbial activities. Downstream the well hence a geochemically altered zone may develop in the aquifer near the well screen, in which substances are found that are nonexistent upstream the well and thus do not reflect in-situ groundwater quality. A representative groundwater sample is not reliably obtainable with standard sampling techniques in a monitoring well with an environment impacted that way. Likewise, in-situ measurements (e.g. passive samplers or well logging) can be used only very restrictively to derive information about groundwater quality in these monitoring wells.

UI.B-010

Multimethodische Laboruntersuchungen von Lösungsprozessen an salzhaltigen Sedimenten

A. Rohlf's, N. Scholz, K. Dünnbier, F. Börner*

Angewandte Geophysik, TU Berlin, Berlin

Aus Aufbereitungen von Kali- und Steinsalzen in Thüringen entstanden über viele Jahre hinweg große Rückstandshalden von mehreren Hektar Grundfläche, die aufgrund von Stoffumwandlungen, Lösungs- und Ausfällungsprozessen Stabilitätsänderungen unterworfen sind. Um das Verständnis der im Innern ablaufenden Prozesse zu verbessern, wird eine repräsentative Halde bei Sondershausen im Rahmen eines 4D Monitorings geophysikalisch untersucht. Ergänzend werden im petrophysikalischen Labor der TU Berlin systematisch die mit Lösungs- und Ausfällungsprozessen verbundenen Parameteränderungen analysiert. Dabei stellt die Untersuchung der elastischen Eigenschaften von Lockersedimenten im Labor eine besondere Herausforderung dar. Mit Hilfe einer im Rahmen dieses Projekts neu entwickelten, formunabhängigen Einspannvorrichtung für Lockersedimente können reproduzierbare Ultraschallmessungen im Bereich unter Schallgeschwindigkeit durchgeführt werden. Die aus Folie gefertigte Fassung ist hitzebeständig, reißfest und wasserdicht und hat als nahezu unendlich dünne Schicht keinen signifikanten Einfluss auf die seismischen Geschwindigkeiten der Lockersedimentproben. Durch Belastung einer frei gelagerten Einspannplatte mit einem definierten Gewicht gelingt es, die Probe unabhängig von ihrer Füllhöhe mit konstantem Druck zu belasten. In Untersuchungen mit locker gelagerten Sanden mit definierter Korngrößenverteilung und definiertem Wassergehalt ist es gelungen, reproduzierbare Ergebnisse im zu erwartenden Wertebereich durch die Bestimmung des Ersteinsatzes zu erzielen. Zur Analyse der stattfindenden Lösungs- und Ausfällungsprozesse werden die Änderungen des Porenraumes und der Porenraumgeometrie sowie des Salzgehaltes in der Probe erfasst. Dazu werden definierte Sand-Salz-Gemische schrittweise mit salinarer Lösung aufgesättigt. Neben der Ultraschalllaufzeit liefern NMR- und Geoelektrikmessungen Parameter über die Änderungen des Probengefüges. Die integrierte Auswertung der Messergebnisse soll die Quantifizierung von Porositätsänderungen und weiterer Porenraumparameter ermöglichen. Gemeinsam mit den auf der Kalirückstandshalde Sondershausen durchgeführten Felduntersuchungen liefern die Laborergebnisse einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der stattfindenden Lösungsprozesse und dienen der Erstellung eines Kennwertmodells, welches die frühzeitige und effektive Erkennung potentiell stabilitätsgefährdeter Schwächezonen zukünftig ermöglichen soll.

UI.B-011

Untersuchung von Veränderungen in Beton mit Codawelleninterferometrie

E. Niederleithinger, A.-S. Bertschat, V. Mierschke*

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), FB 8.2, Berlin

Die Codawelleninterferometrie ist eine sensible Methode zur Bestimmung von Geschwindigkeitsänderungen aus wiederholten seismologischen Messungen. Seit einigen Jahren wird sie auch im Bauwesen zur Detektion von Veränderungen in Beton in der Forschung angewendet. Hierfür werden aktive Ultraschall-Transmissionsmessungen im Frequenzbereich von 40 bis 300 kHz in teils engen Zeitabständen wiederholt und ausgewertet. In Labor- und Feldexperimenten wurde nachgewiesen, dass sich Änderungen in der Belastung aber auch Temperatur, Feuchtigkeit und verschiedenste Schädigungsmechanismen nachweisen lassen. Da in realen Umgebungen verschiedene Störeinflüsse (akustischer Noise, elektromagnetischer

scher Noise etc.) auf die Messungen wirken, ist eine Vorbearbeitung der Daten vor Anwendung der Codawelleninterferometrie notwendig. Dazu gehören eine Bandpassfilterung und die Beseitigung bestimmter Messartefakte. Zudem muss die aus der Seismologie übernommene Methodik der Codawelleninterferometrie angepasst werden, da sie bei starken Veränderungen im Material irreführende Ergebnisse liefert.

Das Poster beschreibt die Vorgehensweise bei der Auswertung anhand eines praktischen Beispiels.

UI.B-012

Ultraschall-Oberflächenmessungen an Sandstein-Epitaphen des Merseburger Doms

*H.-S. Hilbert*¹, N.-P. Finger¹, A. Zink¹, R. Sobott², T. Meier¹*

¹Institut für Geowissenschaften: Abteilung Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, ²Labor für Bau- und Denkmalpflege, Naumburg

Der Merseburger Dom bildet zusammen mit dem Schloss und den umliegenden Gebäuden des ehemaligen Pfalz- und Bischofssitz eines der vollständigsten mittelalterlichen Baudenkmäler an der 'Straße der Romanik'. 1015 wurde der Merseburger Dom vom Bischof Thietmar von Merseburg erbaut und erfuhr in den Jahren 1510-1517 einen Umbau im gotischen Baustil durch Bischof Thilo von Trotha.

Ultraschall-Oberflächenmessungen wurden an den Sandstein-Epitaphen im Bereich der Domanlage durchgeführt, um verwitterungsbedingte Veränderungen des Gesteins zerstörungsfrei quantifizieren zu können. An 95 Profilen wurden Messungen mit einem Abstand von 5-20 cm mit 1 cm Schrittweite durchgeführt. Die Rayleighwellen-geschwindigkeit schwankte zwischen 800-2000 m/s und lag für intakten Sandstein bei 1500 m/s. Eine Erhöhung der Rayleighwellengeschwindigkeiten weist auf die Bildung einer schwarzen Kruste hin, deren Porenraum mit Gips gefüllt ist. Eine Verringerung der Geschwindigkeit deutet auf eine Auflockerung in der Gesteinsoberfläche hin. Wellenformversionen der dispersiven Rayleighwellenformen lieferten Tiefenprofile der Scherwellen-geschwindigkeit und erlauben eine Abschätzung der Mächtigkeit der veränderten Oberflächenschichten. Auch lässt sich eine Lockerung unterhalb der Kruste detektieren.

Bei 20 Messungen handelt es sich um Wiederholungsmessungen, die nach einem Jahr bzw. einem regnerischen Tag durchgeführt wurden. Die charakteristischen Verläufe der Dispersionskurven werden durch die Wiederholungen bestätigt, wobei normale Dispersion auf eine Ablösung und anormale Dispersion auf eine Krustenbildung deutet. Die statistische Auswertung der Wiederholungsmessungen zeigt, dass der zufällige Fehler in den berechneten Rayleighwellengeschwindigkeiten unter 3 % liegt. Eine stärkere Dämpfung und Verringerung der Rayleighwellengeschwindigkeiten um etwa 10 % im porösen Sandstein ist auf eine Feuchtigkeitszunahme zurückzuführen. An stark verwitterten Sandstein-Epitaphen wurde innerhalb eines Jahres eine Verringerung bis 20 % beobachtet, die auf fortschreitende Auflockerung hinweist. Eine Zunahme der Rayleighwellen-geschwindigkeit in den Krusten innerhalb eines Tages bis maximal 7 % könnte auf einen Effekt in Zusammenhang mit Feuchtigkeit hindeuten.

UI.B-013

Wirkung von Porositätsänderungen auf die komplexe elektrische Leitfähigkeit

F. Börner, E. Müller-Huber*

Angewandte Geowissenschaften/Angewandte Geophysik, Technische Universität Berlin, Berlin

Bestimmung und Monitoring schwacher Porositätsänderungen sind von Interesse für die Überwachung geotechnischer Prozesse wie z.B. der Verdichtung von Baugrund oder der Stabilisierung bergbaubedingter Ablagerungen. Der spezifische elektrische Widerstand bzw. die Leitfähigkeit sind bekanntermaßen geeignete Parameter zur Porenraumcharakterisierung. Wir zeigen Messergebnisse der komplexen elektrischen Leitfähigkeit im Frequenzbereich 10 mHz bis 1 kHz mit dem Ziel der Quantifizierung einer Porositätsabnahme speziell in schluffigen und tonigen Sanden während der stufenweisen Verdichtung der Proben. Die Verdichtung wurde durch kontrollierte Vibration der Messzelle erreicht und über die Volumenabnahme kontrolliert. Die Porositätsabnahme war in der Größenordnung von 10 %. Die Porenwasserleitfähigkeit wurde als während der Verdichtung konstant betrachtet.

Die Messung der komplexen Leitfähigkeit der wassergesättigten Lockergesteinsproben zeigte zwei gegenläufige Effekte:

(1) Der Realteil nahm erwartungsgemäß ab infolge der Dominanz des Archie-Gesetzes.

(2) Der Imaginärteil erhöhte sich aufgrund des Anstiegs der Grenzflächenleitfähigkeit.

Wir zeigen ein komplexes Leitfähigkeitsmodell, mit dem das gegenläufige Verhalten beider Leitfähigkeitskomponenten mit abnehmender Porosität erklärt werden kann.

Der überraschende Anstieg des Imaginärteils mit abnehmender Porosität wird durch den Anstieg des Oberfläche-zu-Porositätsverhältnisses und der für Lockergesteine spezifischen Porenraumstruktur bewirkt. Wird der Grenzflächenleitfähigkeitseffekt ignoriert, ist die abgeleitete Porositätsreduktion zu gering oder nicht feststellbar.

Der vorgeschlagene Interpretationsalgorithmus ermöglicht die Bestimmung von Porositätsänderungen in tonigen und schluffigen Sedimenten in Bezug zu einer Referenzmessung ohne Kenntnis weiterer lithologischer Parameter wie z.B. Tonmineralgehalt, Kornverteilung oder Kationenaustauschkapazität.

UI.B-014

Stress data and multi-stage 3D geomechanical-numerical modelling for the site selection process of a nuclear waste disposal site in Germany

*O. Heidbach*¹, M. Ziegler^{1,2}, A. Henk³, K. Reiter³, T. Reiter³, J. Reinecker⁴, T. Röckel⁵, B. Müller⁶*

¹GeoForschungsZentrum Potsdam GFZ, Potsdam, ²Universität Potsdam, Potsdam,

³TU Darmstadt, Darmstadt, ⁴GeoThermal Engineering GmbH, Karlsruhe,

⁵Piewak Partner, Bayreuth, ⁶Karlsruhe Institut für Technologie, Karlsruhe

Information on the in situ crustal stress state is of key importance for the site selection process of a deep geological repository (DGR) for radioactive waste. However, the availability of stress data on the local DGR scale is scarce even though many stress data have been already collected in the World Stress Map project. Furthermore, stress data is often limited to the orientation of the maximum horizontal stress SHmax without any information on the SHmax magnitude. Hence, geomechanical-numerical modelling provides an approximation

of a continuous description of the 3D in-situ stress state. We show the compilation of crustal stress data in Germany as part of the new World Stress Map database release 2016. Furthermore, we present a model workflow that shows (1) how to calibrate a regional scale model with stress orientations and magnitudes mainly from borehole data and (2) how to derive boundary conditions for a local high-resolution DGR scale model from the regional model. This approach using two models is an alternative to the required trade-off between resolution, computational cost and a sufficient number of calibration data which is otherwise inevitable for a single model. The incorporated 3D geological models contain the topography from a digital elevation model and stratigraphic units with different elasto-plastic rock properties. The resolution of the local model is significantly higher than in the regional model and has a minimum element size of 10 m using 21×10^6 tetrahedron finite elements with linear approximation functions. The uncertainties of the calibrated regional model are large since no information on the magnitude of the maximum horizontal stress is available. Even in the entire regional model area only two reliable leak-off tests that deliver the magnitude of the minimum horizontal stress could be used. These uncertainties are transferred also to the local model.

UI.B-015

Aktive und passive Thermographie am Merseburger Dom

*Y. Esel*¹, M. Tesch¹, D. Schulte-Kortnack¹, E. Erkul¹, R. Sobott², T. Meier¹*

¹Institut für Geowissenschaften Abteilung Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, ²Labor für Bau- und Denkmalpflege, Naumburg

Thermographische Messungen erlauben das Temperaturfeld an der Oberfläche eines Objektes effektiv und berührungslos zu erfassen. Passive Thermographie bewertet die auf der Oberfläche vorhandenen Temperaturunterschiede, während bei aktiver Thermographie die Reaktion des Materials auf eine Temperaturänderung analysiert wird. Die Messungen wurden mit einer Wärmebildkamera vom Typ *VarioCamR hr head* der Firma *Infratec GmbH* aus Dresden durchgeführt. Die Dauer der Messungen variierte zwischen mehreren Minuten und bis zu 12 Stunden, der Abtastrate lag zwischen sechs Bildern und einem Bild pro Minute.

Die im Merseburger Dom gewonnenen Daten dienen als Grundlage für Aussagen über die Veränderung der Bausubstanz in Hinblick auf Feuchtigkeit, verdeckter Strukturen unter dem Putz und Ablöseerscheinungen (Zersetzung/Auflockerungen) am Mauerwerk und Epitaphe. Es wurden neun passive Messungen mit einer Dauer von 10 Minuten an der Außenfassade vorgenommen. Die Verlässlichkeit der Datengrundlage wird durch eine geringe Standardabweichung bestätigt. In der Vorhalle wurden sowohl passive wie auch aktive Messungen durchgeführt. Das Ziel ist Wärmebrücken, Inhomogenitäten im Wärmefluss des Objektes und Indikatoren für Feuchtigkeit zu entdecken.

Die aktiven Messungen in der Krypta zeigen trotz gleichmäßiger Erwärmung der Messfläche im unteren Bereich eine deutliche Temperaturabnahme, die durch Feuchtigkeit bedingt sein kann.

In der Vierung wurden Messungen durchgeführt, um die thermischen Eigenschaften des Bodens zu untersuchen. Es zeigen sich oberflächliche Anomalien in der Streuung der zeitlichen Temperaturänderung. Die Ursache der Anomalien lässt sich mittels frequenzabhängiger Betrachtung der Standardabweichung in den oberen Dezimetern lokalisieren.

An Sandsteinepitaphen wurden ebenfalls aktive Messungen durchgeführt, um den Verwitterungszustand und mögliche Ablösungen vorzeitig erkennen zu können.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass sich die Methode der aktiven und passiven Thermogra-

phie gut zur qualitativen Bestimmung des oberflächennahen Zustandes von klein- (aktiven Messungen) und großflächigen Bereichen (passiven Messungen) eignet. Es können neben der genauen Erfassung von Untergrundstrukturen (z.B. Mauerwerksstrukturen) auch Rückschlüsse auf Feuchtigkeit im Putz gezogen werden.

UI.B-016

Construction site investigation at Tønsberg hospital area

U. Polom^{*1}, *J.S. Rønning*², *G. Tassiss*³, *J. Gellein*³, *G. Druivenga*⁴

¹LIAG, S1, Hannover, ²NTNU, Trondheim, Norway, ³NGU, Trondheim, Norway, ⁴GEOSYM, Hannover

In Nordic countries, so called quick-clays play an important role for safe building settlements, especially for essential infrastructures. Quick-clays consist of silt and clay originally deposited in a marine or brackish environment and are exposed to freshwater due to the isostatic uplift above sea level after deglaciation. If quick-clays are leached to low salinity, destabilization of the formation up to a sudden liquefaction collapse can occur. The detection of safe building ground for top priority infrastructure buildings is therefore essential in areas prone to quick-clay deposits.

In 2015 the central hospital of Tønsberg (Sykehuset I Vestfold, SIV), Norway, intended expansion towards an area prone to quick-clay. Former drilling investigation weakly indicated a dubious bedrock topography below soil, clay, silt, and anthropogenic infills estimated up to 25 m thickness. Therefore a dense drilling grid would be required in principle to analyze the depth to bedrock for pile foundation, but could not be realized due to the building density and the installations at and below the surface. Since Ground Penetrating Radar (GPR) failed in the area due to high soil conductivity and seismic refraction not provided the resolution required, high-resolution shear wave reflection seismic was suggested combined with a focused geotechnical drilling campaign, to expand the drilling results in the area. The unique experiment was realized in June 2016. A dense 2.5D grid of 14 seismic profiles of 1360 m total length was acquired in the dedicated area and subsequently referenced by 17 well selected geotechnical drillings. Data processing was partly carried out online parallel to the acquisition to evaluate the recording parameters and first results to control the time schedule of the subsequent planning process.

The combined results led to a comprehensive interpretation of the bedrock topography and the soil thickness above, even the data acquisition conditions were mostly challenging and difficult due to the sparse surface access. The depth to bedrock below surface range from less than 1 m to more than 16 m over a distance of nearly 100 m and show a strong undulation of the bedrock topography. The results strongly improve the planning process regarding the foundation construction and reduce the financial risk compared to the conventional procedure of the foundation construction.

GD.B-017

Post-magma ocean mixing of reservoirs inside the angrite parent body

G. Golabek^{*1}, *B. Bourdon*², *A. Rozeł*³, *T. Gerya*³

¹Bayerisches Geoinstitut, Universität Bayreuth, Bayreuth, ²Laboratoire de Géologie de Lyon, ENS de Lyon, Lyon, France, ³Institute of Geophysics, ETH Zurich, Zürich, Schweiz

Angrites are a rare group of mafic volcanic-plutonic meteorites with only 28 samples listed by the Meteoritical Society that formed within the first 10 Myr after the formation of the solar system. Studies of siderophile elements showed that core formation in the angrite

parent body occurred at super liquidus temperatures. Despite experiencing an early magma ocean, Hf-W data suggest the presence of at least two distinct mantle reservoirs. A possible explanation for the isotopic variations (coupled with elemental variations) could be delivery of new planetesimal material during the post-magma ocean stage and imperfect mixing of the resulting mantle reservoirs. To test this theory we use the 2D/3D finite difference marker-in-cell code family I2ELVIS/I3ELVIS to study the mixing of reservoirs in bodies with radii ranging from 50 to 300 km. Numerical results show that mixing in 3D models is more efficient than in their 2D counterparts. Based on the numerical results we derive a semi-analytical scaling law describing the mixing efficiency. Using the available constraints on formation time of the angrites, the activity of an early dynamo and the modelled thermal evolution, we put constraints on the size of the angrite parent body.

GD.B-018

Joint high-resolution seismic and large-scale geoelectrical surveys for the characterization of planned PIER-ICDP fluid-monitoring sites in the Eger Rift zone of NW-Bohemia

H. Simon^{*1}, *S. Buske*¹, *C. Flechsig*², *T. Günther*³, *T. Nickschick*²

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg, ²Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Leipzig, ³Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

The NW-Bohemia/Vogtland region is an intra-continental non-volcanic region and is characterized by outstanding geodynamic activities, which result in earthquake swarms and significant CO₂ emanations. Because fluid-induced stress can trigger earthquake swarms, both natural phenomena are probably related to each other. The epicentres of the earthquake swarms cluster at the northern edge of the Cheb Basin near the village Nový Kostel. Although the location of the cluster coincides with the major Mariánské-Lázně Fault Zone (MLFZ) the strike of the focal plane indicates another fault zone, the N-S trending Počátky-Plesná Zone (PPZ). Isotopic analysis of the CO₂-rich fluids revealed a significant portion of upper mantle derived components, hence a magmatic fluid source in the upper mantle was postulated. Because of these phenomena, the Eger Rift area is a unique site for interdisciplinary drilling programs to study the fluid-earthquake interaction. The ICDP project PIER (Probing of Intra-continental magmatic activity: drilling the Eger Rift) will set up an observatory, consisting of five monitoring boreholes. In preparation for the drilling, the goal of the joint seismic and geoelectric surveys is the characterization of the projected fluid-monitoring drill site at the CO₂ degassing mofette field near Hartoušov. This will be achieved by an 6 km long high-resolution seismic profile and a large scale geoelectric resistivity survey along the same line. The W-E trending profile will cross the proposed drill site and the surface traces of MLFZ and PPZ. The outcome of the seismic survey will be a high-resolution structural image of potential reflectors related to these fault zones. This will be achieved by the application of advanced pre-stack depth migration methods and a detailed P-wave velocity distribution of the area obtained from first arrival tomography. Furthermore, these images will provide crucial constraints on petrophysical parameters, especially on the suspected fluid pathways. On the geoelectric side the key aspects are to image the main resistivity characteristics of the fault zones and the possible fluid pathways of the degassing area and to establish a reference resistivity model for future monitoring. During interpretation of the seismic data, the geoelectrical resistivity model will provide important constraints, especially with respect to fluid pathways, and in a similar way the seismic image will constrain the geoelectrical inversion.

GD.B-019

Rheology of the lithosphere in the foreland of the central Andes from data-integrative gravity, thermal and rheological modelling

*C. Meeßen^{*1,2}, M. Scheck-Wenderoth^{2,3}, J. Sippel², M. Strecker¹*

¹Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam,

²GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 6.1 Basin Modelling, Potsdam,

³Institute of Petroleum and Coal, Structural Geology, RWTH Aachen University, Aachen

Different mechanisms of crustal shortening act in the foreland of the central Andes in northern Argentina and southern Bolivia, resulting in two distinct deformation styles. The foreland of the Altiplano Plateau is characterised by a thin-skinned tectonic deformation style, involving deformation and accommodation of shortening within the sediments. In contrast, the style of deformation in the foreland of the Puna Plateau is dominated by thick-skinned tectonics where shortening is accommodated by uplift of crystalline basement blocks. Results from thermomechanical modelling indicated that variations in temperature and strength of the crystalline crust may be responsible for these distinct styles. The lithosphere of the Altiplano foreland is thought to be cold and strong, forcing deformation to be concentrated in the weak sedimentary layer. In contrast, the Puna foreland should be characterised by warm lithosphere and a strong crystalline crust, facilitating the uplift of the basement blocks. We aim to test this hypothesis by means of data-driven 3D lithospheric-scale modelling. Therefore, we integrated data on the main density interfaces within the lithosphere into a consistent model and validated this model using the observed Bouguer gravity field. The input data contain sediment isopachs, Moho-depths from receiver functions and tomographic inversion, as well as mantle density variations that we obtained from the conversion of shear wave velocities from a regional tomographic model. The final density model was used to assess the 3D steady state conductive thermal field, which finally allowed us for the quantification of lithospheric strength.

GD.B-020

Influence of heat-piping on the onset of plate tectonics

P. Baumeister^{}, N. Tosi*

Department of Planetary Physics, German Aerospace Center (DLR), Berlin

The onset of plate tectonics on Earth is believed to be caused by local weakening of the stiff, upper thermal boundary layer of the convecting mantle. If the stress acting on the base of this layer (i.e. the lithosphere) exceeds a critical yield stress, a plate-breaking event may occur and initiate plate tectonics.

Heat-piping is a form of advective heat transport associated with the migration of melt from its mantle source region to the surface (extrusive volcanism) or to the crust and lithosphere (intrusive volcanism). As a consequence of the extraction and deposition of melt at the surface or at shallow depths, cold lithospheric material is advected downwards. This process effectively cools the mantle, causing the lithosphere to thicken and its stress distribution to vary.

In this work we explore the effects of heat-piping via both extrusive and intrusive volcanism on the critical yield stress necessary to induce a plate-breaking event and, possibly, to maintain surface mobilization. To this end, we use the finite-volume mantle convection code GAIA to run a series of simple thermal evolution models of an Earth-like planet in a two-dimensional cylindrical geometry. According to an assumed ratio between extrusive and intrusive volcanism, the melt generated at depth in the mantle is extracted instantaneously at the

surface or at a certain depth above the melting region according to the local pressure field present in the lithosphere. We discuss how different heat-piping models modify the critical yield stress necessary for plate tectonics and how this influences the timescale over which plate breaking events occur.

GD.B-021

Present-day Mars' seismicity predicted from 3-D thermal evolution models of interior dynamics

*A.-C. Plesa^{*1}, M. Knapmeyer¹, M. Golombek², D. Breuer¹, M. Grott¹, N. Tosi^{1,3}*

¹German Aerospace Center, Berlin, ²Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, United States, ³Technische Universität Berlin, Berlin

The InSight (Interior exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport) mission, to be launched in 2018, will carry the first in-situ seismic and heat flow instruments as well as precision tracking on Mars. This Discovery-class mission will perform a comprehensive geophysical investigation of the planet and provide an important baseline to constrain the present-day interior structure and heat budget of the planet, and, in turn, the thermochemical evolution of its interior. As the InSight lander will perform the measurements at a single location, numerical simulations of planetary interiors will greatly help to interpret the data in a global context.

In this study we use a series of thermal evolution models in a 3-D spherical geometry to assess the magnitude of Mars' present-day seismicity. Our models assume a crust whose thickness does not change with time but varies laterally as inferred from gravity and topography data. The crust is enriched in radiogenic heat sources according to the surface abundances inferred from gamma-ray measurements. We vary the mantle reference viscosity, the depth-dependence of the viscosity, use constant and variable thermal expansivity, various crustal thermal conductivities, and core sizes [1]. Our results predict an annual moment release between 10^{16} Nm and 10^{19} Nm similar to [2, 3, 4]. However, while [2] used a mapping of tectonic surface faults to predict the spatial distribution of epicenters, we derive the distribution from the thermal evolution. Our models show similar but spatially anti-correlated seismic moments distribution produced by: 1) convective stresses and 2) stresses caused by mantle cooling and planetary contraction, leading to a relatively homogeneous distribution of the sum of seismic moments. Stresses associated with lithospheric flexure, that may impact the local distribution of seismic moment in the Tharsis region, have not been considered here. We use here the 1073 K isotherm to define the seismogenic lithosphere, hence our values represent an upper bound estimate. A lower isotherm would reduce the two contributions because of a smaller seismogenic volume available. Additionally, convective stresses become smaller the shallower the seismogenic region. Nevertheless, InSight will help constrain the thickness of the seismogenic layer.

[1] Plesa et al., JGR, 2016

[2] Knapmeyer et al., JGR, 2006

[3] Golombek et al., Science 1992

[4] Golombek, LPSC 2002

GD.B-022

Analytical calculations of salt-tectonic deformation driven by sub-salt normal faulting and coeval syn-kinematic sedimentation

*M. Warsitzka**¹, *N. Kukowski*¹, *J. Kley*²

¹Institute of Geosciences, Friedrich Schiller University, Jena, ²Geoscience Centre, Structural Geology and Geodynamics, Georg-August-University, Göttingen

The deformation of viscous salt is mainly controlled by tilting of the salt layer imposing an elevation-head gradient (EHG) and supra-salt differential sediment loading imposing a pressure-head gradient (PHG) in the salt layer. In this study, we address the dynamics of salt deformation in an extensional basin, i.e. sub-salt normal faulting and syn-kinematic sediment accumulation in supra-salt depocentres are the main processes inducing a PHG and an EHG, respectively. An analytical solution of the Navier-Stokes equation assuming simple channel flow (Poiseuille flow) is applied to compute steady-state flow velocity in the salt layer according to the prevailing head gradients. In the model procedure, the sub-salt fault is incrementally displaced, whereas the cover layer subsides and is characterised by a depth-dependent density increase. The latter results in an increasing amount of differential loading with increasing fault displacement, since the average density of the cover is first lower than that of salt, but exceeds salt density at a certain depth.

We were able to evaluate at which depth the PHG becomes more significant than the EHG. This point marks the reversal from salt flow down towards the basin centre to upward directed salt flow towards the elevated footwall side of the sub-salt normal fault. By systematically changing the layer thicknesses, the width of the cover flexure and the dip of the sub-salt fault, compaction parameters of the supra-salt cover, salt viscosity and salt density, the influence of these parameters on the point of flow reversal and the flow velocity was examined. Flow velocities are larger and the reversal from downward to upward flow occurs at smaller fault displacements, if the initial overburden thickness and the overburden density are higher and if sedimentation rate keeps pace with the displacement rate of the sub-salt normal fault.

GD.B-023

On the relative importance of thermal and chemical buoyancy in impact-induced melting on Mars

*T. Ruedas**^{1,2}, *D. Breuer*²

¹Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, ²Institut für Planetenforschung/DLR, Berlin

Convection in planetary mantles is driven by buoyancy that results from density variations, which may have thermal or compositional causes. We study the relative importance of the thermal and compositional buoyancy of melt-induced density heterogeneities in Mars by coupling dynamical 2D convection models with a model of the mineralogy and material properties of martian rock. For the purely thermally driven models, the compositional contribution was suppressed by forcing the density to remain at the value of undepleted mantle. The main focus lies on the anomalies created by giant impacts, which lead to particularly intense melting that may reach deeper than the regular asthenospheric melting zone. The impacts are represented as instantaneous thermal anomalies. As we model them after existing martian craters, we deduce impact parameters such as the impactor size from observed final crater diameters D using empirical scaling laws. Impacts of three different sizes (D : 470-3380 km), all occurring at 4 Ga, are considered. Most models assumed a bulk water content of 36 ppm by mass, but with respect to the ongoing discussion concerning the water content of the

martian mantle, we also ran some models with the fourfold initial concentration; the principal effect of this parameter concerns mantle viscosity.

In models with both thermal and compositional buoyancy, the strongly depleted compositional anomaly from the impact spreads beneath the lithosphere and remains there as a stable layer, which is progressively incorporated into the growing thermal lithosphere. By contrast, the compositional anomaly in the purely thermal models is mixed back into the mantle and leaves no coherent trace that survives to the present. The thermal anomaly decays by diffusion within a few tens of millions of years in both cases. The crustal thickness at the impact site results from the combination of additional melting, crater excavation, and ejecta deposition. The results suggest that it can be locally overestimated by up to 4-8 km if impact-induced density anomalies in the mantle are neglected.

The different behavior displayed by the two model variants is due to the additional density deficit caused by compositional changes of the melting rock. It suggests that the signature of an impact-generated compositional anomaly may be detectable by gravimetry, but a detection by seismics would not be expected with instrumentation whose deployment on Mars can be expected within the next decades.

GD.B-024

Interior responses to impacts by different impactor types

T. Ruedas^{*1, 2}, *D. Breuer*²

¹Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster,

²Institut für Planetenforschung/DLR, Berlin

A number of numerical mantle convection studies from the past two decades have investigated the effects of very large meteorite impacts on mantle dynamics in terrestrial planets, especially Mars. On the grounds that most observed craters seem to have been produced by collisionally evolved bodies, probably main-belt asteroids, the impactors were generally assumed to be rocky and have material parameters similar to those of the target. However, the statistical analysis does not imply that all craters derive from an S-type asteroid, as there is a significant fraction of impactors whose properties differ substantially from those of the target, and the dynamical effects in the interior may be quite different even if the final crater is similar; candidate alternative impactors include C- and X-type asteroids, comets, and TNO-type bodies. It is generally not possible to deduce the nature of the impactor from the final crater, because the remnants of the impactor are rarely preserved. We show by analyzing scaling laws how different impactors may result in the same final crater on a given planet ("isocrater impacts") and investigate some dynamical effects for different impactor types for the bodies in the inner Solar System.

The analysis shows how strongly the sizes of impactors of different types must differ in isocrater impacts for any combination of density and velocity. For the dynamics of the interior, it is the subsurface features of an impact rather than the crater that are of primary interest, but their geometry and properties are more difficult to study and less well described in terms of an analytical model. We extend the analysis of existing scaling laws to investigate the differences in penetration depth and size of shocked volume for different impactor types in isocrater impacts. Apart from the geometrical relations, there are also semi-empirical relations between impactor parameters and the amount of melt produced in an impact. The differences in melt production might allow to resolve the non-uniqueness of the impactor type. We also carry out numerical mantle convection simulations with a modified version of STAGYY in which the impact is represented as an instantaneous thermal anomaly. The models show that the effects on the interior of isocrater impacts by impactors of different types

can vary considerably, especially between rocky impactors with low to intermediate velocities and fast, ice-rich impactors.

