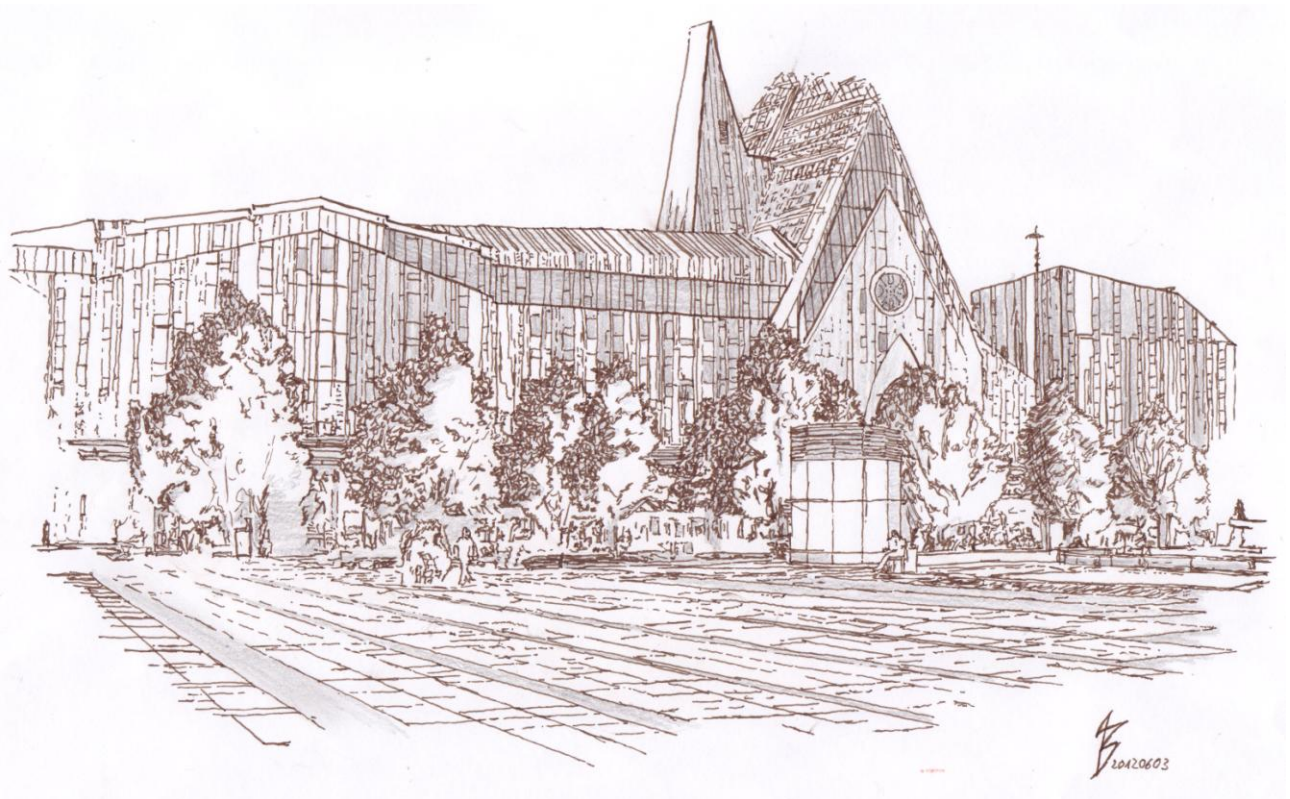




**73. Jahrestagung
der
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft**

4. - 7. März 2013 in Leipzig



UNIVERSITÄT LEIPZIG



**HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ**



International Conference
NovCare 2013

**Novel Methods for Subsurface Characterization and
Monitoring: From Theory to Practice**

May 13-16, 2013

Helmholtz Centre for Environmental Research, Leipzig, Germany

NovCare 2013 will be the third successive conference of the NovCare series. This three-day topical conference aims to draw together environmental researchers and practitioners, providing the rare opportunity for stakeholders from academia, industry and government to explore, experience and discuss the latest developments in subsurface characterization and monitoring. Newly developed and refined methods will be showcased, novel applications of existing methods explained, and new concepts for subsurface characterization and monitoring outlined. Keynote speakers are, among others, Philippe Behra, Steffen Birk, Jim Butler, Michael Cardiff, Tony Endres, Mike Gooseff, Dave Hyndman, Tom Lunne and David Rudolph (2013 Darcy Distinguished Lecturer).

**Offer for DGG Participants: If you register by March 11,
the early registration fee will be applied.**

For further information visit: www.novcare.org

Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft 2013

ISSN 0344-7251

DOI: <http://doi.org/10.2312/dgg73>

Deutsche Nationalbibliothek

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

Vorderseite:

Neues Augusteum und Paulinum Universität Leipzig, Tusche auf Papier, Dr. Andreas Schmidt, 2012

Inhaltsverzeichnis

Einladung zur Mitgliederversammlung	3
Tagesordnung	3
Tagungsorganisation	5
Veranstalter	5
Ausrichter	5
Organisationsteam und Ansprechpartner	7
Allgemeine Hinweise	7
Tagungsort und Tagungsbüro vor Ort	7
Tagungsgebühren	7
Weitere Informationen	9
Hinweise zu Vorträgen und Posterpräsentationen.....	11
Rahmenprogramm	13
Begrüßungsabend	13
Gedenkstein 90 Jahre Deutsche Geophysikalische Gesellschaft.....	13
Studentisches Treffen.....	13
Gesellschaftsabend	13
Exkursionen.....	15
Tagungsprogramm	17
Plenarvorträge	17
Festveranstaltung	17
Schwerpunkthemen	19
Öffentlicher Abendvortrag.....	20
Firmenausstellung	20
DGG-Kolloquium	21
Statusseminar GEOTECHNOLOGIEN	21
15. Seminar "Hochauflösende Geoelektrik"/ Workshop des AK Induzierte Polarisation	21
Sitzung der Arbeitskreise und Komitees	21
Abschlussveranstaltung.....	21
Tagungsübersicht	22
Tagungsprogramm: Übersicht	22
Sessions: Übersicht.....	23
Montag, 4.3.2013.....	27
Dienstag, 5.3.2013	35
Mittwoch, 6.3.2013	55
Donnerstag, 7.3.2013	71

Abstracts	79
Plenarvorträge	80
S1 Geotomographie	84
S1 Geotomographie Poster	113
S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik	129
S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik Poster	145
S3 Geschichte der Geophysik	162
S3 Geschichte der Geophysik Poster	164
AR Archäogeophysik	191
BL Bohrlochgeophysik	193
EM Elektromagnetik/Georadar	198
EM Elektromagnetik/Georadar Poster	212
EX Extraterrestrische Physik	223
EX Extraterrestrische Physik Poster	225
GF Geodäsie/Fernerkundung	226
GF Geodäsie/Fernerkundung Poster	228
GD Geodynamik	229
GD Geodynamik Poster	231
GE Geoelektrik/IP	233
GE Geoelektrik/IP Poster	241
GO Geophysik in der Öffentlichkeit/Outreach	255
GT Geothermie/Radiometrie	256
GT Geothermie/Radiometrie Poster	258
GR Gravimetrie	261
GR Gravimetrie Poster	264
MA Magnetik/Erdmagnetismus Poster	268
MG Marine Geophysik	272
MG Marine Geophysik Poster	280
MI Modellierung und Imaging	286
MI Modellierung und Imaging Poster	293
SE Seismik	295
SE Seismik Poster	307
SO Seismologie	322
SO Seismologie Poster	348
VU Vulkanologie	376
VU Vulkanologie Poster	379
Autorenverzeichnis	383
Übersichtspläne	392

Einladung zur Mitgliederversammlung

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

Im Namen des Vorstandes der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) lade ich hiermit alle Mitglieder der DGG zur Mitgliederversammlung ein, die im Rahmen unserer 73. Jahrestagung 2013 am

Mittwoch, 6. März 2013 in der Zeit von 17:30 bis 19:30 Uhr

**im Hörsaal 9 (HS 9) des Hörsaalgebäudes
des Hauptcampus der Universität Leipzig**

stattfinden wird.

Um zahlreiches Erscheinen wird herzlich gebeten, Gäste sind willkommen.

Tagesordnung

TOP 1: Begrüßung, Feststellung der fristgerechten Einberufung und Beschlussfähigkeit

TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung

TOP 3: Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung am 07. März 2012 in Hamburg

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 und GMit

TOP 10: Kurzberichte der Leiter/Sprecher 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, Induzierte Polarisation, Geothermik, Geschichte der Geophysik

TOP 11: Stand der Diskussion um den Dachverband Gesellschaften der Festen Erde

TOP 12: Aussprache

TOP 13: Entlastung des Vorstandes

TOP 14: Wahlen (designierter Präsident, Geschäftsführer, Beisitzer)

TOP 15: Protokollarische Feststellung des neuen Vorstands

TOP 16: Wahl der Kassenprüfer

TOP 17: Anträge und Beschlüsse

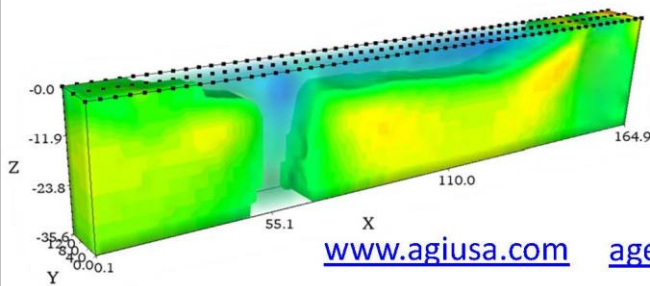
TOP 18: Verschiedenes

**RESISTIVITY IMAGING SYSTEMS
and SOFTWARE**

- SALES
- RENTALS
- REPAIRS
- SEMINARS
- DATA PROCESSING
- TECHNICAL SUPPORT



AGI MiniSting, SuperSting WiFi, PowerSting and EarthImager for 1D, 2D, 3D and 4D Resistivity, IP, SP Imaging on Land and Water Environment Studies.



www.agiusa.com age@agiusa.com

Calle del Aire, 85
28042, Madrid, SPAIN
Tel: +34.913.056.477
Fax: +34.911.311.783

**Goelektrik • Seismik • Elektromagnetik
Georadar • Erschütterungsmonitoring • Magnetik**

Vertriebspartner der



ABEM Instrument AB



WASSER
UMWELT
INFRASTRUKTUR
ENERGIE
BAUWERKE
GEOTECHNIK

**CDM
Smith**[®]
cdmsmith.com

listen. think. deliver.

CDM Smith Consult GmbH
Motorstraße 5
70499 Stuttgart
tel: 0711 83076-0

Tagungsorganisation

Veranstalter

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.

Geschäftsstelle: Deutsches GeoForschungsZentrum - GFZ
Telegrafenberg
14473 Potsdam
Telefon: +49 (0)331 288 1206
Fax: +49 (0)331 288 1204
E-Mail: ase@gfz-potsdam.de
Internet: www.dgg-online.de

Ausrichter

Universität Leipzig

Tagungsleiter: Prof. Dr. Michael Korn
Institut für Geophysik und Geologie
Universität Leipzig
Talstr. 35, 04301 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 973 2803
Fax: +49 (0)341 973 2809
E-Mail: dgg-2013@uni-leipzig.de
Internet: www.dgg-2013.de

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

Tagungsleiter: Prof. Dr. Peter Dietrich
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung-UFZ
Department Monitoring- und Erkundungstechnologien
Permoserstr. 15, 04318 Leipzig
Telefon: +49 (0)341 235 1281
Fax: +49 (0)341 235 1939
E-Mail: dgg-2013@uni-leipzig.de
Internet: www.dgg-2013.de

Die Ausrichter der Tagung werden personell unterstützt durch:

GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

Geophysik GGD Gesellschaft für Geowissenschaftliche Dienste mbH Leipzig

Eventmanagement

Eventmanagement: witago
Agentur für Kongress- und Event Management
Quintschlag 37, 28207 Bremen
Zuständig: Kerstin Biegemann
Telefon: +49 (0)176 2073 6349
Fax: +49 (0)421 4854 3952
E-Mail: dgg2013@witago.com
Internet: www.witago.com



Radiocarbon Dating shouldn't take ages

BETA

Beta Analytic
Radiocarbon Dating
Since 1979

- Results in as little as 2-3 days
- ISO 17025-accredited measurements
- Outstanding customer service

Australia Brazil China India Japan Korea UK USA

Visit www.radiocarbon.com for details

Organisationsteam und Ansprechpartner

Tagungsleitung und wiss. Programm	Michael Korn (UL) Peter Dietrich (UFZ)	973 2812 235 1281	mikorn(at)uni-leipzig.de peter.dietrich(at)ufz.de
Posterausstellung	Andreas Schmidt(UL)	973 2813	andreas.schmidt(at)uni-leipzig.de
Firmenausstellung	Andreas Schuck (GGL)	242 1310	andreas.schuck(at)ggl-gmbh.de
Sponsoring und Jobbörse	Bernd-Michael Schulze (GGD)	583 1360	mschulze(at)geophysik-ggd.com
Öffentlichkeitsarbeit und Rahmenprogramm	Christina Flechsig (UL)	973 2812	geoflec(at)uni-leipzig.de
Webauftritt	Claudia Schütze (UFZ) Uta Sauer (UFZ)	235 1059 235 1893	claudia.schuetze(at)ufz.de uta.sauer(at)ufz.de
Tagungsbüro	Madlen Wild (UL)	973 2900	geologie(at)uni-leipzig.de

Die Telefonnummern verwenden Sie bitte mit der Vorwahl +49 (0)341.

Allgemeine Hinweise**Tagungsort und Tagungsbüro vor Ort**

Die Tagung findet im Hörsaalgebäude des Hauptcampus der Universität Leipzig am Augustusplatz Leipzig statt. Während der Tagung finden Sie das Tagungsbüro (Tel.: 0176 2073 6349) am Ort der Veranstaltung vor dem Hörsaal 4 (1.OG).

Tagungsgebühren

	Early Bird (bis 08.01.2013)	Pre-Registration (bis 17.02.2013)	On-Site (ab 04.03.2013)
Reguläre DGG-Mitglieder	120 €	150 €	190 €
Studentische DGG-Mitglieder	10 €	40 €	70 €
Nichtmitglieder	160 €	190 €	230 €
Studentische Nichtmitglieder	25 €	55 €	85 €
Gesellschaftsabend Nichtstudierende	35 €	35 €	-*
Gesellschaftsabend Studierende	25 €	25 €	-*
Gesellschaftsabend Begleitpersonen**	60 €	60 €	-*
Tageskarte	-	-	110 €

(*): Bei der On-Site-Registrierung können eventuell noch Restkarten für den Gesellschaftsabend erworben werden.

(**) : Berechtigt zur Teilnahme am Begrüßungsabend, an der Festveranstaltung, an der Eröffnung der Firmenausstellung sowie am Gesellschaftsabend.

Bei Stornierungen nach dem 1. Februar 2013 besteht kein Anspruch auf Rückerstattung der Tagungsgebühren.

Der Differenzbetrag zwischen Mitgliedern und Nichtmitgliedern wird bei einem Beitritt zur DGG auf den Jahresbeitrag angerechnet.



SUMMIT X Stream Pro

The 'Professional Highly Integrated Seismic System'!



The SUMMIT X Stream Pro is the best value quality all in one seismograph for engineering application. The rugged 24 channel unit with embedded mobile computer and integrated high resolution screen can be used in any environment for high speed production.

Specialised for Engineering surveys!

- Highest productivity
- For specialist applications such as LVL, MASW and engineering surveys
- Extremely rugged, lightweight casing
- Supreme service via rapid reaction support hotline



www.dmt.de

Weitere Informationen

Anreise / Unterkünfte

Informationen zu Anreise und Übernachtungsmöglichkeiten in Leipzig finden sie auf der Webseite der Tagung (www.dgg-2013.de). Eine frühzeitige Hotelreservierung wird unbedingt empfohlen. Der Hauptcampus der Universität Leipzig ist mit den Straßenbahnen von der Haltestelle „Hauptbahnhof“- eine Station bis Haltestelle „Augustusplatz“ (www.lvb.de/fahrplan) - zu erreichen. Parkmöglichkeiten bestehen im Parkhaus am Augustusplatz.

Verpflegung

Es besteht die Möglichkeit während der Tagung das Mittagessen in der direkt neben dem Hörsaalgebäude gelegenen Cafeteria und „Mensa am Park“ einzunehmen.

Tagungsband

Der Tagungsband wird bei der Anmeldung vor Ort im Tagungsbüro ausgehändigt. Er enthält das Tagungsprogramm, die Abstracts der Vorträge und Poster sowie Zeit- und Raumpläne. Der Tagungsband steht außerdem ab Mitte Februar als PDF-Download auf den Internetseiten der Tagung (www.dgg-2013.de) zur Verfügung.

Internetzugang

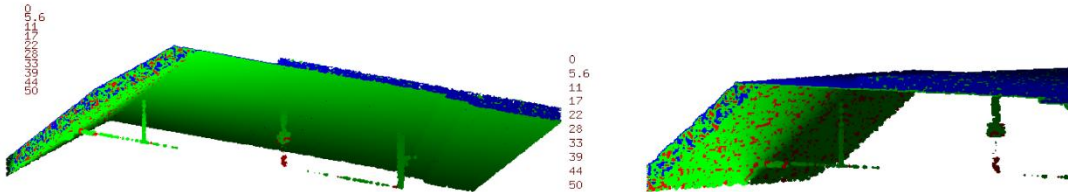
Im Tagungsgebäude ist WLAN verfügbar. Bei der Registrierung vor Ort werden die Zugangsdaten ausgegeben, die für die Zeit der Tagung gültig sind. Es werden keine PCs für den Internetzugang zur Verfügung gestellt.

SAR von der Saar



RADIANT
Elegant Mathematics Technology

Die neuen Georadar-Systeme RADIANT mit 132-Kanal phasengesteuerter Senderantenne und 40-Kanal phasengesteuerter Empfangsantenne mit automatischer Feinanpassung an den Erdboden lässt Sie **Hunderte von Metern unter der Erde sehen!**



Gutschein

*für einen kostenlosen, geologischen Erkundungstermin
bis zu 4 Stunden von Ihrem Ort in Deutschland*

Nach dieser geologischen Messung mit unserem phasengesteuerten System RADIANT, senden wir Ihnen spätestens 2 Wochen einen Bericht mit detaillierten Ergebnissen und einer 3D-Datei über Ihr Testfeld zu.

Dieser Gutschein gilt unter folgenden Bedingungen für jeden Teilnehmer der 73. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft:

1. nur zu verfügbaren Terminen im Zeitraum Mai-September 2013 mit Voranmeldung während der DGG an unserem Stand, und ab 11.03.2013 nur per E-Mail unter: dgg73@sar-saar.de
2. Maximal ein Termin pro Teilnehmer der DGG.
3. Wir bitten Sie, mit Ihren Kollegen aus Ihrer Universität, Institution oder Firma Kontakt aufzunehmen, möglicherweise, um einen Termin für diese kostenlose Testmessung pro Einrichtung zu vereinbaren.
4. Wir würden uns freuen, wenn Sie unsere Reisekosten selbst übernehmen könnten, wenn Ihr Testgebiet mehr als 100 Km von unserem Hauptsitz in 66564 Ottweiler, Saarland, entfernt liegt.

Weitere Informationen finden Sie an unserem Stand oder kontaktieren Sie uns unter:

www.sar-saar.de und www.elegant-math.de

Hinweise zu Vorträgen und Posterpräsentationen

Vorträge

Die Vortragszeit beträgt 20 Minuten einschließlich 5 Minuten für die Diskussion. Bedenken Sie, dass Sie auf eine Diskussion verzichten, wenn Sie die Vortragszeit von 20 Minuten komplett ausnutzen! Die Zeiten müssen strikt eingehalten werden, um die Synchronisation der Parallelsitzungen zu gewährleisten und nachfolgende Vortragende nicht zu benachteiligen. Für das Statusseminar GEOTECHNOLOGIEN am Dienstag, 5.3.2013, gelten abweichend 30 Minuten Vortragszeit.

In den Hörsälen steht entsprechende Vortragstechnik bereit, auf welche die Dateien rechtzeitig aufgespielt sein müssen. Mitgebrachte Laptops können nicht verwendet werden. Um einen ungestörten Ablauf zu gewährleisten, gelten die folgenden Regeln für die Übertragung auf den Rechner im jeweiligen Vortragssaal:

1. Vorträge am Montagmorgen vor 9:00 Uhr,
2. die anderen Vorträge bis 17:30 Uhr des Vortages.

Die Präsentationen sollten auf einem Datenträger (USB-Stick, CD) im Format PDF oder Microsoft Power-point vorliegen. Es wird erwartet, dass die Sprache der Zusammenfassung/Abstract identisch mit der Sprache der Präsentation ist

Poster

Die Posterpräsentationen finden Dienstag- und Mittwochnachmittag jeweils 16:00 bis 17:30 Uhr im 2. OG des Hörsaalgebäudes statt. Während dieser Zeit finden keine Vorträge statt. Material zum Anheften der Poster wird im Tagungsbüro vor Ort bereitgestellt.

Die Poster der Präsentation am Dienstag (16:00 bis 17:30 Uhr) sollten bereits am Montag aufgehängt und müssen am Dienstag direkt nach der Postersession entfernt werden. Die Poster der Posterpräsentation am Mittwoch (16:00 bis 17:30 Uhr) sollten am Mittwochmorgen angebracht werden und können bis zum Ende der Tagung verbleiben.

Die Poster sind im A0-Hochformat anzufertigen. Es wird empfohlen, die Poster als Handout im DIN-A4-Format für Interessierte am Poster bereitzustellen. Während der Posterpräsentation muss einer der Autoren anwesend sein.

Es wird erwartet, dass die Sprache der Zusammenfassung/Abstract identisch mit der Sprache der Präsentation ist.

Die Poster der Session S3 „Geschichte der Geophysik“ können von Montag bis Donnerstag ausgestellt werden. Die Poster der Session S3 „Geschichte der Geophysik“ werden nicht bewertet.



GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

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

Bautzner Str. 67 | 04347 Leipzig

Tel. 0341-2421 310 | Fax 0341-2421 311 | info@ggl-gmbh.de | www.ggl-gmbh.de



Gravity Consult GmbH

Ingenieurbüro für Geodynamik, Jena

Gravimeter – Seismometer – Service



ZLS Corporation

REF TEK 
A DIVISION OF TRIMBLE

**Komplette Mess-Systeme und Beratungsleistungen:
Standortuntersuchungen und Begutachtungen**

Information: www.gravity-consult.de

Kontakt: info@gravity-consult.de

Gravity Consult GmbH Landgrafenstieg 3c 07743 Jena

Rahmenprogramm

Begrüßungsabend

Der Begrüßungsabend findet am Sonntag, 3. März 2013, ab 19:00 Uhr im historischen Restaurant "Auerbachs Keller" (www.auerbachs-keller-leipzig.de) im Zentrum von Leipzig (Grimmische Straße 2-4) statt. Registrierte Teilnehmer, die sich für den Begrüßungsabend angemeldet haben, können dort ihre Tagungsunterlagen erhalten

Gedenkstein 90 Jahre Deutsche Geophysikalische Gesellschaft

Am Montag, dem 4. März 2013, wird 12:30 Uhr am historischen Ort der Gründung der DGG (Liebigstraße/Ecke Talstraße) ein Gedenkstein enthüllt.

Studentisches Treffen

Der Studentische Abend findet am Montag den 04. März ab 19:30 Uhr in der Moritzbastei statt. In unmittelbarer Nachbarschaft zum neuen Uni Campus gelegen, laden wir in „Europas größten Studentenclub“. Das Treffen richtet sich vorrangig an Studierende und bietet die Möglichkeit zum Austausch und Kennenlernen in der gemütlichen Atmosphäre von 450 Jahre alten Gewölben der ehemaligen Leipziger Stadtbefestigung.

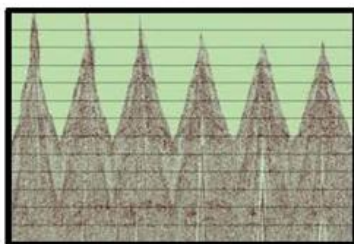
Gesellschaftsabend

Der traditionelle Gesellschaftsabend der DGG findet am Dienstag, 5. März 2013, ab 19:00 Uhr im "Da Capo- Oldtimermuseum und Eventhalle" (Karl-Heine-Straße 105) in festlicher Umgebung statt. Das Automuseum mit Oldtimern aus über 100 Jahren Automobil-geschichte (www.michaelis-leipzig.de/da_capo/) ist während der Veranstaltung geöffnet. Ein Abendessen in Form eines Buffets und Getränke sind im Preis für den Gesellschaftsabend inbegriffen. Das „Da Capo“ erreichen Sie direkt mit der Straßenbahnlinie 14 (Richtung Plagwitz) ab Haltestelle Augustusplatz (Ausstieg an Haltestelle K.-Heine/Gießerstr.). Abfahrt ab Augustusplatz aller 20 min (08-28-48). Rückfahrt mit Straßenbahn 14: z.B. 22:15, 22:38, 23:08, 23:38 Uhr. Parkmöglichkeiten sind im Parkhaus (Weißenfelder Str./Ecke Gießerstr.) vorhanden. Ausfahrtickets sind beim Garderobenpersonal im „Da Capo“ erhältlich (5€ unabhängig von Parkdauer).

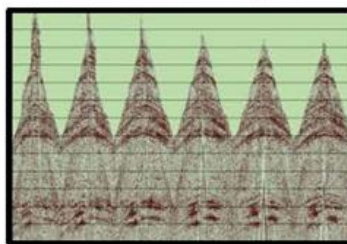
Our solutions for your vintage seismic datasets

Poor data quality

3D shot gather

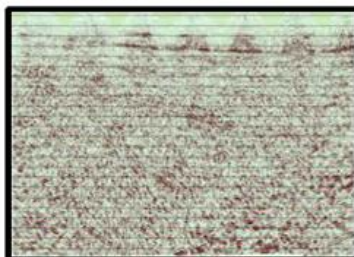


3D CRS shot gather



Low Fold

3D PreSDM

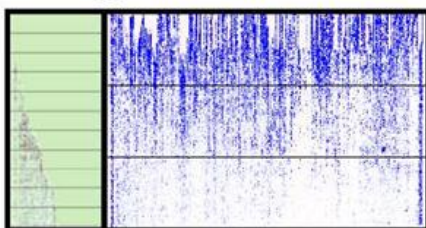


3D CRS PreSDM

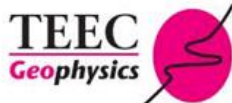
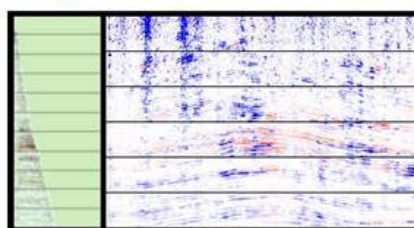


AVO sensitivity

CMP gather & P G section



CRS gather & P G section



TEEC
Burgwedeler Str. 89
30916 Isernhagen, Germany

+49 (0) 511 7240452
www.teec.de
info@teec.de



TEECsolutions LLC
3100 Wilcrest Drive, Suite 325
TX-77042, Houston, USA

+1 (281) 763 7570
www.teecsolutions.com
office@teecsolutions.com

Exkursionen

Begleitend zur Tagung sind mehrere Exkursionen geplant: Zu allen Exkursionen ist eine Anmeldung erforderlich. Bitte beachten Sie, dass aus organisatorischen Gründen für alle angebotenen Besichtigungen und Touren Mindest- und Maximalteilnehmerzahlen gelten

Sonntag 03.03.2013

Südraum Leipzig – Neuseenland: 13:00-18:00

Erleben Sie die Metamorphose einer Landschaft vom Tagebau zum Naherholungsgebiet.

Preis: 20€ (max. 20 Personen) Treffpunkt und Abfahrt: Mendeburgen Augustusplatz 13:00 Uhr

Geophysikalisches Observatorium Collm: 14.00-18.00 Uhr

Das 1932 erbaute Observatorium etwa 60 km östlich von Leipzig beherbergt neben seismologischen und meteorologischen Messstationen auch eine Sammlung historischer Seismographen.

Preis: 20€ (max. 20 Personen)

Treffpunkt und Abfahrt: Mendeburgen Augustusplatz 14:00 Uhr

Stadt-Steine-Tour: 16:30 -18:00

Die Thementour führt zu den wichtigsten Architekturdenkmälern der Leipziger Innenstadt und zeigt Vielfalt, Entstehung und Herkunft der an diesen Bauwerken verwendeten natürlichen Bau- und Dekorationsgesteine.

Preis: 10€ (max. 10 Personen) Treffpunkt: Mendeburgen Augustusplatz 16:30 Uhr

Dienstag 05.03.2013

BMW Werk Leipzig: 14:00-18:00 Uhr

Verfolgen Sie die Produktion der BMW 1er Baureihe in einer der modernsten Automobilfabriken der Welt.

Preis: 18€ (max. 30 Personen) Treffpunkt: Mendeburgen Augustusplatz 14:00 Uhr

Donnerstag 07.03.2013

Stadt-Steine-Tour: 15:30 -17:00

Die Thementour führt zu den wichtigsten Architekturdenkmälern der Leipziger Innenstadt und zeigt Vielfalt, Entstehung und Herkunft der an diesen Bauwerken verwendeten natürlichen Bau- und Dekorationsgesteine.

Preis: 10€ (max. 10 Personen) Treffpunkt: Tagungsbüro 1. OG, 15:30 Uhr

Besichtigung des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung –UFZ: 16:00-18:00

Messen, Erkunden, Beobachten, Modellieren und Visualisieren sind in der Umweltforschung die Basis zahlreicher Projekte. Es werden aktuelle Projekte und Infrastrukturplattformen am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ vorgestellt.

Eine Liste zur Anmeldung liegt im Tagungsbüro aus.

Treffpunkt: Tagungsbüro 1. OG, 16:00 Uhr, Anreise ÖPNV

Geophysikalische Messsysteme



EIViS III S8 oder P8 Minivibrator
für S- und P-Wellen-Anregung

SISSY Seismische Impulsquelle

Landstreamer LS 24 Einsatz auf Wegen versiegelten Flächen

Snowstreamer Anwendung auf Schnee und Eis

**Bohrlochgeophon
BGG 3-3** Microseismische Beobachtung
in Bohrlöchern

Zubehör für seismische Feldmessungen

GEO**SYM**[®]

Tagungsprogramm

Plenarvorträge

Montag 4. März, ca. 15:45 Uhr (Auditorium Maximum)

Charlotte Krawczyk (LIAG Hannover)
*„Wie angewandt ist die Angewandte Geophysik? –
Neue Möglichkeiten zur Abschätzung von Ressourcen, Potenzialen und Risiken“*

Dienstag 5. März, 13:30-14:30 Uhr: (HS 3)

Kees Wapenaar (Delft University of Technology)
„Seismic interferometry and beyond“

Mittwoch 6. März, 13:30-14:30 Uhr (HS 3)

Ulrich Achauer (Université de Strasbourg)
*„Die Erforschung des oberen Erdmantels in tektonisch aktiven Gebieten mit
Hilfe der seismischen Tomographie“*

Donnerstag 7. März, 13:30-14:30 Uhr (HS 3)

Hansruedi Maurer (ETH Zürich)
*„Forschung in der Umwelt- und Explorationsgeophysik - ein Wechselspiel
zwischen Messtechnik, Auswertungsmethodik und Anwendungen“*

Festveranstaltung

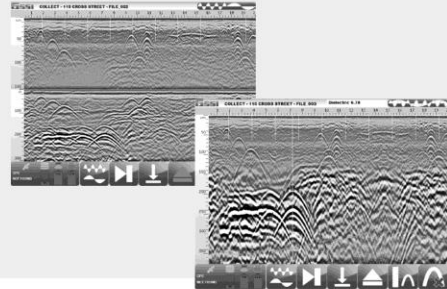
Die Festveranstaltung zur Tagungseröffnung findet am Montag, 4. März 2013, ab 14:00 Uhr im Auditorium Maximum (Neues Augusteum) der Universität Leipzig am Augustusplatz statt. Das Programm beinhaltet Grußworte der Tagungsorganisatoren, der Repräsentanten des Staatsministeriums für Wissenschaft und Kunst sowie der Stadt Leipzig, der Rektorin der Universität Leipzig Frau Prof. Dr. Beate Schücking, des wissenschaftlichen Geschäftsführers des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung-UFZ Prof. Dr. Georg Teutsch und des Präsidenten der DGG Prof. Dr. Eiko Räkers.

Umrahmt von einem musikalischen Programm des Quintetts der UniBigband folgen die Ehrungen und Preisverleihungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft.

Die Festveranstaltung wird durch den wissenschaftlichen Vortrag von Frau Prof. Dr. Charlotte Krawczyk (LIAG Hannover) mit dem Thema „Wie angewandt ist die Angewandte Geophysik? - Neue Möglichkeiten zur Abschätzung von Ressourcen, Potenzialen und Risiken“ abgeschlossen.

Neue Messgeräte 2012 / 2013

GSSI GPR-SIR-30 / DF & GF EM Explorer Serie / ARES II Geoelektrik



GSSI DF Dual Frequency System (300 / 800 MHz) - digital, schnell, robust, exakt für Ingenieurgeophysik, Baugrund, Leitungsortung, Archäologie, Bodenkunde

GSSI SIR-30 2/4/8/E High Performance Multi-Channel GPR-System - flexibel, schnell (750 scans/sec @ 512 samples), kompatibel zu allen GSSI Antennen



GF Instruments ARES II Multi-Kanal und Multi-Elektroden Geoelektrik

850 W - 2000 V(p/p) - 5 A Transmitter
 10 Kanal Receiver - 20 IP Windows
 2D / 3D Resistivity, IP, VES, RP, SP
 Aktive und passive Kabel / Roll-Along
 Intuitives User Interface
 Moderne Schnittstellen

GF Instruments CMD Explorer Serie

Multi-Receiver FD-EM Geräte
 Kabellose Bluetooth Verbindung
 Hohe Temperaturstabilität
 Digitale Kalibrierung
 10 Hz Datenrate
 GPS kompatibel
 Robustes Design



Verkauf - Vermietung - Beratung - Schulung - Service von
 Hard- und Software aller führenden Hersteller von
Georadar - Elektromagnetik (FD / TD) - Magnetik - Geoelektrik - Seismik - Gravimetrie - Gammaskpektrometrie

Allied Associates Geophysical Ltd. Büro Deutschland
 Butenwall 56 / D-46325 Borken
 Tel.: +49-(0)2861-8085648 / Fax: +49-(0)2861-9026955
 susanne@allied-germany.de
www.allied-associates.co.uk / www.allied-germany.de



Schwerpunkthemen

S1: Geotomografie

Eines der Hauptziele der Geophysik ist die dreidimensionale Abbildung von Strukturen im Erdinnern mit unterschiedlichen Messverfahren, z.B. Seismik, Geoelektrik oder Elektromagnetik. Der Erkundungsbereich und die Anforderungen an die Auflösung sind dabei höchst unterschiedlich. Die Skalenlängen reichen von Zentimetern bei Material- und Baugrunduntersuchungen, über Kilometer bei der Suche nach Rohstoffen bis zu mehreren tausend Kilometern bei der Erforschung der inneren Dynamik unseres Planeten. Entsprechend breit ist die Vielfalt der Messmethoden und der Inversionsverfahren. Mit den Fortschritten der numerischen und mathematischen Geophysik wird es aber möglich, unterschiedliche Datensätze und Auswerteverfahren in einer gemeinsamen Interpretation zu verknüpfen. Auch die Zeit als vierte Dimension einer Abbildung rückt zunehmend in den Fokus. So sollen zeitliche Veränderungen des Untergrundes abgebildet werden und das Studium von Prozessen im Erdinneren ermöglichen. Innerhalb des Programms GEOTECHNOLOGIEN wird zurzeit das Projekt „Tomografie der Erdkruste – Von der Durchschallung zum Echtzeitmonitoring“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Es hebt auf die Entwicklung skalen- und methodenübergreifender Techniken zur 4D-Abbildung des wirtschaftlich nutzbaren Untergrundes ab. Ergebnisse dieses Projekts sollen innerhalb des Schwerpunkts Geotomografie präsentiert werden. Gleichfalls willkommen sind Beiträge zur Tomografie des tiefen Erdinnern.

S2: Ingenieur- und Umweltgeophysik

Der wesentliche Aspekt der Ingenieur- und Umweltgeophysik ist die Erkundung des oberflächennahen Untergrundes. Dieser von Menschen unmittelbar bewohnte und genutzte Bereich der Erde stellt unzählige Herausforderungen an die geophysikalische Kartierung. Von der Baugrunderkundung, der landwirtschaftlichen Bodencharakterisierung, der industriellen Rohstoffexploration, der Erfassung des geothermischen Potentials sowie der Beschreibung von Aquiferen bis hin zu archäologische Fragestellungen spannt sich ein breites Arbeitsfeld. Dabei sind die Methoden ebenso vielfältig wie die Aufgabenstellungen selbst. Natürliche oder vom Menschen beeinflusste Prozesse führen zu komplexen Eigenschaften des oberflächennahen Untergrundes, die es zu charakterisieren gilt. In den letzten Jahren ließ sich ein ansteigender Bedarf von verlässlichen Messdaten auf unterschiedlichen Skalen als Eingangsparemeter für die Modellierung von Umweltsystemen verzeichnen. Dabei ist die Quantifizierung und Verifizierung der Ergebnisse eine große Herausforderung. Zunehmend werden die unterschiedlichsten Sensoren zur Bestimmung von Boden-eigenschaften genutzt und zur Beobachtung von dynamischen Prozessen im Boden eingesetzt. Mit diesem Schwerpunktthema soll daher auch ausdrücklich der Einsatz von geophysikalischen Verfahren zur Erkundung der ungesättigten Bodenzone angesprochen werden.

S3: Geschichte der Geophysik

Der Tagungsort Leipzig ist eng mit der frühen Geschichte der Geophysik in Deutschland verknüpft. Vor 100 Jahren wurde das Geophysikalische Institut der Universität Leipzig gegründet. Es ist nach Göttingen das zweitälteste Geophysikinstitut in Deutschland. Die Gründung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft im Jahr 1922 erfolgte ebenfalls in Leipzig, damals noch als Deutsche Seismologische Gesellschaft unter dem Vorsitz von Emil Wiechert. Heute beherbergt das Leipziger Institut für Geophysik und Geologie das ständig wachsende Archiv der DGG mit vielen wertvollen Materialien und Exponaten aus der Geschichte der Geophysik und der DGG. Grund genug, die Geschichte der Geophysik zum Schwerpunktthema zu machen und die Entwicklung der Standorte der Geophysik in Deutschland in Form einer Posterausstellung darzustellen. Während der Tagung wird ein Gedenkstein enthüllt, der an die Gründung der DGG vor 90 Jahren erinnert und am historischen Gründungsort stehen wird.

Öffentlicher Abendvortrag

Der öffentliche Abendvortrag der DGG, der sich auch an die Öffentlichkeit richtet, findet am Mittwoch, 6. März 2013, um 20:00 Uhr im Hörsaal 3 des Hörsaalgebäudes statt.

Den Abendvortrag hält **Axel Bojanowski** (Wissenschaftsjournalist) zum Thema „**Faszinierende Rätsel der Geoforschung - warum sie keiner kennt**“

Die Wunder der Natur werden oft seltsam langweilig behandelt; und Ergebnisse der Geoforschung bleiben der Öffentlichkeit oft unbekannt. Axel Bojanowski, Redakteur bei SPIEGEL ONLINE und Diplom-Geologe, diskutiert, warum Medien und Wissenschaft häufig an Naturphänomenen scheitern

Firmenausstellung

Die Firmenausstellung findet im Foyer des 1. OG des Hörsaalgebäudes des Hauptcampus der Universität Leipzig statt.

Aussteller:

Advanced Geosciences Europe S.L.
Allied Associates Geophysical Ltd.
Beta Analytic Ltd.
BDG Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e.V.
CDM Smith Consult GmbH
DMT GmbH & Co. KG
Elegant Mathematics Ltd.
European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE)
Geophysik GGD mbH
Geosym Geomesssysteme
Geotomographie GmbH
geotrade ag
GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Gravity Consult GmbH
IGM Ingenieurgesellschaft für Geophysikalische Messtechnik mbH
Kordinierungsbüro Geotechnologien
NTK Diogen
Omnirecs UG
Sinus Messtechnik GmbH
Springer-Earth Sciences & Geography

DGG-Kolloquium

Der Arbeitskreis "Angewandte Geophysik" der DGG führt am Mittwoch, dem 06. März 2013 das DGG-Kolloquium zum Thema „Stimulation und Fracking“ durch (HS 8).

Programm:

Prof. Dr. Martin Sauter (Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Abt. Angewandte Geologie):

„Auswirkungen von Fracking-Maßnahmen auf das oberflächennahe Grundwasser – Generische Charakterisierung und Modellierung“

Stefanie Krug und Dr. Torsten Tischner (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe):

„Fracoperationen für die tiefe Geothermie in Deutschland“

Dieter Sieber (ExxonMobil Production Deutschland GmbH):

„Fracking in deutschen Erdgaslagerstätten“

N.N.

Statusseminar GEOTECHNOLOGIEN

Das Statusseminar GEOTECHNOLOGIEN ist in das Vortragsprogramm der Tagung integriert und findet am Dienstag, 5.3.2013, im Rahmen des Schwerpunktes S1 „Geotomografie“ im Hörsaal 9 und der Postersession statt.

15. Seminar „Hochauflösende Geoelektrik“/ Workshop des AK Induzierte Polarisation

Das Seminar/der Workshop ist in das Tagungsprogramm in die Session GE/IP „Geoelektrik/Induzierte Polarisation“ am Donnerstag, 7.3.2013, integriert. Anschließend besteht in der Zeit von 16:00 bis 18:00 Uhr (Seminarraum 204) die Möglichkeit zur Diskussion von Ergebnissen und Forschungskonzepten. Ab 18:00 Uhr ist ein geselliges Beisammensein geplant.

Sitzung der Arbeitskreise und Komitees

Die Arbeitskreise und Komitees der DGG haben die Möglichkeit, sich während der Jahrestagung zu treffen. Dafür stehen Seminarräume im 1. und 2. OG des Hörsaalgebäudes zur Verfügung. Die Leiter der Arbeitskreise und Komitees werden gebeten, den Bedarf bei der Tagungsleitung anzumelden (Terminvorschlag und ca. Personenzahl).