GD.B-025

A complex melt network: Geometric properties and application to the matrix viscosity of the olivine-basalt-system

*J.P. Kruse**

Institut für Geowissenschaften, Goethe-Universität, Frankfurt am Main

The solid matrix shear viscosity of a partially molten medium is a commonly discussed topic in geodynamics. Different deformation mechanisms need to be included because the molten phase affects the physical behaviour of the matrix in different ways. The model presented here combines a mechanical weakening process after Schmeling et. al. [2012] and a short-circuit-diffusion process described by Cooper & Kohlstedt [1986]. For both processes a detailed knowledge about the geometrical distribution of the molten phase is needed. Therefore a three-dimensional, interconnected and geometrically self-consistent network structure was designed. It combines pockets, tubes, films/layers and includes curved as well as flat interfaces between the melt and the solid. We use here dihedral angle distributions (unimodal or multimodal normal distribution) as input for the network structure. The mathematical formulation for the important geometrical properties of the network is semi-analytical. It contains a shape parameter and statistical parameters. We fit the shape parameter according to the minimum of the free interfacial energy and use statistical parameters determined in melting experiments with the olivine-basalt-system (i.e. Cmíral et al. [1998]). To implement the model of Schmeling et. al. [2012], pockets and films/layers were approximated by oblate ellipsoids. The aspect ratio's (ratio between short and long half axis) describing these ellipsoids and the ratio of the melt fractions identified with the different melt geometries will change with total melt fraction. Also we find a distribution of aspect ratio's as a result of the dihedral angle distributions. To consider the short-circuit-diffusion process a mean diffusion distance (see Cooper & Kohlstedt [1986]) was defined. Assuming that the intrinsic viscosity of the matrix is affected by the short-circuit-diffusion process as well as experimentally determined statistical input parameters (from Cmíral et al. [1998]), we find a melt-fraction-dependent matrix viscosity that is in agreement with experimental results for the olivine-basalt-system. Because of the mechanical weakening process there is a rheological critical melt percentage (depends on the input distributions). It is possible at this melt fraction that the network-model predicts that grains should still be in contact (wetness < 1), implying that mechanical disaggregation may occur even if some grains are still in contact with each other.

GD.B-026

Onset of solid state mantle convection and mixing during magma ocean solidification

*M. Maurice*¹, N. Tosi^{1,2}, H. Samuel³, A.-C. Plesa¹, C. Hüttig¹, D. Breuer¹*

¹DLR, Berlin, ²Technische Universität Berlin, Berlin, ³CNRS, IRAP, Toulouse, France

The fractional crystallization of a magma ocean can cause the formation of a compositional layering that can play a fundamental role for the subsequent long-term dynamics of the interior, for the evolution of geochemical reservoirs, and for surface tectonics. In order to assess to what extent primordial compositional heterogeneities generated by magma ocean solidification can be preserved, we investigate the solidification of a whole-mantle Martian magma

ocean, and in particular the conditions that allow solid state convection to start mixing the mantle before solidification is completed. To this end, we performed 2-D numerical simulations in a cylindrical geometry. We treat the liquid magma ocean in a parametrized way while we selfconsistently solve the conservation equations of thermochemical convection in the growing solid cumulates accounting for pressure-, temperature- and, where it applies, melt-dependent viscosity as well as parametrized yield stress to account for plastic yielding. By testing the effects of different cooling rates and convective vigor, we show that for a lifetime of the liquid magma ocean of 1 Myr or longer, the onset of solid state convection prior to complete mantle crystallization is likely and that a significant part of the compositional heterogeneities generated by fractionation can be erased by efficient mantle mixing.

GD.B-027

Foreland uppermost crustal deformation in orogens: first results of high-resolution thermomechanical models in Central Andes

S. Liu^{*1,2}, *S. Sobolev*^{1,2}, *A. Babeyko*¹, *F. Krüger*², *J. Quinteros*¹, *A. Popov*³

¹GFZ, Potsdam, ²Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam, ³Institute of Geosciences, Johannes Gutenberg University Mainz, Mainz

The Andean Orogeny is the result of the upper-plate crustal shortening during the Cenozoic Nazca plate subduction beneath South America plate. With up to ~300 km shortening, the Earth's second highest Altiplano-Puna Plateau was formed with a pronounced N-S oriented deformation diversity including a broad thin-skinned Sub-Andean thrust belt in Altiplano and the thick-skinned deformation in the Santa Barbara system in south Puna foreland. The mechanism of the shortening and the nature of N-S variation of its magnitude remain controversial. Previous studies suggested that they might be controlled by strength of the foreland lithosphere and overlying sediments. However, the exact nature of the strength variation was not explored due to the lack of high numerical resolution models at that time. Here we present first results of high-resolution thermomechanical models of continent collision to quantify different styles of crustal shortening in the foreland. The model results show that ~35 km underthrusting of shield lithosphere below the orogen belt is required for the transition of pure-to-simple shear shortening. The simple shear deformation accompanied by thin-skinned thrusting is the result of fast mechanical weakening of the thick sediments overlying the cold thick shield lithosphere. The underthrusting of a thinner (i.e., warmer and weaker) shield allows crustal deformation to migrate into the shield foreland and form the thick-skinned thrusting. In addition, the transition from compression to extension on top of orogen is controlled by the intensity of sediments weakening. Future work will be focused on the crustal deformation in the specific foreland regions of Altiplano-Puna Plateau in Central Andes.

MA.B-028

Detection and characterisation of magnetic heavy mineral lag deposits at Orokawa Beach (New Zealand) using high-resolution core images and magnetic susceptibility measurements

A. Schürer^{*}, *T. von Dobeneck*

Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Bremen

Magnetic heavy-mineral grains in beach sands typically differ from associated light minerals (e.g. quartz, feldspar) by their sedimentological characteristics (grain size and shape, color) and physical properties (density and magnetic susceptibility). These go along with contrast-

ing hydrodynamic properties, which enable the formation of heavy mineral lag deposits through reworking and selective sorting under extreme weather conditions. By detecting buried magnetic mineral lag deposits in beach deposits, we will be able to learn about the impact, frequency and sedimentary record of past high-energy erosional events.

Here we present the first results of digital grain size analyses and magnetic susceptibility measurements of a sandy New Zealand 'black-and-white' beach (Orokawa Beach) containing successions of black magnetite lag deposits interbedded with beige sand layers. 70 beach sand cores were taken in the frame of the Bremen/Waikato International Research Training Group INTERCOAST in spring 2016. Orokawa Beach is located at the transition of Coromandel Peninsula to the Bay of Plenty on the Northeast coast of New Zealand. It is a 800m long pocket beach between rocky embayments and features several small drainage points from the volcanic hinterland, which enable the formation of almost pure interbedded magnetite layers.

We used a smartCIS 1600 optical line scanner to acquire high-resolution split core images. In the 1000dpi mode the spatial resolution is ~0.025mm/Pixel. Core images were taken at three different apertures to guaranty non-saturation over the wide brightness range. Magnetic susceptibility was measured with Bartington spot sensors (MS2F and MS2E).

It was found that different grain size plateaus reveal a correlation with grain colour and magnetic susceptibility. Smaller grains are associated with a dark grain colour and a high magnetic susceptibility (up to two tens of magnitude higher) compared to larger and brighter grains. Layer boundaries between pure black and beige layers are erosive, indicating that high-energy erosional waves play a major role in the enrichment of magnetite lag deposits at Orokawa Beach. Results of sediment grain size and magnetic analyses will further show, if lag deposits are in selective entrainment equivalence.

MA.B-029

Vergleichsstudie zu aeromagnetischen Totalfeld- und Gradientendaten im Geyerschen Wald, Erzgebirge

*M. Queitsch*¹, M. Schiffler², M. Ibs-von Seht³, B. Siemon³, U. Meyer³, M. Meyer⁴, R. Stolz², N. Kukowski¹*

¹Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geowissenschaften, Jena, ²Leibniz-Institut für Photonische Technologien, Jena, ³Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, ⁴Supracon AG, Jena

Luftgestützte Messungen des magnetischen Gradiententensors (Full Tensor Magnetic Gradiometry, FTMG) bieten Vorteile gegenüber der klassischen Totalfeldmagnetik. Dazu zählen u.a. eine bessere laterale Auflösung von magnetischen Anomalien, die Unterdrückung von regionalen Quellen und der Tagesvariationen des Erdmagnetfeldes, welche üblicherweise vor einer Interpretation korrigiert werden müssen. Darüber hinaus eröffnet die Erfassung von mehreren Gradienten die Möglichkeit, richtungsabhängige Informationen zu erfassen und in der Interpretation und der Inversion dieser Datensätze zu nutzen. Die gleichen Informationen wären verfügbar, wenn die Komponenten des Magnetfeldvektors direkt gemessen werden würden. Dies ist jedoch mit derzeit verfügbarer Instrumenten und deren Limitierungen durch AD-Wandler oder Inertialeinheiten nicht mit erforderlicher Genauigkeit und Messfortschritt bei luftgestützten Messungen möglich. Die Erfassung gerichteter Informationen mittels Gradiometern ist derzeit die einzige Möglichkeit.

Für diese Studie wurde das FTMG-System des Instituts für Photonische Technologien in Jena

(IPHT) verwendet. Dieses nutzt insgesamt sechs planare Gradiometer erster Ordnung, welche auf Supraleitenden Quanteninterferenz-Detektoren (SQUIDs) basieren. Das System wurde im Geyerschen Wald im Erzgebirge eingesetzt, wo im März 2016 eine Fläche von etwa 15 km x 8 km vermessen wurde. Hier wurden bereits 2013 und 2014 aeromagnetische (Totalfeld) und aeroelektromagnetische Messungen durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durchgeführt, mit dem Ziel der Untersuchung von aerogeophysikalischen Verfahren zur Erkundung von metallischen Rohstoffen, wie Zinn, Wolfram und Zink.

Für den Vergleich der Datensätze wurde aus dem gemessenen Tensor das Totalfeld berechnet und ebenso der vollständige magnetische Gradiententensor aus dem Totalfeld-Datensatz. Die wichtigsten magnetischen Anomalien sind in beiden Datensätzen gut abgebildet. Es zeigen sich aber auch Unterschiede, am deutlichsten sichtbar in langwelligen Strukturen, welche vom FTMG-System nicht abgebildet werden. Weitere Abweichungen basieren auf den unterschiedlichen Sensitivitäten der Messsysteme sowie die unterschiedlichen Flughöhen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Kombination aus Totalfeld- und FTMG-Datensatz eine bessere Interpretation im Detail ermöglicht. Durch die unterschiedlichen Sensitivitäten können oberflächennahe und tiefere Strukturen besser getrennt werden.

MA.B-030

Satellite data and the long-wavelength part of aeromagnetic compilations – Examples using the Australian National database

Y. Dilixiati, J. Ebbing, N. Holzrichter*

Institute of Geosciences, University of Kiel, Kiel

Australia has one of best aeromagnetic coverages on Earth. The magnetic anomaly map contains around 19 million line-kilometres of acquired magnetic survey data conducted over more than 50 years.

Regional or continental scale aeromagnetic compilations, in general, are poorly constrained in the long wavelength domain, because they based on stitching together many local surveys, which were conducted at different times and often use different procedure to process the observed data. This can be easily seen by edge detection filters and such inconsistencies come from individual data processing including level shifting and trend removal.

This can lead to errors in the long-wavelength when hundreds of surveys are combined across thousands of kilometres. Hence, the magnetic data has to analyzed and processed to asses and reduce those errors. In a first step, we use satellite data to validate the long wavelength of the aeromagnetic compilation. We analyze if the datasets can be combined or if a spectral gap is still present with the present available satellite data sets. The combination of satellite and aeromagnetic data sets can take advantage of the strengths of each data sets while bypassing its limitation. For making the good use of the Australian data, it is necessary to conduct further data processing.

MA.B-031

Assessment of global Late Quaternary geomagnetic field variations

*S. Panovska*¹, M. Korte¹, C. Constable²*

¹GFZ Potsdam, Potsdam, ²IGPP, Scripps Institution of Oceanography, UCSD, San Diego, United States

Study of the Late Quaternary (0-100 kyr) geomagnetic field contributes significantly to understanding the mechanism that governs the Earth's magnetic field and its millennial

timescale variations. The compilation of paleomagnetic sediment records, archeomagnetic and lava flow data covering the past 100 kyr enables reconstruction of the evolution of the geomagnetic field on such long-term scales and the evaluation of the paleomagnetic secular variation (PSV). Based on this data compilation, a new global, time dependent, geomagnetic field model spanning the past 100 kyr has been built.

The PSV index P_i is defined by the average deviation from a geocentric axial dipole field using normalized ratios of virtual geomagnetic pole colatitude and virtual dipole moment. It can be calculated for individual time-series, mapped globally from geomagnetic field models, or averaged at local, regional, and global scales. A threshold PSV index for transitional events is set to 0.5 based on analyses of existing geomagnetic field models on modern and historical timescales, geodynamo models and longer paleomagnetic sediment records.

The PSV index is used to characterize and compare the internal variability of both the underlying data and the 100 kyr field model. This allows tests for hemispheric asymmetry, and identification of regional and global excursions. During the past 100 kyr, the Laschamp excursion (~41 kyr) is found globally in individual sediment records with high index values and an average duration of 1300 years. In regional analyses, a more pronounced peak of the Laschamp excursion is found in the Southern Hemisphere compared to Northern Hemisphere, and in the Atlantic than in the Pacific Hemisphere. The Mono Lake excursion (~32-35 kyr) is represented with a broader period of higher PSV index values. Other excursions reported over the studied period appear in individual records/locations only or at different ages, and do not show up in regionally or globally averaged index values.

MA.B-032

Analysis of magnetic and gravity data on the mid-Norwegian margin

*N.-P. Finger*¹, J. Ebbing¹, P. Roy Chowdhury²*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

²Wintershall Holding GmbH, Kassel

The depth to top basement and the deeper crustal structures of the mid-Norwegian margin have been the target of several geophysical studies over the last decades. Nevertheless, the detailed top basement structure of the Trøndelag Platform is yet under discussion as the geophysical signature of the deepest synrift sedimentary strata is difficult to distinguish from the basement.

Seismic data, although being able to resolve most occurring issues, is constrained by the trade-off between resolution and penetration depth, whereas potential field data anomalies can be differentiated by careful analysis even in greater depths. For example, on the mid-Norwegian margin, with most of the overlying sediments being non-magnetic except some minor intrusions, magnetic data analysis can be used to resolve these structures and the crystalline basement.

In this work, the crustal structure, with emphasis on the top basement and near-surface, of the mid-Norwegian margin is studied by analysis of gravity and magnetic anomalies. Calculations of the horizontal, vertical and tilt derivative are applied to both the gravity and magnetic data to outline the shape of anomaly sources like faults and minor intrusions. These interact with the signature of the transition from the high-magnetic basement to the almost non-magnetic sediments. With different techniques like Euler deconvolution, tilt derivative depth and classical power spectrum analysis, we discuss the accuracy and reliability of previous top basement estimates.

This analysis is a first step towards a refined 3D model of the area and a better definition of the top basement horizon.

S3.B-033

Investigation of sinkhole areas using 2D shear wave reflection seismics and zero-offset VSP

*S. Tschache*¹, S. Wadas¹, U. Polom¹, C.M. Krawczyk²*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover,

²Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Sinkholes pose a serious geohazard for humans and infrastructure in populated areas. The Junior Research Group Subrosion within the Leibniz Institute for Applied Geophysics and the joint project SIMULTAN work on the multi-scale investigation of subrosion processes in the subsurface, which cause natural sinkholes.

With the aim to detect suitable parameters for the characterisation of critical zones, we applied 2D shear wave reflection seismics using SH-waves. This method has the potential to image near-surface collapse and faulting structures in improved resolution compared to P-wave surveys resulting from the shorter wavelength of shear waves. Additionally, the shear wave velocity field derived by NMO velocity analysis is a basis to calculate further physical parameters, as e.g. the dynamic shear modulus.

Vertical seismic profiles (VSP) were acquired by generating P- and SH-waves (6 component VSP) directly next to a borehole equipped with a 3C downhole sensor. They provide shear and compressional wave velocity profiles, which are used to improve the 2D shear wave velocity field from surface seismics, to perform a depth calibration of the seismic image and to calculate the V_p/V_s ratio. The signals in the VSP data are analysed with respect to changes in polarisation and attenuation with depth and/or azimuth.

Case studies in two sinkhole areas of Thuringia in Germany reveal low shear wave velocities of 200-300 m/s in rock layers known to be heavily affected by subrosion. In some VSP data dominant conversion of the direct SH-wave to P-wave is observed that is assumed to be caused by an increased presence of cavities. A potential fault distorting the vertical travel paths was detected by abnormal P-wave first arrivals in the VSP dataset of a borehole located near the city of Bad Frankenhausen. In addition, a strong attenuation of the source signals may indicate areas influenced by subrosion.

S3.B-034

Steigerung des Signal zu Rausch Verhältnisses bei Feld-NMR (SNMR, MRS) Messungen mittels Vorpolarisation.

*T. Radic*¹, S. Costabel²*

¹Radic Research, Berlin,

²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Berlin

Die Surface Nuclear Magnetic Resonance (SNMR) Methode erlaubt die direkte Quantifizierung und Charakterisierung von ungebundenem Wasser im oberflächennahen Untergrund. SNMR Messungen in dicht besiedelten Gebieten, wie sie in Mitteleuropa fast überall anzutreffen sind, bedingen aber häufig S/R-Verhältnisse von weniger als 1. Trotz mittlerweile ausgereifter Strategien zur Unterdrückung von Störsignalen ist ein zeitraubendes Stacking unvermeidlicher Bestandteil fast jeder SNMR Messung. Die Nutzsignalamplitude skaliert linear mit dem Wassergehalt und der Stärke des lokalen Erdmagnetfeldes. Könnte man ein kün-

stliches statisches Feld im Geländemaßstab erzeugen, dann sollte sich die Nutzsignalamplitude erhöhen, ein größeres S/R-Verhältnis und schließlich ein höherer Messfortschritt erzielen lassen. Wir haben aus diesem Grund unsere vielfach eingesetzte SNMR Apparatur (MRS-MIDI) um einen Transmitter zur Vorpolarisation (VP) des Untergrundes ergänzt. Innerhalb der 2 Meter messenden VP-Loop kann für einige Sekunden ein Feld von 500 μT erzeugt werden. Hierdurch erhöht sich die nukleare Magnetisierung des Wassers in den oberen 1-2 Metern um bis zu einer Größenordnung. Die sich unmittelbar anschließende "konventionelle" SNMR Messung regt dann ein bis zu 10-fach größeres Antwortsignal (FID) an. Nach kurzer Zeit geht diese erhöhte Magnetisierung jedoch wieder verloren. Entscheidend ist hier die longitudinale Relaxationszeit T1. Vor jeder weiteren SNMR-Messung muss das Grundwasser daher erneut vorpolarisiert werden. Für geringe Erkundungstiefen von bis zu 2 m erweist sich diese Vorgehensweise als deutlich effektiver und ermöglicht neue Anwendungsgebiete für die SNMR, z.B. Untersuchung des Bodenwassers in der Humusschicht oder Feuchtezonen in Tunneln und Bergwerken. Im Interesse größerer Erkundungstiefen wären noch höhere Feldstärken und größere VP-Loop Abmessungen wünschenswert. Allerdings wäre der technische und logistische Aufwand mit den derzeit verfügbaren Mitteln noch zu hoch.

S3.B-035

Seismic Investigation of the Glacier de la Plaine Morte, Switzerland

G. Laske^{*1}, *M. Krage*², *F. Lindner*³, *F. Walter*³

¹Scripps Institution of Oceanography, UCSD, IGPP, La Jolla, United States,

²Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster,

³Lab. of Hydraulics, Hydrology and Glaciology, ETH, Zürich, Schweiz

Glacier de la Plaine Morte is a plateau glacier along the border between Valais and Berne cantons. It covers a narrow elevation range and is extremely vulnerable to climate change. During snow melt, it feeds three marginal lakes that have experienced sudden subglacial drainage in recent years, thereby causing flooding in the Simme Valley below. Of greatest concern is Lac des Faverges at the southeastern end of the glacier that has drained near the end of July in recent years, with flood levels reaching capacity of flood control systems downstream. The lake levels are carefully monitored but precise prediction has not yet been achieved.

In the search for precursory ice fracturing to the lake drainage to improve forecast, four seismic arrays comprised of five short-period borehole seismometers provided by Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich as well as fifteen 3-component geophones from the Geophysical Instrument Pool Potsdam (GIPP) collected continuous seismic data for about seven weeks during the summer of 2016. We present initial results on discharge dynamics as well as changing noise levels and seismicity before, during and after the drainage of Lac des Faverges.

Compared to previous recent years, the 2016 drainage of Lac des Faverges occurred unusually late on August 28.

With an aperture between 100 and 200 m, the small arrays recorded many hundred ice quakes per day. A majority of the events exhibits clearly dispersed, high-frequency Rayleigh waves at about 10 Hz and higher. A wide distribution of events allows us to study azimuthal anisotropy and its relationship with the orientation of glacial crevasses.

S3.B-036

Deformationsüberwachung mit Gravimetrie? Ein Experiment im Erdfallgebiet in Hamburg-Flottbek

*A. Weise¹, G. Gabriel*¹, T. Kersten², S. Schön², L. Timmen², D. Vogel¹*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover,

²Institut für Erdmessung, Leibniz Universität Hannover, Hannover

Erdfälle sind durch Auslaugung löslicher Gesteine langsam bis plötzlich eintretende Senkungs- und Kollapsereignisse an der Erdoberfläche mit Durchmessern von wenigen Metern bis zu einigen 100er Metern. Sie stellen insbesondere in urbanen Gebieten eine Gefährdung dar. Im BMBF-Verbundprojekt SIMULTAN (Sinkhole Instability: integrated MULTi-scale monitoring and ANalysis) soll die Untersuchung und Überwachung von Erdfallgebieten mit Methoden der Geophysik, Petrophysik, Geodäsie und Hydrologie zur Entwicklung eines Früherkennungssystems für Instabilität führen, um zusammen mit Modellierungen das Prozessverständnis zu fördern.

Ein Fokusgebiet sind die Erdfälle/Senkungsgebiete Wobbe See und Flottbek Markt in Hamburg mit geringen Senkungsraten von 1-2 mm/Jahr. Als Ursache werden Lösungsprozesse im Zusammenhang mit dem Othmarschen-Langenfelde Diapir unter Hamburg vermutet. Vereinzelt auftretende Mikrobeben sind eine besondere Charakteristik. Seismische Messungen ermöglichen Hinweise auf die Untergrundstruktur.

In diesem Projekt wird ein integrativer geodätisch-gravimetrischer Ansatz zur Beobachtung von Oberflächendeformation und Massenumlagerung infolge Subrosion für die Überwachung im Erdfallgebiet verfolgt. Mittels wiederholter Nivellements werden mögliche Höhenänderungen ermittelt (Genauigkeit $\pm 1-2$ mm). Ob potentielle Massenänderungen auftreten und nachweisbar sind, wird mit wiederholten Präzisions-Schweremessungen erkundet. Das aus 8 Festpunkten bestehende Netz wird vier Mal/Jahr mit drei ausgewählten Gravimetern höchster Präzision im Step-Verfahren gemessen, wobei 13 Schweredifferenzen mehrfach beobachtet werden. Die Messkampagnen starteten mit Beginn 2016. Erste Auswertungen ergeben erreichbare Genauigkeiten der ausgeglichenen Schweredifferenzen von wenigen μGal , in Abhängigkeit auch von den Herausforderungen in urbanem Messgebiet, z.B. Bodenunruhe. Zusätzlich sind saisonale Schwankungen, verursacht durch lokale hydrologische Einflüsse, und anthropogen bedingte Änderungen zu separieren. Die Frage nach der Signifikanz potentieller Deformationen und Änderungen wird realistische Fehler-Abschätzungen erfordern. Der Anschluss der relativen Methoden an übergeordnete Referenzsysteme soll Aussagen zur langfristigen Stabilität ermöglichen. In der Höhe wird mittels GNSS an das Koordinatensystem ITRF2008 angeschlossen, wobei urbane Gegebenheiten neue Lösungsansätze und angepasste Registrierzeiten erfordern. In der Schwere werden jährliche Absolutmessungen realisiert.

S3.B-037

Evaluation of a fast 3D linear theory for interpreting EMI conductivities measured with portable multi-configuration sensors

J. Guillemoteau, J. Tronicke*

Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam

Portable loop-loop electromagnetic induction (EMI) sensors are increasingly employed in diverse applications including those from soil sciences, hydrology, and archaeology.

Approximate forward modeling methods based on a homogeneous half-space kernel have been extensively evaluated in the past for the geophysical EMI problem. For large-scale exploration methods, such as magnetotellurics, marine EM, airborne EM, transient EM, and large offset loop-loop harmonic EM, such a linear forward modelling approach is limited because the kernel depends strongly on the subsurface distribution of electrical conductivity. However, portable EMI multi-configuration sensors using rather low frequency harmonic sources (< 20 kHz) and rather small coil separations (≤ 2 m) operate in the low induction number (LIN) domain, for which the conductivity has a minor effect on the Fréchet kernel. To model data measured by portable EMI multi-configuration sensors, we have developed a rapid forward modelling approach, which is based on a homogeneous half-space kernel. By performing our calculations in the hybrid spectral-spatial domain (k_x, k_y, z), it is possible to generate large data maps containing more than 100,000 stations within a minute on a standard modern laptop computer. We compare this forward modelling approach to a robust approach based on the integral equation (IE) method. Our results show that, as long as the LIN approximation is fulfilled (i.e., if the electrical conductivity is smaller than 0.5 S/m), the linear theory allows to accurately and robustly handle the structural characteristics of the subsurface conductivity distribution. We therefore expect that our forward modelling procedure can be implemented in rapid multi-channel deconvolution procedures in order to instantaneously extract the structural properties of the subsurface conductivity distribution from data sets acquired across rather large (hectare scale) areas.

S3.B-038

An Investigation of the Vertical Water-Content Distribution Using Guided GPR Waves

*S. Stadler¹, J. Igel^{*2}, K. Spitzer¹*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Water-content distributions in the subsurface can be obtained by investigating GPR wave velocities. The specific application studied here is using guided GPR waves by gradually lowering a metal rod in an existing borehole. This provides reflections from the lower end and thus yields interval velocity data for vertical soil moisture computations. Numerical simulations are performed using the FDTD software *gprMax*, and the simulated data are compared to real test studies. The aim of this research is to analyze the characteristics of the wave propagation in the underground and around the metallic waveguide, especially by attempting to quantify a sensible volume and the vertical resolution. Predictions can then be made about the quality and feasibility of guided-waves GPR soundings in different soils. 3D-Models of the antenna (400 MHz GSSI) and metal rod at different depths are made and the wave propagation simulated in the time domain. The simulations and measurements show that with the guided-waves GPR method the soil can be investigated up to a distance of approx. 10 cm around the borehole, with a vertical resolution of a few centimeters.

S3.B-039

Field Data Application of Sequential Full-Waveform Inversion of Refracted and Rayleigh Waves

*N. Athanasopoulos**, *T. Bohlen*

Geophysical Institute, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe

This study presents advances in elastic multi-parameter full-waveform inversion (FWI) for near-surface seismic applications. Rayleigh waves and compressional waves are often used in shallow seismic investigations. While Rayleigh waves are highly sensitive to the S-wave structure of the subsurface, refracted P-waves on the other hand provide information about the P-wave velocity structure.

A simultaneous application of FWI to both wave types is often difficult in shallow seismic investigations due to the high amplitudes of Rayleigh waves that dominate the calculation of the FWI objective function (misfit). We therefore suggest a new sequential FWI strategy in which we initially invert using the low-amplitude refracted P-waves and then subsequently the full wavefield including Rayleigh waves.

We show applications of this sequential FWI strategy to field data and compare the results with conventional multi-parameter FWI, in which both wave types are inverted simultaneously. The new sequential approach exhibits both a better convergence and lower misfit. The resulting S-wave velocity model appears to have a higher spatial resolution, and the P-wave velocity model is better correlated to the S-wave velocity structure.

S3.B-040

Oberflächennahe geophysikalische Untersuchungen des Aufbaus der Verwitterungszone im Schwarzwald und im Bayerischen Wald

B. Preugschat^{*1, 2}, *M. Stiller*¹, *A. Rohlf*², *D. Uhlig*¹

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

²Fachgebiet Angewandte Geophysik, Technische Universität Berlin, Berlin

Im Rahmen des Projekts "WeatherSeis", einer Kooperation der GFZ-Sektionen 2.2 (Geophysikalische Tiefensondierung), 2.7 (Oberflächennahe Geophysik) und 3.4 (Oberflächennahe Geochemie), wurden an ausgewählten Waldschadens-Standorten in Schwarzwald und Bayerischem Wald oberflächennahe, geophysikalische Messungen zur Charakterisierung des Aufbaus der Verwitterungszone durchgeführt.

Ziel der geophysikalischen Erkundungskampagnen ist die Entwicklung von alternativen Methoden zur hochauflösenden Untersuchung der Verwitterungszone - speziell in den Untersuchungsstandorten - bis in eine Tiefe von ca. 50 m. Hierbei sollen insbesondere die räumliche Struktur, Zonierung und die physikalisch-chemischen Eigenschaften bestimmt werden. Die Kenntnis über diese Parameter ermöglicht es, repräsentative Schlussfolgerungen auf hydrogeologische, rheologische, petrophysikalische und mineralogische Kontrollfaktoren der Verwitterung und des Wasserhaushalts zu ziehen.

Im ersten Teil des Projekts wurden im Schwarzwald längs von vier hangparallelen Profilen mit unterschiedlichen Höhenniveaus aktive seismische 2D-Messungen durchgeführt. Auf den jeweils 240 m langen Linien befanden sich die Geophone in 1 m Abständen. Als seismische Quellen dienten ein beschleunigtes Fallgewicht (P), ein Minivibrator (P und S) sowie

horizontale Hammerschläge (S), mit denen jeweils im 3 m Abstand angeregt wurde. Durch die gewählte Messkonfiguration können diese Datensätze nach Methoden der Refraktions- und Reflexionsseismik, Tomographie, Oberflächenwellen-Inversion, usw. ausgewertet werden. Die seismischen Messungen wurden durch geoelektrische und geoelektromagnetische Messungen (Multielektrodengeoelektrik, Radio-Magnetotellurik) längs derselben Profile ergänzt.

Im zweiten Teil des Projekts wurden zur generellen Bewertung der Erkundungsmethodik ausgewählte Messverfahren mit den gleichen geometrischen Konfigurationen im Bayerischen Wald eingesetzt, um die Vergleichbarkeit zu überprüfen. Neben P-Fallgewicht und S-Vibrator als Quelle wurde dabei auch eine neue selbstentwickelte Scherwellen-Impulsquelle erfolgreich eingesetzt. Abschließende geoelektrische und GPR-Messungen sind noch geplant.

Zur Validierung und Kalibrierung stehen für beide Untersuchungsgebiete abgeteufte Kernbohrungen zur Verfügung. Alle gewonnenen Datensätze werden zunächst separat ausgewertet, anschließend sollen eine Joint Inversion und eine Komplexinterpretation sowie eine Zusammenführung mit vorliegenden geochemischen Datensätzen erfolgen.

S3.B-041

Bestimmung der Fließdynamik in einem Mäanderbogen mittels invasiver sowie nicht invasiver geophysikalischer und direct push-gestützter Messverfahren

*M. Pohle*¹, M. Kreck¹, N. Trauth², L. Busato³, J. Boaga³, P. Dietrich^{1,4}, C. Schütze¹, T. Vienken¹, U. Werban¹*

¹Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig, ²Department Hydrogeologie, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Leipzig,

³Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova, Padua, Italy,

⁴Fachbereich Geowissenschaft, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen

Bei der Vermischung von Fluss- und Grundwasser in der riparischen Zone finden vielzählige Prozesse mit außerordentlich hoher ökologischer Relevanz statt. Diese komplexen Prozesse unterliegen einer großen räumlichen Heterogenität und einer hohen zeitlichen Variabilität, was die Erfassung und das Verständnis der darin ablaufenden hydrodynamischen Prozesse erheblich erschwert.

An einem Mäanderbogen der Selke (Harzvorland) soll durch einen (Salz)-Tracertest ein erweitertes Verständnis der Fließprozesse in der Übergangszone zwischen Fluss und angrenzendem Aquifer erlangt werden.

Das Auffinden des Tracers erfolgte mittels Datenloggern zur Erfassung der elektrischen Leitfähigkeit in Grundwassermessstellen und zusätzlich durch den Einsatz von invasiven sowie nicht invasiven geophysikalischen und direct push-gestützten Messverfahren. Ziel dieses Methodentests ist die Ableitung von Messkonzepten für zukünftige Untersuchungen zum Nitratsatz in der riparischen Zone, insbesondere auch zur Vorbereitung von Experimenten mit reaktiven Tracern. Zusätzlich zu den vorhandenen herkömmlichen Grundwassermessstellen wurden vier Messstellen mit Bohrlochelektroden (Elektrodenabstand 50 cm) ausgestattet und von der Oberfläche ein Monitoring mittels Misse-à-la-Masse durchgeführt. Die Durchbruchskurven des Tracers werden in drei der vier Messstellen durch die Bohrlochelektroden mit verschiedenen Ankunftszeiten erfasst. Die Ankunftszeitpunkte

stimmen mit den Ergebnissen aus den Datenloggern überein. Jedoch erbrachte der Einsatz von Bohrlochgeoelektrik durch die hohe Anzahl an Sensoren (zehn Elektroden je Bohrloch) vertikal tiefenaufgelöste Informationen zur Tracerankunft und -verteilung im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Datenloggern (ein oder teilweise zwei Logger in einer Grundwassermessstelle). Die Ergebnisse der Bohrlochtomographie liefern zusammen mit den Ergebnissen aus direct push-gestützten hydraulischen Tests ein detailliertes Abbild der Fließpfade innerhalb des Mäanderbogens.

S4.B-042

Combined Radiation Belt - Plasma Sheet System Modeling

N. Aseev^{*1,2}, *Y. Shprits*^{1,2,3}, *A. Kellerman*³, *A. Drozdov*³, *H. Zhu*³

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²University of Potsdam, Potsdam, ³University of California Los Angeles, Los Angeles, United States

Recent years have given rise to numerous mathematical models of the Earth's radiation belt dynamics. Driven by observations at geosynchronous orbit (GEO) where satellites (e.g. GOES and LANL) provide extensive in-situ measurements, radiation belt models usually take into account only diffusion processes in the energetic electron belts (100 keV and greater), leaving aside the dynamics of colder source population (tens of keV). Such models are able to reconstruct the radiation belt state, but they are not capable of predicting the electron dynamics at GEO, where many communication and navigation satellites currently operate.

In this work we present combined four-dimensional electron radiation belt - plasma sheet model accounting for adiabatic advective transport, radial diffusion due to interaction with ULF waves, local acceleration of electrons, scattering into the atmosphere, magnetopause shadowing, and adiabatic effects due to contraction and expansion of the magnetic field. The developed model is applicable to energetic, relativistic and ultrarelativistic electrons as well as to source electron population. The model provides spatial particle distribution allowing us to compare and validate the model with multiple satellite measurements at different MLT sectors (e.g. Van Allen Probes, GOES, LANL, THEMIS, etc.). The model can be helpful for the prediction of crucial for satellite operators geosynchronous electron fluxes and electron radiation belt dynamics including the heart of the outer belt, slot region and inner belt.

S4.B-043

Modeling Anomalous Rayleigh-wave Azimuthal Anisotropy near Hawaii

G. Laske^{*1}, *L. Ramme*²

¹Scripps Institution of Oceanography, UCSD, IGPP, La Jolla, United States,

²Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

The 2005-2007 Hawaiian PLUME (Plume-Lithosphere Undersea Melt Experiment) deployment yielded continuous seismic data at ten land stations and nearly 70 ocean bottom sites. Both the usage broad-band seismometers as well as the central location of Hawaii with good azimuthal seismicity coverage has allowed us to conduct a comprehensive analysis of surface wave azimuthal anisotropy at periods between 20 and 100 s. We use a sub-array approach to obtain 'in-situ' estimates of azimuthal variations in the attempt to minimize imaging trade-offs and cross-mapping with lateral heterogeneity. We apply the standard Smith-and-Dahlen trigonometric expansion to express azimuthal variations. A systematic comparison between results obtained for different truncation levels in the trigonometric expansion allows us to assess stability of the results and assign error bars.

At long periods, azimuthal anisotropy is increasingly disturbed away from the pattern expected for a cooling Pacific plate where ambient plate motion is 'frozen' to the bottom of the thickening plate. We present results from grid-search modeling for best-fitting several-layer models that contain anisotropic mantle material with hexagonal symmetry.

Finding the optimal orientation of the symmetry axis and the corresponding thickness of anisotropic layers are some of the focus aspects in the grid search. Results suggest that ascending mantle plume material penetrates the asthenosphere to the southwest of Hawaii but does not reach into the upper lithosphere. Part of this work was conducted through a DAAD-sponsored (Deutscher Akademischer AustauschDienst) undergraduate RISE fellowship.

S4.B-044

Validation of three-dimensional data assimilation and reanalysis of radiation belt electrons

*J.S. Cervantes-Villa^{*1}, Y.Y. Shprits^{1, 2, 3}*

¹Section 2.3 Earth's Magnetic Field, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²Institute of Physics and Astronomy, University of Potsdam, Potsdam, ³Earth, Planetary, and Space Sciences, University of California, Los Angeles, United States

Satellite observations are often incomplete and inaccurate and may have only limited spatial coverage. However, through data assimilation they can be blended with information from physics-based models, in order to fill gaps and lead to a better understanding of the underlying dynamical processes. Data assimilation methods have been extensively used to analyze and predict meteorological, oceanographic, and climate processes. With the advent of spaceborne observational data and the development of more sophisticated space-physics models, dynamical processes in the Earth's radiation belts can be analyzed and assessed using data assimilation methods.

In this study, reanalysis of radiation belt electrons is achieved through data assimilation of Van Allen Probes mission and Geostationary Operational Environmental Satellite with the 3D Versatile Electron Radiation Belt using a split-operator Kalman filter technique. Results are statistically validated for several field models and boundary conditions. Sensitivity of the reanalysis electron flux to available spacecraft data is also assessed.

S4.B-045

Geodynamic modelling of the ice-ocean system on Enceladus

*H. Hellard^{*1, 2}, F. Sohl¹, W. Van der Wal², T. Steinke²*

¹DLR, Berlin, ²Delft University of Technology, Delft, Netherlands

The Saturnian moon Enceladus is one of the most geologically active bodies in the solar system [1]. Ridged terrains dominated by intense tectonism are observed on both hemispheres while plume jets emanating from geological surface cracks are confined to the South Polar Terrain, thereby suggesting lateral heterogeneity of the satellite's internal structure [2]. While the latter is not directly accessible, thermodynamic modelling provides important insights and constraints on its composition and physical properties. This study aims at investigating the constraints imposed by the temperature distribution within the ice-ocean system on the rheological structure of the ice shell and its lateral variations. We start from building internal structural reference models composed of four spherically symmetric homogeneous layers: a core, a salty liquid water layer, a lower warm ductile ice sublayer and an upper cold brittle ice

sublayer. Since the total ice shell thickness is small compared to the satellite's mean radius (less than 10%), we apply the thin shell approximation [3]. It allows us to further compute a consistent three dimensional thermodynamic model of the ice-ocean system accounting for the dissipation of tidal energy induced by diurnal tides. We emphasize that the higher the core density, the lower the total ice shell thickness to keep the ocean density within a realistic range (typically below 1250 kgm^{-3}). We show that tidal dissipation solely occurs within the viscous lower ice sublayer. The calculated polar surface heat flow is roughly three times higher compared to the equatorial one. We finally propose a method to derive lateral variations of the rheological boundary between the ductile and brittle ice sublayers that is consistent with the computed three dimensional temperature distribution.

References

1. Spencer, J., & Nimmo, F. (2013). *The Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 41, 693-717. 2.
- Hsu, H.-W., et al. (2015). *Nature*, 519, 207-210. 3. Beuthe, M. (2014). *Icarus*, 248, 109-134.

S4.B-046

EMIC Waves Observed by Van Allen Probe in the Inner Magnetosphere

D. Wang^{*1,2}, *Z. Yuan*², *X. Yu*², *C.A. Kletzing*³, *J.R. Wygant*⁴

¹Helmholtz Centre Potsdam, GFZ, German Research Centre For Geosciences, Section 2.3, Potsdam, ²Department of Space Physics, Wuhan University, Wuhan, China,

³Department of Physics and Astronomy, University of Iowa, Iowa City, United States,

⁴School of Physics and Astronomy, University of Minnesota, Minneapolis, United States

Utilizing the data from magnetometer instrument of EMFISIS suite on board Van Allen Probe A, the occurrences of EMIC waves in the inner magnetosphere under different geomagnetic conditions are investigated. 76 storms were identified during the period under research, from 8 September 2012 to 30 April 2014, when the apogee of Van Allen Probe A covered all the MLT sectors. 50 of the 76 storms observed 124 EMIC wave events, of which 80 are found in the recovery phase, more than those observed in the main phase. Occurrence rates of EMIC waves as a function of L and MLT during different geomagnetic conditions are also examined, whose peaks in main phase are higher than those in recovery phase. However, occurrences of EMIC waves in recovery phase distribute more uniformly than those do in main phase. Evolution of the distribution characteristics of EMIC waves respect to L and MLT in different geomagnetic phases is investigated, consistent with that of the plasmasphere during geomagnetic storms, implying that the cold and dense plasma in the plasmasphere or plasmaspheric plume play a significant role in the generation of EMIC waves in the inner magnetosphere. Few EMIC waves in the dayside sector during the pre-onset periods are observed, suggesting that the effect of solar wind dynamic pressure on the generation of EMIC waves in the inner magnetosphere in that period is not so significant as that in the outer magnetosphere.

S4.B-047

Earthquake Induced Surface Deformation Measured by VLBI

*N. Thoonsaengngam**¹, *H. Schuh*^{1,2}, *R. Heinkelmann*^{1,2}, *M. Karbon*^{1,2}

¹Institute of Geodesy and Geoinformation Science, Technical University of Berlin, Berlin,

²German Research Center for Geosciences (GFZ), Potsdam, Potsdam

Earthquakes can cause surface deformation which in turn affects observables of Very Long Baseline Interferometry (VLBI), the most precise of the space geodetic techniques. We looked at the Tohoku earthquake (11th March 2011) as a case study which shows that jumps in VLBI station coordinate time series and non-linear trends can be caused by earthquakes. To assess the effects of earthquakes, station coordinate time series of antennas from 1979 to 2014 were determined. The time series were analysed using edgeDetect, a program based on Moving Average theory, to automatically detect jumps in the time series. The analysis showed that edgeDetect could identify epochs of jumps that correspond to the metadata of earthquakes established by United States Geological Survey (USGS) and post-seismic deformation models of International Terrestrial Reference Frame 2014 (ITRF2014). Therefore, we concluded that earthquakes which are greater than magnitude 5 and are within 750 kilometres to VLBI antennas could affect the observables. The effect is seen as jumps in time series. In addition, multivariate adaptive regression splines (MARS) was applied to the data to detect nonlinearity. However, the base function of MARS does not suit the deformation characteristic caused by earthquakes and therefore could not provide the expected deformation model. Logarithm and exponential functions are suggested to be the base function of the deformation model for further study of the earthquake mechanism. This information of earthquakes and effects could be used for VLBI analysis, to treat the data better and for further implementation.

S4.B-048

The new World Stress Map database release 2016 - global crustal stress pattern across scales vs. absolute plate motion

*O. Heidbach**¹, *M. Rajabi*², *K. Reiter*³, *M. Ziegler*^{1,4}

¹GeoForschungsZentrum Potsdam GFZ, Potsdam, ²University of Adelaide, Adelaide, Australia, ³TU Darmstadt, Darmstadt, ⁴Universität Potsdam, Potsdam

The World Stress Map (WSM) Project was initiated in 1986 under the auspices of the International Lithosphere Program in order to compile global information on the contemporary crustal stress state. The data come from a wide range of stress indicators such as borehole data (e.g. hydraulic fracturing, borehole breakouts), earthquake focal mechanism solutions, engineering methods (e.g. overcoring), and geological data (e.g. inversion of fault slip measurements). To guarantee the comparability of the different data sources each data record is assessed with the WSM quality ranking scheme. For the 30th anniversary we compiled the new WSM database release 2016 with 42,870 data records which is an increase by >20,000 data records compared to the WSM 2008 database. In particular we added new data from more than 3,500 deep boreholes and put special emphasis on regions which previously had sparse or no published stress data such as China, Australia, Brazil, Southern Africa, Canada, the Middle East and Iceland. Furthermore, we fully integrated the Chinese and the Australian stress databases. The resulting data increase reveals several areas with regional and local variability of the stress pattern. In particular we re-visited the hypothesis whether plate boundary forces are the key control of the plate-wide stress pattern as indicated by the first

release of the WSM in 1989. As the WSM has now more than 10 times the data records and thus a better spatial coverage, we first filter the long-wave length stress pattern on a regular grid. We determine at these grid points the difference between absolute plate motion azimuth using the global plate model HS3-NUVEL1A and the mean orientation of the maximum horizontal stress. The preliminary results show that the earlier findings are still valid in principal. However, all plates show in some parts significant deviations from this general trend; some plates such as the Australian Plate show hardly any correlation at all. These deviations seem to be either due to mantle drag forces, different plate boundary forces acting in different directions, additional internal body forces or major structural inhomogeneities.

S4.B-049

Observation and modelling of scattering in the deep Earth

C. Thomas^{*1}, *M. Thorne*²

¹Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster,

²University of Utah, Utah, United States

Small heterogeneities in the deep Earth give rise to scattered waves that can be detected as coda waves or precursor waves in the seismic wavefield. Especially scattering near the core-mantle boundary is easily identifiable, since waves generated through this mechanism arrives as precursors to the wave PKP and several regions in the lower mantle have been identified previously that scatter waves. It is, however, not clear yet whether scattering occurs in the entire lower mantle or near the core mantle boundary. Furthermore, the cause for the small-scale heterogeneities is currently still under debate. Suggestions in the literature range from melt pockets to core-mantle boundary topography and broken-off pieces of slab material. Here we use recording from a large number of seismic arrays to identify PKP precursors and using array methods, locate scatterers. This also allows to overcome the source-receiver ambiguity (scattering near entrance to the core or near exit). We also test the frequency dependence of the scattered waves to gain a better understanding of their underlying cause. We will especially focus on the difference in amplitude of the scattered waves from different regions and combine the observations with diffracted waves from the core-mantle boundary (PKPb-diff) in order to understand their connection to lowermost mantle structure. Full waveform modelling in 2.5D of scattered waves indicates that we can match several of our observations in real data.

S4.B-050

Untersuchung der Ozeanauflast anhand nicht-linearer, nicht-stationärer Ozeanmodelle an verschiedenen, europäischen supraleitenden Gravimetern

*E. Schroth*¹, *T. Forbriger*^{*2}, *M. Westerhaus*¹, *M. Müller*³, *A. Mehra*⁴, *L. Liu*⁴, *M. Thomas*⁵, *J. Saynisch*⁵

¹Geodätisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe,

²Black Forest Observatory (BFO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Schiltach,

³Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway, ⁴NOAA Center for Weather and

Climate Prediction, College Park, United States, ⁵Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum, Sektion 1.3: Erdsystemmodellierung, Potsdam

Die jährlichen Variationen der M2-Gezeitenparameter können global beobachtet werden und liegen für die meisten europäischen supraleitenden Gravimeter (SG) in einer Größenordnung von 10^{-4} im Gravimeterfaktor und 10^{-2} Grad in der Phase. Die in den Ozeanen auftretende, jährliche Variation der M2-Amplitude ist größer als man es auf Grund der astronomischen Anregung erwarten würde,

was vermutlich auf Wechselwirkungen der Tiden mit der allgemeinen, atmosphärisch angeregten ozeanischen Zirkulation, besonders in den Schelfgebieten, zurückzuführen ist. Durch Auflast und Newton'sche Anziehung führt dies zu Schwereänderungen, die an SG-Stationen registriert werden und die Ursache für die zeitlichen Variationen der Gezeitenparameter sein können.

Über die Green's Funktion berechnen wir die Auflast und Newton'sche Anziehung der ozeanischen Massen für die Stationen Black Forest Observatory (BFO), Straßburg, Moxa und Membach. Die dazu benötigten Meeresspiegelwerte erhalten wir aus den nicht-linearen, hydrodynamischen Ozeanmodellen Atlantic Real-Time Ocean Forecast System (ARTOFS), STORMTIDE und Ocean Model for Circulation and Tides (OMCT), die die oben genannten Effekte enthalten. ARTOFS, das auf den Nordatlantik beschränkt ist, assimiliert verschiedene Messdatensätze und liefert stündliche Werte des Meeresspiegels. Die Meereshöhen aus OMCT liegen alle drei Stunden vor und stehen global zu Verfügung. In STORMTIDE werden die Meeresspiegelwerte durch eine globale Verteilung von Amplituden und Phasen der acht größten ganz- und halbtägigen Tiden sowie Amplituden und Phasen einer jährlichen Variation der M2-Amplitude dargestellt.

Das berechnete Signal wird zu synthetischen Erdgezeiten addiert und mit ETERNA 3.4 gleitend analysiert. Die so ermittelten zeitabhängigen Gezeitenparameter können mit Ergebnissen aus Analysen von Messdaten verglichen werden und so zeigen, ob die beobachteten zeitlichen Variationen der M2-Gezeitenparameter durch die zeitlich veränderliche Antwort der Ozeane auf die Gezeitenanregung erklärt werden kann.

Die für ARTOFS und STORMTIDE ermittelten, zeitabhängigen Gezeitenparameter zeigen jährliche Variationen in der selben Größenordnung, wie die Ergebnisse aus Messdaten, wohingegen die OMCT-Simulationen zu deutlich geringeren Amplituden der jährlichen Variationen tendieren. Als Ursachen kommen u. a. die größere räumliche und zeitliche Auflösung und eine möglicherweise unterschätzte Wechselwirkung zwischen Tiden und windgetriebener Zirkulation in Frage.

S4.B-051

Global moment tensor computation at GFZ Potsdam

*J. Saul^{*1}, W. Hanka¹, J. Becker²*

¹GFZ Potsdam, Potsdam, ²gempa GmbH, Potsdam

As part of its earthquake information service, GFZ Potsdam determines seismic moment tensors for significant earthquakes world-wide since 2011. The software used to compute the moment tensors is a development by GFZ Potsdam and Gempa. It uses the framework of SeisComP 3 (Hanka et al., 2010), which is a software package for seismological data acquisition, archival, quality control and analysis. SeisComP 3 (SC3) is developed by GFZ Potsdam with significant contributions from its user community.

The moment tensor inversion technique uses a combination of several wave types, time windows and frequency bands depending on magnitude and station distance. Wave types include body and surface waves as well as the so-called "W-Phase" (Kanamori and Rivera, 2008). The inversion is performed in the time domain. Moment tensors are currently computed in a semi-automatic fashion. Inversions are performed automatically in near-real time, followed by analyst review prior to publication. Automatic results are often good enough to be published without further improvements, sometimes in less than 30 minutes from origin time. In those cases where a manual interaction is still required, the automatic inversion usually does a good job at pre-selecting those traces that are the most relevant for the inversion, keeping the work required for the analyst at a minimum.

GFZ moment tensors are generally in good agreement with those published by the Global Centroid-Moment-Tensor (GCMT) project. Additionally we publish solutions for smaller earthquakes in Europe, above about Mw 4, that are usually not analyzed by the GCMT project. 1104 moment tensor solutions were published by GFZ in 2016, including 99 solutions for earthquakes in and around Europe.

S4.B-052

Modeling long-term magnetospheric field perturbations recorded by geomagnetic observatories

L. Pick, M. Korte*

Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Magnetospheric currents generate the largest external contribution to the geomagnetic field observed on Earth. The solar-driven effect of the ring current whose fluctuations overlap with internal field secular variation (SV) is of particular importance. Recent core field models thus co-estimate this effect but their validity is mostly limited to the last ~15 years offering satellite data. We aim at eliminating magnetospheric modulation from the whole geomagnetic observatory record from 1840 onwards in order to obtain clean long-term SV that will enhance core flow and geodynamo studies.

The ring current effect takes the form of a southward directed external dipole field aligned with the geomagnetic main field axis. Commonly the Dst index is used to parametrize temporal variations of this dipole term, but for long periods it suffers from baseline instabilities. The alternative RC index was derived from hourly means of 21 stations spanning 1997-2013 (Olsen et al., GJI, 2014).

We follow their methodology based on annual means from a reduced station set spanning 1960-2010. The subtraction of internal field contributions from this data set prior to spherical harmonic analysis is performed using results from core field models. These residuals are then inverted in a Bayesian least-squares approach to yield our final “MC” index with corresponding standard deviation. As opposed to the RC index we can expect our result to display the true absolute level of magnetospheric field variations.

The MC index reproduces the original annual RC index variability with a reasonable offset of ~13 nT in the reference time window 2000-2010. Prior to that it's long-term trend is consistent with the 11-year solar cycle while higher frequency variations are closely tracked by geomagnetic activity indices (Dst, Ap). Reducing the station number results in higher standard deviations especially in earlier times when they reach ~10 nT. The effect of station distribution is planned to be investigated in detail when we increase time resolution to hourly means. However, at this stage the MC index can already facilitate the detection of geomagnetic jerks in observatory data.

BL.B-053

Interpretation geophysikalischer Bohrlochmessungen: Empirische Gleichungen für thermische Parameter von Sedimentgesteinen

*S. Fuchs*¹, N. Balling², A. Förster¹*

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

²Department of Geoscience, Aarhus University, Aarhus, Denmark

Die Aussagekraft numerischer Temperaturmodelle für geodynamische oder nutzungsbezogenen Analysen der Erdkruste hängt direkt von der genauen Kenntnis der thermischen Gesteinseigenschaften im Untergrund ab. Üblicherweise werden diese an Gesteinsproben im

Labor bestimmt, was die Verfügbarkeit der Messergebnisse auf wenige gekernete Bohrungsabschnitte begrenzt. Um die verfügbare Datenbasis zu vergrößern bieten sich geophysikalische Bohrlochmessungen an, aus denen thermische Eigenschaften indirekt für Gesteine, geologische Formationen oder ganze Bohrungsprofile approximiert werden können.

Wir präsentieren für Sedimentgesteine einen neuen, universell anwendbaren Ansatz für die Ermittlung von Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit und spezifische Wärmekapazität, der auf der Verwendung von verschiedenen Kombinationen geophysikalischer Standardbohrlochmessungen (Gamma-Log, Dichte-Log, Neutronen-Porosität, Akustik-Log, Photoelektrischer Faktor) basiert. Zunächst wurden für synthetische Gesteine mit unterschiedlichen Modalbestandteilen und Porositäten (0–30%) petrophysikalische Eigenschaften auf Basis von Mischmodellen berechnet. Mit Hilfe multivariater statistischer Analysen wurden dann für Klastika, Karbonate und Evaporite die Beziehungen zwischen jeder der thermischen Eigenschaften und den Bohrlochgeophysikalischen Messungen an einem Regressionsdatensatz (zufallsbestimmte 70% des Gesamtdatensatzes) untersucht und daraus Prognosegleichungen abgeleitet (Fuchs et al., 2015). Die Bestimmung der Prognosequalität erfolgte am 30%-Testdatensatz. Die Kombination von wenigstens drei (max. 5) Bohrlochmessverfahren ermöglicht Prognosen mit Unsicherheiten (absoluter Fehler) von <15% für Wärmeleitfähigkeit und Temperaturleitfähigkeit und von <10% für spezifische Wärmekapazitäten. In einem weiteren Vergleich mit Benchmark-Laborwerten von Proben tiefer Bohrungen des Dänischen Beckens, des Norddeutschen Beckens und des Molassebeckens ergaben sich für die Wärmeleitfähigkeit 3–5% höhere Unsicherheiten im Vergleich zu den am Test-Datensatz ermittelten Unsicherheiten. Am Beispiel einer 4 km tiefen Bohrung zeigen wir, dass mit Hilfe des prognostizierten Wärmeleitfähigkeitsprofils und bei bekannten lokalem Wärmestrom der Temperatur-Tiefen-Verlauf mit Maximalfehlern <3°C im Vergleich zum gemessenen Temperaturlog approximiert werden kann. Eine Validierung der Prognosen zur Temperaturleitfähigkeit und spezifischer Wärmekapazität steht mangels geeigneter Labor-Messdaten noch aus.

BL.B-054

Combined borehole seismic and downhole logging to characterise mid-crustal deformation patterns in the Scandinavian Caledonides

*F. Krauß^{*1}, P. Hedin², B. Almqvist², H. Simon³, S. Pierdominici¹, R. Giese¹, S. Buske³, C. Juhlin², H. Lorenz²*

¹Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 6.4 Zentrum für Wissenschaftliches Bohren, Potsdam, ²Uppsala University, Earth Science Department, Uppsala, Sweden, ³Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

The COSC drilling project (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) aims at a better understanding of deep orogenic processes in mountain belts. A prime example of a well preserved and deeply exhumed Palaeozoic orogenic belt is the Scandinavian Caledonides. The 2.5 km deep borehole COSC-1 was drilled into the hot emplaced Seve Nappe Complex (SNC). The upper 2350 m of the borehole consists of alternating layers of felsic and mafic lithologies. At c. 2350 m, the borehole leaves the SNC and penetrates a meta-sedimentary unit of unknown tectonostratigraphic position. From about 1700 m to the final depth of 2500 m interfingering bands of mylonitic deformation indicate a high strain zone of at least 800 m in thickness.

Accompanying the drilling, downhole logging campaigns and an extensive seismic survey were executed. The seismic survey comprised three parts: (i) a limited 3D-survey, (ii) a high

resolution zero-offset VSP (vertical seismic profile; ZVSP) with 2 m receiver spacing and (iii) a multi-azimuthal walkaway VSP with sources and receivers both along surface profiles and in the borehole. The ZVSP data have high S/N-ratios with signal frequencies up to 150 Hz. Data processing allowed determination of P- and S-wave first arrival times for 1D velocity analysis and the calculation of a corridor stack for comparison with surface seismic surveys. Downhole logging data are used as input for cluster analysis to provide additional information for interpretation of borehole and surface seismics. The cluster analysis was performed looking for two and four clusters using the k-means algorithm and the L^2 -norm. The outcomes of both cluster analyses match the alternating layering of felsic and mafic lithologies as determined in drill core. However, first evaluation of the cluster analyses also suggests to further differentiate this interpretation at c. 1700 m depth, because the petrophysical properties seem to change within the shear zone. A first comparison of cluster analysis results and the 3D surface seismic shows good correlation of reflectors and changes of clusters. These results confirm that a combined utilization of borehole seismic and downhole logging data serve to elucidate basement structures in detail. A future step will be a combination of cluster analysis results, surface and borehole seismic results to better characterise the SNC and its internal reflectors, as well as differences between the SNC outside and inside the shear zone.

BL.B-055

Correlation of small scale variability of rock physical properties revealed from geophysical borehole and core logging

P. Methe, N. Kukowski, A. Goepel*

Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena

Sedimentary basins, like most parts of the upper continental crust, are characterized by very heterogeneously distributed and anisotropic physical properties making it necessary to acquire geophysical data with the highest resolution possible. To study the impact of small scale acoustic and hydraulic heterogeneities on fluid flow processes in a sedimentary basin we use geophysical logging data from a 1,179 m deep drill hole in the centre of the Thuringian Basin, a small southern extension of the North German Basin characterized by Permian to Triassic sediments. Additionally, physical properties were measured along the entire 533 m of cores with a Multi Sensor Core Logger (MSCL), which provides a higher spatial resolution (1 to 2 cm) compared to state-of-the-art industrial logging (vertical resolution varies in the dm-scale). The sedimentary stratigraphy at this drilling site includes potential aquifers, e.g. the Volpriehausen and Solling formations in the Middle Buntsandstein, but also aquitards.

From the numerous logs acquired, e.g. caliper, inclination, acoustic televiewer, gamma ray, neutron-neutron porosity, we mainly focus on P-wave velocity and gamma-gamma density. We evaluated wireline logging data with MSCL data and in addition complemented the two datasets with laboratory measurements of physical properties on core samples from specific sections. The combined data sets confirm that our borehole geophysical logs enable vertical resolutions and layer identification in the sub-dm-scale, provided extensive data processing (e.g. depth matching) was performed.

The data sets further reveal that sub-dm resolution is only obtained if sampling rates during logging are on the cm-scale or in geological formations which contain small scale layering between rocks, which exert highly contrasting properties, e.g. interbeddings in evaporites. Therefore, thin layers of mudstone and anhydrite within the massive rock salt of the Salinaröt in the Upper Buntsandstein can be resolved already from the downhole logs alone,

whereas small embedded layers in clastic sediments (Buntsandstein) can be resolved only by MSCL measurements. Due to the lower contrast in physical properties, wireline logging is not sensitive for layers, whose thickness is in the sub-dm-scale. The combination of wireline and MSCL data allows to derive rock properties on the cm-scale from cored borehole sections.

BL.B-056

Eine Fallstudie über die Änderung der petrophysikalischen Eigenschaften von Bohrkernen aus Werkendam (Holland) aufgrund der Interaktion mit superkritischem CO₂

*N. Hbib**, *A. Mansfeld*, *G. Nover*

Steinmann Institut Bonn, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn

Veränderungen der Porosität, Permeabilität, elektrischen Leitfähigkeit und des E-Moduls wurden an Sandsteinen der Werkendambohrungen (nahe Rotterdam, Holland) WED2 und WED3 untersucht. WED2 (nicht CO₂ durchsetzt) und WED3 (CO₂ durchsetzt) sind direkt benachbart und durch eine geologische Verwerfung getrennt. Die Porositäten der unbehandelten Proben reichen von <0,3 wt% bis zu 15,9 wt% und die Permeabilitäten von < 0,01 mD bis >160 mD. Die petrophysikalischen Eigenschaften des gesamten Probensatzes (21 Bohrkernproben) wurden vor den Experimenten gemessen. In Folge wurden vier WED2 und vier WED3 Proben für die Druckautoklavenexperimente mit superkritischem CO₂ (scCO₂) ausgewählt. Diese wurden unter Drücken von 10 bis 12 Mpa und Temperaturen von 100°C bis 120°C durchgeführt. Die Sandsteinproben wurden teilweise mit salziger Lösung (0,1 M NaCl) gesättigt. In einer ersten Serie verweilten die Proben etwa 45 Tage in den Autoklaven und in einer zweiten dann insgesamt 120 Tage. Nach jeder scCO₂-Serie wurden Porosität, Permeabilität und elektrische Leitfähigkeit gemessen. Zwei der Proben zerfielen während der Messungen aufgrund von Lösungserscheinungen entlang toniger Adern. Die frequenzabhängige komplexe Leitfähigkeit wurde von 1 mHz bis 45 kHz gemessen, wodurch das Reaktionsverhalten an der inneren Oberfläche der Poren deutlich wurde. In einer letzten Serie wurden die uniaxialen Druckfestigkeiten und das E-Modul an allen 21 Proben gemessen, um eine Einschätzung über die Schwächung der Stabilität durch die Einwirkung der scCO₂ Behandlung zu erlangen.

BL.B-057

Dreikomponentige Bohrlochmagnetik in der Angewandten Geophysik

*C. Virgil**¹, *M. Neuhaus*¹, *S. Ehmann*¹, *A. Hördt*¹, *M. Leven*², *R. Giese*³

¹Technische Universität Braunschweig, Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGeP), Braunschweig, ²Universität Göttingen, Institut für Geophysik, Göttingen, ³Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Sektion 6.4 Zentrum für Wissenschaftliches Bohren, Potsdam

Der Vorteil dreikomponentiger (3K) Magnetfeldmessungen in Bohrungen, im Vergleich zu Totalfeldmessungen oder Horizontal- und Vertikaldaten, wurde schon früh erkannt und führte zu der Entwicklung der ersten triaxialen Bohrlochmagnetometer Ende der 1950er Jahre. Diese ersten Sonden orientierten sich am Gravitationsvektor. Durch Abschätzung des Bohrlochverlaufs war es so möglich in geneigten Bohrungen die Lage der Sonde zu bestimmen, um den gemessenen Magnetfeldvektor aus dem Sondensystem in das externe Referenzsystem zu überführen. Mit der Entwicklung von inertialen Messsystemen, wie mechanischen Kreiseln, wurde es möglich, auch in senkrechten Bohrungen die Orientierung der Sonde zu

bestimmen. Eine deutliche Verbesserung der Genauigkeit und der Langzeitstabilität der Lagebestimmung gegenüber diesen mechanischen Systemen wurde durch die Verwendung von optischen Kreiseln erzielt. Unsere Sonde, das Göttinger Bohrlochmagnetometer (GBM) verwendet drei faseroptische Kreisel, sowie zwei Inklinometer um die Lage im Raum kontinuierlich während des Down- und Uplogs zu erfassen. In Kombination mit einem dreikomponentigen Fluxgate-Magnetometer sind wir in der Lage das Magnetfeld mit einer Reproduzierbarkeit von 1° in der Deklination, $0,1^\circ$ in der Inklinon und besser als 100nT in der Amplitude im externen Referenzsystem zu bestimmen.