Abschlussveranstaltung

Die Abschlussveranstaltung findet am Donnerstag, 7. März 2013, 13:30-15:30 Uhr im Hörsaal 3 des Hörsaalgebäudes statt. Die drei besten Vorträge und Poster von jungen Erstautoren (bis 31 Jahre) werden prämiert

Tagungsübersicht**Tagungsprogramm: Übersicht****Sonntag, 3. März 2013**

19:00-21:00 Uhr Begrüßungsabend (Auerbachs Keller)
(+Tagungsunterlagen für angemeldete Teilnehmer)

Montag, 4. März 2013

10:30-12:10 Uhr Vorträge
 12:10-14:00 Uhr *Mittagspause*
 12:30 Einweihung Gedenkstein DGG-Gründung (Liebigstr./Talstr.)
 14:00-16:30 Uhr Festveranstaltung (Auditorium Maximum)
 17:00 Uhr Eröffnung der Firmenausstellung
 ab 19:30 Uhr Studentisches Treffen (Moritz-Bastei)

Dienstag, 5. März 2013

09:00-10:20 Uhr Vorträge
 10:20-10:40 Uhr *Pause*
 10:40-12:20 Uhr Vorträge
 12:20-13:30 Uhr *Mittagspause*
 13:30-14:30 Uhr Plenarvortrag
 14:30-15:50 Uhr Vorträge
 16:00-17:30 Uhr Postersession
 19:00-23:00 Uhr Gesellschaftsabend (Da Capo – Oldtimermuseum und Eventhalle)

Mittwoch, 6. März 2013

09:00-10:20 Uhr Vorträge
 10:20-10:40 Uhr *Pause*
 10:40-12:20 Uhr Vorträge
 12:20-13:30 Uhr *Mittagspause*
 13:30-14:15 Uhr Plenarvortrag
 14:30-15:50 Uhr Vorträge
 16:00-17:30 Uhr Postersession
 17:30-19:30 Uhr DGG-Mitgliederversammlung (HS 9)
 20:00-21:00 Uhr Öffentlicher Abendvortrag (HS 3)

Donnerstag, 7. März 2013

09:00-10:20 Uhr Vorträge
 10:20-10:40 Uhr *Pause*
 10:40-12:20 Uhr Vorträge
 12:20-13:30 Uhr *Mittagspause*
 13:30-15:30 Uhr Plenarvortrag und Abschlussveranstaltung

Besondere Termine

FKPE-Sitzung (auf Einladung)	Sonntag, 3. März 2013, 09:00-18:00 Uhr
Sitzungen der Arbeitskreise	Dienstag, 5. März 2013, nach Vereinbarung
DGG-Vorstandssitzung (auf Einladung)	Dienstag, 5. März 2013, 09:00-13:30 Uhr Donnerstag, 7. März 2013, 15:30-16:30 Uhr

Sessions: Übersicht

S1	Geotomografie
S2	Ingenieur-und Umweltgeophysik
S3	Geschichte der Geophysik
AR	Archäogeophysik
BL	Bohrlochgeophysik
EM	Elektromagnetik/Georadar
EX	Extraterrestrische Physik
GF	Geodäsie/Fernerkundung
GD	Geodynamik
GE	Geoelektrik/IP
GO	Geophysik in der Öffentlichkeit/Outreach
GT	Geothermie/Radiometrie
GR	Gravimetrie
MA	Magnetik/Erdmagnetismus
MG	Marine Geophysik
MI	Modellierung und Imaging
SE	Seismik
SO	Seismologie
VU	Vulkanologie

	Hörsaal 2	Hörsaal 3	Hörsaal 7	Hörsaal 8	Hörsaal 9	Zeit
Montag	S2 Ingenieur- und Umwelt- geophysik	SE Seismik	EM Elektro- magnetik/ Georadar		S1 Geo- tomografie	10:30-10:50
						10:50-11:10
						11:10-11:30
						11:30-11:50
						11:50-12:10
	Enthüllung des Gedenksteins zur Gründung der DGG					12:30-13:30
	Festveranstaltung/Plenarvortrag (Auditorium Maximum)					14:00-16:30
	Eröffnung der Firmenausstellung (1.OG)					17:00
	Studentisches Treffen (Moritzbastei)					19:30

Dienstag	S2 Ingenieur- und Umwelt- geophysik	SE Seismik	EM Elektro- magnetik/ Georadar	GT Geothermie/ Radiometrie	S1 Geo- tomografie	9:00-9:20
				GD Geodynamik		9:20-9:40
						9:40-10:00
				10:00-10:20		
	<i>Kaffeepause</i>					10:20-10:40
	S2 Ingenieur- und Umwelt- geophysik	SE Seismik	EM Elektro- magnetik/ Georadar	SO Seismologie	S1 Geo- tomografie	10:40-11:00
						11:00-11:20
						11:20-11:40
						11:40-12:00
						12:00-12:20
	<i>Mittagspause</i>					12:20-13:30
			Plenarvortrag			13:30-14:30
	S2 Ingenieur- und Umwelt- geophysik	S3 Geschichte der Geophysik	EM Elektro- magnetik/ Georadar	SO Seismologie	S1 Geo- tomografie	14:30-14:50
						14:50-15:10
						15:10-15:30
						15:30-15:50
	Postersession S1, S2, EM, GD, GT, SE					16:00-17:30
Gesellschaftsabend (Da Capo-Oldtimermuseum)					19:00-23:00	

	Hörsaal 2	Hörsaal 3	Hörsaal 7	Hörsaal 8	Hörsaal 9	Zeit
Mittwoch						9:00-9:20
	S2 Ingenieur- und Umwelt- geophysik	SO Seismologie	MI Modellierung und Imaging	DGG Kolloquium	S1 Geo- tomographie	9:20-9:40
						9:40-10:00
						10:00-10:20
	<i>Kaffeepause</i>					10:20-10:40
	GF Geodäsie/ Fernerkundung	SO Seismologie	MI Modellierung und Imaging	DGG Kolloquium	S1 Geo- tomographie	10:40-11:00
						11:00-11:20
	AR Archäo- geophysik					11:20-11:40
						11:40-12:00
						12:00-12:20
	<i>Mittagspause</i>					12:20-13:30
		Plenarvortrag				13:30-14:30
	GR Gravimetrie	SO Seismologie	EX Extra- terrestrische Physik	S1 Geo- tomographie	S1 Geo- tomographie	14:30-14:50
						15:10-15:30
						15:30-15:50
Postersession EX, GE, GF, GO, GR, MA, MG, MI, SO					16:00-17:30	
Mitgliederversammlung (HS 9)					17:30-19:30	
Abendvortrag (HS 3)					20:00-21:00	
Donnerstag	MG Marine Geophysik	SO Seismologie	GE Geelektrik/IP		S1 Geo- tomographie	9:00-9:20
				VU Vulkanologie		9:20-9:40
						9:40-10:00
						10:00-10:20
	<i>Kaffeepause</i>					10:20-10:40
	MG Marine Geophysik	SO Seismologie	GE Geelektrik/IP	BL Bohrloch- geophysik	S1 Geo- tomographie	10:40-11:00
						11:00-11:20
						11:20-11:40
						11:40-12:00
						12:00-12:20
	<i>Mittagspause</i>					12:20-13:30
	Plenarvortrag				13:30-14:30	
Abschlussveranstaltung (HS 3)					14:30-15:30	

Übersicht Vorträge und Poster

Montag, 4.3.2013

S1 Geotomografie
S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik
S3 Geschichte der Geophysik
EM Elektromagnetik/Georadar
SE Seismik

PV Plenarvortrag**Montag, 4. März 2013**

Festveranstaltung 14:00 - 16:30

Raum: Auditorium Maximum

15:45 - 16:30 **PV-0.001****Wie angewandt ist die Angewandte Geophysik? - Neue Möglichkeiten zur Abschätzung von Ressourcen, Potenzialen und Risiken**

C.M. Krawczyk

S1 Geotomographie**Montag, 4. März 2013**

10:30 - 12:10

Raum: HS 9

10:30 - 10:50 **S1-1.001****MuSaWa: Integrative site characterization using geophysical and direct-push driven methods along an abandoned river channel**

J. Hausmann, H. Steinel, M. Kreck, P. Dietrich, T. Vienken, U. Werban

10:50 - 11:10 **S1-1.002****Relating crosshole seismic and GPR velocities to geotechnical parameters using the Alternating Conditional Expectation approach**

M. Rumpf, J. Tronicke, E. Niederleithinger

11:10 - 11:30 **S1-1.003****Combined inversion of seismic ambient vibrations phase velocity and in depth $H/V(f,z)$ spectral ratio for site characterization**

A.M. Lontsi, M. Ohrnberger, F. Krüger, K. Hannemann

11:30 - 11:50 **S1-1.004****Green's Function retrieval with artificially increased seismic noise**

H. Flores, C. Sens-Schönfelder

11:50 - 12:10 **S1-1.005****3D passive imaging of complex seismic fault systems: the example of the Issyk-Ata fault (Kyrgyzstan)**

M. Pilz, S. Parolai, D. Bindi

S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik

Montag, 4.März 2013

10:30 - 12:10

Raum: HS 2

10:30 - 10:50 **S2-1.001**

Bestimmung gekoppelter Strukturänderungen von ungesättigten Tonen durch hochfrequente elektromagnetische, minimalinvasive Verfahren in Echtzeit

M. Noack, N. Wagner, F. Wuttke, K.J. Witt

10:50 - 11:10 **S2-1.002**

Analysis of coupled hydraulic and dielectric material properties of soils: a multivariate approach

N. Wagner, F. Daschner, M. Schwing, A. Scheuermann

11:10 - 11:30 **S2-1.003**

Noninvasively in situ 3D imaging of tree roots systems

D. Altdorff, J. van der Kruk

11:30 - 11:50 **S2-1.004**

Die Erkundung von Bodenstrukturen entlang einer Referenzmessstrecke in Großbeeren

E. Lück, J. Rühlmann

11:50 - 12:10 **S2-1.005**

Geophysikalische Erkundung hydrologischer Einheiten auf der Hangskala: Eine Fallstudie aus dem Attert Einzugsgebiet, Luxemburg.

N. Allroggen, H. Hermanns, J. Tronicke

EM Elektromagnetik/Georadar

Montag, 4.März 2013

10:50 - 12:10

Raum: HS 7

10:50 - 11:10 **EM-1.001**

Anisotrope 3D Grabenmodellierung am Datenbeispiel Vogelsberg

A. Löwer, A. Junge

11:10 - 11:30 **EM-1.002**

Finite-Differenzen-Modellierung der elektromagnetischen Wellenausbreitung in Zufallsmedien

M. Nagel, M. Linke, O. Hellwig, B. Forkmann

11:30 - 11:50 **EM-1.003**

Simulation studies for detecting migrating CO₂ using complementary electromagnetic methods

J. Börner, K. Spitzer

11:50 - 12:10 **EM-1.004**

Marine Circular Electric Dipole (MCED) als neuartige Methode zur offshore Grundwassererkundung: Modellierungen zur Überprüfung der Anwendbarkeit

A. Haroon, M. Goldman, B. Tezkan

SE Seismik

Montag, 4. März 2013

10:30 - 12:10

Raum: HS 3

10:30 - 10:50 **SE-1.001**

Seismic site characterization for the ICDP Deep-Fault-Drilling-Project Alpine Fault (New Zealand)

V. Glomb, S. Buske, A. Kovacs, A. Gorman

10:50 - 11:10 **SE-1.002**

Prestack-Tiefenmigration des ANCORP'96 Datensatzes (N-Chile) mit Fokus auf vertikale Störungzonen

I. Wenske, C. Schmelzbach, O. Hellwig, S. Buske, J. Kummerow, P. Wigger, S. Shapiro

11:10 - 11:30 **SE-1.003**

Kohärenzbasierte Prestack-Tiefen-Migration - Parameterstudie anhand des Instruct-93-Datensatzes (KTB)

O. Hellwig, F. Hlousek, S. Buske

11:30 - 11:50 **SE-1.004**

3D seismische Messungen zur Charakterisierung eines tiefengeothermischen Reservoirs bei Schneeberg - "Seismik im Kristallin Sachsen"

F. Hlousek, S. Buske, O. Hellwig

11:50 - 12:10 **SE-1.005**

3D-seismische Messungen für ein petrothermales Projekt im Erzgebirge

E. Lüschen, H. von Hartmann, R. Thomas, R. Schulz

Posterausstellung S3 Geschichte der Geophysik

Montag, 4.März bis Donnerstag, 7.März 2013
Hörsaalgebäude 2.OG

S3-P.001

GEOPHYSIK in Kiel - Geschichte, Fachschaften und Forschungsschwerpunkte (I)
P. Janle, H.-J. Götze

S3-P.002

GEOPHYSIK in Kiel - Geschichte, Fachschaften und Forschungsschwerpunkte (II und III)
H.-J. Götze

S3-P.003

Geophysik bei RWE Dea - ein historischer Rückblick
C. Buecker, W. Storz, C. Henke

S3-P.004

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) Hannover - Historie
F. Binot, M. Grinat, U. Yaramanci

S3-P.005

Zur Geschichte des Instituts für Geophysik und extraterrestrische Physik in Braunschweig
K.-H. Glaßmeier, J. Blum, A. Hördt

S3-P.006

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Überblick
T. Schubert

S3-P.007

Das Institut für Geophysik an der Universität Münster
U. Hansen, C. Thomas, M. Becken, J. Schmalzl, S. Stellmach, V. Schmidt

S3-P.008

Geophysik an der Freien Universität Berlin
H. Brasse, P. Röwer, P. Wigger

S3-P.009

Geophysik im M.Sc. Geologische Wissenschaften an der Freien Universität Berlin
F. Motz, A. Röser, A. Blanke

S3-P.010

Angewandte Geophysik an der Technischen Universität Berlin - Historie
U. Yaramanci, F. Börner

S3-P.011

Geophysik am Standort Telegrafenberg in Potsdam
A. Schulze, W. Webers, A. Rudloff, M.H. Weber

S3-P.012**Geophysik an der Universität Potsdam**

F. Krüger, E. Lück, M. Ohrnberger, F. Scherbaum, J. Tronicke

S3-P.013**Der Einsatz von Geophysik beim Geologischen Dienst Hessen**

M. Kracht

S3-P.014**Geophysik Frankfurt am Main - Geschichte und Standortbeschreibung**

H. Schmeling, A. Junge, G. Rümpker

S3-P.015**Geophysik am Grundwasser-Zentrum Dresden**

C. Helling, S. Berthold

S3-P.016**Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) - 21 Jahre Forschen für die Umwelt**

C. Schütze, P. Dietrich

S3-P.017**Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) - Aktuelle Forschungsthemen**

C. Schütze, P. Dietrich

S3-P.018**GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH**

A. Schuck, T. Hohlfeld, P. Geiling

S3-P.019**Das Institut für Geophysik und Geoinformatik in Freiberg**

K. Spitzer, S. Buske, H. Schaeben

S3-P.020**Das Seismologische Observatorium der Bergakademie Freiberg in Berggießhübel**

R. Mittag

S3-P.021**Die Entwicklung eines international tätigen Geophysik-Kontraktors am Standort Leipzig, Teil 1: Firmengeschichte des VEB Geophysik in den Jahren 1951 - 1990**

W. Olgemann, R. Scheibe, B.-M. Schulze, T. Karp

S3-P.022**Die Entwicklung eines international tätigen Geophysik-Kontraktors am Standort Leipzig, Teil 2: Firmengeschichte der Geophysik GGD in den Jahren 1991 - 2013**

W. Olgemann, R. Scheibe, B.-M. Schulze, T. Karp

S3-P.023**Geophysik in Mainz 1946-2013**

W. Jacoby

S3-P.024

Die Entwicklung der Geophysik in Aachen

J. Bruckmann, C. Clauser

S3-P.025

**Das Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln seit 1946.
Meteorologie - Geophysik - Extraterrestrische Physik**

M. Gurk, F.M. Neubauer, J. Saur, B. Tezkan

S3-P.026

Entwicklung und heutiges Profil der Geophysik an der Universität Bonn

A. Kemna

S3-P.027

Das Institut für Geophysik - 120 Jahre Seismologie in Stuttgart

R. Häfner, A. Eisermann, M. Joswig

S3-P.028

Scientific Achievements of the Karlsruhe Geophysical Institute from 1964 to 2000

K. Fuchs, F. Wenzel, J. Ritter, K.-P. Bonjer, B. Müller, C. Prodehl, H. Wilhelm, W. Zürn, T. Bohlen

S3-P.029

Gründung des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF) vor 50 Jahren

K. Klinge, K. Stammler, T. Plenefisch

S3-P.030

Geophysik in Wien: Gestern und Heute

G. Bokelmann, C. Hammerl, W. Lenhardt, B. Meurers

S3-P.031

100 Jahre Geophysik an der Universität Leipzig

F. Jacobs, M. Börngen, G. Schied

Übersicht Vorträge und Poster

Dienstag, 5.3.2013

S1 Geotomographie
S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik
S3 Geschichte der Geophysik
EM Elektromagnetik/Georadar
GD Geodynamik
GT Geothermie
SE Seismik
SO Seismologie

PV Plenarvortrag**Dienstag, 5. März 2013**

13:30 - 14:30

Raum: HS 3

PV-0.002**Seismic interferometry and beyond**

K. Wapenaar, E. Slob, F. Brogini, R. Snieder

S1 Geotomographie**Dienstag, 5. März 2013****09:00 - 10:30****Raum: HS 9**09:00 - 09:30 **S1-2.001****4D Spectral Electrical Impedance Tomography - a diagnostic imaging tool for the characterization of subsurface structures and processes**

A. Kemna, R. Martin, Y. Zhao, E. Zimmermann, A. Treichel, J.A. Huisman, T. Fechner

09:30 - 10:00 **S1-2.002****Multi-EM - Three-dimensional Multi-Scale and Multi-Method Inversion to Determine the Electrical Conductivity Distribution of the Subsurface Using Parallel Computing Architectures**

O. Ritter, K. Spitzer, M. Afanasjew, M. Becken, R.-U. Börner, F. Eckhofer, M. Eiermann, O. Ernst, A. Grayver, J. Klump, M. Köhler, N. Meqbel, M. Scheunert, R. Streich, J. Thaler, U. Weckmann, J. Weißflog

10:00 - 10:15 **S1-2.003****AIDA - From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis**

U. Meyer, H.-J. Götze, R.-U. Börner, B. Tezkan, J. Winsemann, L. Barrio-Alvers, B. Siemon, A. Ullmann, P. Menzel, M. Afanasjew, M. Scheunert, S. ., R. Eroess, D. Steinmetz, J. Stoll

10:15 - 10:30 **S1-2.004****3-D Inversion of Helicopter Electromagnetic Data**

M. Scheunert, M. Afanasjew, R.-U. Börner, M. Eiermann, O. Ernst, K. Spitzer

Dienstag, 5.März 2013

10:50 - 12:20

Raum: HS 9

10:50 - 11:20 **S1-3.001**

Full Waveform Inversion Using Waveform Sensitivity Kernels - The Software Package ASKI

F. Schumacher, W. Friederich

11:20 - 11:50 **S1-3.002**

MIIC: Monitoring and Imaging based on Interferometric Concepts - Status report

C. Sens-Schönfelder, H. Flores, M. Gassenmeier, F. Köllner, M. Korn, S. Müller, E. Niederleithinger, S. Parolai, M. Pilz, E. Pomponi, A. Schuck, K. Thiemann, J. Völkel

11:50 - 12:20 **S1-3.003**

Moment tensor clustering to monitor mining induced seismicity

S. Cesca

Dienstag, 5.März 2013

14:30 - 16:00

Raum: HS 9

14:30 - 15:00 **S1-4.001**

MuSaWa: Multi-Scale S-Wave Tomography for Exploration and Risk Assessment of Development Sites - Recent Advances in Field Technology and Data Processing

H. Paasche, M. Rumpf, A. Lontsi, K. Hannemann, J. Hausmann, J. Tronicke, U. Werban, P. Dietrich, M. Ohrnberger, F. Krüger, T. Fechner

15:00 - 15:30 **S1-4.002**

SOUND (1): Seismic Exploration During Underground Construction With Drilling Noise and Broadband Vibroseis Sources

S. Hock, A. Reclin, R. Giese, S. Lüth, S. Wadas, U. Polom, S. Heider, S. Jetschny, T. Bohlen

15:30 - 16:00 **S1-4.003**

GEOTECHNOLOGIEN: Tomographic Methods in Hydrogeology: Joint Three-Dimensional Geostatistical Inversion of Multiple Data Types

R. Schwede, O.A. Cirpka

S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik**Dienstag, 5. März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 2**09:00 - 09:20 **S2-2.001****Geophysikalische Erkundung unter Tage**

K. Freund, C. Hartmann

09:20 - 09:40 **S2-2.002****Salzhaldentomographie - Geophysikalische Untersuchungen und Modellierungen für die Schwachstellenanalyse einer Kalirückstandshalde**

K. Dünnbier, T. Schicht, F. Börner

09:40 - 10:00 **S2-2.003****Erkundung altbergbaulicher Strukturen im Ruhrgebiet**

U. Swoboda, S. Uchtmann, K. Limbrock, R. Elsen, D. Orłowsky

10:00 - 10:20 **S2-2.004****Geophysikalische Erkundung eines Kohlebrandes im Baltikum**

S. Uchtmann, O. Brenner, U. Swoboda, R. Elsen, D. Orłowsky

Dienstag, 5. März 2013**10:40 - 12:20****Raum: HS 2**10:40 - 11:00 **S2-3.001****Oberflächen-NMR und Elektromagnetische Störquellen - Fallbeispiele und Lösungsansätze für die Anwendung im urbanen Raum**

S. Costabel, M. Müller-Petke

11:00 - 11:20 **S2-3.002****Abbildung der 2D Verteilung von Wassergehalt und Relaxationszeit aus SNMR Daten**

R. Dlugosch, T. Günther, M. Müller-Petke, U. Yaramanci

11:20 - 11:40 **S2-3.003****Jointly simulating NMR, electrical and flow properties of partially saturated rocks by means of a triangular pore model**

C. Nordlund, N. Klitzsch, O. Mohnke

11:40 - 12:00 **S2-3.004****Strömungspotentialmessungen im Labor unter hydrostatischen Bedingungen**

H. Triebe, N. Klitzsch

12:00 - 12:20 **S2-3.005**

Untersuchung von Eigenpotentialvariationen in Kombination mit geophysikalischen und Bodengasmessungen an natürlichen CO₂ Entgasungsstellen

C. Sandig, C. Schütze, U. Sauer, C. Flechsig, U. Serfling

Dienstag, 5.März 2013

14:30 - 15:50

Raum: HS 2

14:30 - 14:50 **S2-4.001**

Abklärung der konstruktiven Eigenschaften von Natursteinmauern mit zerstörungsfreien Prüfverfahren - Teil I: Georadar

J. Hugenschmidt, B. Kister

14:50 - 15:10 **S2-4.002**

Abklärung der konstruktiven Eigenschaften von Natursteinmauern mit zerstörungsfreien Prüfverfahren - Teil II: Akustische Wellen

B. Kister, J. Hugenschmidt

15:10 - 15:30 **S2-4.003**

Vergleich geoelektrischer Methoden zur Kalibrierung von EMI-Daten

A.-K. Nüsch, U. Werban, P. Dietrich

15:30 - 15:50 **S2-4.004**

Modellierung und systematischer Vergleich zweier Direct Push DC- Sonden unter besonderer Berücksichtigung von Signalstabilität und Sondenverschleiß

D. Demuth, J. Bumberger, D. Sauer, H. Paasche

S3 Geschichte der Geophysik

Dienstag, 5.März 2013

14:30 - 15:10

Raum: HS 3

14:30 - 14:50 **S3-1.001**

Der Österreichische Erdbebendienst an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - von Victor Conrad bis heute

C. Hammerl

14:50 - 15:10 **S3-1.002**

Der DGG-Gedenkstein in Leipzig

F. Jacobs

EM Elektromagnetik/Georadar**Dienstag, 5. März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 7**09:00 - 09:20 **EM-2.001****Investigation of the Azraq Basin in the Eastern Desert of Jordan using Central Loop Transient Electromagnetics: 2.5D Modeling of a Vertical Fault**

P. Yogeshwar, B. Tezkan

09:20 - 09:40 **EM-2.002****Crustal resistivity structure across the Caledonian Front in Lapland from magnetotelluric measurements**

C. Nittinger, M. Becken, A. Rödder, A. Junge, M. Smirnov

09:40 - 10:00 **EM-2.003****Magnetotelluric investigation of the inflating Lazufre volcanic complex, Central Andes**