Diese Genauigkeit erlaubt den Einsatz des GBM in einer Vielzahl von verschiedenen Bereichen der angewandten Geophysik. Oberflächennah können mit Hilfe der vektoriellen Informationen Störkörper deutlich genauer lokalisiert werden, was bei der Suche nach z.B. Bombenblindgängern oder anthropogenen Strukturen von Interesse ist. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Erkundung und Charakterisierung von erzführenden Gesteinen. Hier zeigt sich, dass die gemeinsame Auswertung der Magnetfelddaten mit gerichteter Bohrlochseismik die Mehrdeutigkeit in der Interpretation deutlich reduziert. Auch im Bereich der Strukturgeologie erschließt die 3K-Bohrlochmagnetik neue Möglichkeiten. Aus dem Magnetfeldvektor entlang des Bohrlochs kann unter Verwendung von Suszeptibilitätsdaten die remanente Magnetisierung des durchbohrten Gesteins bestimmt werden. Im Vergleich mit dem Paläomagnetfeld kann dann auf die Morphologie der untersuchten Gesteinseinheit geschlossen werden. Somit können lokale Faltungsprozesse, aber auch plattentektonische Bewegungen rekonstruiert werden.

BL.B-058

Methodische Entwicklung zur automatisierten Bestimmung des elektrischen Gebirgswiderstandes aus Elektro-Log-Messungen

*S. Nagel^{*1,2}, F. Triller³, C. Rücker², F. Börner²*

¹Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin,

²Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Berlin, Berlin,

³Bohrlochmessung Storkow GmbH, Storkow

Die Ermittlung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Gebirges gehört zu den Kernaufgaben in der Bohrlochgeophysik. Solche Messungen erfolgen in offenen Bohrlöchern und werden von diversen Faktoren wie der Bohrspülung, einer evtl. ausgebildeten Infiltrationszone, geometrischen Faktoren der Sonde, etc. stark beeinflusst. Neben neueren fokussierten Verfahren werden auch konventionelle Vier-Elektroden-Widerstandsmessungen mittels Potentialsonden (Elektro-Logs), die in zwei Eindringtiefen messen (kleine und große Normale), genutzt. Die Auswertung eines solchen Elektro-Logs erfolgt grafisch mithilfe von Korrekturtafeln, die auf Zylinderfunktionen basierende Abweichungskurven enthalten. Ziel der Arbeit ist das Reproduzieren von Abweichungsdiagrammen und das Entwickeln eines automatisierten Verfahrens zur Berechnung des spezifischen elektrischen Gebirgswiderstandes aus Elektro-Log-Messungen. Das Nachvollziehen sämtlicher Abweichungskurven erfolgt zunächst numerisch anhand von 2D- und 3D-Modellierungen, mithilfe derer Widerstandsmessungen simuliert werden.

Der analytische Lösungsansatz besteht in der Implementierung der Zylinderfunktionen. Basierend auf der analytischen Lösung lässt sich eine *Response*-Funktion entwickeln, deren Parameter das Bohrlochkaliber, die Mächtigkeit der Infiltrationszone, der Elektrodenabstand (*Spacing*), sowie die spez. elektr. Widerstände der Bohrspülung, Infiltrationszone und des Gebirges darstellen. Mit dieser Funktion lassen sich die grafische Auswertemethode erleichtert am PC durchführen und eine kontinuierliche Interpolation erstellen, da sich Kurven-

verläufe für beliebige Zwischenwerte erzeugen lassen. Die entwickelte *Response*-Funktion wird des Weiteren als Basis für die Entwicklung von Inversionsalgorithmen benötigt. Unter Nutzung dieser Inversionsalgorithmen soll eine direkte Widerstandsbestimmung aus den Logdaten ermöglicht werden.

BL.B-059

Erste Ergebnisse des wissenschaftlichen Bohrens am frontalen Akkretionsrücken „Rock Garden“ der Hikurangi Subduktionszone vor der Ostküste der Neuseeländischen Nordinsel

C. Schwarze^{*1}, *A. Goepel*¹, *N. Kukowski*¹, *T. Freudenthal*², *K.-U. Totsche*¹, *G. Crutchley*³, *S. Henrys*³, *S. Karsten*⁴, *N. Kaul*⁵, *J. Kuhlmann*², *J. Mountjoy*⁶, *T. Pape*⁵, *M. Torres*⁷, *H. Villinger*⁵, *K. Huhn*², *A. Orpin*⁶

¹Geodynamischen Observatorium Moxa, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena,

²MARUM - Zentrum für marine Umweltwissenschaften, Universität Bremen, Bremen,

³GNS Science, Avalon, New Zealand, ⁴AWI Bremerhaven, Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremen,

⁵Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Bremen,

⁶NIWA Wellington, Wellington, New Zealand,

⁷Oregon State University, Corvallis, United States

Die Folgen von Rutschungen an Kontinenthängen, wie beispielsweise Tsunamis, stellen Gefahren für die Bevölkerung und Infrastruktur in Küstenbereichen dar. Bei der (De)stabilisierung von Hangsedimenten spielen Gashydrate eine wichtige Rolle. Insbesondere das Zusammenspiel von tektonischer Übersteilung durch die Subduktion von Seamounts und der Gashydratfreisetzung ist als Kontrollfaktor für die Stabilität eines Kontinenthangs noch wenig verstanden. Um hier mögliche Zusammenhänge zu identifizieren, wurde im Rahmen des multidisziplinären Forschungsvorhabens SlamZ („Slide activity on the Hikurangi margin, New Zealand“ - FS Sonne Expedition SO-247) am frontalen Akkretionsrücken vor Neuseeland im Untersuchungsgebiet „Rock Garden“ wissenschaftlich gebohrt. Dabei kamen das Meeresbodenbohrgerät MeBo200 des Marum in Bremen sowie Schwere-lote zum Einsatz. Neben bohrlochgeophysikalischen (unter anderem Spektral-Gamma-Ray-Log) und gesteinsphysikalischen Untersuchungen wurden die Kerne lithologisch beschrieben. An dem durch MeBo200 und Schwere-lote gewonnenen Kernmaterial wurden Kenngrößen wie die magnetische Suszeptibilität, thermische Leitfähigkeit und Scherfestigkeit bestimmt, Feuchtigkeits- und Dichtemessungen durchgeführt sowie hochauflösende Kern-Scans angefertigt.

Im Kernlabor am MARUM wurde mit Hilfe des MSCL (Multi Sensor Core Logger) die Dichte, P-Wellengeschwindigkeit und magnetische Suszeptibilität bestimmt. Es werden die ersten vorläufigen Ergebnisse präsentiert.

Die ersten Analysen der MeBo200-Kerne zeigen, dass es nicht nur sehr deutliche Unterschiede zwischen den Sedimenten aus „Rock Garden“ und dem nächsten landwärts gelegenen „Paoanui-Rücken“ gibt, sondern auch zwischen den nur zwei km voneinander entfernten Kernlokationen vom Top von „Rock Garden“. Daher soll durch weitere Analysen untersucht werden, wie groß Bewegungen an Störungen sind, die „Rock Garden“ durchziehen. Die weitere Untersuchung der in beiden Kernen sehr unterschiedlichen Tephralagen kann Hinweise auf die Ablagerungsgeschichte und eine mögliche Variabilität der Meeresbodenerosion geben.

SM.B-060

Imaging the Alpine Fault: preliminary results from a detailed 3D-VSP experiment at the DFDP-2 drill site in Whataroa, New Zealand

*V. Lay*¹, *S. Buske**¹, *J. Townend*², *R. Kellett*³, *M. Savage*², *D.R. Schmitt*⁴, *A. Constantinou*⁵, *J. Eccles*⁶, *D. Lawton*⁷, *K. Hall*⁷, *M. Bertram*⁷, *A. Gorman*⁸,
DFDP Whataroa 2016 Science Team

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Victoria University Wellington, Wellington, New Zealand, ³GNS Science, Lower Hutt, New Zealand, ⁴University of Alberta, Edmonton, Canada, ⁵Schlumberger, London, United Kingdom, ⁶University of Auckland, Auckland, New Zealand, ⁷University of Calgary, Calgary, Canada, ⁸University of Otago, Department of Geology, Dunedin, New Zealand

The plate-bounding Alpine Fault in New Zealand is an 850 km long transpressive continental fault zone that is late in its earthquake cycle. The Deep Fault Drilling Project (DFDP) aims to deliver insight into the geological structure of this fault zone and its evolution by drilling and sampling the Alpine Fault at depth. Previously analysed 2D reflection seismic data image the main Alpine Fault reflector at a depth of 1.5-2.2 km with a dip of approximately 48° to the southeast below the DFDP-2 borehole. Additionally, there are indicators of a more complex 3D fault structure with several fault branches which have not yet been clearly imaged in detail.

For that reason we acquired a 3D-VSP seismic data set at the DFDP-2 drill site in January 2016. A zero-offset VSP and a walk-away VSP survey were conducted using a Vibroseis source. Within the borehole, a permanently installed “Distributed Acoustic Fibre Optic Cable” (down to 893 m) and a three-component Sercel slimwave tool (down to 400 m) were used to record the seismic wavefield. In addition, twelve arrays of 160 three-component receivers with a receiver spacing of 10 m perpendicular and 20 m parallel to the main strike of the Alpine Fault was set up and moved successively along the valley to record reflections from the main Alpine Fault zone over a broad depth range and to derive a detailed 3D tomographic velocity model in the hanging wall.

We will show first results from this dense receiver array covering the Whataroa valley. In total, about 3500 sweeps were generated at 71 source locations and recorded at 1916 different receiver locations.

First data processing results show clear reflections on both inline and crossline profiles. Already preliminary interpretations from this array data set reveal strong evidence for reflections coming presumably from the steeply dipping valley flanks along the Whataroa river. The data will be further analysed using advanced seismic imaging methods to derive a structural image of the Alpine fault zone at depth. Finally, the results will provide a detailed basis for a seismic site characterization at the DFDP-2 drill site, which will be of crucial importance for further structural and geological investigations of the architecture of the Alpine Fault zone in this area.

SM.B-061

Simulation der seismischen Wellenausbreitung in realistischen Tunnelmodellen

*A. Lorenz**¹, *O. Hellwig*¹, *A. Kassel*², *S. Buske*¹

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Herrenknecht AG, Schwanau

In unserer global vernetzten Gesellschaft sind Tunnel unentbehrlich. Die im Tunnelbau eingesetzten Tunnelbohrmaschinen (TBM) sind mit geophysikalischen Vorauserkundungsverfahren ausgestattet. Diese werden genutzt, um Hindernisse im Vorfeld der Tunnelbohrmaschine zu detektieren. Fährt die Tunnelbohrmaschine ungehindert in einen Störkörper, kann es zu erheblichen Beschädigungen der Maschine und sogar zu einem erzwungenen Stillstand kommen. Um die geophysikalische Datenauswertung auf der TBM zu unterstützen, wurde im Rahmen dieser Arbeit ein realitätsnahes Tunnelmodell erstellt. Es beinhaltet unter anderem die Dicke der Tunnelwand, die Geometrie des Schneidrades und dessen Materialeigenschaften sowie die Niedriggeschwindigkeitszone vor dem Schneidrad. An diesem komplexen Modell wurde die Wellenausbreitung im Tunnel und vor der Ortsbrust simuliert, die durch eine Quelle im Tunnelschild angeregt wird. Als Quellsignal wurden ein Ricker-Wavelet und ein Up-Sweep verwendet. Empfänger entlang der Tunnelwand registrieren das direkte und das reflektierte Wellenfeld, welches sich im Wesentlichen aus Raumwellen und geführten Oberflächenwellen an der Tunnelwand zusammensetzt. Die durchgeführten Simulationen zeigen die Komplexität sowie wichtige Charakteristiken dieses Wellenfeldes und dienen als Grundlage für die Interpretation der Messdaten, insbesondere durch Vergleich der für ein vorgegebenes Untergrundmodell simulierten und der tatsächlich auf der TBM gemessenen seismischen Daten.

SM.B-062

Seismic investigation of a geothermal reservoir in southern Tuscany, Italy

F. Loch, L. Schreiter, S. Buske*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

In southern Tuscany geothermal reservoirs play a major role for energy production since the early 20th century. Exploration and exploitation of such high-enthalpy geothermal reservoirs require a reliable prediction of reservoir properties and sophisticated drilling techniques.

Therefore reservoir characterization plays an important role and aims at the reduction of the uncertainty in exploration prior to drilling in such a super-critical environment.

We present an advanced seismic imaging workflow for several 2D reflection seismic profiles acquired above the reservoir. First, we derived a near-surface-velocity model using traveltome tomography to compensate for the significant velocity variations in the shallow subsurface as well as for the strong topography. In a next step, the velocity model was extended in depth by integrating the results from borehole seismic data including a VSP data set from neighboring wells, which reduces the uncertainty in depth estimation. In a third step, we used this integrated velocity model within a prestack depth migration approach. The application of focusing migration methods compensated for the influence of the metamorphic environment on the recorded seismic wavefield and revealed a clearer image of the target horizon. The improved structural interpretation of the geothermal reservoir is directly used within geological modeling and contributes to the reservoir characterization at the highest possible resolution by integrating different kinds of seismic data sets.

SM.B-063

Ableitung eines Geschwindigkeitsmodells mittels Ersteinsatztomographie zur mineralischen Rohstoffexploration im Raum Geyer (Erzgebirge)

C. Seupel, F. Hlousek, S. Buske*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Im Zuge des Projektes „Rohstofferkundung im Erzgebirge mittels Geophysik“ in Zusammen-

arbeit mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, der TU-Bergakademie Freiberg, dem Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie und dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wurden im Raum Geyer (Erzgebirge) unterschiedliche geophysikalische Messungen durchgeführt. Es sollte das Rohstoffpotential dieses Gebietes bis in eine Tiefe von ca. 500 m erkundet werden. Dazu kamen flächendeckende aerogeophysikalische Verfahren sowie ergänzend dazu auch lokale, bodengestützte Verfahren wie Transienten-Elektromagnetik und Seismik zum Einsatz.

Mit Hilfe der seismischen Messung sollte in erster Linie die Grenze zwischen dem Greifensteiner Granitkomplex und den darüber liegenden metamorphen Gesteinen abgebildet werden. Im Mai 2015 wurde ein seismisches Profil mit einer Länge von ca. 1 km, welches etwa radial zum Zentrum des Granitkomplexes verläuft, akquiriert. Als Quelle diente ein beschleunigtes Fallgewicht. Der Abstand zwischen den Empfängerpunkten betrug 2 m und der Schusspunktabstand 8 m. Neben diesem Hauptprofil wurden bei dieser Messung auch zwei orthogonale Querprofile mit einem Quellpunktabstand von 2 m aufgenommen.

Es wurde mittels Ersteinsatztomografie ein oberflächennahes Geschwindigkeitsmodell abgeleitet. Das Geschwindigkeitsmodell sowie die Resultate der weiteren geophysikalischen Messungen bilden zusammen die Grundlage zur Erstellung eines hochauflösenden 3D-Modells des Untergrundes im Untersuchungsgebiet und eine gute Grundlage für die geologische Interpretation sowie die Bewertung des mineralischen Rohstoffpotentials.

SM.B-064

3D seismic first-arrival travel-time tomography at the Alpine Fault in Whataroa, New Zealand

S.B. Bodenburg, V. Lay, S. Buske, DFDP Whataroa 2016 Seismic Project Team*
Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

The Alpine Fault is a dextral reverse oblique strike-slip fault at the West Coast of the South Island of New Zealand. Within the Deep Fault Drilling Project Alpine Fault (DFDP-AF), the fault zone is investigated in detail by drilling and accompanying geoscientific experiments. In January 2016, a combined surface-borehole seismic experiment was performed in the Whataroa river valley at the DFDP-2 drill site.

During the previous WhataDUSIE experiment in 2011, a 2D reflection seismic profile was acquired along the Whataroa river valley across the surface trace of the fault. The major issue with this data set was the occurrence of side reflections from the steeply dipping valley flanks bounding the Whataroa river valley on both sides, which posed severe problems for the processing of the data including the application of tomographic approaches.

To determine the 3D velocity structure in the hanging wall as well as to image the Alpine Fault zone itself at depth, the new extensive seismic data set was acquired. This consisted of a 400 channel vertical-component receiver line distributed along two profile lines, of which one was passing through the drill site. In the DFDP-2 borehole, a "heterodyne distributed vibration sensing system (hDVS)" operated in the complete 893 m and a three component SERCEL Slimwave system in the upper 400 m of the borehole. Additionally, 160 three-component geophones were installed in a coarse grid with an average distance of about 80 m between the geophones. Furthermore, these 160 geophones were subsequently installed in twelve adjacent arrays with an interval of 10 m perpendicular and 20 m parallel to the main strike of the fault. A Vibroseis source was used along several lines along the surface to generate a repeatable seismic wavefield.

From these different seismic data, a 3D velocity model was inverted using first-arrival travel-time tomography. Several starting models and inversion parameters were tested and the final

result was a 3D velocity model around the DFDP-2 drill site which allows a geological and geodynamic characterization of the Alpine Fault zone within this investigation area.

SM.B-065

Geschwindigkeitsanalyse in transversal-isotropen Medien

*C. Mann*¹, M. Riedel², S. Buske¹*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Institute of Seismology, University of Helsinki, Helsinki, Finland

Die Richtungsabhängigkeit seismischer Geschwindigkeiten ist insbesondere in sedimentären Gesteinen stark ausgeprägt. Transversal-isotrope Medien mit vertikaler Symmetrieachse (VTI Medien) kennzeichnen dabei vor allem horizontal geschichtete Sedimentgesteine. Die Analyse der anisotropen Wellenausbreitung, einschließlich der Bestimmung der variierenden Geschwindigkeiten, spielt eine wichtige Rolle in vielen Bereichen der Seismik, insbesondere zur korrekten Abbildung des Untergrundes mit Hilfe von Migrationsverfahren.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde untersucht, inwieweit eine Geschwindigkeitsanalyse in VTI Medien durch Common-Image-Gather (CIG) möglich ist. Dazu wurde für ein einfaches transversal-isotropes Zweischichtmodell eine Finite-Differenzen-Modellierung des Wellenfeldes für eine typische reflexionsseismische Anordnung mit entlang der Erdoberfläche gleichabständig verteilten Quell- und Empfängerpunkten durchgeführt. Aus diesem Datensatz wurden mit Hilfe einer Kirchhoff-Prestack-Tiefenmigration und unter Verwendung eines anisotropen Eikonalgleichungslösers die zugehörigen migrierten Gather generiert. Analysiert wurde der Einfluss der Thomsen Parameter des VTI Modells und die Wahl der Migrationsgeschwindigkeit auf das Erscheinungsbild der migrierten Gather. Die resultierende Abweichung im CIG wurde schließlich für Geschwindigkeitskorrekturen in Abhängigkeit des Quell-Empfänger-Abstandes genutzt, um Rückschlüsse auf die entsprechenden wahren Thomsen Parameter zu ziehen.

SM.B-066

Charakterisierung unverfestigter Kippensedimente mittels Wellenfeldinversion

*F. Hlousek*¹, S. Buske¹, J. Keßler², W. Kudla³, B. Lucke⁴, R. Mittag¹, G. Pratt⁵, H. Thoma⁶*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²BIUG GmbH, Freiberg, ³Institut für Bergbau und Spezialtiefbau, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, ⁴LMBV mbh, Senftenberg, ⁵Department of Earth Sciences, University of Western Ontario, London, Canada, ⁶K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen

Im Bereich der Innenkippe Seese West in der Lausitz wurden in den Jahren 2012 und 2013 seismische Wiederholungsmessungen entlang von drei 2D Profilen durchgeführt. Die Nullmessung wurde auf der unverfestigten Kippe und die Wiederholungsmessung nach einer schonenden Sprengverdichtungsmaßnahme im gleichen Bereich durchgeführt. Ein Vergleich dieser Messungen erlaubt die Abschätzung von Änderungen in der seismischen Wellengeschwindigkeit und Dichte und somit auch Rückschlüsse auf Änderungen der Porosität im Untergrund, die wichtig zur Beurteilung des Erfolgs der Sprengverdichtung sind. Für die Auswertung dieser Messungen wurde von der Firma K-UTEC AG Salt Technologies eine Tauchwellentomographie für die gepickten S-Wellen Einsätze durchgeführt. Die resultierenden Geschwindigkeitsmodelle zeigen einen Anstieg der S-Wellen Geschwindigkeit im Untergrund nach der schonenden Sprengverdichtung.

Wir zeigen die Ergebnisse einer akustischen Wellenfeldinversion dieser Daten, den Vergleich mit den bisherigen Ergebnissen sowie die Variation der Wellengeschwindigkeiten aufgrund der Verdichtungsmaßnahme. Die Ergebnisse der Wellenfeldinversion zeigen ebenfalls einen Anstieg der Geschwindigkeiten nach der schonenden Sprengverdichtung mit einer sehr guten vertikalen und lateralen Auflösung der Geschwindigkeitsvariationen innerhalb der Profile.

SM.B-067

S-Wellen-Tomographie aus seismischen Dreikomponenten Oberflächen- und Bohrloch-Daten an der COSC-1 Tiefbohrung (Schweden)

*M. Klaffenbach*¹, H. Simon¹, S. Buske¹, R. Giese², C. Juhlin³*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches Geoforschungszentrum GFZ, Potsdam,

³Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden

Im Rahmen des Internationalen Kontinentalen Bohrprogrammes (ICDP) wurde im Jahr 2014 die erste von zwei geplanten COSC-Bohrungen in Zentralschweden bis in eine Tiefe von 2.5 km abgeteuft. Ziel des Projektes COSC (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) ist die Erforschung und Erweiterung des Verständnisses von Gebirgsbildungsprozessen. Hauptaugenmerk liegt dabei auf den skandinavischen Kaledoniden, da diese ein gut erhaltenes Beispiel einer Kontinent-Kontinent-Kollision aus dem Paläozoikum sind. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der schwedischen Provinz Jämtland, nahe der Stadt Åre. Die anschließenden seismischen Untersuchungen bestanden unter anderem aus walkaway VSP-Messungen, welche entlang von drei Messprofilen, die radial um die Bohrung angeordnet waren, durchgeführt wurden. Als Quelle kam dabei sowohl das Vibrist-System (hydraulischer Hammer) für den nahen Offsetbereich um das Bohrloch herum, als auch Sprengstoff für den größeren Offsetbereich zum Einsatz. Die Signalaufnahme erfolgte im Bohrloch mittels einer Bohrlochkette aus 15 Dreikomponenten-Empfängern. Gleichzeitig wurde das Wellenfeld an der Erdoberfläche mit 180 Dreikomponenten-Empfängern entlang des jeweiligen Messprofils aufgezeichnet. Eine Kombination aus Oberflächen- und Bohrlochmessungen hat den Vorteil, dass ein verlässliches Geschwindigkeitsmodell des Untergrundes erstellt werden kann, welches sowohl flache als auch tiefer liegende Bereiche hochauflösend abbildet. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Geschwindigkeitsmodelle mittels einer Ersteinsatzlaufzeit-Tomographie der S-Wellen erstellt. Zur Vorbereitung der Laufzeit-Inversion wurden die S-Wellen-Einsätze mittels Hodogram-Analyse identifiziert und anschließend manuell gepickt. Des Weiteren erfolgte eine Rotation der Horizontalkomponente anhand ihrer Polarisation in Richtung der Quellposition, um die ankommende S-Wellen Energie auf der Horizontalkomponente zu maximieren und das Erkennen der Einsätze zu erleichtern. Die gewonnenen Geschwindigkeitsmodelle wurden abschließend mit alternativen Ergebnissen aus Sonic-Logs und einer zero-Offset VSP Messung verglichen. Dies dient der Beurteilung der Aussagekraft der berechneten Modelle und hilft bei deren Interpretation.

SM.B-068

Wavelet Transformation zur Abgrenzung von seismischen Mustern für die Fazies Interpretation

H. von Hartmann, H. Bunes*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Die oberjurassische Karbonatplattform im süddeutschen Molassebecken ist ein bedeutender

Aquifer für die geothermale Nutzung. 3D-seismische Untersuchungen sind eine akzeptierte Methode Bohrpunkte auszuwählen und das Fündigkeitsrisiko zu verkleinern. In 2015 startete ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördertes Projekt, welches einen wesentlichen Grundstein für die Erreichung des Ziels München mit regenerativer Energie zu versorgen, darstellt. Eine 170 Quadratkilometer große 3D-Seismik wurde durchgeführt, um die strukturellen und faziellen Gegebenheiten in dem Untersuchungsgebiet zu klären.

Störungszonen stellen das Hauptziel tiefegeothermischer Bohrungen dar, da hier eine erhöhte Klüftigkeit und und damit auch Wasserwegsamkeit vermutet wird. Bei erhöhter Bohrungsdichte treten die hydraulischen Bedingungen zwischen den einzelnen Anlagen in den Blickwinkel und es werden alternative Bohrziele gesucht, falls passende Störungssysteme von dem geplanten Anlagenstandort nicht oder nur schwer erschlossen werden können.

Die seismische Sequenzstratigraphie rekonstruiert die Entwicklung des Ablagerungsraums aus der Interpretation der seismischen Sektionen. Durch die 3D-Seismik sind räumliche Schnitte in der Zeit oder entlang von Schichtflächen möglich. Hierdurch wird die räumliche Verteilung von bestimmten seismischen Attributen, die das seismische Muster widerspiegeln dargestellt. Die Waveletanalyse zerlegt das seismische Signal in aufeinanderfolgende Bandbreiten, die die Dispersion oder Interferenz der Signale an dünnen Schichten abbilden. Dies wird für die Abbildung der räumlichen Verteilung von Faziesbereichen im Ablagerungsraum verwendet. Um alle Koeffizienten der Wavelettransformation auszunutzen, werden diese durch Methoden der Clusteranalyse zu ähnlichen Funktionen zusammengefasst.

Die seismische Interpretation zeigt eine Gliederung der oberjurassischen Karbonatplattform in einen Rampen-, inneren Plattform- und Trogbereich, die in der Zeit eine räumliche Verschiebung erfahren und durch andere geologische Objekte, wie Lagunen, Riffe oder Riffstutzen zeitweise überlagert werden. Die Ergebnisse geben den Ablagerungsraum detailliert wieder und können für eine verbesserte lithologische Beschreibung verwendet werden, die wiederum in die numerische Reservoirmodellierung eingeht.

SM.B-069

Sparse acquisition for cable-less seismic exploration

S. Jang, S. Hwang, D. Lee*

KIGAM, Daejeon, Korea, Republic of

Cable-less seismic exploration is using stand-alone receivers without connecting by cable between neighbor receivers. Since this is easier to deploy receivers than conventional cabled method in the complex area such as topographic, marsh, and densely habited area, it is more economical than conventional cabled method. In the case of the cabled system the receivers are regularly deployed with equal steps on the planned-survey line. In the contrary, the cable-less exploration is proper for developing acquisition technology through various array deployment and interpolation technology. Seismic interpolation is mainly used to calculate missing shots or traces which directly affect the seismic imaging, AVO (Amplitude Versus Offset: AVO), attributes analysis, and interpretation. If we apply the interpolation to the acquisition technology using a cable-less system, we can develop acquisition technology with various deployment. In this study, we investigate a sparse acquisition, which is a method to acquire seismic data with removing a part of receivers in normal deployment. We did a basic study for field application. The sparse acquisition removes randomly receivers and it needs to keep a minimum receiver distance in order to avoid the aliasing problem. However, it is difficult to apply to a field survey due to the complex and various deployment. In this study, we designed a sparse acquisition deployment. This is reduced the number of cable-less receivers

to 40% and applied it to decimated a synthetic and 2D field data set. For the verification of sparse deployment, we applied minimum weighted norm interpolation (MWNI) to a 40% decimated data. MWNI is using the theory of linear inversion to minimize the length of weight vector in frequency-wavenumber domain. It works well in the case of large sparse data, but it is used to make artificial noise, too. The results of interpolation show that there is no significant difference between the decimated and the original one. Through this experiment, if we acquire seismic data with 40% less cable-less receivers and interpolate the data set, we can get similar shot gathers which come from normal deployment without skipping any receivers.

SM.B-070

Cable-free seismic exploration for tunnel design and lava cavity detection

*S. Hwang^{*1}, S. Jang¹, D.H. Lee¹, T. Kim¹, H. Jung², H. Yi³*

¹Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, University of Science and Technology, Daejeon, South Korea, ²Human and Earth Co., Seoul, South Korea, ³Geolux, Seoul, South Korea

Compared with the traditional cabled-seismic surveys, cable-free seismic survey method is superior in application when there are a complicated terrains or artificial structures. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) introduced a cable-free seismic system in 2015, and continued to test its applicability to various sites. The first test was applied for geotechnical survey for tunnel design. 100 cable-free geophones were installed at 10m intervals on the top of the tunnel with a large change in the terrain, and data were acquired by reverse VSP method using dynamite in two boreholes. P wave velocity structure was imaged from the acquired data and interpreted together with the electrical resistivity image of AMT exploration, geological survey data and core log data. The P wave velocity image of cable-free seismic survey was poor in some areas due to ray coverage, but the joint interpretation of AMT survey data could reduce the uncertainty about the subsurface structure analysis. The second test was based on a 100 channel cable-free and 24 channel cabled-seismic surveys with different geophone spacing near the coast of the basalt volcanic island, Jeju Island. P wave velocity image was derived using 2D wavepath eikonal travelttime inversion of Rayfract S/W. Inversion results showed a similar P wave velocity structure and a low velocity zone having about the velocity of 1500 m/s. It is expected that the applicability of the cable-free seismic surveys will be good in Korea where the topographic changes and artificial structures are many

SM.B-071

Characterization of Bright Reflectors imaged in the West Bohemia Seismic Zone

C. Alexandrakis, L. Schreiter, T. Jusri, S. Buske*

Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg

In crystalline environments, imaging faults, layer boundaries and other structures can be a challenge. Optimally designed active seismic surveys, followed by careful processing of the recorded data, can produce an image of the subsurface structures. However, if little is known about the local geology and tectonic state of the area, the imaged reflections can be difficult to interpret. This is the case in the West Bohemia Seismic Zone located along the boarder of Germany and Czech Republic. This geodynamically active area is spotted with springs and gas vents, and frequently experiences low magnitude seismic swarms, especially near the

Czech village Novy Kostel. The Novy Kostel zone marks the junction of the Marianske Lazne fault with the Pocatke-Plesna shear zone.

In the early 1990s, an active seismic profile was collected several kilometers from Novy Kostel and running approximately parallel to the Marianske Lazne fault. After recent reprocessing with Kirchhoff Pre-Stack Depth Migration, several high amplitude reflectors can be seen directly above the swarm zone. These high amplitude reflectors, or Bright Spots, correlate to changes in the V_p/V_s ratio determined by 3D tomography studies, and have been imaged by phase analysis from recorded local earthquakes. These and other studies have hypothesized that fluids and gases uprising from the mantle may facilitate slip on the faults, causing the seismic swarms. The bright reflectors and related velocity changes may image a structure which acts as a fluid trap. This theory fits with past studies of the seismicity, fluid composition and flux, however there are many unanswered questions about the fluid pathways and the exact nature of the fluid-earthquake relationship. Furthermore, the subsurface geology and structures are largely unknown, meaning that the exact nature of this boundary remains a question. Some possible explanations are a change in lithology and/or porosity, an infilled vein, or an impermeable fault.

In this study, we first characterize the reflectors by their reflection coefficients. Synthetic waveforms are then modeled based on known local parameters, such as the P- and S-wave velocities. Reflection coefficients from the modeled and observed data are compared in order to determine the nature of the imaged Bright Spots, assess their impact on the fluid flow, and to interpret their relationship to the Novy Kostel seismic swarms.

SM.B-072

Oberflächennahe Seismik in Hartoušov Süd und im Nationalpark Soos

H. Melaku, H. Flores Estrella, M. Korn*

Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig

In dieser Arbeit wird die semi-aktive Seismik der klassischen aktiven Seismik gegenübergestellt. Neben dem Vergleich beider Methoden ist das Ziel dieser Arbeit vermehrt Informationen über die Oberflächengeschwindigkeiten der Messorte zu erhalten, um anschließend eine bessere Charakterisierung der Prozesse der Mofetten zu ermöglichen.

Die semi-aktive Messung beruht auf der Theorie der passiven Interferometrie. Mit dieser Methode können diffuse Wellenfelder (z.B. seismisches Rauschen) in ein deterministisches Signal, der sogenannten Greenschen Funktion, umgewandelt werden. Um dies zu ermöglichen werden Kreuzkorrelation zwischen Geophonpaaren durchgeführt. Gouédard et al. (2008) präsentierte das erste Mal einen Ansatz, mit dem man eine Untergrundanalyse mithilfe von benutzerdefinierten seismischen Quellen vollziehen kann.

In dieser Arbeit wurden neben der aktiven Seismik ebenfalls benutzerdefinierte Quellen genutzt. Beide Datensätze wurden mithilfe der mehrkanaligen Analyse von Oberflächenwellen (MASW) ausgewertet.

Die Datenerhebungen fanden in den mofettenreichen Gebieten Hartoušov Süd und Soos (CZ) statt. In Hartoušov wurden zwei, in Soos drei Profile gemessen. An den Profilen (á 23m) wurde an beiden Enden aktive und semi-aktive Quellen benutzt. Impulse bei der aktiven Seismik wurden durch Hammerschläge erzeugt. Die Quellpunkte befanden sich direkt an den Enden der Profile sowie 15m von den letzten Geophonen entfernt.

Die semi-aktiven Daten wurden dadurch erzeugt, dass an beiden Enden jeweils 15min gelaufen und 30-mal gesprungen wurde.

An beiden Messorten wurde zusätzlich ein Array aufgebaut. Innerhalb der kleinskaligen Arrays (\varnothing 60m) wurden drei Geophone jeweils 15min umkreist. Die Ergebnisse der Profile in Hartoušov und Soos zeigen, dass die semi-aktive Seismik zu einem mindestens deckungsgleichen Frequenzband führt wie die aktive Seismik. In den meisten Fällen ist jedoch eine Zunahme der hohen und niedrigen Frequenzen erkenntlich, was eine bessere Auflösung bis in höhere Tiefen gewährleistet. Da sich die Mofetten innerhalb der Arrays befanden, wurde die benutzerdefinierte Quelle nicht als einzige Störquelle aufgezeichnet. Dies erschwerte die Extraktion der Greenschen Funktion. Mithilfe von Filtern konnte die Daten jedoch weitgehend so bearbeitet werden, dass ebenfalls Untergrundmodelle erstellt werden konnten.

SM.B-073

Near surface seismic by windpark Neumark, Sachsen, Germany

K. Schering, H. Flores Estrella, E. Sondermayer, M. Korn*

Geophysics and Geology Institute, Leipzig University, Leipzig

The windpark Neumark is located near Zwickau, around 100 km south of Leipzig. It consists of 5 wind turbines and the analysis of the seismic signals generated by their operation has been analyzed for frequencies between 1 and 10 Hz. It has been seen that the wind turbines have a characteristic signature around 3,3 Hz that can be seen up to 10 km away from the windpark.

In order to continue with the characterization of the wavefield in this area we have measured active seismic along a 360 m profile. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) shows three possible layers and an increment of the shear wave velocity from 180 m/s at the surface up to 1200 m/s at 30 m depth. This velocity profile has been used to model the wave propagation from a point source at the surface and its amplitude decrease with distance and compared with the measured attenuation characteristics of the wind turbine signals.

SM.B-075

A solution to irregular binning of two different orientation 3D seismic surveys

*I. Petrovic**

NTC NIS-Naftagas d.o.o., Novi Sad, Serbia

Neighbouring seismic projects 3D Mokrin (North-eastern Serbia, 2007) and 3D Biled (Eastern Romania, 2015) were conducted with different generation seismic recording systems and consequently recording parameters were quite different. 3D Mokrin project has the spread of 800 channels, fold of coverage 30 and maximum offset of 2790m, while in 3D Biled project the spread is 3920 channels, fold of coverage 140 and maximum offset 3930m. Furthermore, twelve geophones group was used in 3D Mokrin and single geophone (point receiver) in 3D Biled. The greatest challenge was 52 degrees azimuth difference between geometries of two projects. At the start of processing the binning grid was suited to zero azimuth 3D Biled project and the result was uneven fold in the bins of 3D Mokrin project. The fold of affected bins varies between 0 and 75 as two natural common mid points fall inside one bin and neighbouring bin remains empty or very low fold. Along with that, overlapping zone was designed in the way that the receivers of 3D Biled overlap 3D Mokrin project, but not vice versa. This results in uneven offset and azimuth distribution in overlapping zone where the main object of interest is situated. In order to overcome present challenges, bin normalisation and regu-

larization techniques were tested and used. The first one was flexi binning regularly used in marine seismic data processing that helps in filling the gaps or holes in fold coverage providing a constant fold using bin extension. Offset and azimuth regularization started through 5D interpolation process that reconstructs regular output by mapping input supergathers to the 5-dimensional Fourier domain. Final regularization has been achieved by the method where neighbouring input traces are used to interpolate or extrapolate the output trace along the coherent dips. CMP gathers prepared in this manner were much better suited for the pre-stack time migration.

SM.B-076

Beschleunigungssensoren bei einer 3D-Seismik in München: Eine Alternative?

B. Wawerzinek, H. Bunes, R. Thomas*

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover

Zur geothermischen Exploration des Malmaquifers wurde in München eine etwa 170 km² große 3D-Seismik durch die Stadtwerke München (Projekt GRAME) beauftragt. Als Teil des LIAG-Partnerprojekts GeoParaMoL^{*} begleiteten Scherwellenmessungen die 3D-Seismik. Im Rahmen dieser weiterführenden Untersuchungen wurden 3-Komponentensensoren entlang einer Haupt- (312 Sensoren, ca. 15 km Länge) und zweier Querlinien (76/79 Sensoren, ca. 4 km Länge) im östlichen Teil der 3D-Auslage aufgestellt und damit 3686 Anregungspunkte der 3D-Seismik parallel mitregistriert. Im Gegensatz zur 3D-Seismik wurden beim Begleitexperiment keine Geophonketten sondern digitale Beschleunigungsaufnehmer (MEMS) als Einzelsensoren eingesetzt. Insgesamt war die Anzahl der aktiven Empfänger im Begleitexperiment mit bis zu 467 deutlich geringer als bei der 3D-Seismik mit bis zu 2560. Ein Vergleich der Spektren von Einzelschüssen zeigt, dass der Frequenzgehalt in den DSU-3 Beschleunigungsdaten wie erwartet höher ist als in den Geschwindigkeitsdaten der Geophonregistrierungen. Auch nach der Integration der DSU-3 Daten ist der Energiegehalt in den Einzelschussspektren bei höheren Frequenzen erhöht. Vergleicht man die resultierenden 3D-Stapelungen der beiden Datensätze, so korrelieren diese gut miteinander: Die Strukturen innerhalb der Molasse bis hinunter in den Malm werden auch mit den 3K-Einzelsensoren deutlich abgebildet.

Das Projekt GeoParaMoL wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

^{*}<http://www.liag-hannover.de/fsp/geoparamol.html>

SM.B-077

Geothermal prospecting and the role of seismic velocity uncertainties

*W. Rabbel*¹, D. Köhn¹, H.B. Motra¹, J. Niederau², M. Thorwart¹, F. Wuttke¹, T. DESCRAMBLE Working Group¹*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

²Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen University, Aachen

Geothermal exploration relies in large parts on geophysical subsurface models derived from seismic reflection profiling. These models are the framework of hydro-geothermal modeling,

which further requires estimating thermal and hydraulic parameters to be attributed to the seismic strata. All petrophysical and structural properties involved in this process can be determined only with limited accuracy and thus impose uncertainties onto the resulting model predictions of temperature-depth profiles and hydraulic flow, too. In the present study we analyze sources and effects of uncertainties of the seismic velocity field, which translate directly into depth uncertainties of the hydraulically and thermally relevant horizons. Geological sources of these uncertainties are subsurface heterogeneity and seismic anisotropy, methodical sources are limitations in spread length and physical resolution. We demonstrate these effects using data of the EU-Horizon 2020 project DESCramBLE investigating a shallow super-critical geothermal reservoir in the Larderello area. The study is based on 2D- and 3D seismic reflection data and laboratory measurements on representative rock samples under simulated in-situ conditions. The rock samples consistently show P-wave anisotropy values of 10-20% order of magnitude. However, the uncertainty of layer depths induced by anisotropy is likely to be lower depending on the accuracy, with which the spatial orientation of bedding planes can be determined from the seismic reflection images.

GR.B-078

Gravimetrische Wiederholungsmessungen und Präzisionsnivellements im Erdfallgebiet Bad Frankenhausen

*M. Kobe*¹, G. Gabriel¹, C.M. Krawczyk², A. Weise¹, D. Vogel¹*

¹Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover,

²Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam

Erdfälle sind Geländeformen an der Erdoberfläche, deren Ursache in Subrosion, also der lokalen Ablaugung gut wasserlöslicher Gesteine im Untergrund (wie z.B. Kalk, Salz oder Gips) durch Grundwasserbewegung, liegen kann. Besonders in besiedelten Gebieten stellen sie auf Grund ihres oftmals unvorhersehbaren und plötzlichen Auftretens ein hohes Gefährdungspotenzial dar. Zur Verbesserung des Prozessverständnisses und zur Beobachtung der mit Subrosion verbundenen Oberflächendeformation wurde eine interdisziplinäre Fallstudie in der Ortschaft Bad Frankenhausen (Thüringen) begonnen. Die Region ist geologisch durch die Auslaugung der Zechstein-Evaporite gekennzeichnet. Ziel der Fallstudie ist es, mittels Gravimetrie und Präzisionsnivellements die räumlich-zeitliche Entwicklung von Erdfällen zu beobachten. Hierfür wurden 15 Gravimetrie- und etwa 130 Nivellementpunkte angelegt, welche sich über die Hauptsenkungsgebiete im Stadtzentrum verteilen. Im Sinne von Wiederholungsmessungen wurden im März 2014 die Basismessungen durchgeführt. Seitdem erfolgen quartalsweise Messkampagnen. Die gravimetrischen Messungen werden jeweils mit vier verschiedenen Gravimetern im step-Verfahren realisiert. Nach der Korrektur von Messfehlern, Sprüngen, präzise kalkulierbaren Einflüssen, wie Luftdruck und Erdbeben, zeigt sich, dass die Gravimeter sehr gut miteinander korrespondieren. So ergeben sich für die frei ausgeglichenen Schwermessungen Standardabweichungen in der Größenordnung von einem μGal bzw. für die Schweredifferenzen von $< 2 \mu\text{Gal}$. Zur Vergleichbarkeit der Messkampagnen untereinander ist es notwendig, saisonale Änderungen in den hydrologischen Parametern einzubeziehen. Wir schätzen den Einfluss jahreszeitlicher Grundwasserschwankungen und Bodenfeuchteänderungen im oberen einstelligen bis unteren zweistelligen μGal -Bereich ab. Weiterhin sind anthropogene Einflüsse zu beachten, so ergibt sich der Einfluss des neugestalteten Vorplatzes der Oberkirche im Bereich weniger μGal .

An einzelnen Messpunkten sind an den bezüglich Höhenänderungen korrigierten Schwerewerten Variationen von wenigen μGal in dem Beobachtungszeitraum von drei Jahren zu

beobachten. Innerhalb des Stadtgebietes von Bad Frankenhausen, jedoch hauptsächlich in der Umgebung des schiefen Kirchturms, findet außerdem Subsidenz mit bis zu 15 mm \pm 1 mm über diesen Zeitraum statt.

GR.B-079

Effekt mariner und kontinentaler Sedimentbecken auf die Schweregradienten in der Antarktis

R. Hartmann, F. Pappa, J. Ebbing*

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Der Einfluss sedimentärer Strukturen auf das Schwerefeld der Antarktis ist derzeit nur unzureichend bekannt. Zur Ermittlung des Einflusses haben wir das aus den Sedimentmächtigkeiten resultierende Signal des Schweregradienten berechnet und mit Signalen weiterer lithosphärischer Einheiten der Antarktis verglichen.

In einem ersten Schritt haben wir die verfügbaren Datensätze zu mariner und kontinentaler Sedimentmächtigkeit zusammengestellt. Dabei zeigt sich vor allem im marinen Bereich eine vorwiegend gute Abdeckung der Daten. Für die kontinentalen Bereiche bestehen die bisher gesammelten Daten aus einigen regionalen, meist küstennahen Surveys, sodass insbesondere im Inneren des Kontinents die Sedimentmächtigkeit in vielen Bereichen noch unbekannt ist. Daher haben wir die Sedimentmächtigkeit im Inneren der Antarktis aus der aeromagnetischen Kompilation ADMAP-1 per Inversion abgeschätzt.

Anschließend wurde das Signal der Sedimente in der Höhe der Umlaufbahn des GOCE-Satelliten berechnet. Im Vergleich mit Signalen anderer lithosphärischer Einheiten zeigt sich, dass die Amplitude des Gradientensignals der Sedimentmächtigkeit im Bereich der Unsicherheiten tieferer Schichten liegt. Jedoch ist der Signalinhalt unterschiedlich für die individuellen Tensorkomponenten.

GR.B-080

Implications of a deep Moho for the isostatic state of the Northern Scandinavian Mountains

*T.J. Schulze Dieckhoff*¹, J. Ebbing¹, W. Ben Mansour²*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

²Department of Geology, University of Leicester, Leicester, United Kingdom

The Northern Scandinavian Mountains show a pronounced negative isostatic gravity anomaly west of the highest topography. Modelling approaches that tried to interpret this anomaly with both shallow and deep sources have so far failed to provide a satisfying explanation for this anomaly. The combination of gravity and magnetic data favours a shallow source like the Trans-Scandinavian Igneous Belt but deep sources like lower crustal bodies have also been proposed.

The SCANLIPS experiments recently provided an adjusted, significantly deeper Moho depth in this part of the mountain belt compared to earlier models. The area of this new deep Moho depth correlates with the isostatic gravity anomaly but is far off from an agreement with isostatic balance. We test the implications of the new Moho topography on the gravity signal by density modelling. Besides the changes in the geometry of the crust and mantle, the

presence of the deep Moho has clear implications on the palaeo-dynamic interpretation of this area regarding uplift, lower crustal extension, and missing crustal roots. The isostatic non-compensated deep Moho requires other boundary forces to stabilize this feature as there is little evidence for ongoing crustal movement. The spatial correlation with the Lofoten Peninsula might point to a structural connection between the two areas.

MG.B-081

Microtremor H/V(z, f) modeling for shallow sedimentary subsurface in marine environment

*A.M. Lontsi*¹, J.C. Molina-Villegas², A. García-Jerez^{3,4}, F.J. Sánchez-Sesma⁵, M. Ohrnberger¹, F. Krüger¹, C. Molkenhain¹*

¹Institut für Erd-und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, ²Department of Civil Engineering, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia, ³Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, Granada, Spain, ⁴Departamento de Química y Física, Universidad de Almería, Almería, Spain, ⁵Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., Mexico

Recent advances in the field of seismic interferometry aided in providing a basic theoretical interpretation to the full spectrum of the microtremor H/V(z, f) spectral ratio estimated from ambient noise data. The interpretation applies to both recordings at the surface and/or at depth. However, at present, the algorithm is only suitable to sedimentary environments on land.

Here, the microtremor H/V(z, f) spectral ratio forward modeling algorithm is extended for applications to marine sedimentary environments. This is accomplished by computing the directional energy density in a 1D media by using the layer propagator matrix formulation. Therefore, in the presence of a water layer on top, the properties of the propagator matrix for the surface layer are modified to account for water column properties.

For application, the analysis is performed on four simple canonical layered Earth models having each 25 m of soft soil cover and the second, third, and fourth model having respectively 8-, 16-, and 25 m of water column overlaying the soft soil layer. Frequencies ranging from 0.2 to 50 Hz are considered as they cover a broad wavelength spectrum and aid in practice to investigate subsurface structures in the depth range from few tens to few hundreds of meters.

While limiting ourselves to shallow marine environments with a maximum of 25 m of water cover, the modeled H/V(z, f) results indicate that the theoretical formulation is valid for the interpretation of microtremor H/V(z, f) estimated from 3C ambient noise data recorded on land as well as for the interpretation of the microtremor H/V(z, f) estimated from 3C ambient noise data recorded in marine environment. From the modeling results, the fundamental frequency of the site remained unchanged with the presence of a water layer. The main changes in the modeled H/V spectral ratio are observed in the high frequencies part (~ 10 Hz) when the water layer is present. Relative variations in the H/V amplitude in this high frequency range (~ 10 Hz) indicate an amplitude decrease down to $\sim 24\%$ in the first 50 cm below the water column and an amplitude increase up to $\sim 10\%$ below ~ 1 m. This relative increase in the H/V amplitude is observed down to the main strong impedance contrast (at 25 m below water column).

MG.B-082

Structural evolution of deep-water submarine intraplate volcanoes / Azores

J. Stakemann^{*1}, *C. Hübscher*², *C. Beier*³, *A. Hildenbrand*⁴, *P. Nomikou*⁵,
*P. Terrinha*⁶, *B. Weiß*¹

¹Center for Earth System Research and Sustainability, Universität Hamburg, Hamburg, ²Center for Earth System Research and Sustainability, University of Hamburg, Hamburg, ³GeoZentrum Nordbayern, GeoZentrum Nordbayern, Erlangen, ⁴Laboratoire Géosciences Paris-Sud, Université Paris-Sud (UPS), Paris, France, ⁵Faculty of Geology and Geoenvironment, National & Kapodistrian University of Athens, Athen, Greece, ⁶Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisbon, Portugal

We present multibeam and high-resolution reflection seismic data which elucidate the architecture of three submarine intraplate volcanoes located in the southern Azores Archipelago. Data have been collected during RV Meteor cruise M113 in 2015. Four GI-Guns served as the seismic source. The digital streamer comprised 144 channels distributed over a length of 600 m.

The three cones are situated in a depth down to 2300 m with heights varying between 200 m and 243 m, an average diameter of 1360 m and an average slope angle of ca. 22°. All three circular cones are surrounded by a circular channel. These features were previously interpreted as impact craters and named “Fried Eggs”. A comparison with nearby submarine volcanoes close to São Miguel Island, however, strongly suggests a volcanic origin.

The seismic data indicate that the volcanic cones formed on top of a ca. 100 m thick pelagic succession covering the igneous basement. Magma ascent deformed the volcanic basement, displaced the pelagic sediments and a first eruption phase formed a small, seismically transparent volcanic cone. Further eruptions created a volcanic cone with rather transparent reflections within the inferior region changing to strong reflection amplitudes with a chaotic pattern in the superior area. Compared to the igneous basement internal reflection amplitudes are mainly weak. The seismic transparency and slope angle exclude the presence of effusive rocks, since lavas usually create strong impedance contrasts. A comparison of the seismic characteristics with those from submarine Kolumbo volcano suggests volcanoclastic lithologies from explosive eruptions. The circular channel around the volcanic cone shows the characteristics of a moat channel created by bottom currents.

MG.B-083

Tectonic Evolution of the Terceira Rift (Azores)

S. Stratmann^{*1}, *C. Hübscher*¹, *P. Terrinha*², *F.O. Marques*³, *B. Weiß*¹

¹Center for Earth System Research and Sustainability, Universität Hamburg, Hamburg, ²Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisbon, Portugal, ³Dep. Geologia, Fac. Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

The Azores Plateau is located in the Central Atlantic at the Eurasian, Nubian and North-American plates (RRT) Azores Triple Junction. The Terceira Rift (TR) connects the Mid-Atlantic Ridge with the Gloria Fault, establishing a transtensional-transform present day plate boundary between the Eurasian and the Nubian plates. Three volcanic islands arose along the TR, Graciosa, Terceira and Sao Miguel. In the geological past, the plate boundary in the Azores area was located further south at the East Azores Fracture Zone. The timing of the plate boundary jump, which marks the onset of rifting along the TR, is heavily disputed. Published ages vary from 36 to 1 Ma.

Based on bathymetric data and high-resolution marine 2D multi-channel seismic data acquired during M113 cruise of R/V Meteor in 2014/2015 we discuss the structural evolution of the TR and address the question whether the divergence between both plates is entirely accommodated by the TR.

The central TR between São Miguel and Terceira is up to 70 km wide. Rifting created two asymmetric graben sections separated by a rift parallel horst. The north-eastern and south-western graben sections are ca. 4 km and 3 km deep, respectively, and the corresponding graben floors are tilted towards the central horst. Shallow faults suggest recent fault displacement.

Between Terceira and Graciosa Islands the rift narrows to ca. 40 km and shallows to 3.2 km water depth. The central horst is no longer detectable. Instead, a buried normal fault and a small escarpment are observed. Shallow faults and block rotation are less pronounced. West of Graciosa the TR is about 30 km wide and ca. 3050 m deep. The floor of the wider and deeper north-eastern rift valley dips to the northeast. The southwestern basin is represented by tilted fault blocks.

The relatively undisturbed rift valley between Terceira and Graciosa is consistent with a rather low earthquake activity compared to the other TR segments. The TR west of Terceira does not accommodate the entire Nubia-Eurasia plate motion. The tectonic stress is also dissipated in a seismically active area south of the TR where the lineaments of Pico and São Jorge Island are located. Hence, the new seismic data support the assumption of a diffuse plate boundary in the western half of the TR. Estimating the age of the TR on the basis of fault geometry and present day extension rates supports all those previous studies which suggested a TR age of 1-3 Ma.

MG.B-084

Deep Sea Basins - South of Turkey's Beydağları&Isparta Angle Complex in Eastern Mediterranean

*M. Senoz**

DEU-DBTE, Marine Geology-Geophysics, Izmir, Turkey

The Mediterranean Sea is a remnant of the Tethyan Ocean basin, which is being consumed as Africa is subducted beneath Anatolia. The Isparta Angle (IA) in Beydağları Complex, the convex intersection of the Hellenic and Cyprian arcs, is widely recognized as an important tectonic feature (Barka et al., 1997; Glover and Robertson, 1998, Poisson et al., 2003), and one that results in complex structure posing a particular problem for the monitoring of seismicity either in the region or over paths that traverse the territory. The geometrically anomalous Isparta Angle (IA) developed over these contractional features and should be considered within the context of the adjacent subduction systems: the Hellenic arc to the west, and the Cyprus arc to the east (Figure 1). The Hellenic arc is characterized by a relatively steep, retreating subduction, whereas the Cyprus arc appears to involve a more shallow subduction. The subduction and anticlockwise rotation of Anatolian block (Turkey) is the cause of extension and deformation in the crust from eastern Mediterranean undermarine deep sea structures. We have for example in the South of Beydağları&Isparta Angle many undermarine deep sea structures such Antalya Basin, Finike Basin, Anaximander Mountain, Sırrı Erinç Plateau, Piri Reis Mountain, Rhodese Basin. DEU-DBTE-RV.Piri Reis together with the MUN systems collect since 2001 seismic data in this region. The aim of this poster is the exhibition and comparison of the underwater deep sea structures mainly deep sea basins by using high density multichannel reflection profiles.

MG.B-085

Relationship between tectonics, glacial erosion, fluid migration as well as contourite and cyclic step deposition in the Skagerrak Trench

J. Preine, M. Hüsing, H. Grob, C. Hübscher*

Center for Earth System Research and Sustainability, Universität Hamburg, Hamburg

The Paleozoic to recent strata in the central Skagerrak Graben have been analyzed by high-resolution multi-channel reflection seismic data collected during RV Alkor cruise AL460 in summer 2015. A GI-Gun served as the seismic source. Data was recorded by a 144-channel streamer with 600 m active length. Suppression of abundant seafloor multiples was the major processing challenge. Different methods such as predictive deconvolution in the x-t and the tau-p domain as well as NMO correction to separate primary and multiple signals followed by an f-k filter significantly reduced the multiple contaminations. All profiles resolved the upper part of the Paleozoic, the sub-cropping and faulted Mesozoic strata and the Quaternary succession. The unconformity separating the Quaternary and Mesozoic succession shows typical cuesta type topography, caused by glacial erosion and faulting. Tertiary strata are absent. As published in previous publications, the vertical succession of Quaternary strata comprises till, fan deposits, glaciomarine sediments as well as Holocene clay and sands. The Holocene strata of the upper slope and shelf of Jutland form upslope migrating sediment waves, interpreted as cyclic steps. A mounded contourite emerged along the foot of the lower slope. A moat channel separates slope and contourite. The seismic data elucidate fluid migration paths and escape structures in a yet unparalleled way. Several sequences of phase reversed and high amplitude reflections can be observed in Jurassic and Cretaceous which are interpreted as gas or liquid charged strata. These strata terminate against the glaciogenic erosional unconformity. The Quaternary overburden hampers fluid escape except for some areas where the fluid escapes and creates pockmarks. The fluid charged strata can be traced down-dip up to 40 km away from the erosional surface. The combined interpretation of published bathymetric and our seismic data suggests that fluids also rise along fault systems. The moat channel at the lower slope seems to be overprinted by fluid escape as well. A bright and phase reversed reflection separates the glaciomarine deposits at the outer shelf from the overlying Holocene strata, which obviously represent a stratigraphic trap. Gas accumulates beneath the cyclic steps but migrates upwards beneath the sediment wave depressions and escapes there.

MG.B-086

Image of the crustal structure beneath the Ionian Sea using seismic wide-angle reflection and refraction data

*M. Wieprich*¹, A. Dannowski¹, H. Kopp¹, M.-A. Gutscher², F. Klingelhoefer³, D. Dellong³, A. Krabbenhoft¹, D. Klaeschen¹*

¹GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel,

²IUEM, Laboratoire Domaines Oceaniques, Université de Brest / CNRS, Plouzane, France,

³Ifremer, Dept. of Marine Geosciences, Plouzane, France

The collision between Africa and Eurasia results in a complex setting in the Mediterranean. In the area of the Ionian Sea, subduction is still active and caused severe earthquakes in the past (e.g. 1693 Catania: 60,000 casualties; 1908 Messina: 72,000 casualties) some of which entailed tsunamis with heights of 5-10 m. The exact locations of some of the earthquake hypocenters remain unclear and are part of an ongoing scientific debate.

The Ionian Sea is known for its massive Messinian evaporites, as found elsewhere throughout the Mediterranean Sea. Most structural geophysical imaging methods fail at penetrating through these evaporites. Therefore, statements about the deep structure and even the nature of the crust beneath the Ionian Sea cannot easily be made.

We acquired seismic wide-angle reflection and refraction data during the FS Meteor cruise M111 (10.10.-01.11.2014) across the Calabrian subduction zone and its margins. In total, 153 ocean bottom seismometers (OBS) and ocean bottom hydrophones (OBH) were deployed along a total profile length of 694 nautical miles (ca. 1285 km).

The traveltimes analysis of the wide-angle seismic data leads to 2D P-wave velocity information along the profiles.

In the region of the Ionian abyssal plain, the upper part of the obtained velocity model is well constrained down to a depth of 6 km, including sedimentary and salt layers. The sedimentary layers beneath the Messinian salt are less well constrained.

Of special interest is a 2-3 km thick layer with velocities of approximately 5 km/s directly above the oceanic crust. It remains unclear if this layer is of sedimentary or crustal nature.

The combination of the 2D P-wave velocity structure from our wide-angle seismic data and the structural image of existing 2D multichannel seismic data (PRISMED) favors the interpretation as a sedimentary layer.

The top of the oceanic crust is found approximately 10 km deep beneath the Ionian abyssal plain.

The depth of the Moho lies around 11 km below ocean floor in the central part of the abyssal plain and deepens down to 14 km in the southern part.

MG.B-087

Crustal structure of the eastern Sunda margin offshore Java, Lombok, and Sumba from deep-penetrating seismic reflection data

*Y. Xia^{*1}, D. Klaeschen¹, H. Kopp¹, M. Schnabel²*

¹GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Geozentrum Hannover, Hannover

The recurrence of catastrophic earthquakes and tsunamis at convergent plate boundaries provides the lasting motivation to investigate the influence of subduction zone habitats on the hazardous behavior of continental margins. Subduction zones form by the underthrusting of a lithospheric plate underneath the overriding plate along the subduction thrust fault, where interplate earthquakes are generated. The enormous diversity of processes occurring along convergent margins implicates the notion that individual subduction zones or segments thereof differ in their structure and geometry to induce the observed diverse behavior. The Sunda subduction zone along the southern projection of the Indonesian archipelago (Fig. 2.1) marks the collision zone between two major lithospheric plates: the Indo-Australian plate and Eurasia. With a total length of more than 5000 km, the margin curves along the islands of Sumatra and Java and represents a prime target for investigations of the variation of forearc structures related to changes in the tectonic setting and the nature of the incoming plate. It is suited particularly well for studying some of the key questions related to the mechanics and development during plate convergence because of the significant lateral changes along the arc which also imprint the architecture of the system. Whereas the Sumatran sector of the Sunda margin has been intensively investigated following the 2004 Sumatra earthquake, the eastern portion of the margin towards the transition to the Banda Arc, is far less well investigated: Plate collision is orthogonal along the Java-Lombok trench and sediment supply is highly reduced along this sector, where frontal accretion is not coherently

active. Here, we present re-processed deep penetrating seismic reflection profiles that were acquired in 2006 (RV SONNE cruise SO-190). Data acquisition was conducted under the framework of the SINDBAD project using the 3 km long BGR streamer (240 channels). We employ enhanced multiple suppression techniques to increase the signal/noise ratio and use the seismic velocity model from refraction seismic data for migration.

MG.B-088

Ein geophysikalischer Ansatz zur On- und Offshore-Vermessung von oberflächennahen Süßwasser-Salzwasserübergängen

*E. Erkul^{*1}, A. Fediuk¹, M. Gräber², D. Wilken¹, T. Wunderlich¹, J. Scholten¹*

¹Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel,

²GeoServe - Angewandte Geophysik, Kiel

In Küstengebieten wird die Verteilung von Süß- und Meerwasser im Untergrund hauptsächlich durch die Dichteunterschiede der Wässer, die Druckgradienten und die hydraulischen Leitfähigkeitsgrößen beeinflusst. Die Verzahnung von Grundwasser und Salzwasserintrusion kann komplexe Muster der Übergangszone mit Süßwasserkanälen und Mischzonen verursachen.

Süßwasser-Salzwasser-Übergänge in Küstengebieten werden seit den 1950er Jahren erfolgreich untersucht, indem die räumliche Verteilung des spezifischen elektrischen Widerstandes des Untergrunds ermittelt wird. Zonen von brackigem Grundwasser konnten an Land durch geoelektrische Tiefenerkundung zuverlässig detektiert werden, weil der spezifische elektrische Widerstand von Sedimenten im wesentlichen durch den elektrischen Widerstand der Porenflüssigkeit bestimmt wird, welcher von der Ionenkonzentration oder dem Salzgehalt der Porenflüssigkeit abhängig ist.

Geoelektrische Tiefensondierungen und elektrische Widerstands-Tomographie (ERT) sind zuverlässige Werkzeuge zur qualitativen Identifizierung von Salzwasserintrusion oder Grundwasserstritten an Uferzonen. Um den Schichtwiderstand quantitativ beurteilen zu können, sind zusätzlich stratigraphische Informationen nötig, aus denen Randbedingungen für die tomographischen Berechnungen abgeleitet werden können.

Wir stellen Beispiele aus der Eckernförder Bucht und Kieler Bucht vor, bei denen zusätzliche Messungen mit Seismik, Georadar (GPR) und Stratigraphie aus Bohrlöchern zur deutlichen Verbesserung der ERT-Ergebnisse beigetragen haben. Die methodische Verbesserung betraf grundsätzlich die Zuverlässigkeit der Bestimmung des Schichtwiderstandes, die in eine Schätzung des Porenwasser-Salzgehalts umgewandelt werden kann. Die Ergebnisse wurden durch Werte des elektrischen Widerstandes von Porenwassersonden, die aus flachen Bohrlöchern erhalten wurden, bestätigt.

Die an Land bewährte Methodik konnte durch Entwicklung von Elektrodenstreamern auch auf den flachmarinen Bereich übertragen werden. Erste Messbeispiele aus der Eckernförder Bucht zeigen, dass mobile Messungen prinzipiell praktikabel sind und es ermöglichen, Profile mit einer hohen Messpunktdichte vom Schiff aus in kurzer Zeit zu vermessen. Neben der Widerstandsverteilung im Meeresboden werden dabei auch hochauflösende Informationen über die Widerstandsverteilung in der Wassersäule gewonnen. Dabei können bathymetrisch und seismisch erfasste Schichtgrenzen als Randbedingungen für die Inversion genutzt werden.

SO.B-089

Balochistan (Pakistan) earthquake of 28 October 2008 and its later effect: Coulomb Stress transfer Model Analysis

*R.K. GUPTA**

National Geophysical Research Institute, Hyderabad, India

Ziarat region of Balochistan was struck by a destructive earthquake ($M_w = 6.4$) on 28th October, 2008, with its epicentre positioned at 30.65°N latitude and 67.361°E longitude.