I. Budach, H. Brasse, D. Díaz

10:00 - 10:20 **EM-2.004****Anwendung der Magnetotellurik und Radiomagnetotellurik zur Untersuchung der Kaledonischen Deformationsfront in Nordschweden**

M. Biolik, M. Gurk, M. Smirnov, B. Tezkan

Dienstag, 5. März 2013**10:40 - 12:20****Raum: HS 7**10:40 - 11:00 **EM-3.001****Towards Large Scale Multi-Layer-Conductivity Inversion of Quantitative Electromagnetic Induction Data**

C. von Hebel, A. Mester, S. Huisman, J. Bikowski, S. Rudolph, H. Vereecken, J. van der Kruk

11:00 - 11:20 **EM-3.002****3D inversion of magnetotelluric phase tensor data**

K. Tietze, O. Ritter, G. Egbert

11:20 - 11:40 **EM-3.003****Joint inversion of time-lapse on-ground GPR data to estimate the hydraulic properties of a layered subsurface**

S. Busch, L. Weihermüller, J.A. Huisman, C.M. Steelman, A.L. Endres, H. Vereecken, J. van der Kruk

11:40 - 12:00 **EM-3.004**

Waveguide characterisation using crosshole GPR full-waveform inversion and novel amplitude analysis approach

A. Klotzsche, J. van der Kruk, J. Bradford, H. Vereecken

12:00 - 12:20 **EM-3.005**

Kartierung der kuschitischen Festungsanlage Gala Abu Ahmed im Nordsudan mittels Georadar und Magnetik

D. Steinbach, R. Bergers, B. Tezkan, F. Jesse

Dienstag, 5.März 2013

14:30 - 15:50

Raum: HS 7

14:30 - 14:50 **EM-4.001**

Zuordnung von Struktureigenschaften im Salz durch Analyse der Dämpfung des Georadarsignals

V. Gundelach, N. Blindow, U. Buschmann, C. Salat

14:50 - 15:10 **EM-4.002**

Dielektrische Breitbandspektroskopie von Böden zur Bewertung der GPR-Performance

M. Loewer, N. Wagner, J. Igel

15:10 - 15:30 **EM-4.003**

Mapping soil water content variability using time-lapse horizontal borehole ground penetrating radar data

M. Oberröhrmann, J. van der Kruk, J. Vanderborght, H. Vereecken

15:30 - 15:50 **EM-4.004**

Georadar-Untersuchungen einer Süßwasserlinse als Beitrag für realistische Grundwassermodellierungen

J. Igel, T. Günther, M. Kuntzer, H. Sulzbacher, H. Wiederhold

GD Geodynamik

Dienstag, 5.März 2013

09:40 - 10:20

Raum: HS 8

09:40 - 10:00 **GD-1.001**

Inverse geodynamic modeling to constrain effective viscosities and densities of the lithosphere

T. Baumann, B. Kaus, A. Popov

10:00 - 10:20 **GD-1.002**

Modelling of visco-elasto-plastic two-phase flow through the lithosphere

T. Keller, B. Kaus, D. May

GT Geothermie/Radiometrie**Dienstag, 5. März 2013****09:00 - 09:40****Raum: HS 8**09:00 - 09:20 **GT-1.001****Elektromagnetik in der geothermischen Erkundung Norddeutschlands -
Zusammenstellung geologisch relevanter Informationen für Simulationsmodelle**

G. Schaumann, M. Grinat, F. Binot, T. Agemar, G. Gabriel

09:20 - 09:40 **GT-1.002****Numerical Simulations of Pore Pressure Diffusion in Hydraulically Heterogeneous
Media**

J. Galindo Guerreros, C. Dinske, C. Langenbruch, S.A. Shapiro

SE Seismik**Dienstag, 5. März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 3**09:00 - 09:20 **SE-2.001****Reflection seismic investigation of the geodynamically active West-
Bohemia/Vogtland region**

N. Mullick, S. Buske, S. Shapiro, P. Wigger

09:20 - 09:40 **SE-2.002****Time-lapse offset and zero-offset VSP data processing and imaging for monitoring
CO₂ injection**

J. Götz, S. Lüth, C.M. Krawczyk, C. Cosma

09:40 - 10:00 **SE-2.003****Seismic monitoring of CO₂ storage in a saline aquifer - the second 3D repeat
observation at Ketzin (Germany)**

S. Lüth, C. Juhlin, M. Ivandic

10:00 - 10:20 **SE-2.004****Hochauflösende seismische und Ultraschall-Methoden in der Endlagerforschung**

K. Schuster, F. Schulte, T. Tietz

Dienstag, 5. März 2013

10:40 - 11:40

Raum: HS 3

10:40 - 11:00 **SE-3.001**

**Untersuchung sedimentärer Strukturen im Bolsenasee (Italien) anhand
hochauflösender Reflexionsseismik**

A. Schürer, K. Lindhorst, S. Krastel, I. Wehner

11:00 - 11:20 **SE-3.002**

**Seismic properties of black shales studied by body wave tomography, surface wave
inversion and laboratory analysis**

M. Baumann-Wilke, K. Bauer, N. Schovsbo, M. Stiller

11:20 - 11:40 **SE-3.003**

**Forward and inverse modeling of seismic waves for reconnaissance in mechanized
tunneling**

L. Lambrecht, W. Friederich

SO Seismologie

Dienstag, 5. März 2013

10:40 - 12:20

Raum: HS 8

10:40 - 11:00 **SO-1.001**

**Zur Mikroseismizität im Umfeld der Geothermie-Kraftwerke Landau und Insheim,
Südpfalz**

J. Groos, J. Zeiß, M. Grund, J.R.R. Ritter

11:00 - 11:20 **SO-1.002**

Seismizität in Erdgasfördergebieten in Norddeutschland

M. Bischoff, N. Gestermann, T. Plenefisch, C. Bönemann

11:20 - 11:40 **SO-1.003**

Permeability reconstruction using hydraulic fracturing induced seismicity

N. Hummel, S.A. Shapiro

11:40 - 12:00 **SO-1.004**

Diffusivity tensor characterisation based on the back front of induced seismicity

N. Hummel, S.A. Shapiro

12:00 - 12:20 **SO-1.005**

Back front signatures of seismicity based on nonlinear pore pressure diffusion

N. Hummel, S.A. Shapiro

Dienstag, 5. März 2013**14:30 - 15:50****Raum: HS 8**

14:30 - 14:50 **SO-2.001****Stress tensor changes related to fluid injection at The Geysers geothermal field, California**

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

14:50 - 15:10 **SO-2.002****Is earthquake rupture process self-similar between km- and cm- scale (Mw4 to -6)? Experiences from induced seismicity, volcanic-hybrid seismic events and laboratory experiments**

G. Kwiatek, G. Dresen, M. Bohnhoff, R. Harrington, E.-M. Charalampidou, F. Bulut, T. Goebel

15:10 - 15:30 **SO-2.003****An improved method for seismic moment tensor inversion of acoustic emissions: The effect of incidence angle, sensor coupling and damage evolution**

G. Kwiatek, E.-M. Charalampidou, G. Dresen

15:30 - 15:50 **SO-2.004****Verwendung von Akustischen Emissions (AE) Sensoren bei der Magnituden-Bestimmung von mikroseismischen Signalen: Möglichkeiten und Unmöglichkeiten**

K. Plenkers, G. Kwiatek, F. Krüger

Postersession

Dienstag, 5. März 2013
16:00-17:30
Hörsaalgebäude 2.OG

S1 Geotomographie (Poster)

S1-P.001

Numerical correction of the phase error due to electromagnetic coupling effects in EIT borehole measurements

Y. Zhao, E. Zimmermann, J. Huisman, A. Treichel, B. Wolters, S. van Waasen, A. Kemna

S1-P.002

Relationships between complex electrical conductivity and hydraulic conductivity at the Krauthausen test site

A. Treichel, A. Kemna, E. Zimmermann, O. Esser, J.A. Huisman

S1-P.003

Entwicklung und Anwendung von Inversionsalgorithmen für spektrale elektrische Impedanz-Tomographie mit räumlich-spektraler Regularisierung

R. Martin, A. Kemna

S1-P.004

Three-dimensional inversion of CSEM data from Ketzin

A. Grayver, R. Streich, O. Ritter

S1-P.005

Realistic 3D subsurface models - A new approach by integrating HEM, borehole and seismic data sets

D. Steinmetz, J. Winsemann, A. Ullmann, B. Siemon, C. Brandes, U. Meyer, H. Wiederhold

S1-P.006

Application and validation of a parameter-constrained irregular resampling-framework for highly resolved data sets

P. Menzel, S. Schmidt

S1-P.007

Parametrization and Regularization of a 3-D Helicopter Electromagnetic Data Inversion

M. Afanasjew, R.-U. Börner, M. Eiermann, O.G. Ernst, M. Scheunert, K. Spitzer

S1-P.008

Classification of induction anomalies in helicopter-borne electromagnetic data sets

A. Ullmann, B. Siemon, U. Meyer

S1-P.009**A Monte Carlo approach for the inference of structure on ultra-sonic and shallow-seismic scales**

I. Mosca, F. Bilgili, T. Meier, T. Forbriger, K. Sigloch

S1-P.010**Appropriate line source simulation procedure for shallow seismic field data**

T. Forbriger, L. Groos, M. Schäfer

S1-P.011**MuSaWa: Stratigraphic characterization of the near-subsurface using vertical soil color distributions**

J. Hausmann, P. Dietrich, T. Vienken, U. Werban

S1-P.012**MuSaWa: Combined mobile P-, S-wave tomography, and direct push techniques for geotechnical site characterization**

J. Hausmann, M. Rumpf, H. Paasche, U. Werban, P. Dietrich, J. Tronicke

S1-P.013**Joint global inversion of crosshole GPR and seismic traveltimes**

J. Tronicke, H. Paasche, M. Rumpf, U. Böniger

S1-P.014**Dispersion analysis of actively and passively generated surface waves at shallow geotechnical sites in Germany**

A.M. Lontsi, M. Ohrnberger, M. Rumpf, J. Hausmann, F. Krüger, J. Tronicke

S1-P.015**Ambient noise tomography in the Mygdonia basin**

K. Hannemann, M. Ohrnberger, C. Papazachos, A. Savvaidis, M. Anthymidis, A.M. Lontsi

S1-P.016**MuSaWa: Development of a multi-station borehole acquisition system (MBAS)**

T. Fechner, M. Rumpf, J. Hausmann

S1-P.017**The tomography of South American margin from 34 to 47°S**

K. Becker, M. Schnabel, D. Franke, I. Heyde, B. Schreckenberger

S1-P.018**Monitoring a CO₂-Storage Site with Passive Image Interferometry**

M. Gassenmeier, M. Korn, C. Sens-Schönfelder

S1-P.019**Inversion of magnetotelluric data for a model parameterized in wavelet domain**

M. Becken

S1-P.020

The GFZ-Underground-Lab in Freiberg - Test site for seismic inversion techniques

F. Krauß, F. Krauß, S. Heider, S. Buske, T. Bohlen, K. Jaksch, R. Giese

S1-P.021

Die neue marine 3D Seismik der BGR Hannover

V. Damm

S1-P.022

Gravimetrische Messungen im Projekt GEOPOWER

S. Schmidt, H.-J. Götze, R. Mahatsente, F. Hese

S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik (Poster)

S2-P.001

Spectral cluster analysis: A new tool for the integration of surface-based tomographic models and hydrologic parameter estimation

B. Hachmöller, H. Paasche

S2-P.002

Analysis of Landslide seismicity using the Smoothed Particle Method

A. Eisermann, M. Joswig

S2-P.003

Deeply weathered granite as obstacle for groundwater investigation with electrical/electromagnetic methods?

U. Noell, C. Tiberghien, S. Valley, R. Seibold, M. Ryumeko

S2-P.004

Untersuchung von Bergbauhalden des Westharzes im Hinblick auf Wertstoffpotential und Kontaminationsgefährdung: das BMBF Projekt ROBEHA

T. Martin, K. Kuhn, U. Meyer, D. Rammlmair, M. Drobe, U. Noell

S2-P.005

Luftgestützte VLF-Messungen über Störungs- und Versalzungszone in Ostbrandenburg

M. Lay, R. Herd, W. Schafri;

S2-P.006

Hierarchical diagnostic monitoring concept for detecting CO₂ releases- Combination of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy with geophysical and soil gas investigations

U. Sauer, C. Schütze

S2-P.007

Combining geophysical methods for monitoring of soil water dynamics at the hillslope-scale.

E. Martini, S. Kögler, T. Grau, U. Wollschläger, U. Werban, T. Behrens, K. Schmidt, P. Dietrich, S. Zacharias

S2-P.008**Kombinierte Interpretation geophysikalischer Daten zur Charakterisierung der Deckschicht entlang eines Hanges**

B. Brodic, T. Feskova, E. Martini, S. Zacharias, P. Dietrich, M. Pohle, S. Kögler

S2-P.009**Labor- Messplatz zur Erfassung von Strömungspotentialen unter hydrostatischen Bedingungen**

H. Triebe, N. Klitzsch

S2-P.010**Fließrichtungs- und Fließgeschwindigkeitsbestimmung im Brunnen eines zukünftigen thermischen Aquiferspeichers**

S. Berthold

S2-P.011**Jointly deriving NMR surface relaxivity and pore size distributions by NMR relaxation experiments on partially de-saturated rocks**

O. Mohnke, A. Haber

S2-P.012**Kombinierte Oberflächen-NMR und TEM Messungen zur Untersuchung der Süßwasserlinse auf der Nordseeinsel Langeoog**

S. Costabel, U. Noell, T. Günther

S2-P.013**Untersuchungen zur thermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrunds: analoge, numerische und geoelektrische Analyse der Wärmeausbreitung in porösen Medien**

N. Giordano, L. Firmbach, N. Watanabe, C. Comina, G. Mandrone, O. Kolditz, P. Dietrich, T. Vienken

S2-P.014**Grundlagenuntersuchungen von neuartigen US-Sensoren in Beton**

J. Wolf, F. Mielentz

S2-P.015**Radarmessungen mit Constant-Offset zur Untersuchung von Strukturschwächungen in Betonbauteilen**

C. Trela, T. Kind, M. Schubert

S2-P.016**Seismische Untersuchungen im Raum Flensburg**

C. Klein, M. Thorwart, W. Rabbal, H. Buness, F. Hese, R. Kirsch;

S2-P.017**Petrophysikalische Untersuchungen an Kalirückstandsmaterial zu Erstellung eines Materialmodells als Grundlage für eine geotechnische Interpretation von geophysikalischen Messergebnissen.**

W. Albers, J. Confal, K. Dünnbier, T. Schicht, F. Börner

S2-P.018

Geophysikalische Testmessungen auf einer Kalirückstandshalde

J. Confal, W. Albers, K. Dünnbier, C. Rücker, T. Schicht, F. Börner

S2-P.019

Geophysikalische Erkundung der Wallfahrtskirche zu Buckow

T. Ballhause, P. Reimann, C. Altefroehne, A. Meise, F. Börner

S2-P.020

Optimization of soil sampling strategies for VIS-NIR spectroscopy calibration using conditional Latin Hypercube Sampling

T. Grau, U. Werban, S. Zacharias, P. Dietrich

S2-P.021

Charakterisierung von Target und Projektil bei Meteoritenexperimenten

D. Moser, C. Grosse

EM Elektromagnetik/Georadar (Poster)

EM-P.001

New magnetotelluric soundings in SE Poland

A. Neska, W. Jozwiak, K. Slezak

EM-P.002

A preliminary electrical image of the passive continental margin at the Kaoko Belt in Northern Namibia and the Walvis Ridge derived from an amphibian magnetotelluric study

G. Kapinos, U. Weckmann, O. Ritter, M. Jegen-Kulcsar

EM-P.003

Numerical modelling of frequency-domain helicopter-borne electromagnetic data: A case study of the red mud waste site near Stade, Germany

M. Miensopust, A. Ullmann, B. Siemon

EM-P.004

Efficient 3-D TEM Simulation Using a Nonlocal Boundary Condition, Multigrid, and Rational Krylov

M. Afanasjew, R.-U. Börner, M. Eiermann, O.G. Ernst, K. Spitzer

EM-P.005

Convergence studies for the finite element simulation of the 3D MT boundary value problem

A. Franke-Börner, R.-U. Börner, K. Spitzer

EM-P.006

On the use of a hybrid method for determining the Tikhonov regularization parameter in the frequency-domain geo-electromagnetic inverse problem

F. Wang, R.-U. Börner, K. Spitzer

EM-P.007**Preparation for a 3D magnetotelluric inversion - challenges of the all-at-once approach**

W. Wilhelms, R.-U. Börner, K. Spitzer

EM-P.008**On inversion of frequency domain electromagnetic data in salt water problems**

T. Günther

EM-P.009**Fault characterization in arid environments using microtremor analyses, ground-penetrating radar and transient electromagnetics with a SQUID magnetometer**

A. Rudersdorf, S. Hölz, K. Reicherter

EM-P.010**Erkundung von temperierten Gletschern am nördlichen patagonischen Eisfeld mit Helikopter-GPR**

N. Blindow, C. Salat, G. Casassa

EM-P.011**The influence of volumetric water content, bulk density and texture on dielectric properties of undisturbed and disturbed soil samples**

T. Pollmann, N. Wagner, B. Vashev, K. Lauer, P. Felix-Henningsen

EM-P.012**Entwicklung eines Messplatzes zur spektralen Permittivitätsmessung an Festgesteinsbohrkernen**

M. Gruse, V. Schmidt

EM-P.013**Detektion oberflächennaher Störkörper (UXO) mittels Transient-Elektromagnetik**

J. Köhler, B. Tezkan

EM-P.014**Impacts of dynamic soil water content on shallow ground conductivity meters**

A. Denk, P. Dietrich

EM-P.015**Verbesserung und Bewertung der Datenqualität von Elektromagnetischen Induktionsmessungen**

A. Mester, E. Zimmermann, J. van der Kruk, H. Vereecken, S. van Waasen

EM-P.016**Messungen zur absoluten 3D-Positionierung einer Bohrlochsonde auf dem Campus der TU Bergakademie Freiberg**

S. Malecki, R.-U. Börner, K. Spitzer

GD Geodynamik (Poster)

GD-P.001

Fluid migration as a seismic trigger in the West Bohemia Seismic Zone: Joint interpretation from the reprocessed 9HR deep reflection profile and double-difference tomography

C. Alexandrakis, N. Mullick, S. Buske

GD-P.002

Interaction and linkage of folds in high-resolution 3D numerical models of multilayer detachment folding

N. Fernandez, B.J. Kaus

GT Geothermie/Radiometrie (Poster)

GT-P.001

Geophysikalische Sonde zur Messung der in-situ Wärmeleitfähigkeit nach dem TCS-Verfahren (Thermal Conductivity Scanning)

D. Sauer, M.M. Amro, S. Wagner, F. Rose, W. Schöffel, J. Pfeiffer, G. Hesse, S. Marke

GT-P.002

Charakterisierung geothermischer Reservoire durch Korrelation seismischen Rauschens

M. Vasterling, U. Wegler

GT-P.003

Time-dependent b-value in a geothermal reservoir

S. Specht

SE Seismik (Poster)

SE-P.001

Re-Processing of seismic reflection data in the area of the Saxo-Thuringian Zone

M. Bubner, C. Klemt, S. Schimschal, S. Buske

SE-P.002

A 2.5D seismic velocity model for the Thuringian Basin based on first arrival times from a reflection seismic data set

M. Krause, A. Goepel, F. Bleibinhaus, N. Kukowski

SE-P.003

Scherwellen-Reflexionsseismik zur Erkundung des oberflächennahen quartären Untergrundes im Raum Nörten-Hardenberg

M. Bagge, U. Polom, C. Brandes, J. Winsemann

SE-P.004

Vergleich von P- und SH-Wellenmessungen an einem Störungssystem im Leinetalgraben

B. Wawerzinek, P. Musmann, U. Polom, H. Bunes, R. Thomas

SE-P.005**A comparison of high-resolution P- and SH-wave reflection seismic data in alluvial and pyroclastic deposits - a case study in Indonesia regions**

W. Wiyono, U. Polom, C. Krawczyk

SE-P.006**Seismic imaging of the earth's crust in the vicinity of the ICDP-COSC borehole**

H. Simon, S. Buske

SE-P.007**Focused illumination and imaging of a major fault zone at the German Continental Deep Drilling Site (KTB)**

F. Hlousek, O. Hellwig, S. Buske

SE-P.008**Statistical wavelet estimation for the post-stack inversion of 3D time-lapse seismic data at the Ketzin CO₂ storage site**

M. Gil, A. Ivanova, C. Juhlin, R.H. Herrera, S. Lüth, A. Medina, M. van der Baan, C. Yang, C.M. Krawczyk

SE-P.009**Seismische Erkundung eines tiefeingethermischen Reservoirs bei Schneeberg - Das Verbundprojekt "Seismik im Kristallin Sachsen"**

O. Hellwig, F. Hlousek, S. Buske

SE-P.010**Investigation on the applicability of passive seismic data analysis on an engineering scale**

F. Köllner, E. Pomponi, C. Sens-Schönfelder, A. Schuck

SE-P.011**Finite-Difference Modelling of P and S Waves to Support Fieldwork Planning**

T. Beilecke, C.M. Krawczyk, D.C. Tanner, J. Ziesch, - PROTECT Research Group

SE-P.012**Vergleich der Finite-Differenzen-Methode und der Spektrale-Finite-Elemente-Methode zur Simulation der seismischen Wellenausbreitung bei der Tunnelvorauserkundung**

O. Hellwig, L. Lambrecht

SE-P.013**Coherence-based prestack depth migration**

O. Hellwig, F. Hlousek, S. Buske

SE-P.014**Laufzeitberechnung in VTI-Medien mittels Wellenfrontkonstruktions- und FD Eikonal-Verfahren**

M. Riedel, O. Hellwig, S. Buske, D. Köhn

SE-P.015

Fresnel-Volume-Migration of walk-away VSP data

M. Rothe, O. Hellwig, S. Buske

SE-P.016

Entwicklung und Charakterisierung einer Torsions-Scherwellenquelle

V. Schmidt, B. Schmitz

Übersicht Vorträge und Poster

Mittwoch, 6.3.2013

S1 Geotomographie
S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik
S3 Geschichte der Geophysik
AR Archäogeophysik
EX Extraterrestrische Physik
GE Geoelektrik/IP
GF Geodäsie/Fernerkundung
GO Geophysik in der Öffentlichkeit
GR Gravimetrie
MA Magnetik/Erdmagnetismus
MG Marine Geophysik
MI Modellierung/Imaging
SO Seismologie