Here, we used Coulomb stress model for the study this major event. Coulomb 3.1 application is used to spawn the earthquake model and develop the stress change maps of the region.

The 2008 Balochistan earthquake and succeeding earthquakes of $M_b > 4.0$ are used for the study. The stress maps are interpreted to understand the stress accretion and predict the direction of proliferation of the strain energy in this region. One of the motives of this work is to associate the main shock and the successive minor earthquakes that have occurred in the region. Further, we have studied the 2013 Balochistan earthquake using this model and endeavoured to relate its occurrence with the 2008 Balochistan earthquake based on proliferation of strain energy.

The study of Balochistan 2008 earthquake by this method supports the mainshock and its controlling effect on the later earthquakes' observations in the nearby region with the view that many zones of such shock can occur in the future. This model is also used to predict the direction of proliferation of stress and strain energy, thereby tracing the region which will be affected by the future events.

SO.B-090

Hydraulic fracturing at the Wysin site (Poland): detection performance using a microseismic synthetic catalogue and real data

*J.A. López Comino*¹, S. Cesca¹, M. Kriegerowski^{1,2}, S. Heimann¹, T. Dahm¹, J. Mirek³, S. Lasocky³*

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²University of Potsdam, Institute of Earth and Environmental Sciences, Potsdam, ³Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, Krakow, Poland

This work analyses the induced seismicity for a hydrofracking experiment monitored in the framework of the SHEER (SHale gas Exploration and Exploitation induced Risks) EU project at the Wysin (Poland) site, located in the central-western part of the Peribaltic syncline, Pomerania. The detection performance is assessed using two approaches: 1) creating a microseismic synthetic catalogue and waveform dataset and comparing maximal amplitude with real noise from the pre-operational phase and 2) applying an automated full waveform detection and location algorithms to analyse the induced seismicity during and after the fracking operations. A specific network setup has been installed at the hydrofrac site. It combines a surface installation (6 broadband sensors and 3 small-scale arrays) and a shallow borehole installation. The fracking operations are carried out in June and July 2016 at a depth 4000 m. We generated realistic synthetic full waveforms considering a realistic local crustal model, distribution of hypocenters, magnitudes, moment tensors and source durations, and superpose them to real noise signals. Using these data we identified daily variations of M_c , with better detections during night hours. The overall M_c using the automated detector is found for $M_w \sim 0.1$. The same detector provided an unsupervised detection catalogue, when applied to real data for a time period May-September 2016. The strong temporal change

(day/night) of the detection performance is confirmed with real data. A manual revision of the detected signals revealed that most detections are associated to local and regional seismic signals, generated far from the injection well. Only two events could be assigned to the volume potentially affected by the fracking operations.

SO.B-091

Detecting, locating and characterizing acoustic emissions of hydraulic fractures at Äspö (Sweden)

*J.A. López Comino*¹, S. Cesca¹, S. Heimann¹, F. Grigoli², C. Milkereit¹, T. Dahm¹, A. Zang¹*

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, ²ETH, Swiss Seismological Service, Zurich, Schweiz

An in situ hydraulic fracturing underground experiment (Nova project 54-14-1) was performed at the Äspö Hard Rock Laboratory (Sweden), aiming at optimizing geothermal heat exchange in crystalline rock mass. The basic idea of the experiment was to compare hydraulic fracturing growth and induced seismicity under controlled conditions in a horizontal borehole 30 meter long for different fluid-injection schemes (continuous, progressive, pulse injection). A near field network with 11 acoustic emission (AE) sensors was installed. The piezoelectric sensors have their highest sensitive in the frequency range 1 to 100 kHz, but sampling rates were extended to 1 MHz. We apply recently developed automated full waveform detection and location algorithms and present the results obtained during the conventional, continuous water-injection experiment HF2 (Hydraulic Fracture 2). The event detector is based on the stacking of characteristic functions. It follows a delay-and-stack approach, where the likelihood of the hypocenter location in a pre-selected seismogenic volume is mapped by assessing the coherence of the P onset times at different stations. A low detector threshold is chosen, to map weak events. This approach also increases the number of false detections. Therefore, the dataset has been revised manually, and detected events classified in terms of true AE events related to the fracturing process, electronic noise related to 50 Hz overtones, long period and other signals. The location of the AE events is further refined using a more accurate waveform stacking method which uses both P and S phases. A 3D grid is generated around the hydraulic fracturing volume and we retrieve a multidimensional matrix, whose absolute maximum corresponds to the spatial coordinates of the seismic event. The relative location accuracy is improved using a master event approach. Relative magnitudes are finally estimated upon the decay of the maximal recorded amplitude from the AE location. The resulting catalogue is composed of more than 4000 AEs. Their hypocenters are spatially clustered in a planar region, resembling the main fracture plane; its orientation and size are estimated from the spatial distribution of AEs.

SO.B-092

Towards an automated full waveform regional moment tensor inversion in Northern Chile

F. Gehrke^{1, 2}, S. Cesca²*

¹University of Potsdam, Potsdam, ²GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

Northern Chile is characterized by an intense seismic activity, driven by the subduction of the oceanic Nazca plate beneath the Western margin of the Southamerican plate, with occurrence of large intraplate megathrust earthquakes in the past centuries. The so-called

Northern Chile seismic gap, lasting since the 1877 (M 8–8.8) earthquake, was partially broken by the Mw 8.2 Iquique earthquakes in April 2014. Hundreds of events with magnitude above Ml 3.5 are recorded yearly. Beside seismicity at the shallow section of the slab, intermediate and deep focus seismicity is also present. Shallow seismicity is also observed inland, both associated to tectonic activation of shallow faults, as well as in consequence of diffuse mining activity. Northern Chile is also characterized by an outstanding seismic monitoring, thanks to the Integrated Plate boundary Observatory (<http://www.ipoc-network.org>). Accurate seismic analysis have been performed for specific events or seismic sequences, neglecting periods between major earthquakes, seismicity occurring at some distance or larger depth from their rupture areas and moderate earthquakes. As a consequence, a broad view on the distribution of focal mechanisms is still missing and can hinder our understanding of seismic processes in this region. This work aims to fill this gap, by applying waveform based moment tensor inversion techniques to characterize the spatially distributed seismic activity. Taking advantage by the dense seismic network and powerful waveform based inversion tool, we can decrease the minimum magnitude of target seismicity and increase the size of our earthquake dataset. We focus on a region comprised between latitude 18°S and 25°S and longitude 67°W and 72°W, with focal depths down to 300 km. A regional centroid moment tensor inversion procedure is tested and run for all events in the time period 2004–2016, with magnitudes above Ml 3.5 (shallow earthquakes) or 4.5 (intermediate earthquakes). Good quality moment tensor solutions are obtained for more than 1000 earthquakes. A clustering algorithm is used to classify moment tensors, detect the presence of spatial and temporal clusters, and to characterize the most prominent and active seismogenic structures. Our works represents a first step towards the implementation of an automated moment tensor inversion in Northern Chile able to extend this type of seismicity monitoring to moderate earthquakes.

SO.B-093

Earthquake source-type variations at the Salton Sea geothermal field, California

S. Bentz^{*1}, *P. Martínez-Garzón*¹, *G. Kwiatek*¹, *M. Bohnhoff*^{1, 2}, *J. Renner*³

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, ²Fachbereich Geowissenschaften, Freie Universität, Berlin, ³Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität, Bochum

Over the last decade a large number of induced earthquakes have raised the public awareness for operations involving fluid injection into the subsurface. Understanding the source mechanisms of triggered and/or induced earthquakes can help mitigating risks associated with injection activities and optimizing monitoring processes. Full moment tensor (FMT) inversion has become a central tool for characterization of faulting associated with earthquakes. However, the analysis of small events by full waveform approaches to FMT inversion is often hindered by poor signal-to-noise ratio in low frequency bands. In this study, we investigate the source mechanisms of 100 earthquakes at the Salton Sea geothermal field, with magnitudes ranging from 2.2 to 5.1, using combined data from a local network of shallow boreholes containing short period instruments, and regional broadband stations. We employ two FMT inversion techniques using full waveforms and P-wave first motions and compare their performance. Results show that for the lower half of the considered magnitude range the classical FMT inversion using waveforms is unable to reproduce the observed seismograms to a detail sufficient for successful FMT estimations. Therefore, we focus here on the FMT inversion from P-wave first motion amplitudes. Results are refined using the relative FMT in-

version technique hybridMT to account for poorly known path and site effects. We find that the majority of shallow earthquakes contain significant non-double-couple (NDC) components, indicating complex, non-shear rupture processes. Events located near active injection wells show positive NDC components, representing tensile opening, whereas more distant earthquakes exhibit smaller NDC components. Deep earthquakes -possibly unrelated to the reservoir formation- are found to be almost pure shear failures. The prominent NDC components near the wells may be related to large pore pressure changes and thermal contrasts between rock and injected fluid, which should decay as distance from the well increases, resulting in more common shear ruptures. This observation highlights the effect of fluid injection on the source characteristics of induced seismicity. These features become only visible after including local sensors in the analysis. It is recommended that in the future field operators use this method to track long-term reservoir development and stimulation, as well as to automatically assess and predict associated seismic hazards.

SO.B-094

Deep Micro-earthquake Detection Threshold in the East Eifel Volcanic Field (DEEP-TEE Recording)

M. Koushesh, J. Ritter*

Geophysikalisches Institut (GPI), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

On 18th and 22nd of September 2013 the East Eifel Volcanic Field experienced two micro-earthquakes in an extraordinary depth of 40-43 km. Those events triggered scientific questions on the source and the mechanisms that cause seismic events in the upper mantle where the estimated temperature is close to 900-1000°C. During summer and autumn of 2014 KIT, GFZ and LGB-RLP installed thirteen recording stations including three broadband and ten short-period seismometers above and around the hypocentres of the deep events (Deep Eifel Earthquake Project - Tiefe Eifel Erdbeben). Based on the gathered dataset, a noise study was done and the noise level at the thirteen DEEP-TEE stations was compared to the seven nearest permanent stations and to the New global High and Low Noise Models (NHNM and NLNM). The noise distribution in time and frequency varies between day-time (03 – 21 UTC) and night-time (21 – 03 UTC) by order of 10 dB. To determine the micro-earthquake detection threshold for each station, we simulated velocity power spectral density distributions (velocity-PSD) of earthquake signals in the magnitude range of 0.1 – 2 (Ml) for a constant hypocentral distance of 50 km. Synthetic spectra for P-wave and S-wave were obtained from Brune's model rupture mechanisms. Simulation parameters were set to a source located in the upper mantle with the following characteristics: stress drop: 6 ± 2 MPa, density 3,300 kg/m³, P-wave velocity 7,970 m/s and S-wave velocity 4,550 m/s. Frequency-dependent attenuation parameters were studied and selected for those values which showed a reasonable correlation of synthetic velocity-PSD compared to the measured velocity-PSD of the local earthquake records. The results of this study determine the most sensitive stations to detect deep-micro-earthquakes in the East Eifel Volcanic Field during day-time and night-time separately. As secondary results we determine a true set of attenuation parameters for the P-wave and S-wave spectra simulation in this area.

Keywords: East Eifel Volcanic Field, Earthquake velocity-PSD simulation, Seismic noise analysis, Detection threshold.

SO.B-095

Identification of potential seismogenic active faults in NW Germany

P. Uta^{*1}, *C. Brandes*¹, *C. Bönnemann*², *T. Plenefisch*², *J. Winsemann*¹

¹Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover, Hannover, ²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Northern Germany, regarded as a low-seismicity area, was affected by 77 earthquakes with magnitudes between 0.5 and 4.3 ML within the time period of January 1993 to December 2016. The aim of the DGMK Project 773 is to identify trigger mechanisms for these recent intraplate earthquakes in order to better differentiate between potential anthropogenic and natural tectonic causes in NW Germany. Possible trigger mechanisms are the ongoing natural gas extraction and/or glacial isostatic adjustment (GIA) leading to local stress field changes. First results showed that the vast majority of the epicenters are located in the vicinity of natural gas fields. Their focal depths are in a range of 3.5 to 9 km. Only five earthquakes are of undoubted tectonic origin due to their hypocenter depths of more than 13 km and their location far away from these fields.

Linking hypocenters and faults provides the possibility to better constrain the controlling factors of the recent North German intraplate earthquakes. For the regions Cloppenburg, Syke, Sulingen/Nienburg, Langwedel/Völkersen, Rotenburg/Söhlingen and Walsrode 3-D subsurface models were constructed based on depth maps and cross-sections from the "Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem Deutschen Nordsee-Sektor" (Baldschuhn et al., 2001) for the base Zechstein, the base Lower or Middle Buntsandstein and base Upper Buntsandstein. Digitization and geo-referencing was carried out with the geo-information software AutoCAD Map 3D©. The 3D-subsurface modeling was performed with GOCAD©.

Each modeled region is characterized by several salt structures and a dense fault array. Based on our relocated hypocenter depths down to 9 km, we assume that the earthquakes in the vicinity of active hydrocarbon fields were mostly caused by Permian basement faults below the base Zechstein. Faults mainly trend W-E, NW-SE, NNW-SSE and roughly N-S. Almost all identified seismogenic faults are characterized by focal mechanisms that indicate normal fault movement. Due to the combination of the high hypocenter accuracy and our constructed 3D-subsurface models, we were able to identify 24 potential seismogenic faults in NW Germany. These potential seismogenic faults serve as the input dataset for the numerical simulation of the glacial isostatic adjustment.

References

Baldschuhn R, Binot F, Fleig S and Kockel F - Geotektonischer Atlas von Nordwest-Deutschland und dem deutschen Nordsee-Sektor. Geol Jb, A, 153, pp. 3 - 95, (2001).

SO.B-096

Modeling the Holocene slip history of the Wasatch fault (Utah): coseismic and postseismic Coulomb stress changes and implications for seismic hazard

M. Bagge^{*1, 2}, *A. Hampel*¹, *R. Gold*³

¹Leibniz Universität Hannover, Institut für Geologie, Hannover, ²now at: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam,

³U.S. Geological Survey, Golden, United States

The Wasatch fault zone (WFZ) constitutes the eastern boundary of the actively extending Basin and Range Province (Utah). As the longest intra-continental normal fault in the United States and most active fault in Utah, it poses a significant source of seismic hazard for major population centers (e.g., Salt Lake City). The central Wasatch fault is subdivided into five structural segments on the basis of changes in surface fault geometry and paleoseismic rupture histories. During the last ~7000 years, a series of earthquakes, some $M \geq 7$, occurred on the central WFZ and other nearby faults. Although the WFZ is one of the best-investigated fault zones globally, additional insight can be gained into its earthquake potential and rupture history using Coulomb stress modeling. To that end, we use three-dimensional finite-element modeling to simulate a series of 25 single- and multi-segment earthquakes during the last 6400 years on the central Wasatch fault zone, West Valley fault zone and Oquirrh-Great Salt Lake fault zone. To analyze the historic coseismic and postseismic Coulomb stress changes, as well as the future stress evolution, we considered viscoelastic effects. Our results show that the influence of coseismic stress changes reaches all modeled fault zones, with highest stress changes in a range of several tens of bars on adjacent faults and segments. Distal modeled faults and segments (generally >50 km) are also influenced with stress changes in a range of less than 1 bar. Postseismic stress changes caused by viscoelastic relaxation dominate in the first year after an earthquake and decrease quickly in the first ten years. One hundred years following an earthquake, no significant effect of viscoelastic relaxation is observed. Modeled hypothetical earthquakes suggest that present-day ruptures on the Brigham City segment or Salt Lake City segment would result in $M \sim 7.1$ or $M \sim 7.0$ earthquakes, respectively, which would have a severe impact on the local metropolitan areas. Our study implies that finite-element modeling not only helps investigating stress transfer for paleo-earthquakes but allows estimating coseismic displacements and Coulomb stress changes of hypothetical present-day earthquakes.

SO.B-097

Untersuchungen zur Triggerung der seismischen Aktivität im Schwarmbebengebiet von Nový Kostel (NW-Böhmen) durch Porendruckänderungen

*J. Heinicke*¹, H. Woith², C. Alexandrakis¹, S. Buske¹*

¹Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg,

²Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Die Schwarmbebenaktivität im Untersuchungsgebiet NW-Böhmen/Vogtland wird nach dem bisherigen Forschungsstand durch die Diffusion von Porendruckimpulsen im Hypozentrum getriggert. Dieses Ergebnis stellt den Ausgangspunkt für unsere Untersuchungen dar, jedoch revidieren wir die Annahme, dass dieser Fluidüberdruck allein mit dem Aufsteigen von magmatischen Fluiden aus einem Reservoir im oberen Mantel erklärt werden kann. Erste Untersuchungen ergaben Hinweise, dass dieser Triggermechanismus auch auf Porendruckimpulsen beruhen kann, welche durch hydrologische Extremereignisse nahe der Erdoberfläche (Starkregen, Schneeschmelze) induziert werden. Langzeitmessreihen benachbarter Flusspegel dienen als Ausgangswerte für die generierten hydraulischen Druckimpulse. Eine Simulation der Porendruckdiffusion über einen Zeitraum von mehreren Monaten entlang einer ausgewählten Störungszone bis in die Herdbereiche des Epizentralgebietes von Nový Kostel wird diskutiert.

SO.B-098

Seismoelectric ground response to local and regional earthquakes

*L. Dzieran**¹, *W. Rabbel*¹, *M. Thorwart*¹, *O. Ritter*²

¹Christian-Albrechts-Universität, Kiel, ²Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam

During earthquakes magnetotelluric stations occasionally record electric and magnetic signals similar to seismograms. The major part of these magnetic signals is induced by the seismic movement of the magnetometers (induction coils) in the static magnetic field. In contrast, the electric field signals are caused by the seismoelectric effect. Based on more than 600 earthquakes from Chile, Costa Rica and Europe we established a logarithmic magnitude-distance-relationship describing the magnitude threshold to be exceeded for observing seismoelectric (SE) signals with standard magnetotelluric (MT) recording units at given hypocentral distance r and for noise levels less than $3 \mu\text{V/m}$. The $\log(r)$ term results from the geometric spreading of the radiated seismic waves.

A comparison of SE signals at different hypocentral distances shows that observability is not only influenced by the amplitude of the incoming seismic wave. It also depends on the geological structure underneath the station which causes a unique frequency dependent SE response. To quantify these site effects we computed spectral seismoelectric transfer functions representing the ratios of the spectral amplitudes of SE records and acceleration seismograms (SESRs). Some stations show constant SESRs in the major frequency range, while others show a decrease with increasing frequencies. Based on the current Biot-type seismoelectric theory constant SESRs can be explained by coseismic SE waves alone. The observed SESR amplitudes at some sites are indeed consistent with theoretical expectations for electrically highly resistive soils or rocks, in agreement with the local geology of the investigated areas. The frequency dependence of SESRs observed at other locations can be explained if the incident SE waves consist not only of coseismic arrivals but also of a significant contribution from SE interface response waves which are generated at electrical or mechanical boundaries. Therefore, frequency-dependent SESRs can be regarded as an expression of a seismoelectric site effect, which depends strongly on the hydraulic and lithologic conditions underneath the recording station.

SO.B-099

Long-period tilt-induced accelerations associated with hydraulic fracturing

*T. Dahm**, *C. Milkereit*, *J.A. Lopez Comino*, *N. Nooshiri*, *S. Cesca*, *A. Zang*

GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

In 2015, several small scale hydrofracture experiments have been performed in situ from a horizontal borehole in a mine gallery in granitic rock.

The hydrofracture experiments were monitored by a bundle of different near field sensors covering a broad range of frequencies (see Zang et al., *Geophys. J. Int.* (2017) 208, 790–813, doi: 10.1093/gji/ggw430).

We installed broad band sensors in the gallery close to the fracture experiments, and observed clear long period transients on the horizontal components, which timing and polarity correlated with the opening and closing of the fractures. We interpret the broadband signals as tilt-induced excursions.

The broadband signals have been measured independent whether high frequency acoustic emission have been observed or not during the individual fracture experiments. They are

thus an independent measure of the success of a hydrofracture experiment and the parameter of the newly formed cracks.

In this study we show that most tilt-induced long-period signals can be modeled by a rectangular crack with constant opening in an elastic full space, as first order approximation. From theoretical forward modeling, we prove that the tilt has a higher sensitivity to resolve the strike of the fracture than the displacement field. With this model, we retrieve the strike of the fractures from the tilt observed at a single sensor. The results indicate that the strike angles of the hydrofractures change systematically with the distance to the gallery wall, indicating a rotation of the principal stresses close to the free surface of the gallery. The rotation trend is similar to the one observed in previous hydrofracture experiments in mines.

We compare the strength of the modeled tensile cracks, i.e. opening times crack area, with the volume of the injected fluid, and discuss the general resolving power of tilt signals for source parameter fractures.

The temporal evolution of the opening and closure of the fractures is discussed.

SO.B-100

Seismic signals due to wind turbines - techniques to investigate the impact of wind turbines on seismic records

T. Zieger, J. Ritter*

Geophysikalisches Institut (GPI), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Within the scope of the project „TremAc“, we present seismological techniques to investigate the impact of wind turbines (WT) on seismic records. The main goal of this project, which is funded by the German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, is the detection of influences from WTs on human health and buildings in an interdisciplinary way.

The interaction between WTs, humans and infrastructure (incl.seismic stations) becomes more and more an important role with the increase of installed WTs. On the one hand, we will present averaged one hour long PSD-spectra of longterm records. Thereby we will focus on the main frequency range of interest and differentiate between various types of turbines and various subsurfaces. This will be important to ensure the main tasks of seismic networks with short distances to WTs in the future.

To differentiate between near- and far-field effects, we use several station settings and fit various power-law decay curves proportional to $1/r^b$ to the data. Here, too, we differentiate between various subsurfaces as a result of different scattering and attenuation processes. By using array techniques, we are able to identify the main emitted wave types due to WTs in various distances to the location.

Seismic data were provided by „Erdbebendienst Südwest“, „Federal Institute for Geosciences and Natural Resources“ and „Karlsruher BroadBand Array (KABBA)“. Meteorological data were provided by „KIT Institute of Meteorology and Climate Research - Department Troposphere Research“.

SO.B-101

Diffraction stacking seismic event localization based on the Akaike Information Criterion

*A. Hendriyana^{*1}, K. Bauer¹, U. Muksin², M. Weber¹*

¹German Research Centre for Geosciences GFZ, Potsdam,

²Department of Physics, Syiah Kuala University, Banda Aceh, Indonesia

Classical methods of seismic event localization are based on the picking of body wave arrivals, ray tracing and inversion of travel time data. An alternative approach is the application of migration methods to deduce the source location from the recorded wave fields instead. In our study we use a diffraction stacking method which includes 1) calculation of travel times (Green's function) for a given velocity model, 2) preparation and filtering of data, 3) conversion of the filtered data into a characteristic function (CF), 4) stacking of CF amplitudes to derive an image function, and 5) determination of the source location from the image function.

A particular feature in our work flow is the stacking of CF amplitudes instead of original waveforms. This step is applied to enhance the relevant P and S arrivals and to suppress undesired effects from complex source radiation patterns. Our CF represents a modification of the well-known Akaike-Information-Criterion (AIC), at which a time window in the calculation is introduced. This allows for the detection of several events in continuous recordings. To prevent cross-talk between the P- and S-phases caused by inaccurate velocity models, we separate the P- and S-phase from the modified-AIC function by using polarization attributes (rectilinearity, emergence angle, eigenvalues). Resulting coherency-based P- and S-image functions are combined and analyzed by covariance analysis. The source location and origin time are determined from analysis of the final image function.

The work flow was applied to local earthquake data from Sumatra, Indonesia. The data were collected over a period of 9 month using a network of 40 stations deployed around the Tarutung pull-apart basin. Station spacing was around 5 km on average. Source locations of 407 events were determined with uncertainties of less than 1 km in horizontal direction. The results show an alignment of events along the Sumatran Fault. A more complex distribution of seismicity is imaged within and around the Tarutung basin. Lineaments are interpreted as opening fractures due to local extension.

SO.B-102

Analysis of the 2016 seismic sequence in Central Italy

*T. Braun¹, S. Cesca^{*2}, F. Grigoli³, M. Kriegerowski^{2,4}, J.A. Lopez Comino², T. Dahm²*

¹INGV, Arezzo, Italy, ²GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam,

³ETH, Zurich, Schweiz, ⁴University of Potsdam, Potsdam

On August 24, 2016 a Mw 6.0 earthquake struck Central Italy near the town of Amatrice and claimed the lives of 300 people. Two months later, the intensity of the aftershock sequence suddenly increased, when on its northern sector two seismic events of Mw 5.9 and Mw 6.5 indicated the activation of a new fault system. The latter event of Oct 30, 2016 was the strongest in Italy since the Mw6.9 Irpinia earthquake of Nov 23, 1980, destroying almost all the pre-damaged buildings. The aftershock sequence of more than 40000 localized events extends actually in an area of ca 80 km x 25 km. We relocalized seismic events with $M > 3$ by applying master-event waveform stacking using local INGV data, improved the hypocentral

depth by modeling P – pP signals at teleseismic distances, analysed moment tensors of the strongest events by modeling broadband data at regional distances, calculated apparent source time functions and slip distribution for the M5.9 event of Aug 24, 2016 using some aftershocks as empirical Green functions, and finally applied the Source Scan Algorithm for the calculation of the rupture propagation direction. The combined interpretation of seismological analysis of seismic data at local, regional and teleseismic distances sheds light on the complexity of the rupture process for the 2016 Central Italy seismic sequence.

SO.B-103

Detektion von seismischen Ereignissen in der Umgebung der GRSN – Station Bad Segeberg mittels Wellenformähnlichkeitsdetektors

J. Peikert, S. Mader, K. Olbert, T. Meier*

Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

Die Seismizität im Norddeutschen Becken ist relativ gering. In dem Zeitraum von 1955 bis 2014 sind Beben bis zu einer Magnitude von 3,5 aufgetreten. Schwache Ereignisse (kleiner Magnitude 2) können aufgrund der Untergrundstruktur und des damit verbundenen schlechten Signal-Rauschverhältnisses und der geringen Stationsabdeckung nicht vollständig detektiert werden.

Mit Hilfe eines Wellenformähnlichkeitsdetektors sollen Beben der letzten 20 Jahre mit geringer Magnitude an der Station Bad Segeberg (BSEG) detektiert werden.

Dazu wird ein Musterereignis, ein lokales Beben vom 29.10.1997 mit einer Lokalmagnitude von 1,8, ausgewählt und die Wellenform mit den kontinuierlichen Daten der Station korreliert. Eine anschließende manuelle Sortierung der 1478 Detektionen ergab, dass es sich bei einigen davon um mögliche Ereignisse mit Magnituden zwischen -3,8 und 1,8 handeln kann. Eine Ähnlichkeitsanalyse zwischen diesen möglichen Beben zeigt, dass nicht nur die Wellenform des Masterevents, sondern auch einige andere Wellenformen wiederholt auftreten, ein Hinweis auf Schwarmereignisse in diesem Gebiet.

Die Quellregion des Masterevents liegt etwa in 3,5 km Tiefe östlich der Station BSEG an der Flanke eines Salzstocks. Die Lokation und die Quelle der detektierten Ereignisse sind zwar unbekannt, aufgrund der hohen Korrelation der Wellenformen ist es aber wahrscheinlich, dass es sich um das gleiche Herdgebiet und einen ähnlichen Herdmechanismus handelt. Eine genauere Lokalisierung soll eine Polarisationsanalyse einiger ausgewählter Ereignisse liefern.

SO.B-104

Lowering the threshold of centroid moment tensor (CMT) estimation by implementing source-specific station terms

N. Nooshiri, S. Heimann, T. Dahm*

GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

The lower the magnitude of a seismic event, the more challenging the estimation of its centroid moment tensor (CMT). The difficulties arise from the reduced signal-to-noise ratio (SNR) at lower frequencies where a good match between observed and modeled seismograms can be achieved. At higher frequencies, modelling suffers heavily from incomplete knowledge of earth structure and much higher computational demands. First order effects of the mismodelling are time delays and amplitude deviations between observed and synthetic seismograms. These effects are often compensated for in single-event moment tensor inversion methods, but usually to the price of introducing biases to the absolute locations and mechanisms retrieved. For the problem of earthquake location, it has been shown that the

shrinking-box, source-specific station term (SSST) method is a good technique to improve relative hypocenter location in large sets of seismic events (Nooshiri et al, 2016). In this work we extend this technique to the problem of moment tensor estimation, where the time corrections are desired. Because of the often large uncertainties and trade-offs in CMT estimates, we reformulate the SSST method in a probabilistic way and make use of a new CMT optimization scheme capable of imaging the associated uncertainties. The obtained source-specific station corrections are a valuable resource to improve more advanced source inversion techniques, like finite-fault inversion or rupture tracking.

SO.B-105

Linear diffusion of pore-fluid pressure in hydraulically heterogeneous media: An approach to explain spatio-temporal features of fluid-induced seismicity

*L. Johann**, *C. Dinske*, *S.A. Shapiro*

FR Geophysik, Freie Universität Berlin, Berlin

Subsurface fluid injections are a common tool for the exploitation of unconventional reservoirs such as shale gas and geothermal energy. Frequently, the injection of highly pressurised fluids is associated with microseismic activity which continues also after the injection stop. A lot of research has been conducted in recent years in order to understand injection- and microseismicity-related processes. For instance, the spatio-temporal evolution of seismic events can be explained by non linear diffusion of pore-fluid pressure in hydraulically homogeneous, isotropic, fluid-saturated poroelastic media. In this case, the hydraulic diffusivity becomes a function of pressure.

Yet, the homogeneous medium approach is not always valid but rocks are usually rather hydraulically heterogeneous media. Motivated by this observation, we present results of comprehensive FEM modelling of pore-fluid pressure diffusion in 1D and 3D. We solve for the non-linear equation of diffusion in an initially hydraulically homogeneous medium. Local diffusivity maxima are then used for the implementation of a heterogeneous model with linear pore-fluid pressure diffusion. Using derived pore-fluid pressure distributions, we generate clouds of synthetic seismicity and analyse spatio-temporal signatures.

Our results demonstrate that the distribution of seismic events in space and time is not unique for non-linear diffusion in an initially homogeneous 3D medium, but can also be explained by linear diffusion through a heterogeneous medium. Thus, in order to describe and interpret spatio-temporal characteristics of fluid-induced seismicity as well as hydraulic transport parameters, reservoir specific values need to be characterised prior to the injection. This is especially important for future injection treatments and hazard assessment.

SO.B-106

Seismicity and neotectonics of the Laptev sea region (SIOLA project)

F. Krüger^{*1}, *W. Geissler*², *S. Shibaev*³, *C. Haberland*⁴, *B. Baranov*⁵

¹Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam,

²Alfred Wegener Institut (AWI), Bremerhaven, ³Yakutsk Branch Federal Research Center Geophysical Survey Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation,

⁴GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam, ⁵P.P.Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moskau, Russian Federation

The Laptev Sea region in northeast Siberia is one out of very few examples for possible initiation of continental breakup. Further north seismicity concentrates clearly on the Gakkel ridge separating the oceanic parts of the North-American and the Eurasian plates, respectively. Earthquake epicenters are more diffuse on the shelf and further inland, where in 1927 two M6.7 earthquakes occurred just 200 km to the south of the seaport of Tiksi (Avetisov, 1996). Suspicious hypocenter depths of up to 80 km have been reported from short temporary deployments near the coast (Vinogradov et al., 1992).

Following reconnaissance investigations in 2015, we installed one detection array near the city of Tiksi consisting of 13 3-component sensors in summer 2016. In addition a network of 12 3-component stations was deployed by ship and helicopter along the Lena river to the west of Tiksi. We plan to record continuous data for at least one year (also during arctic winter time) what is still a technical challenge. We decided to use passive MARK L4 seismometers together with DATACUBE3 recorders to minimize the energy needs and large low temperature tolerant batteries, which were buried as deep as possible.

Analysis of a first test data set of the detection array data showed an excellent detection level for local and regional events and a subset of local events, which are probably related to permafrost melting/degradation at the coast line.

SO.B-107

Rupture Directivity of Aftershocks of the 2014 $M_w 8.1$ Iquique Earthquake, Northern Chile, using P wave Polarization Analysis

J. Folesky^{*1}, *J. Kummerow*¹, *S. Shapiro*¹, *F. Tilmann*^{1,2}

¹FU Berlin, Geophysik, Berlin, ²Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

The 2014 $M_w 8.1$ Iquique earthquake was accompanied by numerous fore- and aftershocks of magnitudes up to $M \leq 7.6$. While the rupture processes of the main event and its largest aftershock were already analysed in great detail, this study focusses on the rupture processes of about 230 smaller aftershocks that occurred during the first two days after the main event.

The events are of magnitudes $4.0 \leq M \leq 6.5$. We apply the so called P wave polarization analysis to extract a possible rupture directivity for each single event.

The seismic broadband recordings of the Integrated Plate Boundary Observatory Chile (IPOC) provide an excellent database for our analysis. Their high sampling rate (100 Hz) and a convenient station distribution that covers an aperture of about 180° are a great advantage for a thorough directivity analysis.

In the P wave polarization analysis (PPA) technique, we reconstruct the direction of the incoming wave-field by covariance analysis of the first particle motions. Combined with a sliding time window the results from different stations are capable of identifying first the epicentre of the events and then the migration of the rupture front, if the event is of unilat-

eral character. This has been shown for large mega thrust events that could be tracked using well distributed teleseismic stations. We apply the same technique here for events of smaller magnitude and using data recorded by a local station network.

SO.B-108

Location of microseismic events in the Schlema-Alberoda mining area

H. Hassani, F. Hlousek, C. Alexandrakis, S. Buske*

Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg

Mining operations in the Schlema-Alberoda uranium mine located in south-west Saxony (Germany) stopped in 1990, and the mine was then allowed to flood. The region is seismically active and has been monitored for a long time. We have relocated some of the microseismic events which occurred between 2005 and 2012 in the mining area to investigate the nature of the seismicity, as well as the long-term role of mining-induced and triggered seismicity. In this study, we used pseudo-synthetic data obtained from the vertical component records of a local seismic network, to accurately relocate the hypocenters. The location procedure is based on a Kirchhoff prestack depth migration approach and tests both a homogeneous velocity model and a 3-D velocity model. The relocated hypocenters are compared to a 3-D reflection seismic image of the area to determine possible correlations between the seismicity and reflectivity. The results show that the main causes of the post-mining seismicity are changes in the mine flooding level while the hypocenters are often bound to preexisting subsurface structures like faults and fractures in the area.

SO.B-109

Die Erdbebenserie im Hegau 2016/2017

S. Stange, M. Hensch, F.-A. Rodler, W. Brüstle*

Landeserdbebendienst Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, Freiburg

Am 25. Oktober 2016 begann im Hegau, nahe der Ortschaft Hilzingen bei Singen (Hohentwiel) im Landkreis Konstanz (Baden-Württemberg) eine Erdbebenserie, die bis Jahresende in verschiedenen Episoden über 100 detektierte und rund ein halbes Dutzend spürbare Ereignisse generierte. Das stärkste Beben am 3. November 2016 hatte eine Magnitude von $ML=3,0$. Die geringe Herdtiefe der Serie von rund 5 km zusammen mit einigen 10.000 Anwohnern im engeren Umkreis führte zu einer ausgeprägten Wahrnehmbarkeit in der Bevölkerung, selbst für Ereignisse mit Magnituden deutlich unter $ML=2,0$. Alleine für das stärkste Ereignis liefen beim Landeserdbebendienst Baden-Württemberg weit über 400 Meldungen ein, die eine Maximalintensität von IV EMS und einen Schütteradius von etwa 10 km sehr gut belegen. Ein Teil der Serie konnte zusätzlich mit einer Mobilstation in rund einem Kilometer Epizentraldistanz aufgezeichnet werden. Hierdurch konnten sowohl die Herdflächenlösungen als auch die durch Relativlokalisierung ermittelte, detaillierte räumliche Verteilung der Herde stabilisiert werden. Es überwiegt ein mutmaßlich dextraler Strike-Slip Mechanismus. Die Anordnung der Ereignisse auf einer steil stehenden, NW-SO streichenden Fläche legt einen Zusammenhang mit mehreren Erdbeben bei Singen aus den Jahren 1995/96 und vor allem mit dem bekannten Störungssystem im Hegau (u.a. dem Hegaugraben) nahe, das der kristallinen Strike-Slip-Struktur der Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Störungszone zugeordnet werden kann. Damit fügt sich die Serie gut in das lokale und das regionale Spannungsfeld der Molasse nördlich der Alpen ein. Ein Zusammenhang mit dem

(tertiären) Vulkanismus des Hegau ist nicht offensichtlich. Wie auch vom Schweizerischen Erdbebendienst heraus gearbeitet, konzentriert sich die Aktivität der Serie auf zwei, nur um wenige hundert Meter separierte Cluster von Ereignissen. Die Erdbebentätigkeit im Hegau hat Mitte Dezember 2016 signifikant nachgelassen. Bis Redaktionsschluss wurden im Januar 2017 nur noch drei Ereignisse bis $M_L=1,6$ detektiert.

SO.B-110

Time Reverse Imaging to localise and characterise seismic events

C. Werner^{*1,2}, *F. Stöckhert*^{1,2}, *E.H. Saenger*^{1,2}

¹GeothermalCenter Bochum, Bochum, ²Ruhr-Universität Bochum, Bochum

Time Reverse Imaging (TRI) of wave propagation in elastic media can be used to localise and characterise seismic events. It has been used previously in exploration geophysics as well as non-destructive testing. Because no identification of individual events in seismograms is needed, TRI is especially suited for datasets with quasi-simultaneous events or a high signal-to-noise ratio.

TRI typically consists of a forward and a backward propagating step. A source emits waves that travel through a medium and are detected by receivers. The recorded signals are reversed in time and re-inserted into the medium at their respective receiver positions. The back-propagating waves will interfere and will focus at the original source location as a reconstruction of the original source signal. Different imaging conditions are sensitive to the source mechanism and therefore allow a characterisation in addition to the localisation. The accuracy of the TRI strongly depends on the quality of the velocity model and on the number and location of receivers.

We showcase TRI using synthetic models. Therefore, the velocity structure as well as the source is known and receivers can be implemented to get satisfying results. This way imaging conditions can be compared easily. Additionally, TRI is applied to signals recorded with acoustic emission sensors during hydraulic fracturing lab experiments. The aim is to localise and characterise acoustic events and show the application of the method to real data.

We will present the capabilities and restrictions of the method and give an outlook for further research in this area. In combination with a method to construct a comprehensive velocity model, TRI can be a very useful tool to not only localise but characterise seismic events in a wide variety of applications.

SO.B-111

Relative t^* tomography approach from spectral ratio pairs in seismic clusters

M. Kriegerowski^{*1}, *S. Cesca*², *T. Dahm*², *F. Krüger*¹

¹Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam,

²GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam

Attenuation of seismic waves yields important information for the interpretation of geological processes because changes in attenuation can be attributed to changes in physical parameters such as brittleness or gas/fluid content. We present a new method to approach

attenuation tomography where each data kernel element in the inversion represents a differential t^* couple. Hence, this novel technique relies on measures of the relative attenuation along two independent ray path segments of events inside the source volume of event clusters.

The key questions driving the development of this new method are how much the robustness against perturbations and unknowns in the velocity model and hypocenter locations changes in comparison to the spectral ratio method and if the resolution of the inversion can be improved.

The method employs t^* estimates based on the logarithmic spectral ratios of time windows around P and S phases of event couples. These we select dependent on their ray path similarity with respect to a station. A high similarity of two rays outside the source volume implies that their effects in the inversion cancel out – an idea adopted from double difference techniques. Furthermore, a Fresnel volume criterion is applied to select ray path segments, as well as frequency ranges, to ensure that the individual measure is representative of the inter-event rock properties. This allows a focused insight into the attenuation structure of the seismogenic zone, while ignoring the background attenuation.

In general, the mentioned geometrical limitations restrict possible applications of the presented method to cases with compact seismic regions and a high seismicity rate.

We present a case study based on recordings of seismic swarms in North West Bohemia, meeting the requirements of high event density in a confined source region. We compare a standard spectral ratio method applied to single event couples to inversion results of the newly developed method for both, synthetic and real data applications.

Index of authors

(bold = first author)

- Abakumov, I. **SM.1-004**, SM.3-003
 Abdelfettah, Y. EM.A-041
 Abdelsalam, M. GD.2-006
 Abdybachev, U. SO.2-004
 Abe, S. GT.1-003
 Abolfathian, N. S1.2-003
 Acocella, V. S2.2-001
 Ader, C. **EM.A-042**
 Adhikari, L.B. GE.A-060
 Adrian, J. **GE.3-006**
 Agard, P. SO.A-027
 Aguilera, A.M. SO.1-004
 Aiken, J. **S2.A-101**
 Al-Halbouni, D. **S2.A-088**
 Al-Hseinat, M. **MG.2-004**
 Albaric, J. SO.4-001
 Alber, M. GT.1-001
 Alberts, K. SM.3-005
 Alexandrakis, C. **SM.B-071**, **SO.5-003**
 SO.B-097, SO.B-108
 Allroggen, N. **EM.1-001**, EM.A-034
 Almqvist, B. BL.B-054
 Alvarado, P. SO.7-004
 Amann-Hildenbrand, A. BL.1-003
 Aranda, G. S3.1-003, SO.7-004
 Arango-Galván, C. EM.2-002
 Ardali, A. **GE.A-059**
 Arnadottir, T. SO.6-004
 Árnason, K. EM.A-041
 Artemieva, N. EP.1-004
 Asadi, A. **S3.3-005**
 Aseev, N. **S4.B-042**
 Athanasopoulos, N. **S3.B-039**
 Attanayake, J. **SO.1-001**
 Auras, M. S1.A-015
 Azari sisi, A. **S2.5-004**
- [B]**
- Babeyko, A. GD.B-027, S2.5-001
 Baes, M. **GD.2-001**
- Bagge, M. **SO.B-096**
 Bainbridge, G. S1.A-011
 Bairlein, K. GE.3-001
 Baisch, S. GT.1-002
 Balling, N. BL.B-053
 Balzer, D. S2.4-006
 Bär, K. GT.1-004
 Bär, M. **EM.A-044**
 Baranov, B. SO.B-106
 Barckhausen, U. **MG.1-004**
 Baroni, G. S3.2-001
 Barrientos, S. S2.A-100
 Barrio, M. GE.A-074
 Barth, A. **DL.A-080**, **GT.1-002**
 Bartzke, G. **MG.1-006**
 Başaran, S. AG.B-003
 Basili, R. S2.5-001
 Bataille, K. S4.3-002
 Bathke, H.M. S1.A-010
 Bauer, A. S1.2-005, **SM.3-004**
 Bauer, K. SO.B-101
 Baumeister, P. **GD.B-020**
 Bayona Viveros, J.A. **S2.A-099**
 Bean, C.J. S2.1-001
 Becker, D. **S3.1-001**
 Becker, J. S4.B-051
 Behling, L. **GE.2-003**, GE.A-072
 Beier, C. MG.B-082
 Beleggia, M. S2.2-003
 Ben Mansour, W. GR.B-080
 Ben-Zion, Y. S1.2-003, SO.9-001
 Bentz, S. **SO.B-093**
 Berglar, K. MG.2-001
 Berkels, B. S1.A-004
 Bernauer, F. S1.1-002, S1.1-003,
 S1.1-004, S1.A-006
 Berndt, E. **GR.1-002**
 Bertani, R. SM.3-001
 Bertelmann, R. GO.1-001
 Berthold, S. BL.1-001, **UI.B-009**
 Bertram, M. SM.B-060
 Bertschat, A.-S. UI.B-011
 Bestmann, M. GT.B-007
 Betzler, C. MG.2-005
 Beutin, T. **DL.1-001**
 Bhattarai, M. GE.A-060
 Bianchi, M. S4.3-002

Constantinou, A. SM.B-060
 Contreras-Reyes, E. S1.A-009, S2.A-100
 Cormier, V.F. SO.1-001
 Corti, G. GD.2-004
 Costabel, S. **BL.1-002**, EM.A-039,
 GE.2-003, GE.2-006,
GE.A-072, S3.3-004, S3.B-034
 Cotton, F. DL.1-001, S2.5-002,
 S2.5-003, S2.A-087, S2.A-095,
 S2.A-098, S2.A-099, S2.A-101,
 SO.9-003
 Cristiano, L. S1.A-015
 Cruces, J. **EM.A-056**
 Crutchley, G. BL.B-059, S2.A-096
 Czuba, W. SO.A-026

| D |

da Silva Fernandes, R.M. S2.2-004
 Daffner, T. BL.1-001
 Dahm, T. **DL.A-078**, GO.A-085,
 S2.1-002, S2.3-003, S2.A-088,
 S2.A-090, S3.1-001, SO.3-003,
 SO.B-090, SO.B-091, **SO.B-099**,
 SO.B-102, SO.B-104, SO.B-111
 Damm, V. MG.2-003
 Damme, F. **EP.2-001**
 Dando, B. SO.4-001
 Daniell, J. S2.A-093
 Dannberg, J. GD.1-002
 Dannowski, A. MG.B-086
 Darmawan, H. **S2.A-103**
 de Wall, H. GT.B-006, GT.B-007
 de Zeeuw-van Dalflen, E. S2.2-004,
 S2.A-105
 Deckert, H. GT.1-003
 Delahaye, E. SO.7-003
 Dellong, D. MG.B-086
 Dertnig, F. **BL.1-004**
 DESCRAMBLE Working Group, T. SM.B-077
 Devanney, P. S1.A-011
 Diaz, D. EM.A-046
 Dietl, C. GT.B-006, GT.B-007
 Dietrich, C. **SO.6-005**
 Dietrich, P. S1.A-002, S3.3-005,
 S3.B-041, UI.1-002, UI.1-003

Dietze, M. **S2.4-003**
 Dietzmann, A.S. **VU.A-106**
 Dilixiati, Y. **MA.B-030**
 Ding, Z. SO.1-003
 Dini, I. SM.3-001
 Dinske, C. SO.B-105
 Dlugosch, R. **S3.2-003**
 Donhauser, I. **GT.B-007**
 Donner, S. S1.1-003, **S1.1-004**, **S1.A-006**
 Dreiling, J. **SO.A-030**
 Dresen, G. SO.5-002, SO.8-001, SO.8-002
 Dressel, I. MG.1-004
 Driehaus, B. AG.B-002
 Drozdov, A. S4.B-042
 Druivenga, G. UI.B-016
 Duan, S. MG.2-006
 Ducassou, C. SO.A-027
 Dünnbier, K. GE.A-063, UI.B-010
 Durand, S. **S4.3-001**
 Dzieran, L. **SO.B-098**

| E |

Ebbing, J. GD.1-005, GD.2-006,
 GR.1-001, GR.1-002, GR.B-079,
 GR.B-080, MA.1-002, MA.B-030,
 MA.B-032, S4.2-005, S4.3-003,
S4.3-004, **S4.3-004**
 Eccles, J. SM.B-060
 Edwards, B. S2.5-003
 Egdorf, S. S1.1-003
 Ehmann, S. BL.B-057
 Ehrhardt, A. MG.1-004, **MG.2-001**
 Eibl, E.P.S. **S2.1-001**
 El-Hussain, I. SO.A-027
 El-Sharkawy, A. **SO.3-001**
 Elger, K. GO.1-001
 Eliasson, P. GE.A-074
 Engels, M. MG.2-003
 Erkul, E. AG.B-002, **AG.B-005**,
 GT.B-008, **MG.B-088**,
 S1.A-015, UI.B-015
 Esel, Y. **UI.B-015**
 Esser, O. GE.3-002
 Esterhazy, S. SO.5-001
 Evans, P. GO.A-085, SO.7-001
 Everett, M. EM.1-003

| F |

- Fäh, D. S2.4-004
 Falck, C. S1.3-006
 Faria, B. SO.6-005
 Favalli, M. S2.2-004
 Fechner, T. S1.A-002
 Fediuk, A. AG.B-004, MG.B-088
 Fedorov, A. SO.7-002
 Fedorov, G. MG.1-001
 Fehr, M. **SO.8-004**
 Ferraccioli, F. GR.1-001
 Fertig, J. **GS.1-001**
 Fiandaca, G. GE.1-003
 Fichtner, A. SO.4-004
 Finger, N.-P. **MA.B-032**, UI.B-012
 Fischer, J.-T. S2.4-005
 Flechsig, C. GD.B-018
 Flores Estrella, H. **SM.3-005**,
 SM.B-072, SM.B-073,
 SO.4-003
 Folesky, J. **SO.B-107**
 Forbriger, T. S4.B-050, **SO.3-002**
 Fornaciai, A. S2.2-004
 Förster, A. BL.B-053
 Fourtakas, G. MG.1-006
 Frei, M. GFA-032
 Freudenthal, T. BL.B-059, S2.A-096
 Freymark, J. **GT.1-004**
 Frick, M. **GT.1-005**
 Friederich, W. S3.4-002, S3.4-003,
 SO.2-006, SO.3-004,
SO.A-021, SO.A-024
 Fritsche, J.-G. GT.1-004
 Fritschen, R. SO.8-004
 Fröchtenicht, T. **EP.1-003**
 Froehlich, T. S1.1-001
 Fuchs, M. S2.4-006
 Fuchs, S. **BL.B-053**
 Fuhrmann, T. GF.1-002
 Funke, S. **S2.A-097**
- Gadoev, M. SO.2-004
 Gaina, C. GD.1-005
 Gajewski, D. S1.2-005, SM.1-004,
 SM.3-003, SM.3-004
 Gao, L. **S3.1-004**, S3.4-001, SO.3-002
 Gao, Z. GE.3-002
 García-Jerez, A. MG.B-081
 Garambois, S. PVS3
 Gasmöller, R. GD.1-002
 Gebauer, A. **S1.1-003**
 Geerits, T. SM.2-004
 Geersen, J. MG.1-003
 Gegenhuber, N. BL.1-004
 Gehrke, F. **SO.B-092**
 Geissler, W. SO.B-106
 Gellein, J. UI.B-016
 Gerland, S. S1.3-005, S1.3-006
 Gerya, T. GD.B-017
 Gholamrezaie, E. **GD.2-005**
 Gibbons, S. SO.7-002
 Giese, R. BL.B-054, BL.B-057,
 S3.3-001, SM.3-002, SM.B-067
 Girault, F. GE.A-060
 Goepel, A. BL.1-005, BL.B-055,
 BL.B-059, DL.A-082,
 S1.A-013, S2.A-096
 Goertz-Allmann, B. SO.4-001
 Gokhberg, A. SO.4-004
 Golabek, G. **GD.B-017**
 Gold, R. SO.B-096
 Goldman, M. EM.2-001
 Golombek, M. GD.B-021
 Gonzalez-Castillo, L. VU.A-107
 Gorman, A. SM.B-060
 Gottschämmer, E. **DL.A-075**,
DL.A-076, DL.A-080,
 S2.2-005, VU.A-106
 Götz, J. **UI.1-005**
 Götzke, H.-J. GD.2-006,
 GO.A-084, **S1.A-005**
 Gräber, M. MG.B-088
 Green, R.G. S2.4-002
 Grelle, T. S1.A-014
 Grevemeyer, I. S2.A-100
 Grigoli, F. SO.B-091, SO.B-102
 Grinat, M. GE.A-066
 Grob, H. MG.B-085

| G |

- Gabriel, G. GR.B-078, GT.B-006,
 S3.B-036, SM.2-001

Grohmann, M.	S1.A-012, UI.2-001	Hanka, W.	S4.B-051, SO.7-001
Gromig, R.	MG.1-001	Hannemann, K.	S1.A-009 , S2.A-100
Gross, F.	MG.1-003, S2.4-001	Haroon, A.	EM.2-001 , EM.A-038, EM.A-040
Grott, M.	GD.B-021	Harris, D.	SO.4-001
Grund, M.	SO.2-002 , SO.A-019 , SO.A-020, SO.A-022, SO.A-025	Harris, J.	SO.7-003
Grünthal, G.	S2.A-098	Hartmann, R.	GR.B-079
Guattari, F.	S1.1-002	Hassani, H.	SO.B-108
Gudmundsson, O.	SO.A-022	Hassani, M.	S1.3-002
Guenther, M.	SO.7-001	Hauburg, N.	S3.4-002, S3.4-003
Guillemoteau, J.	EM.A-051, S1.A-016, S3.B-037	Hauck, C.	GE.1-003, GE.1-004
Gunawan, M.T.	S2.3-001	Haxter, M.	S1.A-003
Günther, T.	EM.A-043, EM.A-045, GD.B-018, GE.A-071	Hbib, N.	BL.B-056
Güntner, A.	GE.A-067	Heck, B.	GF.1-002
Gupta, R.K.	SO.B-089	Hedin, P.	BL.B-054, SM.3-002
Gurer, A.	GE.A-059	Heidbach, O.	S4.B-048 , UI.1-001, UI.B-014
Gurk, M.	EM.1-004, EM.A-052, GE.A-061	Heimann, S.	GO.A-085 , S1.2-002, S1.A-010, S2.3-002, SO.3-003, SO.5-005, SO.B-090, SO.B-091, SO.B-104
Gürlich, L.	GE.A-069	Heinicke, J.	SO.B-097
Gutierrez, Q.j.	VU.A-107	Heinkelmann, R.	S4.B-047
Gutscher, M.-A.	MG.B-086	Heinloo, A.	SO.7-001
		Heinrich, Z.	SO.8-003
		Heinze, T.	GE.1-002, GE.A-058
		Heit, B.	SO.1-004
		Hellard, H.	S4.B-045
		Hellwig, O.	SM.2-004, SM.2-005 , SM.B-061
		Hemmler, S.	SO.7-001
		Hendriyana, A.	SO.B-101
		Henk, A.	UI.B-014
		Henrys, S.	BL.B-059, S2.A-096
		Hensch, M.	SO.6-004 , SO.B-109
		Herdegen, V.	GE.2-004
		Hering, P.	EM.A-054, VU.A-107
		Heryandoko, N.	S2.1-002
		Heyde, I.	MG.1-004
		Hilbert, H.-S.	UI.B-012
		Hilbich, C.	GE.1-004
		Hildenbrand, A.	MG.B-082
		Hiller, T.	BL.1-003 , EM.A-039 , GE.2-006
		Hlousek, F.	SM.2-002, SM.B-063, SM.B-066 , SO.B-108, UI.2-002
		Hoder, G.	BL.1-003

| H |

Haaf, N.	EM.A-041
Haas, P.	GD.1-005
Haberland, C.	GD.2-003, S1.A-003, SO.2-004, SO.B-106
Hadziioannou, C.	S1.1-003
Haegel, F.-H.	GE.3-002
Häfner, R.	SO.8-003
Hainzl, S.	S2.3-003, S2.3-004 , S2.A-090
Halisch, M.	GE.2-002, GE.2-005, GE.2-006, GE.3-003, GE.3-004, GE.A-069, S1.A-001, S1.A-014
Hall, J.K.	MG.2-005
Hall, K.	SM.B-060
Hammer, C.	S2.4-004
Hampel, A.	SO.B-096
Handy, M.	SO.2-001
Handy, M.R.	SO.2-006
Hänel, F.	SM.3-005

Hoechner, A. **S2.5-001, S2.5-001**
 Hofmann, D. UI.1-004
 Hollmann, H. AG.1-001
 Holohan, E.P. S2.A-088
 Holschneider, M. MA.1-001
 Hölz, S. **MG.2-006, S1.3-004**
 Holzrichter, N. MA.B-030
 Hongn, F. S3.1-003, SO.7-004
 Hönig, M. S1.A-003
 Hördt, A. BL.B-057, DL.A-079,
 GE.1-003, **GE.3-001**, GE.3-003,
 GE.3-004, GE.A-073
 Houben, G. BL.1-002
 Houser, C. EM.1-003
 Hovius, N. S2.4-002, S2.4-003
 Hrubcová, P. SO.2-005
 Huang, H. SO.1-003
 Huang, Z. SO.1-003
 Huber, M. BL.1-001
 Hübner, A. **GO.1-001**
 Hübscher, C. **MG.2-003**,
 MG.2-004, MG.2-005,
 MG.B-082, MG.B-083, MG.B-085
 Hugenschmidt, J. **AG.1-002**
 Huhn, K. BL.B-059, MG.1-006,
 S2.A-096
 Huisman, J.A. GE.3-002
 Hupfer, S. **GE.2-002**, GE.A-072,
 S1.A-014
 Hüsing, M. MG.B-085
 Hüttig, C. GD.B-026
 Hwang, S. SM.B-069, **SM.B-070**

| I |

Ian D Bastow, I. S2.2-003
 Ibs-von Seht, M. GT.B-008,
 MA.B-029, S3.3-004
 Igel, H. S1.1-002, S1.1-003,
 S1.1-004, S1.A-006
 Igel, J. EM.A-035, **EM.A-036**, S3.B-038
 Ilić, M. GE.3-002
 Ischuk, A. GD.2-003
 Isik, M. **GE.A-066**
 Isken, M.P. S1.2-002, S2.3-002,
S1.A-010

| J |

Jäckel, K.-H. DL.A-078, S1.2-001,
S1.A-003, SO.7-001
 Jacoby, W. **GS.1-002**
 Jahr, T. DL.A-082, GD.2-002
 Jaksch, K. S3.3-001
 Jang, S. **SM.B-069**, SM.B-070
 Janik, T. SO.A-026
 Janser, S. **EM.A-049**
 Jegen, M. MG.2-006, S1.3-004
 Jepsen, K. S1.A-015
 Johann, L. **SO.B-105**
 Jokat, W. SM.1-001
 Jonkers, A.R. **DL.A-083**
 Jordan, M. GE.A-062, GE.A-074
 Joswig, M. S2.6-004, SO.8-003,
 SO.8-005
 Juhlin, C. BL.B-054, MG.2-003,
 SM.3-002, SM.B-067
 Jung, H. SM.B-070
 Junge, A. EM.A-037, EM.A-054,
 EM.A-055, GE.A-070,
 S1.A-017, VU.A-107
 Jurczyk, A. S3.3-001
 Jusri, T. **SM.3-001**, SM.B-071

| K |

K. Oikonomopoulos, I. GE.A-061
 Kadirioglu, F.T. SO.5-002
 Kalia, A.C. **GE.A-032**
 Kämmlein, M. GT.B-006
 Kämpf, H. SO.2-001
 Karbon, M. S4.B-047
 Karlsdóttir, R. EM.A-041
 Karsten, S. BL.B-059
 Kartal, R.F. SO.5-002
 Kashtan, B. SM.1-004
 Kassel, A. SM.B-061
 Kasten, S. S2.A-096
 Kaufmann, G. **S3.3-003**
 Kaul, N. BL.B-059, S2.A-096
 Kaus, B. GD.1-004, SO.2-006
 Kaviani, A. SO.1-002
 Keir, D. S2.2-003

Kellerman, A.	S4.B-042	Krage, M.	S3.B-035
Kellett, R.	SM.B-060	Krastel, S.	MG.1-001 , MG.1-003, MG.2-002, S2.4-001
Kemna, A.	DL.A-081, GE.1-002, GE.1-004 , GE.A-058, S2.A-091	Krauß, F.	BL.B-054 , SM.3-002
Kersten, T.	S3.B-036	Krawczyk, C.M.	GR.B-078, MG.2-003, S3.4-004, S3.B-033, SM.2-001
Kervalishvili, G.	S4.1-004	Kreck, M.	S3.B-041
Keßler, J.	SM.B-066, UI.2-002	Kremers, S.	S3.1-002, SO.8-004
Kim, T.	SM.B-070	Krieger, L.	GT.1-003
Kind, R.	SO.2-001	Kriegerowski, M.	SO.B-090, SO.B-102, SO.B-111
Kind, T.	EM.A-050	Krüger, F.	GD.B-027, MG.B-081, S2.3-002, S3.1-003, SO.7-004, SO.A-026, SO.B-106 , SO.B-111
Kirsch, R.	S3.2-004, UI.1-003	Krüger, K.	S3.3-001
Kissas, K.	AG.B-001	Kruschwitz, S.	EM.1-002, EM.A-039, GE.2-005, GE.2-006 , GE.A-069
Kiyashchenko, D.	SM.1-004	Kruse, J.P.	GD.B-025
Klaeschen, D.	MG.B-086, MG.B-087, S2.A-089	Kudla, W.	SM.B-066, UI.2-002
Klaffenbach, M.	SM.B-067	Kufner, S.K.	SO.A-028
Klamerth, N.	GE.A-068	Kufner, S.-K.	GD.2-003 , SO.6-003
Klee, M.	EM.A-050	Kuhlmann, J.	BL.B-059, S2.A-096
Klein, E.	MG.1-003	Kühn, C.	EM.A-053
Klein, U.	S1.2-001	Kühn, D.	SO.4-001
Kletzing, C.A.	S4.B-046	Kuhn, D.	S2.4-006
Kley, J.	GD.B-022	Kühnel, M.	S1.1-001
Klingelhofer, F.	MG.B-086	Kukowski, N.	BL.1-005 , BL.B-055, BL.B-059, DL.A-082 , EM.2-003, GD.B-022, MA.B-029, S1.A-013, S2.A-096
Klitzke, P.	MG.2-001	Kulikova, G.	S1.A-008
Klitzsch, N.	BL.1-003, GE.2-001 , GE.A-064	Külüke, C.	DL.A-079
Klose, T.	EM.A-051	Kummerow, J.	SO.5-006, SO.B-107
Knapmeyer, M.	GD.B-021	Küperkoch, L.	S3.4-002, SO.6-002
Kobe, M.	GR.B-078	Kwiatek, G.	S1.2-003, SO.5-004, SO.8-001 , SO.8-002, SO.9-001 , SO.B-093
Kocak, M.	AG.B-003		
Köhler, J.	S3.3-002		
Köhn, D.	AG.B-003, SM.B-077		
Kolß, S.	SO.8-003		
Konechnaya, Y.	SO.7-002		
König, M.	S1.A-012		
Kopp, D.	GE.1-001		
Kopp, H.	PV.S1, MG.B-086, MG.B-087, S1.A-009, S2.A-100, SO.2-006		
Korn, M.	SM.3-005, SM.B-072, SM.B-073, SO.4-003, SO.A-021		
Korte, M.	MA.1-001, MA.B-031, S1.3-003, S4.3-005 , S4.B-052		
Korup, O.	S2.A-095		
Koushesh, M.	SO.B-094		
Krabbenhoeft, A.	MG.B-086, S2.A-089		
Kracht, M.	GT.1-004		

| L |

Lambrecht, L.	SO.3-004
Lamert, A.	SO.3-004
Lanaro, F.	S2.6-003
Landgraf, A.	SO.7-004

Lang, J.	EM.A-036	Ludwig, F.	S3.3-002
Lange, D.	S1.A-009, S2.4-001, S2.A-100	Ludwig, M.	S1.3-005
Langenbach, H.	GE.3-005	Luehr, H.	S4.1-003
Langet, N.	SO.4-001	Lühr, H.	S4.1-004
Laske, G.	S3.B-035, S4.B-043	Lund, B.	SO.6-004
Lasocky, S.	SO.B-090	Lundgren, P.R.	SO.6-006
Lawton, D.	GE.A-062, SM.B-060	Luther, R.	EP.1-004
Lay, M.	BL.1-001	Lutz, F.	SO.A-025
Lay, V.	SM.B-060, SM.B-060, SM.B-064	Lutz, R.	MG.2-001
Lebas, E.	MG.1-001		
Lebbe, L.	EM.A-038	 M 	
Lebedev, S.	S4.2-001, SO.3-001	Maccaferri, F.	S2.2-001, S2.2-002, S2.2-003
Ledo, J.	EM.A-037	Mackens, S.	S1.A-002
Lee, D.H.	SM.B-070	Mäder, A.	AG.1-002
Lee, D.	SM.B-069	Mader, S.	SO.B-103
Lege, T.	GE.A-032	Mai, F.	S3.2-004
Lehne, C.	S1.A-014	Maier-Rotter, M.	S1.A-017
Lehr, J.	S2.A-104	Mailänder, L.	EM.A-054
Leonhardt, M.	SO.8-001	Mak, S.	S2.A-094
Leven, M.	BL.B-057	Makris, J.	GD.1-006
Levy, J.	S2.2-004	Malin, P.E.	SO.5-002
Li, G.	MG.2-006, S2.6-004	Malinowski, M.	MG.2-003
Li, Y.	EM.A-048	Malischewsky, P.G.	SO.3-002
Lieser, K.	SO.7-003	Mancilla, F.d.L.	SO.1-004
Lieth, R.	GE.A-072	Mann, C.	SM.B-065
Limbrock, J.K.	GE.1-002	Mansfeld, A.	BL.B-056
Lindhorst, K.	MG.2-002	Manske, L.	EP.1-002
Lindner, F.	S3.B-035	Marquart, G.	GD.1-001
Link, F.	SO.1-002	Marques, F.O.	MG.B-083
Linke, M.	SM.2-004, SM.2-005	Márquez-Rámirez, V.H.	VU.A-107
Lippert, K.	EM.2-001, EM.A-038	Martellato, E.	EP.1-001
Liu, L.	S4.B-050	Martin, T.	GE.2-003, GE.A-072, S3.3-004
Liu, S.	GD.B-027	Martínez-Garzón, P.	S1.2-003, SO.6-002, SO.8-001, SO.8-002, SO.B-093
Loch, F.	SM.B-062	Martinson, G.	GO.1-001
Loewer, M.	EM.A-036	Marzocchi, W.	PV.S2
Lohrberg, A.	S1.2-004	Mastin, L.	S2.2-005
Lokmer, I.	S2.1-001	Matzka, J.	EP.2-002
Lolić, A.	GE.3-002	Mauerberger, A.	SO.A-022
Lontsi, A.M.	MG.B-081, S3.1-003	Mauerberger, S.	MA.1-001
López Comino, J.A.	S2.1-002, SO.B-090, SO.B-091, SO.B-099, SO.B-102	Maurice, M.	GD.B-026
Lorenz, A.	SM.B-061	Maurya, P.K.	GE.1-003
Lorenz, H.	BL.B-054		
Lück, E.	S1.A-016		
Lucke, B.	SM.B-066, UI.2-002		