PV Plenarvortrag**Mittwoch, 6.März 2013**

13:30 - 14:15

Raum: HS 3

PV-0.003**Die Erforschung des oberen Erdmantels in tektonisch aktiven Gebieten mit Hilfe der seismischen Tomographie**

U. Achauer

S1 Geotomographie**Mittwoch, 6.März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 9**09:00 - 09:20 **S1-5.001****Very Low Frequency - Unmanned Airborne System: Measurements and Processing**

R. Eröss, J.B. Stoll, R. Bergers, B. Tezkan, D. Moritz, N. Pickartz

09:20 - 09:40 **S1-5.002****Concept of Radio EM Method for Ground and Airborne Measurements**

D. Moritz, J.B. Stoll, R. Bergers, R. Eroes, B. Tezkan

09:40 - 10:00 **S1-5.003****A new 1D weighted joint inversion algorithm for ground based and helicopter-borne electromagnetic data**

- Sudha, B. Tezkan, B. Siemon

10:00 - 10:20 **S1-5.004****GEOTECHNOLOGIEN AIDA project - Model coupling HEM1D+**

A. Ullmann, B. Siemon, D. Steinmetz, M. Miensopust, U. Meyer

Mittwoch, 6.März 2013**10:40 - 12:20****Raum: HS 9**10:40 - 11:00 **S1-6.001****2D full waveform inversion of a shallow seismic field dataset: Preprocessing and first inversion results**

L. Groos, M. Schäfer, T. Forbriger, T. Bohlen

11:00 - 11:20 **S1-6.002****2D full waveform inversion of shallow seismic field data**

M. Schäfer, L. Groos, T. Forbriger, T. Bohlen, F. Köllner

11:20 - 11:40 **S1-6.003**

Applications of 3D elastic full waveform inversion to synthetic data

S. Dunkl, A. Kurzman, T. Bohlen

11:40 - 12:00 **S1-6.004**

Ultrasonic surface wave propagation in multi-layered structures

I. Mosca, F. Bilgili, T. Meier, K. Sigloch

12:00 - 12:20 **S1-6.005**

Ultrasonic Surface Measurements (TOAST - WP2T2)

T. Meier, M. Auras, F. Bilgili, S. Christen, L. Cristiano, R. Krompholz, I. Mosca, D. Niehoff, D. Rose

Mittwoch, 6.März 2013

14:30 - 15:50

(Parallelsession 1)

Raum: HS 9

14:30 - 14:50 **S1-7.001**

Regularisation on unstructured grids

J. Weißflog, R.-U. Börner, F. Eckhofer, M. Eiermann, O.G. Ernst, K. Spitzer

14:50 - 15:10 **S1-7.002**

New Advances for a joint 3D inversion of multiple EM methods

N. Meqbel, O. Ritter

15:10 - 15:30 **S1-7.003**

Automated full moment tensor inversion of mining induced seismicity

A.T. Sen, S. Cesca, T. Dahm, M. Bischoff, T. Meier

15:30 - 15:50 **S1-7.004**

Imaging of a salt mine: comparison of spatiotemporal patterns of acoustic emissions and tomography

S. Maghsoudi, S. Cesca, S. Hainzl, D. Kaiser, T. Dahm

Mittwoch, 6.März 2013

14:30 - 15:50

(Parallelsession 2)

Raum: HS 8

14:30 - 14:50 **S1-0.001**

SOUND (2): 2-D elastic Full Waveform Inversion for a transmission geometry in crystalline rocks - synthetic study and data application

S. Heider, S. Jetschny, T. Bohlen, A. Reclin, S. Hock, S. Lueth, R. Giese, S. Wadas, U. Polom

14:50 - 15:10 **S1-0.002**

Quantitative imaging of very shallow media using multicomponent seismic data : alternative observables for robust waveform inversion and validation using multicomponent physical modeling data

R. Valensi, D. Leparoux, R. Brossier, O. Durand, F. Bretaudeau, P. Cote

15:10 - 15:30 **S1-0.003**

Joint inversion of seismic, gravimetric and magnetotelluric data for sub-basalt imaging in the Faroe-Shetland Basin

B. Heincke, M. Moorkamp, M. Jegen, R. Hobbs

15:30 - 15:50 **S1-0.004**

Offshore building foundation analysis by a combined Scholte-wave dispersion analysis and 2D elastic waveform inversion

D. Köhn, D. Wilken, D. De Nil, W. Rabbel

S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik

Mittwoch, 6.März 2013

09:00 - 10:00

Raum: HS 2

09:00 - 09:20 **S2-5.001**

Umweltphysik - Drei Beispiele

U. Platt

09:20 - 09:40 **S2-5.002**

Using geophysical measurements to improve hydrological models

J. Huisman, J. van der Kruk, J. Vanderborght, H. Vereecken

09:40 - 10:00 **S2-5.003**

Application of GPR in Soil Hydrology

K. Roth

AR Archäogeophysik

Mittwoch, 6.März 2013

11:20 - 12:00

Raum: HS 2

11:20 - 11:40 **AR-1.001**

Kombination von Luftbildfotographie und Geophysik zur archäologischen Fundplatzsuche auf Föhr

T. Wunderlich, B. Majchczack, D. Wilken, E.S. Mauritsen, M. Segschneider, H. Stümpel, W. Rabbel

11:40 - 12:00 **AR-1.002**

Georadar und Widerstandsmessungen an den Nazca-Linien in Peru

A. Weller, M. Eidner, S. Rosas, K. Hartsch

EX Extraterrestrische Physik

Mittwoch, 6.März 2013

14:30 - 15:10

Raum: HS 7

14:30 - 14:50 **EX-1.001**

Wird der Dynamoprozess im Planeten Merkur durch den Sonnenwind geschwächt?

D. Heyner

14:50 - 15:10 **EX-1.002**

Acoustic navigation in the Enceladus Explorer project

D. Heinen, D. Eliseev, S. Verfers, C. Wiebusch

GF Geodäsie/Fernerkundung

Mittwoch, 6.März 2013

10:40 - 11:20

Raum: HS 2

10:40 - 11:00 **GF-1.001**

Vergleich von DGMs generiert aus terrestrischen Laserscannings, UAV-basierten Luftbildern und terrestrischen Fotos am Beispiel der Super-Sauze Hangrutschung

S. Rothmund, U. Niethammer, M. Joswig

11:00 - 11:20 **GF-1.002**

Modelling Mercury's interior structure and tidal deformation

T. Steinke, F. Sohl, H. Hussmann, M. Knapmeyer, F.W. Wagner

GR Gravimetrie

Mittwoch, 6.März 2013

14:30 - 15:30

Raum: HS 2

14:30 - 14:50 **GR-1.001**

Analyse von Gezeitenregistrierungen des supraleitenden Gravimeters SG056

E. Schroth, T. Forbriger, M. Westerhaus

14:50 - 15:10 **GR-1.002**

3D density model of the Southern Central Andes

T. Schaller, H.-J. Götze, M. Sobiesiak

15:10 - 15:30 **GR-1.003**

Satellite gravity gradients: a new tool to improve the resolution of upper mantle seismic tomography

J. Ebbing, J. Bouman, M. Fuchs, S. Gradmann, R. Haagmans, V. Lieb, M. Schmidt

MI Modellierung und Imaging**Mittwoch, 6.März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 7**09:00 - 09:20 **MI-1.001****Parameterabhängiges unregelmäßiges Resampling für hochaufgelöste geowissenschaftliche Datensätze**

P. Menzel, S. Schmidt

09:20 - 09:40 **MI-1.002****Eine gitterfreie Methode zur zweidimensionalen Vorwärtsmodellierung magnetotellurischer Felder**

J. Wittke, B. Tezkan

09:40 - 10:00 **MI-1.003****Importance of topographic effects on the modeling of magmatic and tectonic displacements**

M. Nikkhoo, T. Walter, V. Acocella

10:00 - 10:20 **MI-1.004****Modellstudie zur Abbildung von Klüftigkeiten in der Nähe von Bohrlöchern mit Reflexionsseismik und Georadar**

M. Linke, O. Hellwig, S. Buske

Mittwoch, 6.März 2013**10:40 - 12:20****Raum: HS 7**10:40 - 11:00 **MI-2.001****Semi-Automated Geometry Optimization of Voxelized Triangle Models by means of Covariance-Matrix-Adoption Evolution-Strategies and User Interaction**

M.R. Alvers, C. Plonka, S. Schmidt, L. Barrio-Alvers

11:00 - 11:20 **MI-2.002****Non-linear joint inversion of tomographic data using swarm intelligence: appraisal of different strategies**

H. Paasche, J. Tronicke

11:20 - 11:40 **MI-2.003****Abbildung von Strukturen unter Salzkörpern mithilfe von Wellenform-Tomographie**

N. Thiel, A. Przebindowska, T. Bohlen

11:40 - 12:00 **MI-2.004****Rupture Propagation Imaging on Microseismic Scale**

J. Folesky, J. Kummerow, S.A. Shapiro

12:00 - 12:20 **MI-2.005**

Smoothed Particle Method für die Modellierung von Bruchprozessen in Hangkörpern

A. Eisermann, M. Joswig

SO Seismologie

Mittwoch, 6.März 2013

09:00 - 10:40

Raum: HS 3

09:00 - 09:25 **SO-3.001**

3-D velocity structure of upper crust beneath NW Bohemia/Vogtland

S.S. Mousavi, M. Korn, K. Bauer, D. Rößler

09:25 - 09:50 **SO-3.002**

Ambient noise surface wave tomography in NW-Bohemia/Vogtland region

M.J. Fallahi, M. Korn, C. Sens-Schönfelder

09:50 - 10:15 **SO-3.003**

Double-Difference Tomography and its Application to the West Bohemia Seismic Zone

C. Alexandrakis, M. Calo, V. Vavrycuk

10:15 - 10:40 **SO-3.004**

Mid-crustal earthquake swarm generation in West Bohemia/Vogtland: A review of suggested source processes and implications for a planned ICDP proposal

T. Dahm, T. Fischer, S. Hainzl, J. Horálek, P. Hrubcová, M. Korn

Mittwoch, 6.März 2013

10:40 - 12:20

Raum: HS 3

10:40 - 11:00 **SO-4.001**

Das seismische Ereignis bei Völkersen vom 22. November 2012 - erste seismologische Auswertungen

T. Plenefisch, D. Becker, C. Bönnemann, S. Cesca, T. Dahm, N. Gestermann, F. Krüger, M. Ohrnberger

11:00 - 11:20 **SO-4.002**

Projekt SiMoN - Neue Erkenntnisse zur Seismizität und zum Spannungsfeld des nördlichen Oberrheingrabens

B. Homuth, G. Rumpker, H. Deckert, M. Kracht

11:20 - 11:40 **SO-4.003**

Stress rotation and recovery in conjunction with the 1999 Izmit M7.4 earthquake in the Marmara Region, NW Turkey

M. Ickrath, M. Bohnhoff, F. Bulut, G. Dresen

11:40 - 12:00 **SO-4.004**

Resolution of Non-Double-Couple Components in Seismic Moment Tensors of Aftershocks of the 1999 Mw7.4 Izmit Earthquake in NW Turkey

E. Stierle, V. Vavrycuk, J. Sileny, M. Bohnhoff

12:00 - 12:20 **SO-4.005**

An Earthquake Gap South of Istanbul

M. Bohnhoff, F. Bulut, G. Dresen, P.E. Malin, T. Eken, M. Aktar

Mittwoch, 6.März 2013

14:30 - 15:50

Raum: HS 3

14:30 - 14:50 **SO-5.001**

Coulomb-Spannungs-Änderungen nach dem Sultandagi-Beben vom 03.02.2002

S. Hellmann, H. Woith, C. Milkereit, F. Roth

14:50 - 15:10 **SO-5.002**

Hoch-auflösende Abbildung von hoher Seismizität im fore-arc des Nordchilenischen Iquique-Segments

N.W. Bloch, J. Kummerow, P. Wigger

15:10 - 15:30 **SO-5.003**

Added-value joint source modelling of seismic and geodetic data

H. Sudhaus, S. Heimann, T.R. Walter, F. Krüger

15:30 - 15:50 **SO-5.004**

Mapping crustal structure beneath southern Tibet: new seismic evidence for continental crustal underthrusting

Q. Xu, J. Zhao, X. Yuan, H. Liu, S. Pei

Postersession

Mittwoch, 6. März 2013
16:00-17:30
Hörsaalgebäude 2.OG

EX Extraterrestrische Physik (Poster)

EX-P.001

Das Schülerprojekt SOFIE (Solar Flares detektiert über Ionosphärische Effekte)

D. Wenzel, N. Jakowski, W. Andree

GE Geoelektrik/IP (Poster)

GE-P.001

Messungen der Temperaturabhängigkeit der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) zur Charakterisierung der Polarisationsmechanismen in Gesteinen

K. Bairlein, A. Hördt

GE-P.002

Modelluntersuchungen mit Spektraler Induzierter Polarisation an Mischungen von Sand und Aktivkohlen

F.-H. Haegel, O. Esser, N.D. Jablonowski, E. Zimmermann, A. Linden, J.A. Huisman, H. Vereecken

GE-P.003

Rock properties influencing impedance spectra (IS) studied by lab measurements on porous model systems

J. Volkmann, N. Klitzsch, O. Mohnke, N. Schleifer

GE-P.004

Messung der Spektralen Induzierten Polarisation und hydrologischer Parameter an Bodenproben - Vergleich einzelner Parameter

S. Nordsiek, A. Hördt, W. Durner, E. Diamantopoulos

GE-P.005

Imaging and characterization of crop root systems using electrical impedance tomography at the rhizotron scale

M. Weigand, J. Pfeifer, K.A. Nagel, E. Zimmermann, A. Walter, A. Kemna

GE-P.006

Geoelectrical description of a tropical Vertisol for hydrological modeling

T. Mannschatz, K.-H. Feger, P. Dietrich

GE-P.007

Imaging patterns in soil hydraulic conductivity using electrical impedance tomography

M. Kelter, J.A. Huisman, A. Kemna, E. Zimmermann, H. Vereecken

GE-P.008**Geoelektrisches Monitoring von Bodenfeuchteänderungen**

D. Moritz, S. Berthold, K. Spitzer

GE-P.009**Geoelektrische Erkundung eines Löss-Körpers bei Remagen**

S. Wichert, B. Tezkan, P. Fischer

GE-P.010**Study of groundwater contamination using geoelectrical resistivity techniques at Al-Zubair-Safwan area/Southern Iraq**

S. AlSabbagh, A. Junge

GE-P.011**Development of a 2D modelling code for DC/IP and RMT data using finite elements with unstructured mesh: First results of an ore exploration survey in Turkey**

J. Adrian, B. Tezkan, M.E. Candansayar, M. Seidel

GE-P.012**Modelling of apparent resistivity tensors and Magnetotelluric phase tensors on anisotropic structures**

A. Rödder, A. Junge

GE-P.013**Der scheinbare spezifische Widerstandstensor im Einflussbereich von Topographie und Leitfähigkeitsstruktur**

A. Rödder, A. Junge

GE-P.014**Optimized crosshole resistivity monitoring strategies for geological carbon dioxide storage reservoirs**

F.M. Wagner, T. Günther, C. Schmidt-Hattenberger, H. Maurer

GE-P.015**Large-scale DC geoelectric measurements for CO₂ monitoring at the Ketzin pilot site**

A. Just, P. Bergmann, A. Schmidt, C. Flechsig, R. Voigt, T. Labitzke, C. Schmidt-Hattenberger

GE-P.016**Langelektrodengeoelektrik - Modellierungen und Sensitivitätsstudien**

M. Ronczka, T. Günther, C. Rucker

GE-P.017**Time-Lapse Inversion of a daily measured Electrical Resistivity Tomography (ERT) over a period of eight weeks at the Super-Sauze landslide**

J.C. Santoyo Campos, S. Rothmund, U. Schwaderer, M. Joswig

GE-P.018

Geoelektrische und magnetische Kartierung zur Charakterisierung einer archäologischen Verdachtsfläche in der Eifel

N. Haaf, M. Gurk, B. Tezkan

GF Geodäsie/Fernerkundung (Poster)

GF-P.001

LIDAR-based outcrop characterisation - joint classification, surface and block size distribution

P. Dietrich, D.C. Tanner, C.M. Krawczyk

GO Geophysik in der Öffentlichkeit/Outreach (Poster)

GO-P.001

Student Geoscientific Society - Leadership, Community, Networking

A. Röser

GR Gravimetrie (Poster)

GR-P.001

3D Dichte-Modellierung der Region Geesthacht unter Verwendung eines geologischen 3D Untergrundmodells

K. Altenbrunn, H.-J. Götze, S. Schmidt

GR-P.002

Brachyantiklinalen im Thüringer Becken - Eingrenzung der Tiefenstruktur aus der Modellierung von Schweredaten

T. Oberender, T. Jahr, J. Kley

GR-P.003

Erste Ergebnisse der Aerogravimetrie der GEOHALO Mission über Italien

I. Heyde, M. Scheinert, F. Barthelmes

GR-P.004

The "Triasscholle" near Greiz, E Germany - A volcanic origin?

T. Nickschick, H. Kämpf, T. Jahr

MA Magnetik/Erdmagnetismus (Poster)

MA-P.001

Processing and Calibration of SQUID FTMG measurement data

M. Schiffler, M. Queitsch, W. Krech, R. Stolz, H.-G. Meyer, M. Meyer, N. Kukowski

MA-P.002

First airborne full tensor magnetic gradiometry surveys in Thuringia/ Germany

M. Queitsch, M. Schiffler, R. Stolz, U. Meyer, B. Siemon, M. Meyer, H.-G. Meyer, N. Kukowski

MA-P.003**Magnetikmessungen zur Detektion von Spuren des Altbergbaus in der Eifel bei Nettersheim**

A. Dorn, M. Gurk

MA-P.004**Aeromagnetische Messungen mit Hilfe eines unbemannten Luftschiffes**

M. Petzke, P. Hofmeister, H.-U. Auster, K.-H. Glaßmeier, A. Hördt

MG Marine Geophysik (Poster)**MG-P.001****Marine Magnetik der Forschungsfahrt M81/2 CLIP: Vergleich von geschleppten und schiffsfesten Vektordaten**

U. Engels, U. Barckhausen

MG-P.002**Structural and magnetic investigations of the spreading systems north and south of the Rodriguez Triple Junction (Indian Ocean)**

C. Bartsch, U. Barckhausen, S. Shipboard Scientific Party

MG-P.003**Gravimetrische und Magnetische Messungen während der Poseidon-Fahrt 431 vor Portugal**

A. Dehghani

MG-P.004**Palaeocirculation of the Western Boundary Undercurrent (WBUC) at the Eirik Drift**

A. Mueller-Michaelis, G. Uenzelmann-Neben

MG-P.005**Structural and seismological segmentation of active convergent margins**

H. Kopp

MG-P.006**Interferometrie seismischen Rauschens in der westlichen Barentssee**

A. Schmidt, T. Arlt, F. Krüger

MG-P.007**Messungen zum Verständnis des Schalleintrags seismischer Wellen bei Rammungen von Offshore-Windenergieanlagen - Geophysikalisches Teilprojekt im Vorhaben "BORA - Berechnung von Offshore-Rammschall"**

C. Podolski, D. Wilken, W. Rabbel

MI Modellierung und Imaging (Poster)**MI-P.001****3D-Modellierung von Schwere- und Magnetfeld-Daten in Nord-Viktorialand (Antarktis): Neue Erkenntnisse über das Auseinanderbrechen Gondwanas**

P. Schindler, T. Jahr, G. Jentzsch, A. Läufer, D. Damaske

MI-P.002

Geostatistical Inversion under Transient Flow Conditions

O. Klein, O.A. Cirpka, O. Ippisch

SO Seismologie (Poster)

SO-P.001

Mapping mantle flow with PP and SS precursors? - Effects of reaction kinetics on the 660 km discontinuity

S. Lessing, D. Dobson, L. Cobden, S. Rost, C. Thomas, L. Vanacore

SO-P.002

Simultaneous splitting analysis of multiple SKS waveforms

A. Winter, J.R.R. Ritter

SO-P.003

Anisotropy Beneath the Eastern Alps: Shear-Wave Splitting from Permanent Stations

E. Qorbani, G. Bokelmann, I. Bianchi

SO-P.004

Characterization of seismic velocity structure in the eastern Sea of Marmara region, NW Turkey, using ambient noise

D. Acaarel, F. Bulut, M. Bohnhoff

SO-P.005

High-resolution imaging of material interfaces at the North Anatolian Fault Zone, Turkey, from near-fault seismic recordings

S. Najdahmadi, F. Bulut, Y. Ben-Zion, M. Bohnhoff

SO-P.006

Automated identification and timing of crustal phases for tomographic studies and applications to the Marmara region in NW Turkey

C. Wollin, M. Bohnhoff, L. Küperkoch

SO-P.007

Analysis of Aftershock Due to Twin Earthquake (11 April 2012's Earthquake)

A. Vertika Diansari

SO-P.008

GONAF: A borehole-based Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault zone in NW Turkey

C. Raub, M. Bohnhoff, F. Bulut, G. Dresen, P. Malin, H. Ito, T. Kilic, M. Nurlu

SO-P.009

Konsistente Bestimmung von Phaseneinsätzen und deren realen Unsicherheiten am Beispiel eines Testdatensatzes des temporären EGELADOS-Netzwerks

A. Brüstle, L. Küperkoch, T. Meier, W. Friederich

SO-P.010**Performance comparison of mid-aperture broadband arrays at an ocean island and in the deep ocean**

F. Krüger, T. Dahm, K. Hannemann

SO-P.011**Temporäres seismisches Netz auf Vulkan Villarrica**

C. Mora Stock, M. Thorwart, W. Rabbel, T. Wunderlich, L. Dzieran

SO-P.012**Depth distribution of coseismic velocity changes caused by large earthquakes in Japan**

M. Hobiger, U. Wegler, K. Shiomi, H. Nakahara

SO-P.013**Modeling Local and Regional Wave Propagation**

M.-T. Apoloner, G. Bokelmann

SO-P.014**On seismic anisotropy of the sediments around Landau, Upper Rhine Graben**

M. Frietsch, J.R.R. Ritter, J.C. Groos

SO-P.015**Radiative Transfer Approach to Rotational Motions - Estimation of Scattering and Attenuation Parameters**

P. Gaebler, C. Sens-Schönfelder, M. Korn

SO-P.016**Time-reversal imaging techniques applied to locate tectonic tremor near Cholame, California**

T. Horstmann, R.M. Harrington, E.S. Cochran

SO-P.017**Finite-Differenzen-Modellierung der Frequenzcharakteristik nicht-vulkanischer Tremorsignale**

E. Gottschämmer, R. Harrington, E. Cochran

SO-P.018**Analysis of a low-frequency signal observed in broad-band recordings of the shallow Landau earthquakes 2009**

T. Zieger, J. Groos, J. Ritter

SO-P.019**Seismic interferometry at the Landau geothermal power plant**

F. Stein, J.C. Groos, J.R.R. Ritter

SO-P.020**Precise localization of microseismic events near the city of Landau, Germany**

J. Zeiß, J.C. Groos, J.R.R. Ritter

SO-P.021

Detektion seismischer Ereignisse ($M_L < 2$) im Umfeld geothermischer Anlagen in der Südpfalz

M. Grund, J. Groos, J. Ritter;

SO-P.022

3D Finite Differenzen Modellierung von mikroseismischen Ereignissen ($M_L < 3$) im Bereich Landau/Insheim

L. Gaßner, E. Gottschämmer, T. Bohlen, J. Ritter

SO-P.023

Internetdarstellung von seismischen Registrierungen im Umfeld der geplanten Tiefengeothermiebohrung Groß-Gerau - das Verbundprojekt SiMoN

M. Kracht, B. Homuth

SO-P.024

Überwachung der spürbaren Seismizität im Ruhrgebiet

S. Wehling-Benatelli, K.D. Fischer, W. Friederich

SO-P.025

Assessing variations in antarctic icequake activity by using automatic classification techniques

C. Hammer, M. Ohrnberger, V. Schlindwein

SO-P.026

An AR-AIC based cost function picker tested on 20 years of GRSN data

K. Olbert, L. Cristiano, T. Meier

SO-P.027

Detecting P and S arrivals of lunar deepquakes with polarization filters

M. Bätzel, S. Hempel, M. Knapmeyer, C. Thomas, J. Oberst

SO-P.028

Identification of response and timing issues at permanent European broadband stations from automated data analysis

C. Weidle, R.A. Soomro, L. Cristiano, T. Meier

SO-P.029

Feldexperiment zur automatischen Ereignisdetektion am Geothermieprojekt in Insheim

M. Bischoff, M. Vasterling, M. Hanneken, M. Keyser, U. Wegler

SO-P.030

Registrierung teleseismischer Ereignisse mit dem am GFZ Potsdam entwickelten DATA-CUBE³ und 4.5Hz-Geophonen sowie Betrachtungen zum instrumentell bedingten Signal-Rausch-Verhältnis

K.-H. Jäckel, M. Stiller, T. Ryberg, C. Haberland

SO-P.031**Untersuchungen der Nichtlinearität von Geophonen und mögliche Fehler bei der quantitativen Auswertung seismischer Daten**

K.-H. Jäckel, M. Bosdorf

SO-P.032**New version 2013a of Seismic Handler**

M. Walther, K. Stammler

SO-P.033**Lokale Seismizität in Sachsen - Schwarmbeben und (magmatische?) Fluide**

S. Funke, M. Korn, S. Wendt

SO-P.034**Der neue Hessische Erdbebendienst (HED)**

M. Kracht

SO-P.035**Der seismische Katalog Hessen (SKHe2012)**

M. Kracht

VU Vulkanologie (Poster)**VU-P.001****Geophysical and geological survey of the inner and outer structure of the Mytina maar, western Eger Rift**

J. Heinicke, C. Flechsig, H. Kämpf, J. Mrlina, T. Nickschick, E. Seidel, A. Schmidt

VU-P.002**Investigations on the origin of the magnetic anomalies at the Ebersbrunn diatreme (W Saxony, Germany)**

A. Schmidt, N. Nowaczyk, H. Kämpf

VU-P.003**Characterisation of the Tachov-Fault (NW-Bohemia) with seismic and geoelectric methods**

E. Seidel, C. Flechsig, A. Schuck, J. Heinicke

VU-P.004**The probability of future plinian eruptions at the Central American Volcanic Arc: a statistical time series analysis**

H. Wehrmann, Y. Dzierma, S. Kutterolf, T. Schaller

Übersicht Vorträge

Donnerstag, 7.3.2013

S1 Geotomographie
BL Bohrlochgeophysik
GE Geoelektrik/Induzierte Polarisierung
MG Marine Geophysik
SO Seismologie
VU Vulkanologie

PV Plenarvortrag**Donnerstag, 7. März 2013****13:30 - 14:15****Raum: HS 3****PV-0.004****Forschung in der Umwelt- und Explorationsgeophysik - ein Wechselspiel zwischen Messtechnik, Auswertungsmethodik und Anwendungen**

H. Maurer

S1 Geotomographie**Donnerstag, 7. März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 9**09:00 - 09:20 **S1-8.001****Wärmetracer-tomographie - Neuer Ansatz für die Charakterisierung von Grundwasserleitern**

K. Doro, O.A. Cirpka, R. Schwede, C. Leven

09:20 - 09:40 **S1-8.002****Monitoring of underground gas storage sites by elastic 2D time-lapse waveform inversion**

D. Köhn, S.A. al Hagrey, W. Rabbel

09:40 - 10:00 **S1-8.003****New Phased Array Transmitter for Deep Earth Exploration**

E. Ibragimova, I. Ibragimov

10:00 - 10:20 **S1-8.004****Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit von industrieller 3-D Seismik in Deutschland**

U. Weber

Donnerstag, 7. März 2013**10:40 - 12:20****Raum: HS 9**10:40 - 11:00 **S1-9.001****Struktur des Salzachtals aus Wellenformtomographie**

F. Bleibinhaus, S. Hilberg

11:00 - 11:20 **S1-9.002****Tomographische Messungen seismoelektrischer Effekte zur hydrogeologischen Untergrunderkundung - Korrelation von Feldmessung und numerischer Modellierung**

B. Kröger, A. Kemna

11:20 - 11:40 **S1-9.003**

Joint interpretation of multidisciplinary geotomography models using self-organizing maps

K. Bauer, G. Muñoz, M. Muksin

11:40 - 12:00 **S1-9.004**

PET-Prozessstomographie von Transportvorgängen in Bohrkernen zur Verbesserung des Prozessverständnisses und zur Verifikation von Modellcodes

J. Kulenkampff, M. Gründig, A. Zakhnini, J. Lippmann-Pipke

12:00 - 12:20 **S1-9.005**

Hochauflösende Dämpfungstomografie im kristallinen Gestein des Lehr- und Forschungsbergwerks Reiche Zeche, Freiberg

F. Krauß, F. Krauß, R. Giese, S. Buske

BL Bohrlochgeophysik

Donnerstag, 7. März 2013

10:40 - 12:20

Raum: HS 8

10:40 - 11:00 **BL-1.001**

Indikationen für sekundäre Porosität aus Standardverfahren der Bohrlochmessung

K. Backup

11:00 - 11:20 **BL-1.002**

Berechnung von Magnetisierungen aus dreikomponentigen Magnetfeldmessungen in den Louisville Seamounts während IODP Expedition 330

S. Ehmman, L. Anderson, A. Hördt, M. Leven, C. Virgil

11:20 - 11:40 **BL-1.003**

Bestimmung des Verlaufs von Bohrungen mit Hilfe von faseroptischen Kreiseln

C. Virgil, S. Ehmman, A. Hördt, M. Leven, E. Steveling

11:40 - 12:00 **BL-1.004**

Porenraumuntersuchungen an Bohrklein mittels NMR und μ CT

W. Hübner, C. Müller

12:00 - 12:20 **BL-1.005**

Vorausschauende Erkundung in Bohrungen mit Seismic Prediction While Drilling (SPWD)

K. Jaksch, R. Giese, M. Kopf

GE Geoelektrik/Induzierte Polarisation**Donnerstag, 7. März 2013****09:00 - 10:20****Raum: HS 7**09:00 - 09:20 **GE-1.001****Entwicklung und Anwendung eines neuen Inversionsprogramms für die Induzierte Polarisation im Zeitbereich in drei Dimensionen**

H. Großbach, B. Tezkan

09:20 - 09:40 **GE-1.002****Anisotrope Inversion von Daten der induzierten Polarisation**

J. Kenkel, A. Kemna

09:40 - 10:00 **GE-1.003****Imaging der hydraulischen Leitfähigkeit eines Sand-Kies-Aquifers mittels IP-Tomographie und kalibrierten elektrisch-hydraulischen Parameterbeziehungen**

A. Kemna, O. Esser, A. Flores Orozco, R. Martin, E. Zimmermann, J.A. Huisman, H. Vereecken

10:00 - 10:20 **GE-1.004****Eignung der IP Methode zur Sideritdetektion**

N. Klitzsch, T. Houben, M. Brunner, R. Kleinow, U. Krüger, P. Lokay

Donnerstag, 7. März 2013**10:40 - 12:20****Raum: HS 7**10:40 - 11:00 **GE-2.001****Neuartige Technik zur Minderung kapazitiver Kopplungen bei Multikanal SIP Messungen**

T. Radic, N. Klitzsch

11:00 - 11:20 **GE-2.002****Bestimmung der Grenzflächenleitfähigkeit aus Messungen der komplexen elektrischen Leitfähigkeit**

A. Weller, L. Slater, S. Nordsiek

11:20 - 11:40 **GE-2.003****Permeabilitätsbestimmung an ägyptischen Sandsteinformationen**

A. Weller, M. Kassab, W. Debschütz

11:40 - 12:00 **GE-2.004****Monitoring von Salzwasserintrusion mit Langelektrodengeoelektrik - erste Ergebnisse**

M. Ronczka, T. Günther

12:00 - 12:20 **GE-2.005**

Laboruntersuchungen zum Auflösungsvermögen der Geoelektrik bei der Ausbreitung saliner Fluide

M. Möller, C. Schmidt-Hattenberger, F. Wöbking, S. Schröder

MG Marine Geophysik

Donnerstag, 7. März 2013

09:00 - 10:20

Raum: HS 2

09:00 - 09:20 **MG-1.001**

Mass wasting along Atlantic continental margins: a comparison between NW-Africa and the de la Plata River region (northern Argentina and Uruguay)

S. Krastel, J. Lehr, D. Winkelmann, T. Schwenk, R. Wynn, A. Georgiopoulou, M. Strasser, T. Hanebuth

09:20 - 09:40 **MG-1.002**

The influence of deep ocean currents in shaping the Argentine continental slope during the Neogene

J. Gruetzner, G. Uenzelmann-Neben, D. Franke

09:40 - 10:00 **MG-1.003**

The transition from continental to oceanic crust in North Baffin Bay off West Greenland

C. Kuhlmann, S. Breuer, M. Block, V. Damm, I. Heyde

10:00 - 10:20 **MG-1.004**

Sedimentary patterns on the western East Pacific Rise flank in the Central South Pacific

M. Horn, G. Uenzelmann-Neben

Donnerstag, 7. März 2013

10:40 - 12:20

Raum: HS 2

10:40 - 11:00 **MG-2.001**

Das westliche Levantebecken im Einfluss von Kollision und Subduktion

J. Klimke, A. Ehrhardt

11:00 - 11:20 **MG-2.002**

Reflexionsseismische Messung zur Untersuchung des Ablagerungsraumes des Rockall Bank Mass Flows (Nord Atlantik)

K. Trappe, S. Krastel, A. Georgiopoulou, L. Quer

11:20 - 11:40 **MG-2.003**

Magnetische Anomalien im zentralen Pazifik zwischen der Clarion- und Galapagos-Fracture Zone

M. Bagge, U. Barckhausen

11:40 - 12:00 **MG-2.004**

Oberflächennahes Gas in der deutschen Nordsee: Aktuelle Untersuchungen anhand seismischer Daten

A.F. Trampe, R. Lutz, D. Franke

12:00 - 12:20 **MG-2.005**

Sedimentäre Entwicklung des Van Sees (Ost-Türkei): Eine kombinierte Interpretation von seismischen und Bohrloch Daten

L. Quer, D. Cukur, S. Krastel, A.F. Gökdere Meydan, E. Damci, H.-U. Schmincke, M. Sumita

SO Seismologie

Donnerstag, 7.März 2013

09:00 - 10:20

Raum: HS 3

09:00 - 09:20 **SO-6.001**

Kartierung der Moho-Topographie im Bereich des westlichen Astes der Ostafrikanischen Riftzone mit Hilfe von P-Receiver Functions

M. Gummert, M. Lindenfeld, I. Wölbern, G. Rümpker

09:20 - 09:40 **SO-6.002**

The Very Broadband Seismic Station TROLL, Antarctica

J. Schweitzer, M. Pirli, T. Kværna, M. Roth

09:40 - 10:00 **SO-6.003**

Local Earthquake Tomography used for investigating the structure of the Tarutung geothermal site in North Sumatra, Indonesia

M. Muksin, C. Haberland, K. Bauer

10:00 - 10:20 **SO-6.004**

Measuring time offsets and continuous clock drift of seismic ocean bottom stations by means of ambient noise

K. Hannemann, F. Krüger, T. Dahm

Donnerstag, 7.März 2013

10:40 - 12:20

Raum: HS 3

10:40 - 11:00 **SO-7.001**

Automated detection and location of mining induced microearthquake using waveform stacking

F. Grigoli, S. Cesca, T. Dahm

11:00 - 11:20 **SO-7.002**

Das SiMon-Projekt: Bodenunruheanalyse und nanoseismische Messkampagnen

P. Blascheck, G. Mokolke, M. Joswig

11:20 - 11:40 **SO-7.003**

Seismische Bodenunruhe und Empfindlichkeitsschwelle für die Erfassung von Erdbeben im Bereich der norddeutschen Gasfelder

U. Schwaderer, U. Stenzel, M. Joswig

11:40 - 12:00 **SO-7.004**

Ongoing subduction of Eurasian continental crust beneath the Pamir constrained by teleseismic receiver functions

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

12:00 - 12:20 **SO-7.005**

Automated Inter-station Measurements of Fundamental Mode Phase Velocities, and Tomographic Inversion of Surface Waves for Central to Northern Europe

R.A. Soomro, C. Weidle, S. Lebedev, L. Cristiano, T. Meier

VU Vulkanologie

Donnerstag, 7.März 2013

09:20 - 10:20

Raum: HS 8

09:20 - 09:40 **VU-1.001**

Volcanic eruption monitoring by thermal image correlation: pixel offsets show episodic dome growth of the Colima volcano

T. Walter

09:40 - 10:00 **VU-1.002**

Multiscale deformation monitoring at Colima Volcano using camera observations and TerraSAR-X interferometry

J. Salzer, T. Walter, D. Legrand, M. Breton, G. Reyes

10:00 - 10:20 **VU-1.003**

The onset and evolution of pit crater collapse: insights from Pu'u O'o, Hawaii, in 2011

E. Holohan, T. Walter, M. Schoepfer, J. Walsh, T. Orr, M. Poland

Abstracts

Plenarvorträge

Plenarvortrag - PV-0.001

Wie angewandt ist die Angewandte Geophysik ? - Neue Möglichkeiten zur Abschätzung von Ressourcen, Potenzialen und Risiken

Krawczyk C.M.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, Deutschland

Die Angewandte Geophysik als Teilbereich der geowissenschaftlichen Forschung hat zum Ziel, den Untergrund mit Hilfe von Messungen an der Erdoberfläche, im Aufschluss oder Bohrloch sowie im Labor zu erkunden. Hierzu wird eine Vielzahl von Methoden eingesetzt, um geologische Strukturen, Rohstoffvorkommen und die Nutzbarkeit des Untergrundes zu charakterisieren und zu quantifizieren. Dabei sind neben der strukturellen Erkundung zunehmend die prozeßorientierte Analyse und Ableitung von physikalischen Parametern und die Möglichkeiten zur Überwachung eines Gebietes von Bedeutung. Diesen Anforderungen kann die Seismik vielfältig Rechnung tragen und Lösungsmöglichkeiten für aktuelle Fragestellungen in ganz unterschiedlichen Zieltiefen liefern.

Neben der Klärung grundlagenorientierter Fragestellungen ist insbesondere auch die Entwicklung neuer Mess- oder Beobachtungstechniken notwendig. Denn dadurch, dass viele Flächen vom Menschen genutzt, versiegelt oder überbaut werden, werden an die indirekte geophysikalische Erkundung ganz neue Anforderungen gestellt. Hierbei sind speziell für den urbanen Raum noch viele Entwicklungsmöglichkeiten sowohl für die Gerätetechnik als auch die Ableitung von physikalischen Parametern vorhanden.

Dort macht die Seismik mit der Scherwellen-Reflexionsseismik entscheidende Schritte, um einen Beitrag sowohl in der detaillierten strukturellen Abbildung als auch für die Ableitung von geotechnischen Kenngrößen zu liefern. Diese Schritte können in der Forschung für die zukünftige Weiterentwicklung in die Mehrkomponentenverfahren ausschlaggebend sein.

Die Abbildung und Interpretation von Strukturen in reflexionsseismischen Daten profitiert außerdem von neuen Ansätzen, die sowohl die Ableitung von seismischen Attributen zur Charakterisierung eines Gebietes als auch die subseismische Vorhersage von Deformation beinhalten. Diese sind zur Abschätzung von Potenzialen und Risiken essenziell, zumal sie auch helfen, die Lücke zwischen den unterschiedlichen Beobachtungsskalen in Feld und Labor zu verkleinern.

Es werden Fallbeispiele aus den Forschungsfeldern Deformationsvorhersage und Georisiken diskutiert, die für ganz unterschiedliche Regionen auch spezifische Zielstellungen beinhalten, wie z.B. die Abschätzung von möglichen Wegsamkeiten in unterirdischen Speicherregionen oder den Zustand von Erdfall- und Rutschungsgebieten.

Plenarvortrag - PV-0.002

*Seismic interferometry and beyond***Wapenaar K.¹, Slob E.¹, Broggini F.², Snieder R.²**

(1) Delft University of Technology, Department of Geoscience and Engineering, Delft, Niederlande

(2) Colorado School of Mines, Center for Wave Phenomena, Golden, Vereinigte Staaten von Amerika

The past decade has seen the conception and development of the field of seismic interferometry, which enables the creation of virtual seismic sources at positions where there are only receivers. Methodologies have been developed for controlled-source data as well as for passive measurements, such as ambient noise. Of course no new information is generated by seismic interferometry, but information hidden in noise or in a complex scattering coda, is reorganized into easy interpretable responses that can be further processed by standard tomographic inversion or reflection imaging methodologies. The main strength is that this "information unraveling" neither requires knowledge of the subsurface medium parameters nor of the positions or timing of the actual sources. Moreover, the processing consists of simple crosscorrelations and is almost entirely data-driven. The first part of the presentation will review the basic principles of seismic interferometry, illustrated with applications at different scales of the Earth's interior.

In all interferometric applications studied thus far, receivers are needed at the positions where virtual sources are created. Recently, the authors showed that it is possible to create the response to a virtual source inside the 3D Earth from reflection data acquired at the Earth's surface, hence, without needing a receiver at the position of the virtual source. This new methodology requires, apart from the reflection response, an estimate of the direct arrivals between the virtual source and the acquisition surface. A novel iterative scheme retrieves the full response to this virtual source (the Green's function), which consists of the direct wave and the correct multiple reflections. The second part of the presentation will discuss the principles of this new methodology and indicate the exciting applications in seismic imaging and monitoring.

Plenarvortrag - PV-0.003

Die Erforschung des oberen Erdmantels in tektonisch aktiven Gebieten mit Hilfe der seismischen Tomographie

Achauer U.¹

(1) EOST-IPGS, Université de Strasbourg, Strasbourg, Frankreich

In den über 30 Jahren seit den ersten bahnbrechenden Veröffentlichungen von Aki und Co-Autoren zur seismischen Struktur des oberen Mantels unter Skandinavien, hat sich die seismische Laufzeit-Tomographie zur Erforschung von Strukturen des oberen Mantels im regionalen Bereich zu einer Standardmethode entwickelt, welche weitreichende Erkenntnisse geliefert hat zum Aufbau und zur Komplexität des oberen Mantels in tektonisch aktiven Zonen, wie z. B. Orogenen, kontinentalen Riftzonen, Vulkangebieten und Subduktionszonen, um nur ein paar mögliche Einsatzgebiete zu nennen.

In meinem Vortrag möchte ich zum Einen einen kurzen Überblick geben über die Historie und die Grundlagen der Methode, sowie den grundsätzlichen Limitierungen des "seismic tomographic imaging".

Zum Anderen möchte ich anhand von 2 Fallbeispielen über die Erforschung von Baby Plumes (ILP Taskforce "babyplumes") und von kontinentalen Riftzonen mit Hilfe der seismischen Tomografie berichten.

Plenarvortrag - PV-0.004

Forschung in der Umwelt- und Explorationsgeophysik - ein Wechselspiel zwischen Messtechnik, Auswertungsmethodik und Anwendungen

Maurer H.¹

(1) Geophysik, ERDW, Zürich, Schweiz (Confoederation Helvetica)

Die Geophysik offeriert leistungsfähige Werkzeuge für die zerstörungsfreie Erkundung des Untergrunds. Um die Aussagekraft der tomographischen Bilder des Erdinnern weiter zu verbessern, sind instrumentelle Entwicklungen, neue Auswertungsmethoden sowie innovative Anwendungen erforderlich. Eine enge Verknüpfung dieser drei Forschungsaufgaben kann äusserst vorteilhaft sein und einen signifikanten Mehrwert liefern. Das konnte zum Beispiel in einem geoelektrischen Forschungsprojekt demonstriert werden. Hier wurde eine neue Messapparatur entwickelt, und parallel dazu wurden numerische Modellierungs- und Inversionsverfahren entworfen. Diese Arbeiten wurden mit theoretischen Überlegungen zum statistischen Experiment Design ergänzt. Auf diese Art und Weise konnte ein Mess- und Auswertekonzept erarbeitet werden, mit dem mit einem minimalen Aufwand ein Maximum an Untergrundinformation gewonnen werden konnte. In zwei weiteren Beispielen wurde gezeigt, dass eine enge Zusammenarbeit zwischen Anwendung und Theorie essentiell ist. Im ersten Projekt wurden Georadar Bohrlochmessungen auf alpinen Blockgletschern durchgeführt, und das zweite Projekt befasste sich mit der Überwachung von hochradioaktivem Abfall mittels seismischer Wellenfeldinversion. In beiden Fällen wurden in den Felddaten überraschend grosse Kopplungseffekte der Sensoren festgestellt. Dank einer engen Zusammenarbeit mit den Entwicklern der Auswertungsalgorithmen konnten neue Wege gefunden werden, um diese Effekte während den tomographischen Inversionen zu berücksichtigen.