Mayer, M.	GF.1-002	Mooney, W.D.	S4.3-003
Mayr, S.	SM.2-006	Morales, F.	SO.7-004
Mechie, J.	SO.2-004 , SO.A-028	Morales, J.	SO.1-004
Mecking, R.	AG.B-002	Mörbe, W.	EM.A-047
Meeßen, C.	GD.B-019	Mosuro, G.	MA.1-002
Mehra, A.	S4.B-050	Motra, H.B.	SM.B-077
Meier, T.	AG.B-005, S1.A-015, SO.2-001, SO.3-001, SO.A-021, SO.A-027, SO.B-103, UI.B-012, UI.B-015	Mountjoy, J.	BL.B-059, S2.A-096
Melaku, H.	SM.B-072	Mousavi, N.	S4.2-005
Melles, M.	MG.1-001	Mudler, J.	GE.1-003
Menzel, P.	GO.A-084 , S1.A-005	Mueller, C.	SM.1-003
Mester, A.	S3.2-002	Muksin, U.	SO.B-101
Methe, P.	BL.1-005, BL.B-055 , DL.A-082, S1.A-013	Muldashev, I.	GD.1-003
Metzger, S.	SO.6-003	Müller, B.	UI.B-014
Meyer, H.-G.	EM.2-003	Müller, D.	GF.1-001 , S2.1-003
Meyer, M.	EM.2-003, MA.B-029	Müller, D.	S4.2-003
Meyer, U.	EM.2-003, MA.B-029, S3.3-004	Müller, M.	S4.B-050
Micallef, A.	MG.1-003	Müller-Huber, E.	GE.2-004, UI.B-013
Michaelis, I.	S4.1-004	Müller-Petke, M.	BL.1-002, EM.A-039, EM.A-043, GE.2-006, S3.2-003
Miensopust, M.	EM.A-035	Müth-Frederiksen, S.	AG.B-001
Mierschke, V.	UI.B-011	Muttaqian, I.	EM.1-004 , EM.A-052
Mikulla, S.	DL.A-078		
Milillo, P.	S1.3-001	N	
Milkereit, C.	DL.A-078, S2.1-002, SO.B-091, SO.B-099	Nagel, S.	BL.B-058 , EM.1-002
Milkereit, R.	GO.A-085	Najdahmadi, B.	SO.2-005
Miller, J.	S2.A-089	Nawa, V.	GE.A-070 , S1.A-017
Min, K.-B.	S2.6-003	Negmatullaev, S.	SO.2-004
Minaev, V.	SO.2-004	Neri, M.	S2.2-001
Mirek, J.	SO.B-090	Neubeck, R.	SM.2-003
Mittag, R.	GS.A-086 , SM.B-066, UI.2-002	Neuffer, T.	S3.1-002
Moeller, M.	GE.A-057	Neuhaus, M.	BL.B-057
Mohr, C.	AG.1-001	Nickschick, T.	GD.B-018
Möhring, S.	GE.A-058	Niederau, J.	SM.B-077
Mokelke, G.	SO.8-003	Niederleithinger, E.	S1.A-012, UI.2-001, UI.B-011
Mokos, A.	MG.1-006	Niessen, J.	UI.1-004
Moldobekov, B.	SO.2-004	Nikkhoo, M.	S2.A-105, SO.6-006
Molina-Villegas, J.C.	MG.B-081	Noack, V.	MG.2-003
Molkenthin, C.	MG.B-081	Noell, U.	S3.3-004
Möller, T.	SO.3-004	Nomikou, P.	MG.B-082
Möllhoff, M.	S2.1-001	Nooshiri, N.	SO.B-099, SO.B-104
Monteiro Santos, F.	GE.A-061	Nover, G.	BL.B-056
		Núñez-Cornú, F.J.	VU.A-107
		Nussbaum, C.	SO.8-005

O'Brien, G.S.	S2.1-001	Pierdominici, S.	BL.B-054
Obermann, A.C.	SO.4-003	Pinzon, J.I.	VU.A-107
Oberst, J.	EP.1-003, EP.2-001	Pirli, M.	SO.7-002
Ochs, J.	GE.A-064	Platz, A.	EM.2-004
Ohrnberger, M.	MG.B-081, S3.1-003, SO.3-002, SO.4-001	Plenefisch, T.	SO.B-095
Oimahmadov, I.	GD.2-003, SO.2-004	Plenkens, K.	SO.8-001
Olbert, K.	SO.B-103	Plesa, A.-C.	GD.B-021 , GD.B-026
Oppermann, F.	GE.A-071	Plumpe, N.	S3.4-003
Orpin, A.	BL.B-059, S2.A-096	Pohle, M.	S3.B-041
Orunbaev, S.	SO.2-004	Polom, U.	S3.4-004, S3.B-033, UI.B-016
Osei Tutu, A.	S4.2-004	Pontius, M.	SM.1-003
Oswald, S.	S3.2-001	Popov, A.	GD.B-027
Özkap, K.	AG.B-005	Prasetya, R.	S2.3-001
Ozturk, U.	S2.A-095	Prats-Iraola, P.	SO.6-006

| P |

Paasche, H.	S3.3-005, S3.3-006	Preugschat, B.	S3.B-040
Paffrath, M.	S3.4-002 , S3.4-003	Prigent, C.	SO.A-027
Pagani, M.	S2.5-002	Prinz, C.	GE.2-005, GE.2-006
Paitz, P.	SO.4-004	Przyklenk, A.	GE.1-003
Palo, M.	S1.A-007	Pudasaini, S.P.	GE.1-002, S2.4-005
Pálsson, F.	S2.1-001	Pützer, N.	EM.A-052
Pan, Y.	S3.1-004, S3.4-001 , SO.3-002		
Panovska, S.	MA.B-031		
Pantaleo, M.	S1.3-001		
Pape, T.	BL.B-059, S2.A-096	Queitsch, M.	MA.B-029
Papoulia, I.	GD.1-006	Queral, P.	EM.A-037
Pappa, F.	GR.1-001 , GR.B-079	Quinteros, J.	GD.B-027, SO.7-001
Parker, T.	S1.A-011		
Passarelli, L.	S2.1-002		
Pavlova, O.	S1.3-006		
Peikert, J.	SO.B-103		
Peraza, L.	S1.3-006		
Pérez, N.M.	S2.2-004		
Perissin, D.	S1.3-001		
Perrier, F.	GE.A-060		
Perugia, I.	SO.5-001		
Peterreit, J.	S4.3-006		
Petersen, F.	S1.A-009, S2.4-001		
Petersen, G.M.	S2.A-090		
Petrovic, I.	SM.B-075		
Pfurr, N.	GO.1-001		
Pick, L.	S4.B-052		

| Q |

Queitsch, M.	MA.B-029
Queral, P.	EM.A-037
Quinteros, J.	GD.B-027, SO.7-001

| R |

Rabbel, W.	AG.1-001, AG.B-001, AG.B-002, AG.B-003, AG.B-004, GT.B-008, S2.A-104, SM.B-077 , SO.B-098
Radic, T.	S1.A-001 , S3.B-034
Rajabi, M.	S4.B-048
Ramme, L.	S4.B-043
Ranalli, G.	GD.2-004
Rashed, A.	BL.1-006
Ratri, A.	S2.3-001
Ratschbacher, L.	SO.6-003, SO.A-028
Rauberg, J.	S4.1-004

- Reiche, S. **MG.2-005, S1.A-004**
Reimann, P. BL.1-001
Reinecker, J. UI.B-014
Reiss, M.C. **SO.2-003, SO.A-018**
Reiter, K. S4.B-048, UI.B-014
Reiter, T. UI.B-014
Renner, J. SO.B-093
Rezaii, N. **GE.A-073**
Riaz, S. SO.2-001
Ricard, Y. GD.1-004
Richter, H. **S3.3-001**
Richter, N. S2.2-002, **S2.2-004, S2.A-105**
Riedel, M. SM.B-065
Rindraharisaona, E. SO.A-030
Ripepe, M. S1.1-002
Rippe, D. **GE.A-062, GE.A-074**
Ritter, J. DLA.A-076, SO.4-002, SO.A-020, SO.A-021, SO.A-022, SO.A-025, SO.B-094, SO.B-100
Ritter, J.R.R. SO.2-002
Ritter, O. EM.A-056, SO.B-098
Rivalta, E. S2.1-002, S2.2-001, **S2.2-003**
Rochlitz, R. **EM.A-045, GE.A-071**
Röckel, T. UI.B-014
Rodler, F.-A. SO.B-109
Rodríguez-Zuluaga, J. S4.1-004
Rogers, B.D. MG.1-006
Rogozhina, I. S4.2-004
Rohadi, S. S2.1-002
Rohlf, A. GE.A-063, S3.B-040, **UI.B-010**
Romanov, D. S3.3-003
Römhild, L. **GE.A-065**
Root, B. S4.3-004
Rösel, A. S1.3-005
Roth, F. **S2.3-003**
Rother, M. S4.1-004
Roy Chowdhury, P. MA.B-032
Roze, A. GD.1-004, GD.B-017
Rücker, C. BL.B-058, GE.A-063, S3.2-004
Ruedas, T. **GD.B-023, GD.B-024**
Rühlmann, J. S1.A-016
Ruiz-Aguilar, D. **EM.2-002**
- Rulff, P. **DL.A-077**
Rümpker, G. GT.1-003, SO.1-002, SO.2-003, SO.6-005, SO.A-018, SO.A-021, SO.A-030, SO.A-031
Rusch, K. **AG.B-001**
Ruthsatz, A.D. **EM.A-046**
Ryberg, T. S1.A-003
Rønning, J.S. UI.B-016
- | S |
- Sadeghisorkhani, H. SO.A-022
Saeedfar, A. GE.A-062
Saenger, E.H. SO.B-110
Salazar, P. EM.A-046, SO.5-006
Salomon, C. **GD.2-002**
Salzer, J. **S1.3-001, S2.A-105**
Samuel, H. GD.B-026
Sánchez-Sesma, F.J. MG.B-081
Sandhäger, H. S3.3-002
Sandring, F. **EM.A-034**
Sanz Alonso, Y. **SO.A-020**
Sarmiento, A. EM.A-046
Sauer, U. **S1.A-002**
Saul, J. GD.2-003, GO.A-085, **S4.B-051, SO.7-001**
Savage, M. SM.B-060
Saynisch, J. S4.3-006, S4.B-050
Schaarschmidt, A. **GT.B-006**
Schaeffer, A. S4.2-001
Schäfer, A. **S2.6-002, S2.A-093**
Scharfenberg, L. GT.B-006, GT.B-007
Scheck-Wenderoth, M. GD.2-005, GD.B-019, GT.1-004, GT.1-005
Schefer, S. SO.8-005
Scheiffele, L. S3.2-001
Schennen, S. **EM.A-033**
Scherbaum, F. S2.5-003
Schering, K. **SM.B-073**
Schicht, T. GE.A-063
Schiffler, M. **EM.2-003, MA.B-029**
Schill, E. EM.A-041
Schlindwein, V. MG.1-005, **SO.A-026**
Schlittenhardt, J. S2.5-004

Schmeling, H.	GD.1-001		S2.A-096
Schmid, F.	MG.1-005 , SO.A-026	Schweitzer, J.	SO.7-002
Schmidt, S.	GO.A-084, S1.A-005	Seeliger, M.	AG.B-003
Schmidt-Hattenberger, C.	GE.A-062, GE.A-074	Segall, P.	S2.A-092
Schmidts, T.	AG.B-003	Seidel, E.	MG.2-003
Schmitt, D.R.	SM.B-060	Seidel, M.-L.	S4.2-006
Schmitz, M.	EM.A-056	Semmling, M.	S1.3-005 , S1.3-006
Schnabel, M.	MG.2-003, MG.B-087	Senger, K.	SO.4-001
Schneider, F.	S3.1-001	Senoz, M.	MG.B-084
Schneider, F.	SO.2-004	Sens-Schönfelder, C.	S4.3-002
Schneider, F.M.	SO.5-001 , SO.A-028	Septiadhi, A.	S2.3-001
Schneider, M.	GT.1-005	Seupel, C.	SM.B-063
Schneider, U.	GT.1-003	Shapiro, S.	SM.2-006, SO.B-107
Schneider von Deimling, J.	S1.2-004	Shapiro, S.A.	SO.5-006, SO.B-105
Scholten, J.	MG.B-088	Shibaev, S.	SO.B-106
Scholz, N.	GE.A-063 , UI.B-010	Shprits, Y.Y.	S4.1-001 , S4.1-002, S4.B-042, S4.B-044
Schön, S.	S3.B-036	Shumba, B.	SO.7-003
Schöne, T.	SO.6-003	Sick, B.	SO.8-003
Schöpa, A.	S2.1-003, S2.4-002	Siemon, B.	MA.B-029, S3.3-004
Schorlemmer, D.	DL.1-001, S2.A-099, S2.A-102	Sievers, J.	EM.A-036
Schreckenberger, B.	MG.1-004	Silva Victória, S.	S2.2-004
Schreiber, U.	S1.1-003	Simon, H.	BL.B-054, GD.B-018 , SM.3-002 , SM.B-067
Schreiter, L.	SM.1-002 , SM.B-062, SM.B-071	Simone, C.	S2.1-002
Schrön, M.	S3.2-001	Simonelli, A.	S1.1-003
Schroth, E.	S4.B-050	Sippel, J.	GD.2-005, GD.B-019, GT.1-004
Schuh, H.	S4.B-047	Sippl, C.	SO.2-004, SO.6-001 , SO.A-028
Schüler, M.	GO.1-001	Skibbe, N.	EM.A-043 , EM.A-045
Schulte-Kortnack, D.	AG.1-001, S1.A-015, UI.B-015	Smilde, P.L.	SM.1-003
Schulze, I.	MG.1-003	Sobh, M.	GD.2-006
Schulze Dieckhoff, T.J.	GR.B-080	Sobolev, S.	GD.1-003, GD.2-001, GD.B-027, S4.2-004
Schumacher, L.	SO.A-023	Sobott, R.	AG.B-005, S1.A-015, UI.B-012, UI.B-015
Schürer, A.	MA.B-028	Sohl, F.	S4.B-045
Schurr, B.	GD.2-003, S1.A-007, SO.2-004, SO.5-006, SO.6-001, SO.6-003, SO.A-028	Sondermayer, E.	SM.3-005, SM.B-073
Schütze, C.	S3.B-041	Sonnabend, L.	SM.2-002
Schwalenberg, K.	MG.1-004, MG.2-006	Sonntag, M.	GE.A-068
Schwardt, M.	AG.1-001, AG.B-003	Soomro, R.	SO.3-001
Schwarz, B.	S1.2-005 , SM.3-004	Spasojevic, M.	S4.1-002
Schwarz, S.	GT.B-008	Specht, S.	S2.A-095
Schwarz-Schampera, U.	MG.1-004	Spiegel, C.	SO.2-006
Schwarze, C.	BL.B-059 , S1.A-013 ,	Spies, T.	S2.5-004, S2.6-001

Spitzer, K.	EM.A-044, GE.2-004, GE.A-060, GE.A-065, GE.A-068, S3.B-038	Tauchnitz, M.	GE.1-001
Stadler, S.	S3.B-038	Terrinha, P.	MG.B-082, MG.B-083
Stakemann, J.	MG.B-082	Tesch, M.	S1.A-015 , UI.B-015
Stange, S.	SO.B-109	Tezkan, B.	EM.1-004, EM.2-001, EM.2-002, EM.A-038, EM.A-040, EM.A-047, EM.A-048, EM.A-049, EM.A-052, GE.3-005, GE.3-006, GE.A-059
Stebner, H.	GE.3-001, GE.3-004	Thébault, E.	S1.3-003
Steinau, N.	S2.2-005	Thielmann, M.	GD.1-004
Steinberg, A.	GO.A-084, S1.2-002, S1.A-010, S2.3-002	Thoma, H.	SM.B-066, UI.2-002
Steinberger, B.	GD.1-002, S4.2-001 , S4.2-002 , S4.2-004, S4.2-006	Thomas, C.	DL.A-083, S4.3-001, S4.B-049 , SO.1-001, SO.A-021, SO.A-023
Steinke, T.	S4.B-045	Thomas, M.	S4.3-006, S4.B-050
Stenberg, L.	SO.8-001	Thomas, R.	SM.B-076
Stephansson, O.	S2.6-003, SO.8-001	Thoonsaengngam, N.	S4.B-047
Steuer, A.	S3.3-004	Thorne, M.	S4.B-049
Stich, D.	SO.1-004	Thorwart, M.	S2.A-104, SM.B-077, SO.B-098
Stiller, M.	GT.1-004, S3.B-040	Thoss, H.	GE.A-067
Stöckhert, F.	SO.B-110	Tian, G.	S3.1-004
Stolle, C.	EP.2-002, S4.1-003, S4.1-004	Tietze, K.	EM.A-056
Stolz, R.	EM.2-003, MA.B-029	Tilmann, F.	GO.A-085, S1.A-007, SO.7-001, SO.A-021, SO.A-022, SO.A-030, SO.B-107
Storch, I.	MG.1-002	Timmen, L.	S3.B-036
Storchak, D.	SO.7-003	Tippelt, T.	UI.1-003
Strader, A.	S2.A-102	Torizin, J.	S2.4-006
Strangfeld, C.	EM.1-002	Torres, M.	BL.B-059, S2.A-096
Stratmann, S.	MG.B-083	Torsvik, T.	S4.2-001, S4.2-006
Strecker, M.	GD.B-019	Tosi, N.	GD.B-020, GD.B-021, GD.B-026
Strehlau, J.	SO.A-029	Totsche, K.U.	S2.A-096, BL.B-059
Strollo, A.	S2.1-002, SO.7-001 , SO.9-003	Tougiannidis, N.	GE.A-061
Strom, A.	GE.A-062, GE.A-074	Townend, J.	SM.B-060
Stromeyer, D.	S2.A-098	Trauth, N.	S3.B-041
Stümpel, H.	AG.B-001	Triller, F.	BL.B-058
Sudhaus, H.	S1.2-002 , S1.A-010, S2.3-002, SO.6-003	Tronicke, J.	EM.1-001, EM.A-033, EM.A-034, EM.A-051, S3.B-037
Sviridov, V.	SM.2-006	Trumbull, R.	S2.2-003
Symank, A.-I.	GT.1-001	Tschache, S.	S3.4-004, S3.B-033
Szwillus, W.	S4.3-003 , S4.3-004	Türker, E.	S2.A-087
		Turowski, J.M.	S2.4-003
 T 			
Tackley, P.	PV.S4		
Taheri, A.	S2.A-088		
Tan, X.	S3.2-002		
Tanner, D.C.	SM.2-001		
Tassis, G.	UI.B-016		

| U |

Uhlig, D.	S3.B-040
Umlauf, J.	SO.4-003
Urlaub, M.	MG.1-003, S2.4-001
Ustaszewski, K.	GD.2-002
Uta, P.	SO.B-095
Utom, A.U.	UI.1-002

| V |

Valensi, R.	SO.9-002
van der Kruk, J.	S3.2-002
van der Wal, W.	GR.1-001, S4.B-045
van Waasen, S.	S3.2-002
Varley, N.	S1.3-001
Vasyura-Bathke, H.	S1.2-002
Vavryčuk, V.	SO.2-005, SO.5-003
Veh, G.	S2.A-095
Vera, E.	S2.A-100
Vereecken, H.	GE.3-002, S3.2-002
Verney, R.	SO.7-003
Vervelidou, F.	S1.3-003
Vienken, T.	S3.B-041, UI.1-003
Villinger, H.	BL.B-059, S2.A-096
Virgil, C.	BL.B-057 , DL.A-079
Vogel, D.	GR.B-078, S3.B-036
Vogfjörd, K.S.	S2.1-001
von der Lieth, J.	S2.1-004
von Dobeneck, T.	MA.B-028
von Hartmann, H.	SM.B-068
von Hebel, C.	S3.2-002
von Huene, R.	S2.A-089

| W |

Wadas, S.H.	S3.4-004 , S3.B-033
Wagner, B.	MG.1-001
Wagner, F.	DL.A-081, GE.1-004
Wahl, D.	EP.1-003
Walda, J.	SM.3-003
Walter, F.	S3.B-035
Walter, M.	SO.8-003, SO.8-005
Walter, T.	S2.2-002, S2.A-103

Walter, T.R.	GF.1-001, S1.3-001, S2.1-003, S2.2-004, S2.2-006 , SO.6-006, S2.A-105
Wang, D.	S4.B-046
Wang, H.	SO.3-003
Wang, L.	SO.1-003
Wang, R.	SO.3-003
Warsitzka, M.	GD.B-022
Wassermann, J.	S1.1-002 , S1.1-003, S1.1-004, S1.A-006, SO.A-021
Wawerzinek, B.	SM.B-076
Weatherill, G.	S2.5-002, S2.A-099
Weber, M.	SO.2-006, SO.B-101
Weckmann, U.	EM.2-004, EM.A-052, EM.A-056
Wegler, U.	DL.A-082
Wehling-Benatelli, S.	S3.4-002
Weidle, C.	GR.1-002, SO.3-001, SO.A-025, SO.A-027
Weidner, C.	BL.1-002
Weigand, M.	GE.1-004, GE.A-058
Weigelt, E.	SM.1-001
Weihnacht, B.	SM.2-003
Weiß, B.	MG.B-082, MG.B-083
Weise, A.	GR.B-078, S3.B-036
Weller, A.	GE.1-001, GE.2-002, GE.2-005, GE.A-057, GE.A-069
Welsch, M.	SO.9-004
Wendt, S.	S2.A-097
Wenzel, F.	S2.2-005, S2.6-002, S2.A-093, VU.A-106
Werban, U.	S3.B-041, UI.1-002, UI.1-003
Werner, C.	SO.B-110
Wernette, P.	EM.1-003
Werther, L.	AG.B-004
Westerhaus, M.	GF.1-002 , S4.B-050
Weymer, B.	EM.1-003
White, R.S.	S2.4-002
Wickert, J.	S1.3-005, S1.3-006
Widmer-Schnidrig, R.	S1.2-001 , SO.9-004
Wiemann, T.	AG.B-005
Wieprich, M.	MG.B-086

Wiesenberg, L. SO.A-027
 Wilke, H. GE.A-067
 Wilken, D. AG.1-001, AG.B-003,
 AG.B-004, MG.B-088,
 S1.A-015
 Williams, S. S4.2-003
 Winkler, K. S2.A-091
 Winsemann, J. EM.A-036, SO.B-095
 Wirp, A. SO.1-001
 Witt, T. S2.1-003
 Woith, H. GO.A-085, S2.A-090,
 SO.B-097
 Wölbern, I. SO.2-003, SO.6-005,
 SO.A-031
 Wolf, J. UI.1-004
 Wollin, C. SO.6-002
 Wöstmann, J. EM.1-002
 Wunderlich, T. AG.1-001, AG.B-003,
 AG.B-004, MG.B-088
 Wünnemann, K. EP.1-001, EP.1-002,
 EP.1-003, EP.1-004
 Wuttke, F. SM.B-077
 Wygant, J.R. S4.B-046

| X |

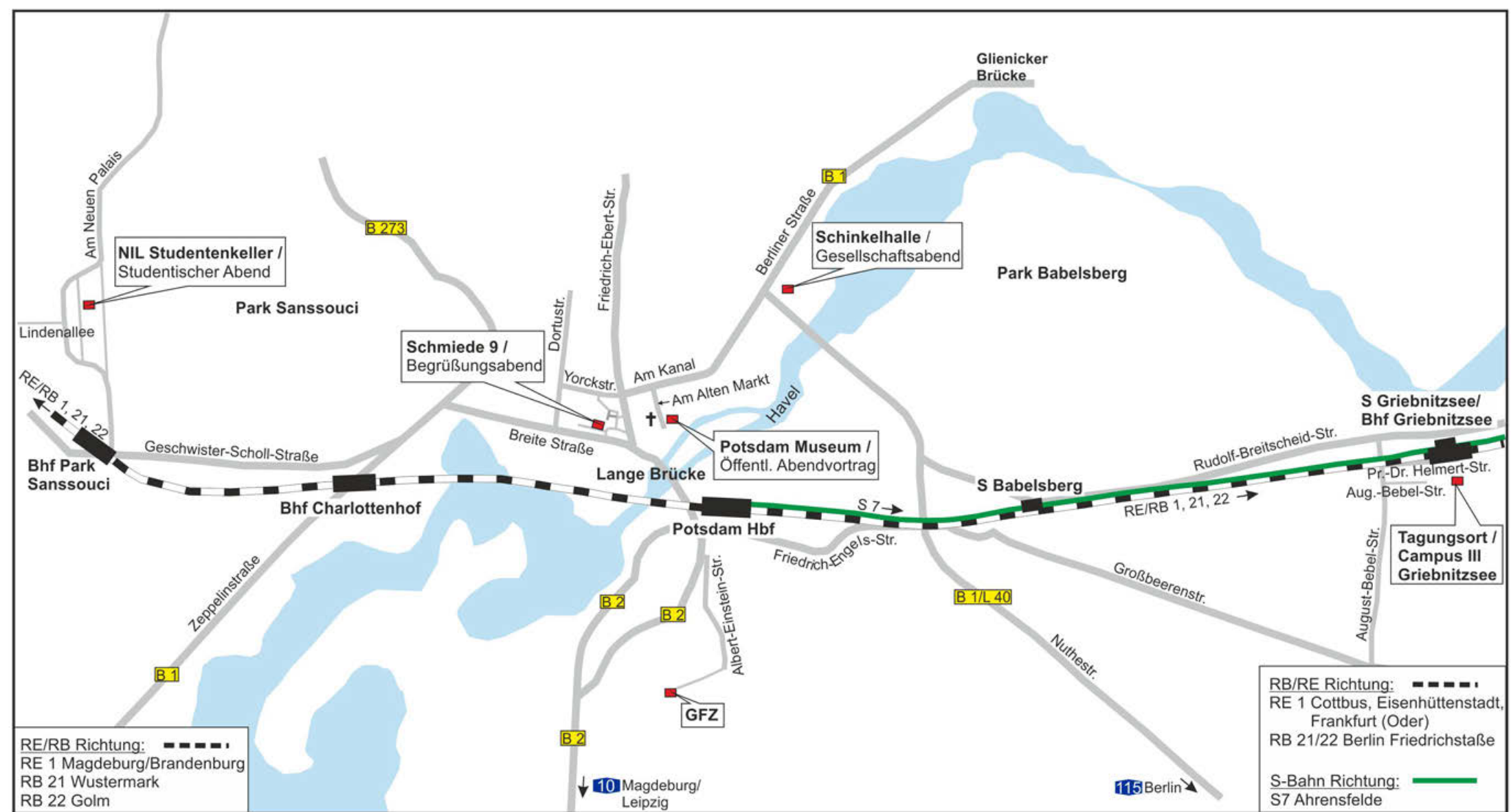
Xia, J. S3.1-004
 Xia, Y. MG.B-087
 Xiong, C. S4.1-003, S4.1-004
 Xu, M. SO.1-003
 Xu, M. SO.1-003

| Y |

Yanik, K. SO.5-002
 Yi, H. SM.B-070
 Ying, Y. S2.1-001
 Yogeshwar, P. EM.A-047, EM.A-049
 Yoon, J.S. S2.6-003
 Yu, X. S4.B-046
 Yuan, X. SO.1-003, SO.1-004,
 SO.2-001, SO.2-004,
 SO.A-028, SO.A-030
 Yuan, Z. S4.B-046

| Z |

Zaccarelli, R. SO.7-001, SO.9-003
 Zang, A. S2.6-003, SO.8-001,
 SO.B-091, SO.B-099,
 UI.1-001
 Zeckra, M. S3.1-003, SO.7-004
 Zeibig, S. S3.3-001
 Žekić, A.A. GE.3-002
 Zerrenthin, U. UI.1-005
 Zhang, Y. GD.2-003, SO.3-003,
 SO.6-003
 Zhang, Z. GE.2-005, GE.2-006
 Zhelavskaya, I. S4.1-002
 Zhu, H. S4.B-042
 Zieger, T. SO.4-002, SO.B-100
 Ziegler, M. S4.B-048, UI.1-001,
 UI.B-014
 Zieke, T. SO.7-001
 Zierach, R. UI.1-005
 Zimmermann, E. GE.3-002, S3.2-002
 Zimmermann, E. GT.B-007
 Zink, A. UI.B-012
 Zippelt, K. GF.1-002
 Zirkler, A. S3.3-001
 Zomorrodian, H. S1.3-002
 Zoporowski, A. DL.A-081, S2.A-091



RB/RE Richtung: - - - - -
 RE 1 Cottbus, Eisenhüttenstadt,
 Frankfurt (Oder)
 RB 21/22 Berlin Friedrichstraße

 S-Bahn Richtung: ———
 S7 Ahrensfelde

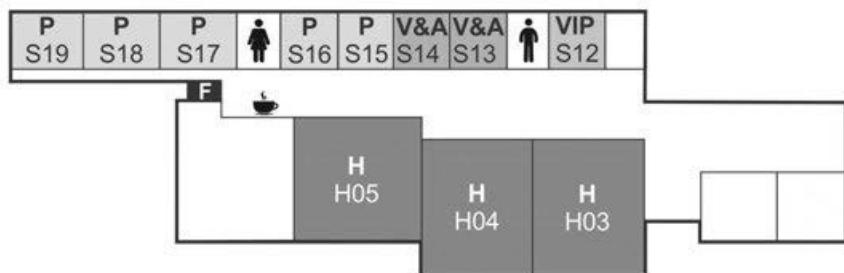
Am Bahnhof Griebnitzsee halten folgende Züge: RB 21/22; S7

Haus 6 / 2. Obergeschoss



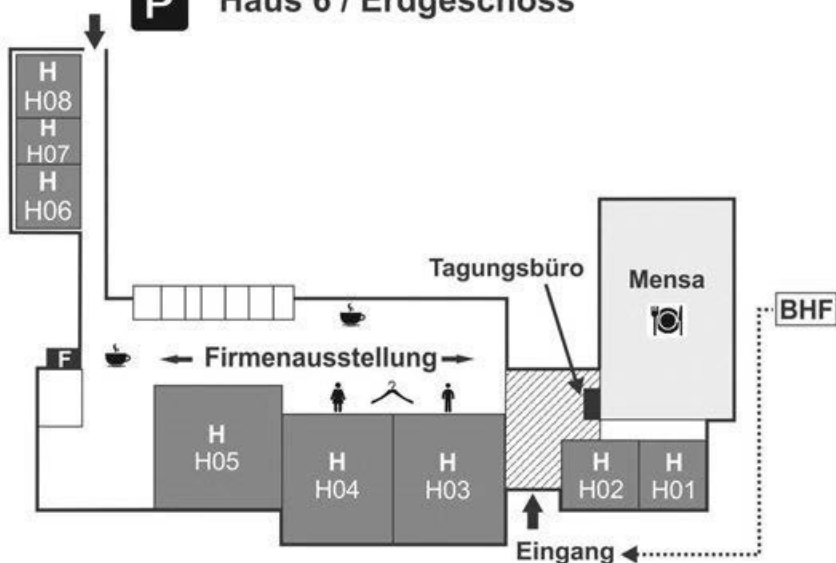
AK/K Arbeitskreise/Komitees **VS** Vorstandssitzung

Haus 6 / 1. Obergeschoss



P Posterausstellung **V&A** Vorbereitungs - und Arbeitsräume **H** Hörsaal

Haus 6 / Erdgeschoss



H Hörsaal **F** Fahrstuhl