S1 Geotomographie

Geotomographie - S1-1.001

MuSaWa: Integrative site characterization using geophysical and direct-push driven methods along an abandoned river channel

Hausmann J.¹, Steinel H.¹, Kreck M.¹, Dietrich P.¹, Vienken T.¹, Werban U.¹

(1) Department Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtz-Centre for Environmental Research- UFZ, Leipzig, Deutschland

Recent developments in the field of near-surface geophysics have led to a renewed interest in combination of several geophysical methods for the characterization of subsurface features due to geotechnical parameterization. This study focuses on the comparison of DC resistivity (ERT), ground-penetrating radar (GPR), refraction seismic (RS), and surface wave seismic, here Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW), that were applied at an abandoned meander of the Mulde River. Despite their safety and efficacy, these suffer from some drawbacks: Depth resolution and structural information content differ due to the method. Hence, we also compare the geophysical results to direct-push gathered high-resolved vertical data. These reveal reliable point information about the stratigraphic pattern of the ground.

GPR, RS, MASW are surprisingly much less in use for geomorphological investigations in contrary to the most common ERT. In this study we discuss their possibilities and limitations in imaging of a pre-known channel structure. Furthermore, we compared the geophysics to the results from minimal invasive direct-push methods. In particular, we applied electrical resistivity logging (EC), cone penetration testing (CPT), and SONIC core sampling.

ERT, GPR, RS, and MASW are usable to image the structure. We found a slip-off slope, a channel, and a cut bank which significantly differ to the surrounding. ERT and GPR however lack in penetration depth. These resolve only the more shallow layers. Contrary, MASW delivered extra information of the channels interior structure with respect to lateral and vertical resolution. The direct push driven methods that provide stratigraphically interpretable results were used as a ground truth.

We show that the combination of these methods provides excellent data. If combined, it is possible to properly characterize and delineate the subsurface features of the channels interior due to layer distribution and material composition. Moreover, we show that the application of combined geophysical methods that are non-invasive and fast, providing 2D-profiles, has vast advantages against conservative exploration methods such as drillings. The support by direct-push driven high-resolved vertical data gathered *in situ* considerably improves data interpretation and reliability. In general, therefore, the results suggest that the amount of drillings is reducible in such type of investigations since they are still necessary.

Geotomographie - S1-1.002

Relating crosshole seismic and GPR velocities to geotechnical parameters using the Alternating Conditional Expectation approach

Rumpf M.¹, Tronicke J.¹, Niederleithinger E.²

(1) Universität Potsdam, Deutschland

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

For hydrological or geotechnical characterization of the subsurface, usually only sparsely sampled data are available (e.g., records of cone penetration tests (CPT) or borehole logging). In contrast, geophysical methods allow for imaging physical parameter variations (e.g., ground-penetrating radar (GPR) or seismic velocities) in two or three dimensions. Thus, translating geophysical parameters into, for example, hydrological or geotechnical parameters may help to extrapolate sparsely sampled borehole or direct-push data in two or three dimensions. The translation is usually performed using existing petrophysical relations, empirically developed site-specific relations, or statistical approaches. However, this remains a challenging task because the corresponding parameter relations are often complex, site specific, and sometimes also poorly understood. Furthermore, the parameter relations might be non-unique and, thus, multiple geophysical techniques might be required to develop a petrophysical understanding.

In this study, we propose the Alternating Conditional Expectation (ACE) algorithm as a novel statistical approach to establish site-specific relations between different geophysical and different engineering parameters such as those derived from CPT data. The ACE is a non-parametric statistical tool developed to find relations between one dependent and one or more independent variables without any a-priori information. Using data sets from a well constrained test site, we employ the ACE algorithm to establish functional relationships that link crosshole GPR and seismic velocity models to effective grain size (d_{10}) and friction ratio (R_f). The GPR, P-, and S-wave seismic velocity models result from a joint inversion of corresponding traveltime data sets using a particle swarm optimization (PSO) based approach which allows us to appraise uncertainty and nonuniqueness issues during the analysis. D_{10} and R_f values are derived from sieve analysis and CPT soundings close to the borehole locations, respectively. Using this database, we establish functional relations at the borehole locations and, then, use the derived relations to generate d_{10} and R_f models for the entire inter-borehole plane. Our results demonstrate that the ACE based approach is a feasible and robust tool to link geophysical parameters to the actual parameters of interest in a site-specific manner.

Geotomographie - S1-1.003

Combined inversion of seismic ambient vibrations phase velocity and in depth $H/V(f,z)$ spectral ratio for site characterization

Lontsi A.M.¹, Ohrnberger M.¹, Krüger F.¹, Hannemann K.¹

(1) Institute of Earth and Environmental Science, Potsdam University, Potsdam-Golm, Deutschland

A seismic ambient noise survey was carried out at the TTS (Technical Security Test site) of the BAM (Federal Institute for Materials Research and Testing) in Horstwalde, around 50 km south of Berlin within a glaciofluvial sedimentary environment to delineate the sediment thickness and the 1D shear-wave velocity profile. In addition to three permanent 3C-boreholes available at the site, we have used a non-redundant linear array configuration of six Lennartz LE-3D 1s sensors recording at 200 Hz sampling rate over a maximum aperture of 1760 m. Following the principle ideas of seismic interferometry we computed long-term

average cross-correlation for all 15 resulting receiver-pairs along the line. Assuming the equivalence of the cross-correlations with inter-station Green's functions we can create a virtual linear co-array configuration with approx. 100 m inter-station spacing that allows processing the data similar to active MASW ("multi-channel analysis of surface waves") recordings. Two modes are identified with exploitable frequency range and sufficiently high signal to noise ratio between 0.3 Hz to 4Hz and 0.8 Hz to 1.7Hz for the fundamental and first higher mode respectively. In contrast to an active recording experiment, the frequency content of the ambient vibration wave-field is enriched in low frequencies thus providing better resolution for deeper structures. Under the assumption of a mainly horizontally layered 1D-structure we further use the result of single station H/V analysis at each recording instrument at different depths together with the dispersion curves to invert for the S-wave velocity profile using the direct search neighbourhood algorithm for the parameter space sampling. We compare the result of the shallow part to those obtained from shallow active seismic experiments and direct push measurements that are available to us for the study region. The overall thickness is compared to that deduced from P-SV converted delay time using receiver function analysis of mine induced Earthquake recorded at a broadband seismic station at the test site and also to that from empirical relation available from the literature.

Geotomographie - S1-1.004

Green's Function retrieval with artificially increased seismic noise
Flores H.¹, Sens-Schönfelder C.²

(1) Institut für Geophysik und Geologie, Leipzig, Leipzig, Deutschland

(2) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

We use seismic noise induced by non-synchronized sources, such as one person jumping or walking, to improve the retrieval of the Green's function. This allows to change the location of the noise excitation in a controlled way to analyze the effect of the directivity and of the source distance on the Green's Function. To test the quality of the retrieved Green's function we use two approaches. On the one hand we directly compare the noise correlations to reference measurements made with a hammer source. And on the other hand we compare the ability of both types of data to resolve subsurface structure in a surface wave inversion. On the Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) Monitoring Station in Bad Lauchstädt we measured induced noise with a 24 geophone profile, using 10 Hz vertical geophones, 1,5 m distance between receivers and different source location. We also measured active source data using a hammer as a source.

The seismic sections obtained from the noise generated near the ends of the profile line give enough information for frequencies between 10 and 100 Hz. We observe that sources located up to 20 degrees from the profile line give the same results as those locations along the direction of the profile line. The Green's Function obtained from the noise generated by jumping is quite sensitive to the distance of the noise source; we observe that for sources further away from the profile information for frequencies higher than 20Hz is lost. For surface wave inversions we use the active data as reference and the cross-correlations in comparison. We create seismic time-distance sections that we use to obtain the coefficients of the Fourier-Bessel transform as a representation of the whole seismic wave field. In terms of these coefficients the wave field is inverted for the subsurface velocity structure.

We found reasonable similar velocity profile for the overlapping frequency range. This implies that the actively increased noise, with simple non-synchronized sources (jumping or walking) along the direction of the seismic profile, is suitable to obtain the same information as with an active source experiment but is less sensitive to ambient noise.

Geotomographie - S1-1.005

3D passive imaging of complex seismic fault systems: the example of the Issyk-Ata fault (Kyrgyzstan)

Pilz M.¹, Parolai S.¹, Bindi D.¹

(1) GFZ Potsdam, Potsdam, Deutschland

An increasing number of local seismological studies are published nowadays, taking advantage of the increasing popularity of analyzing empirical Green's functions obtained from high-frequency ambient seismic noise. However, results could potentially be biased in regions where topography is not small compared to the wavelength and penetration depth of the considered waves. Current two-dimensional seismic techniques are often inadequate when solving such three-dimensional geophysical problems. This holds particularly for sites where there are pronounced relief effects. The identification of mechanical characteristics of the volume around a fault are of primary importance when assessing seismic hazard, since this will influence wave propagation, which in turn provides information about the state of stress in the fractured volume. Here we show that an ad-hoc passive seismic tomography approach can identify and describe complex three-dimensional seismogenic structures, which can help to accurately and efficiently map the shear-wave velocities of the surface soil layers, even in cases of significant topography relief. As an example we will present results for the Issyk-Ata fault, Kyrgyzstan, which is located at southern border of the capital, Bishkek, and which is expected to generate an earthquake up to a magnitude 7.5, that by means of this procedure we are able to identify two different small fault branches which can influence the propagation on the main fault.

Geotomographie - S1-2.001

4D Spectral Electrical Impedance Tomography - a diagnostic imaging tool for the characterization of subsurface structures and processes

Kemna A.¹, Martin R.¹, Zhao Y.², Zimmermann E.², Treichel A.³, Huisman J.A.³, Fechner T.⁴

(1) Geodynamik/Geophysik, Steinmann-Institut, Universität Bonn, Bonn, Deutschland, (2) Zentralinstitut für Elektronik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

(3) Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland (4) Geotomographie GmbH, Neuwied, Deutschland

The objective of the presented 4D-EIT project, which is funded in the framework of the GEOTECHNOLOGIEN - Tomography of the Earth's Crust programme, is the development of broadband 4D spectral electrical impedance tomography in order to merge the proven diagnostic capability of Electrical Impedance Spectroscopy (EIS) with the imaging capability of Electrical Impedance Tomography (EIT) for the improved non-invasive characterization of subsurface structures and processes. The project is motivated by research over the last decade which has proven enormous potential of EIS, also referred to as spectral induced polarization (SIP), to characterize soils and rocks with respect to pore-fluid properties, mineral surface properties, as well as textural and hydraulic properties. Given the parallel establishment of EIT as a subsurface imaging tool in recent years, the implementation of EIT in a full spectroscopic manner now represents a conceptually straightforward, highly desired, yet challenging methodological extension. In four subprojects, the project addresses the development of new inversion algorithms for multi-frequency EIT data accounting for the spectral behaviour, the development of data correction and improved forward modelling techniques to deal with electromagnetic coupling effects in broadband EIT data acquisition, the evaluation and validation of the spectral-EIT technology in the framework of a field demonstration at the hydrological test site Krauthausen, and finally the development of a

graphical user interface for the developed inversion code with a view to making it available to a larger group of potential users in the future. The recent results in the subprojects will be presented on three accompanying posters (Martin et al., Zhao et al., Treichel et al.). We believe that the spectral-EIT technology will open the door for a quantitative interpretation of inverted tomograms by means of available petrophysical, physicochemical, and/or biophysical models and by this is likely to lead to a breakthrough in the spatially highly resolved characterization and diagnosis of subsurface lithology, hydrogeology, and biogeochemistry at depth scales ranging from 1 m to 100 m.

Geotomographie - S1-2.002

Multi-EM - Three-dimensional Multi-Scale and Multi-Method Inversion to Determine the Electrical Conductivity Distribution of the Subsurface Using Parallel Computing Architectures
Ritter O.¹, Spitzer K.², Afanasjew M.², Becken M.³, Börner R.-U.², Eckhofer F.², Eiermann M.², Ernst O.², Grayver A.¹, Klump J.¹, Köhler M.¹, Meqbel N.¹, Scheunert M.², Streich R.¹, Thaler J.¹, Weckmann U.¹, Weißflog J.²

(1) GeoForschungsZentrum, Potsdam, Deutschland

(2) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

(3) Universität Münster, Deutschland

With Multi-EM we attempt to optimize the resolution potential of geoelectric potential field and electromagnetic diffusion methods on a multi-scale level by integrating direct current geoelectrics (DC), transient electromagnetics (TEM), natural source magnetotellurics (MT), and controlled source electromagnetics (CSEM). The resolution power of the individual methods depends on the experimental design, geometry, and frequency content of the source fields and the characteristics of the induced current systems. Multi-scale, multi-method inversion strategies are expected to result in (i) better coverage of the model space, (ii) more complete and better resolved reconstructions of the conductivity structure, and (iii) reduction of model ambiguities. We show that joint 3D inversion of MT and CSEM data can result in significantly better resolution of the subsurface conductivity structure than the individual inversions. Of great importance is adequate weighting of the individual data sets, for which we have developed several new schemes based on decomposing the total data gradient for each model update. We show that joint 3D inversion of MT, CSEM, and DC is feasible but requires additional care with respect to model parameterization and data-weighting. The above mentioned joint inversion schemes are based on classical finite difference forward operators, which are limited with respect to discretizing complex structures such as topography, bathymetry or generally curved objects. As part of Multi-EM we therefore develop 3D forward modelling and inversion schemes based on finite elements and model reduction techniques in the frequency and time domain. We present DC and TEM 3D inversion results for a class of common models and compare these with the finite difference solutions. For unstructured grids, the regularisation is formulated in terms of weak gradients. As a separate thread, we explore 3D inversion using wavelets to parameterise the model space. We show a proof of concept based on 2D inversion and outline adaptive regularisation and parameterisation approaches. Finally, we show 3D inversion results of measured CSEM data from the CO₂ storage site in Ketzin to demonstrate applicability to real data.

Geotomographie - S1-2.003

AIDA - From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis

Meyer U.¹, Götze H.-J.², Börner R.-U.³, Tezkan B.⁴, Winsemann J.⁵, Barrio-Alvers L.⁶, Siemon B.¹, Ullmann A.¹, Menzel P.², Afanasjew M.³, Scheunert M.³, S.⁴, Eroess R.⁴, Steinmetz D.⁵, Stoll J.⁷

(1) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Abteilung 2: Grundwasser und Boden, Hannover, Deutschland

(2) Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

(3) Institut für Geophysik, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(4) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität Köln, Köln, Deutschland

(5) Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland

(6) Biotechnology Center, Technische Universität Dresden, Dresden, Deutschland

(7) Mobile Geophysical Technologies, Celle, Deutschland

From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis (AIDA) is a common project of selected university institutions and federal state service. It aims to investigate new and advanced methods and applications for joint electromagnetic, electric and magnetic data sets. The actual special interest of the project is to develop a decision support system whether 1D or 3D inversion schemes are needed. Therefore, profile (1D) or grid (2D) gradients are evaluated for decision making. Parallel to this work an enhanced 1D inversion and a new 3D inversion scheme are developed. The main commons are boundary conditions and best model to data fits. In order to estimate the quality of the numerical models, geological models based on bore hole and other structural data with given internal physical parameters as conductivity, susceptibility etc. are developed and used for forward calculation. The resulting artificial data are again inverted. The inversion results must then meet the originally posed data. Additionally, a joint 1D inversion of radio-magnetotellurics, transient (time domain) electromagnetics, frequency domain electromagnetics and VLF is being work upon. New VLF and magnetic measurements are performed with an unmanned helicopter system. All this work aims to combine the advantages of the different methods for better model subsurface characterization. The model results are compared in a common visual 3D system.

Geotomographie - S1-2.004

3-D Inversion of Helicopter Electromagnetic Data

Scheunert M.¹, Afanasjew M.², Börner R.-U.¹, Eiermann M.², Ernst O.², Spitzer K.¹

(1) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(2) Institut für Numerische Mathematik und Optimierung, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Helicopter electromagnetic (HEM) measurements are capable of managing huge surveys in a very short time. Due to the enormous data and model sizes, laterally constrained 1-D inversion schemes for the entire surveys are still state of the art, although the occurrence of 3-D anomalous structures is expected. To take advantage of a full 3-D inversion, restrictive approaches are required to overcome this issue. We introduce a new strategy that is developed within the AIDA project funded by the German Ministry of Education and Research BMBF under the Geotechnologien Programme, grant 03G0735D. Our focus is on locating and extracting only those parts of an entire survey which are actually affected by a 3-D anomaly. The approach therefore benefits from a-priori information that is provided by the results of the surrounding 1-D inversions. We present the

framework of an inversion scheme capable of revealing an anomalous three-dimensional conductivity structure in the subsurface for the respective survey parts. For solving the inverse problem, we apply a straightforward Gauss-Newton method and a Tikhonov-type regularization scheme. The derived linear least squares problem is solved with Krylov subspace methods, such as LSQR, that are able to deal with the inherent ill-conditioning. We reformulate the discrete forward problem in terms of the secondary electric field, employing both finite difference and finite element methods. The resulting systems of linear equations subsequently yield expressions for the gradient and approximate Hessian of the minimization problem. Resulting from the unique transmitter-receiver relation of the HEM problem, an explicit representation of the Jacobian matrix is used. To handle the sensitivity related quantities, a tensor-based problem formulation is exploited.

For application studies we consider a 3-D model problem as published by Siemon, Auken, and Christiansen (2009) using a finite difference discretization. The influence of the sensitivity distribution on the minimization process is discussed, and inversion results for synthetic data with a noise level of up to 5% are presented.

Geotomographie S1-3.001

Full Waveform Inversion Using Waveform Sensitivity Kernels - The Software Package ASKI
Schumacher F.¹, Friederich W.¹

(1) Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

We present a full waveform inversion concept for applications ranging from seismological to engineering contexts, in which the steps of forward simulation, computation of sensitivity kernels, and the actual inversion are kept separate of each other. We derive waveform sensitivity kernels from Born scattering theory, which for unit material perturbations are identical to the Born integrand for the considered path between source and receiver. The evaluation of a kernel requires the calculation of Green functions and their strains for single forces at the receiver position, as well as displacement fields and strains originating at the seismic source. We compute these quantities in the frequency domain using the 3D spectral element code SPEC-FEM3D (Tromp, Komatitsch and Liu, 2008) and the 1D semi-analytical code GEMINI (Friederich and Dalkolmo, 1995) in both, Cartesian and spherical framework.

In the course of the TOAST project, we developed and implemented the modularized software package ASKI (Analysis of Sensitivity and Kernel Inversion) to compute waveform sensitivity kernels from wavefields generated by any of the above methods (support for more methods is planned), where some examples will be shown. As the kernels can be computed independently from any data values, this allows to do a sensitivity and resolution analysis first without inverting any data. In the context of active seismic experiments, this property may be used to investigate optimal acquisition geometry and expectable resolution before actually collecting any data, assuming the background model is known sufficiently well. The actual inversion step then, can be repeated at relatively low costs with different (sub)sets of data, adding different smoothing conditions.

Using the sensitivity kernels, we expect the waveform inversion to have better convergence properties compared with strategies that use gradients of a misfit function. Also the propagation of the forward wavefield and the backward propagation from the receiver into the medium (here realized by Green functions) can be done independently of each other. In comparison with the adjoint method, this can reduce the necessary number of wave propagation simulations, depending on the number of involved sources and receivers. One challenge, however, is that in order to calculate the kernels in the volume of interest, wavefields and strains have to be stored throughout that volume, which typically demands a large amount of storage capacity.

Geotomographie - S1-3.002

MIIC: Monitoring and Imaging based on Interferometric Concepts - Status report

Sens-Schönfelder C.¹, Flores H.², Gassenmeier M.^{1,2}, Köllner F.³, Korn M.², Müller S.⁴, Niederleithinger E.⁴, Parolai S.¹, Pilz M.¹, Pomponi E.², Schuck A.³, Thiemann K.⁵, Völkel J.⁵

(1) GFZ-Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) Universität Leipzig, Institute für Geophysik und Geologie, Leipzig, Deutschland

(3) GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig, Leipzig, Deutschland

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

(5) K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, Deutschland

The project MIIC is a joint initiative of research institutions and companies aimed at the development of monitoring and imaging technologies that utilize approaches based on stochastic seismic wave fields. To this end the project follows three lines of activities: A) We develop software tools for processing and acquisition units for the recording of ambient seismic noise data. B) We develop algorithms and methodologies to improve imaging and monitoring capabilities. C) The developed methods are applied and tested at a selected set of inter-disciplinary targets. Applications range from laboratory experiments with concrete in the field of nondestructive testing over geotechnical sites as mines and storage sites to seismological investigations of a volcano.

In this presentation we summarize activities and results from the different branches of the project.

Geotomographie - S1-3.003

Moment tensor clustering to monitor mining induced seismicity

Cesca S.¹

(1) Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

Moment tensor catalogues provide a valuable information about the earthquake source and details of rupturing processes taking place in the seismogenic region. Earthquake focal mechanisms can be used to discuss possible orientations of the rupture plane or to judge the amount of energy released by shear or tensile cracks. Automated moment tensor inversion routines have been setup in the last decades for the analysis of global and regional seismicity. Recent developments could be used to analyse smaller events and larger datasets. In particular, applications to microseismicity, e.g. in mining environments, have then led to the generation of large moment tensor catalogues. Focal mechanism and moment tensor solutions are typically analysed for selected events, and quick and robust tools for the automated analysis of larger datasets are needed. In this work, I propose a method to perform cluster analysis for large moment tensor catalogues and identify families of events which characterize the studied microseismicity. Clusters include events with similar focal mechanisms, first requiring the definition of distances among focal mechanisms. Different metrics are proposed, both for the case of pure double couple, constrained moment tensor and full moment tensor catalogues. Different clustering approaches are implemented and discussed. The method is here applied to synthetic and real datasets from mining environments to demonstrate its potential. An important application for mining monitoring concerns the early identification of anomalous rupture processes, which is relevant for the hazard assessment. This study is funded by the project MINE, which is part of the R&D-Programme GEOTECHNOLOGIEN. The project MINE is funded by the German Ministry of Education and Research (BMBF), Grant of project BMBF03G0737.

Geotomographie - S1-4.001

MuSaWa: Multi-Scale S-Wave Tomography for Exploration and Risk Assessment of Development Sites - Recent Advances in Field Technology and Data Processing

Paasche H.¹, Rumpf M.², Lontsi A.², Hannemann K.², Hausmann J.³, Tronicke J.², Werban U.³, Dietrich P.⁴, Ohrnberger M.², Krüger F.², Fechner T.⁵

(1) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Leipzig, Department Monitoring und Erkundungstechnologien, Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

(2) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

(3) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Leipzig, Department Monitoring und Erkundungstechnologien, Deutschland

(4) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Leipzig, Department Monitoring und Erkundungstechnologien, Universität Tübingen, Fachbereich Geowissenschaften, Deutschland

(5) Geotomographie GmbH, Neuwied, Deutschland

Knowledge of the spatial distribution of geotechnical parameters relevant for the exploration of development sites is essentially required for reliable geotechnical risk assessment. Nowadays, almost exclusively seismic P-wave tomography is employed for exploration of such sites. However, the geotechnical benefits resulting from P-wave tomography are rather limited. Therefore, one of the key objectives within the MuSaWa project is the enhancement of S-wave tomography for near-surface applications.

Within the MuSaWa project, a number of technological achievements have been made allowing for more efficient P- and S-wave tomography. For example, a multi-station acquisition system has been developed and tested in PVC-cased boreholes consisting of individual geophone modules suitable for recording P- and S-wave energy. Furthermore, crosshole and hole-to-surface acquisition geometries have been advanced using mobile platforms in order to perform high-resolution P- and S-wave tomography independently from permanently installed boreholes. In doing so, we operate a conventional SH-wave source in a temporarily installed sonic drill casing and receivers in direct-push rods. This setup has been successfully tested at two different field sites comprising either predominantly cohesive or cohesionless material. Complementary to this high-resolution tomographic S-wave velocity imaging we apply passive observations of the seismic ambient vibration wave field in order to embed the results into the regional context. Both simple 1D interpretations as well as state of the art 3D interferometric S-wave tomography techniques are used for this purpose. Additionally, new direct-push based sensors have been evaluated allowing for highly detailed in situ stratigraphic analysis of sedimentary deposits based on digitally sampled sediment colour.

In addition to technological advances, very efficient non-linear joint inversion methodologies have been introduced for geophysical tomography. The employed population-based multi-objective optimization routines outperform more classical approaches building on evolutionary strategies or simulated annealing. Non-linear joint inversion has been applied to synthetic and field P- and S-wave tomographic data sets resulting in ensemble solutions enabling quantitative appraisal of model parameter uncertainties. First attempts have been made to link the information of the final model ensemble to sparse geotechnical target parameters.

Geotomographie - S1-4.002

SOUND (1): Seismic Exploration During Underground Construction With Drilling Noise and Broadband Vibroseis Sources

Hock S.¹, Rechlin A.², Giese R.¹, Lüth S.¹, Wadas S.³, Polom U.³, Heider S.⁴, Jetschny S.⁴, Bohlen T.⁴

(1) Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Wissenschaftliches Bohren, Potsdam, Deutschland

(2) TU Berlin, ehemals GFZ, Deutschland

(3) LIAG Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Deutschland

(4) KIT Karlsruher Institut für Technologie, Deutschland

Aim of the project SOUND (Seismic Observations for UNderground Development) is the development of new technologies and enhancements of existing ones for geotechnical exploration. The application of seismic methods during tunnel excavation and operation can increase safety and reduce costs. These technologies can be integrated into tunnel boring machines (TBM) or the conventional drill and blast method. The project is divided into 3 working packages (WP). WP1 focuses on a) automatic rock classification with integrated analysis of geophysical and geotechnical parameters and b) seismic prediction with drilling noise as source during tunnel construction. In autumn 2012 the seismic wavefield, excited primarily by the cutter wheel, was recorded during a field survey in Spain in co-operation with Dragados. In the field setup four portable 3-component geophones were deployed around 20 to 40 m behind the cutter wheel in tubbing segments on both tunnel sides. Temporarily two stationary 3-component geophones - with a distance in maximum up to around 210 m behind the cutter wheel - recorded additionally the seismic wavefield. A triaxial accelerometer for recording the pilot signal was permanently installed on the TBM around 18 m behind the cutter wheel. TBM advance is clearly distinguishable from inactive TBM times in the data. First correlations show coherent signals in the first 500 ms travel time.

The topic of WP2 is the modelling and inversion of the full elastic wavefield with a focus on the high resolution tomography of a Gneiss block below ground. The applicability of a 2-D elastic full waveform inversion for transmission geometry will be presented in the contribution SOUND (2).

In WP3 the long-term monitoring of underground constructions is investigated with seismic broadband signals excited by vibroseis sources. For this purpose concomitant measurements were carried out during excavation of an adit in the GFZ UndergroundLab (Freiberg). First the acquired data were correlated with the corresponding pilot signals and sorted for source positions, geophone positions and geophone components. After a plausibility check and correction of recording errors the differences compared to the average of the reference measurement were calculated for each component to image the signal changes caused by the adit excavation. A frequency analysis of these difference data showed that the main signal changes were limited to a frequency range up to 900 Hz.

Geotomographie - S1-4.003

GEOTECHNOLOGIEN: Tomographic Methods in Hydrogeology: Joint Three-Dimensional Geostatistical Inversion of Multiple Data Types

Schwede R.¹, Cirpka O.A.¹

(1) Center for Applied Geoscience (ZAG), Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland

The objective of groundwater inverse modeling is to identify the spatial distribution of hydraulic conductivity and other aquifer parameters from indirect measurements. Since the number of available measurements is limited, whereas the number of parameters after discretization is an integer multiple of the number of grid cells, we need a regularization in the inversion, which is done by assuming prior geostatistical knowledge about the spatial correlation of parameters. Using different types of measurements helps improving the estimate because different measurement types have different sensitivity pattern. In this study, we consider the following data: uncertain direct conductivity estimates obtained, e.g., from grain-size analysis, head measurements obtained in hydraulic tomography, thermal signals obtained by tomographic heat tracer tests, and ERT tomography data obtained during salt tracer tests. Different combinations of these data are used for geostatistical inversion. We apply a series of synthetic scenario tests to illustrate the differences of the estimates resulting from combining different types of measurements. This allows us to determine what information about the hydraulic-conductivity field is carried by each kind of data, and analyze which type of measurements is well suited for identifying which kind of aquifer structures. Furthermore, it tells which combination of joint data is well suited for a significantly improved estimate in comparison to combinations of redundant data. The test scenarios are targeted to mimic related field measurement campaigns: We set up a four pumping wells (two injection wells and two extraction wells) in a row in each test, in which the outer well pair generates an ambient flow field that is not so strongly effected by surrounding boundary conditions, whereas the tracer tests (using heat or salt as tracers) are performed between the inner well pair only. With the artificial test scenarios we can easily quantify the goodness of the estimate by comparing the estimated conductivity field to the "true" one which is not used within the inversion procedure, and would not be known in field tests.

Geotomographie - S1-5.001

Very Low Frequency - Unmanned Airborne System: Measurements and Processing

Eröss R.¹, Stoll J.B.², Bergers R.¹, Tezkan B.¹, Moritz D.², Pickartz N.¹

(1) Universitaet zu Koeln, Geophysik und Meteorologie, Köln, Deutschland

(2) Mobile Geophysical Technologies, Deutschland

The versatility of so called Unmanned Airborne Systems (UAS) can be used beneficially in geophysical measuring campaigns. Compared to conventional ground measurements and due to their higher ground vicinity and lower flight speed UAS have a better resolution than manned aerial systems and are able to explore in potentially hazardous and/or impassable areas. Nonetheless, UAS are rarely applied in geophysical exploration.

The here presented geophysical measuring system contains the unmanned helicopter Scout B1-100 from Aeroscout, the Analog Digital Unit (ADU)-07 data logger and the Super High Frequency induction coil Triple (SHFT) sensor from Metronix. The helicopter has an empty weight of 45 kg, is able to operate approximately one hour and has a payload of 15 kg. The geophysical devices are attached to the helicopter with an especially developed suspension by Aeroscout.

In cooperation with Mobile Geophysical Technologies, Very Low Frequency (VLF) - UAS measurements were carried out on a field near Cuxhaven. To consider the potential of the new VLF-UAS system, four 350 m profiles were investigated by UAS with a flight velocity of 1

m/s. The aim was to confirm the location of an anomaly (probably the transition from saltwater to fresh water), indicated by previous Helicopter Electromagnetic measurements by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR). One advantage of the used measuring system is the ability to record plenty of VLF transmitters simultaneously, thus enabling a bivariate analysis of the data. The time series of the Hx, Hy and Hz component were processed and the power spectra determined. The magnetic transfer function of the VLF-UAS measurements is presented and compared with the BGR data and ground EM-measurements additionally carried out at the survey area. This work has been carried out as a part of GEOTECHNOLOGIEN program.

Geotomographie - S1-5.002

Concept of Radio EM Method for Ground and Airborne Measurements

Moritz D.¹, Stoll J.B.¹, Bergers R.², Eroes R.², Tezkan B.²

(1) Mobile Geophysical Technologies, Celle, Deutschland

(2) Geophysik und Meteorologie, Köln, Köln, Deutschland

The Radio Electromagnetic Method or RADIO EM is a new and powerful tool that enables rapid detection of lateral changes of the electrical conductivity in the ground. This method makes use of one or several selected frequencies radiated from radio transmitters in the frequency band between 10 kHz and 250 kHz. It is similar to the well-known Very Low Frequency technique (VLF), but comprises new features:

- broad frequency band from 10 kHz to 250 kHz
- Makes use of all transmitter stations available in an survey area
- Enables deployment on moving platforms and airborne measurements
- independent from direction to transmitter stations and from sensor orientation
- Evaluation of all radio transmitter signals that are available in the survey area
- Determination of strike direction of geologic structures
- considerably faster than conventional VLF measurements

Using several transmitter stations in a survey area and utilizing a bivariate analysis, which involves both horizontal magnetic components, a magnetic transfer function is derived, which is independent from the orientation of the sensor and the direction to the transmitter station. It is an indicator for lateral changes in the electrical conductivity.

In this BMBF project for the first time the Radio EM instrument was employed in combination with an unmanned aircraft system (UAS). In March 2012 test flights were conducted on multiple profiles to the known position of a buried telephone cable and a gas pipeline near Neuchâtel (CH). The magnetic transfer functions for multiple transmitter frequencies were analysed and compared with ground RADIOEM measurements. As a result the analysed data clearly reveal the position of the telephone cable and the gas pipeline. In another experiment Radio EM measurements were performed on a tectonic fault system in the Harz Mountains in Germany. The results clearly demonstrate the applicability of this method for the study of structural geology problems.

Geotomographie - S1-5.003

A new 1D weighted joint inversion algorithm for ground based and helicopter-borne electromagnetic data

Sudha ⁻¹, **Tezkan B.** ¹, **Siemon B.** ²

(1) University of Cologne, Institute of Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland

(2) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geozentrum Hannover, Hannover, Deutschland

Airborne electromagnetic methods are useful to cover large areas in short time and thereby the use of airborne electromagnetic methods for geological and hydrogeological purposes has increased in the last decades. The ambiguity inherent in different geophysical methods can be reduced by jointly inverting different kinds of geophysical measurements at a site. In order to couple spatial data from frequency-domain helicopter-borne electromagnetics (HEM) with electromagnetic measurements from ground geophysics (Transient Electromagnetics (TEM) and Radiomagnetotellurics (RMT)), a new 1D weighted joint inversion algorithm for HEM, TEM and RMT data has been developed. The proposed concept of the joint inversion takes advantage of each single method, thus providing the capability to resolve near surface (RMT) and deeper electrical conductivity structures (TEM) in combination with valuable spatial information (HEM). The 1D joint inversion algorithm is verified for synthetic data of HEM, TEM and RMT. Furthermore, the joint inversion has been realized for the field data measured in the Cuxhaven area, Germany. First of all TEM, RMT and HEM field data were interpreted by conventional 1D and 2D inversion program. Afterwards the three data sets were inverted jointly using the new algorithm.

In order to avoid the suppression of the resolution capacities of one data type, and thus balancing the use of an inherent and ideally complementary information content, a parameter reweighting scheme is proposed, that is based on the exploration depth ranges of the specific methods. An appraisal of the conventional joint inversion algorithm, proposed by Jupp and Vozoff, over the newly developed algorithm is presented. The new algorithm employs the weighting on different model parameters differently. It is inferred from the synthetic and field data examples that the weighted joint inversion is more successful in explaining the subsurface parameters than the classical joint inversion approach.

This work has been carried out as a part of "Geotechnologien" program.

Geotomographie - S1-5.004

GEOTECHNOLOGIEN AIDA project - Model coupling HEM1D+

Ullmann A. ¹, **Siemon B.** ¹, **Steinmetz D.** ², **Miensopust M.** ¹, **Meyer U.** ¹

(1) BGR, Hannover, Deutschland, (2) Institut für Geologie, LUH, Hannover, Deutschland

Helicopter-borne electromagnetics (HEM) is an effective method for investigating the spatial conductivity distribution in the subsurface. For instance, it is applied to problems in groundwater or mineral exploration. A multidimensional inversion of an entire HEM survey data set is still not state of the art since HEM surveys accumulate huge amounts of data. As the HEM footprint, i.e. the lateral resolution capability of the HEM system, is rather small, smooth conductivity structures are close to 1-D settings and 1-D inversion of HEM data is still used frequently. The resulting 1-D inversion models are stitched together to get a quasi 3-D conductivity distribution of the subsurface. Our work is being carried out within the AIDA project "From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis" as part of the R&D-Programme GEOTECHNOLOGIEN under the sub-project "Model coupling HEM1D+". It is linking the work of the project partners. The main task is to combine 1-D and 3-D inversion of HEM data. As conductivity structures with strong lateral variations (induction anomalies) are not reproducible by 1-D inversion a multidimensional inversion is required. A search algorithm is

developed to browse the HEM data sets to automatically identify, select, classify, and extract the induction anomalies present. Subsequently, for straightforward geometries a 3-D modelling can be carried out. The model is manually varied by trial and error to fit the modelled to the measured data. In general, all anomalous areas are handed over to the 3-D inversion algorithm being developed by the project partners at TU Bergakademie Freiberg. The resulting 3-D inversion models will be integrated in a quasi 1-D environment. The combined 1-D/3-D conductivity models are forwarded to the project partners at LU Hannover for cross-checking with geological models.

Geotomographie - S1-6.001

2D full waveform inversion of a shallow seismic field dataset: Preprocessing and first inversion results

Groos L.¹, Schäfer M.¹, Forbriger T.², Bohlen T.¹

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

(2) Black Forest Observatory (BFO), Karlsruher Institut für Technologie, Wolfach, Deutschland

We present first full waveform inversion results as well as the preprocessing of a shallow seismic field dataset containing both, body waves as well as Rayleigh waves. 2D full waveform inversion has the potential to not only reconstruct vertical but also lateral variations recorded from Rayleigh waves along a profile. Nevertheless, we start to apply this method to a field dataset acquired on a predominantly depth dependent subsurface structure to firstly evaluate the approach for a shallow seismic field dataset. Furthermore, for such a dataset it is possible to compare the full waveform inversion results with reference solutions from conventional methods. For the field laboratory established within the TOAST project we acquired a dataset on a test-site at Rheinstetten, near Karlsruhe. The acquisition geometry consists of a linear profile of 72 vertical geophones (eigen frequency of 4.5 Hz) with an equidistant spacing of 1 m. A vertical hammer blow was used as source. We recorded data for 25 shots along the profile with a spacing of 3 m.

We apply a 2D full waveform inversion using the adjoint method where the viscoelastic forward modeling is done with Finite Differences in the time domain. Viscoelasticity is implemented by a generalized standard linear solid. To apply a 2D full waveform inversion to the field dataset acquired with a point source we use a transformation to approximate the corresponding line source seismograms. The seismograms are convolved with $1/\sqrt{t}$ where t is the traveltimes. Afterwards they are tapered by $1/\sqrt{t}$ and scaled by the offset multiplied with $\sqrt{2}$. The unknown source wavelet is estimated by a stabilized deconvolution of the recorded data and the simulated data.

We determine a starting model by a joint inversion of Fourier-Bessel expansion coefficients and first arrival P wave travel times. This model is used to simulate seismograms for different quality factors Q . By a comparison of the simulated data and the recorded data we estimate a quality factor of approximately 15 that is used as a priori known Q value in the full waveform inversion. We use viscoelastic forward modeling in the inversion but do not invert for dissipative properties.

Geotomographie - S1-6.002

*2D full waveform inversion of shallow seismic field data***Schäfer M.¹, Groos L.¹, Forbriger T.², Bohlen T.¹, Köllner F.³**

(1) Karlsruhe Institute for Technology (KIT), Geophysical Institute, Karlsruhe, Deutschland

(2) Black Forest Observatory (BFO), Schiltach, Deutschland

(3) Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (GGL), Leipzig, Deutschland

We present preparatory and reference investigations as well as first results of full waveform inversion (FWI) of shallow seismic field data recorded on a 2D test-site. Elastic full waveform inversion of shallow seismic surface waves has the potential to reconstruct lateral variations of the shallow subsurface which is essential e.g. for geotechnical site characterization. 2D full waveform inversion is reasonably applicable to field data acquired on 2D structures only. Scattering at 3D structures cannot be explained by 2D modelling. As a suitable test structure we use a fault at the southern rim of the Taunus near Frankfurt (Main), Germany, which is a more or less 2D feature of the subsurface. For the preprocessing of the dataset we first estimate the quality factor Q for the intrinsic attenuation. This attenuation is used as a passive parameter during the inversion. We then apply a correction of the geometrical spreading from 3D of the field data to 2D of the FWI by a filter that works excellent for synthetic data. In the west of the vertical fault sericite-gneiss is met at shallow depth (0.5 - 2 m), while it is covered by sedimentary layers of up to 6 m thickness east of the fault. This is confirmed by Dynamic Probing Light (DPL) investigations. Based on a first arrival travel time tomography we obtain suitable starting models of the subsurface which are essential for the full waveform inversion. Our FWI method is based on the adjoint method where the parallelized viscoelastic finite-difference forward modeling and the gradient calculation are performed in the time domain. We start with the inversion of strongly low pass filtered data to infer a smooth subsurface model. Gradually higher frequencies are added to deduce the smaller scale distribution of the material parameters in the subsurface. This study is performed within the GEOTECHNOLOGIEN program, funded by the German Ministry of Education and Research (BMBF) and German Research Foundation (DFG), Grant 03G0752 (Toolbox of Applied Seismic Tomography).

Geotomographie - S1-6.003

*Applications of 3D elastic full waveform inversion to synthetic data***Dunkl S.¹, Kurzmann A.¹, Bohlen T.¹**

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

Full waveform inversion (FWI) has the potential to resolve subsurface structures in high resolution down to half a wavelength. The method iteratively minimizes the misfit between observed and simulated data to gain a subsurface model which optimally explains the observed waveforms.

In this talk we present the implementation of 3D elastic FWI and show results of a synthetic study. The code is based on the conjugate gradient method and implemented in a time-frequency approach for an optimal computational performance. Wavefields are calculated with a time domain finite difference code, whereas the gradient calculation is performed only for discrete frequencies in frequency domain. This approach dramatically decreases storage costs.

We show synthetic inversion results of P- and S-wave velocities for 3D heterogeneous random medium data. Two transmission geometries are compared: (1) a 3D acquisition geometry with planes of sources and receivers and (2) a 2D geometry with two lines of sources and receivers, resembling two boreholes. Using the 3D geometry, the 3D inversion

is capable to resolve differently sized 3D structures in good resolution. The 3D random medium data recorded with 2D acquisition geometry was inverted with the 3D inversion and a 2D full waveform inversion for comparison. The 2D inversion is only capable to resolve the main structures and suffers from artefacts that are caused by the 3D scattering. The 3D inversion offers a comparable resolution within source-receiver plane. Furthermore, when inverting multicomponent data, it is capable to reconstruct main 3D structures up to about 1 to 2 wavelengths adjacent to the source-receiver plane. Still, the calculations are computationally highly demanding. The 3D FWI with 73 iterations, 10 sources and 21 million gridpoints took about 35 hours on 800 cores.

Geotomographie - S1-6.004

Ultrasonic surface wave propagation in multi-layered structures

Mosca I.¹, Bilgili F.², Meier T.², Sigloch K.¹

(1) Ludwig-Maximilians-University, Department of Earth and Environmental Sciences, München, Deutschland

(2) Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland

Non-destructive testing based on ultrasound allows us to detect, characterize and size discrete flaws in geotechnical and engineering structures and materials. This information is needed to determine whether such flaws can be tolerated in future service. In typical ultrasonic experiments, only the first-arriving P-wave is interpreted, and the remainder of the recorded waveform is neglected. Our work aims at understanding surface waves, which are strong signals in the later wave train, with the ultimate goal of full waveform tomography. At present, even the structural estimation of layered media is still challenging because material properties of the samples can vary widely, and good initial models for inversion do not often exist.

The goal of the present study is to analyze ultrasonic surface waves propagating in synthetic structures of increasing complexity. The tremendous potential of ultrasonic surface waves becomes an advantage only if numerical forward modelling tools and spectral analysis are available to describe the waveforms accurately and to distinguish the contribution of surface wave modes. For this reason we computed synthetic full seismograms as well as group and phase velocity spectral analysis for synthetic models, which exemplify structures that might be encountered in the field (e.g., a layered pavement, or weathered versus unweathered facades of natural building stone). This study contributes to benchmark the propagation of this type of waves in viscoelastic materials (e.g., unweathered and weathered natural stones and concretes) commonly tested with a non-destructive technique.

Geotomographie - S1-6.005

*Ultrasonic Surface Measurements (TOAST - WP2T2)***Meier T.¹, Auras M.², Bilgili F.¹, Christen S.¹, Cristiano L.¹, Krompholz R.³, Mosca I.⁴, Niehoff D.⁵, Rose D.¹**

(1) Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel, Deutschland

(2) Institut für Steinkonservierung e.V. Mainz, Mainz, Deutschland

(3) Geotron Elektronik, Pirna, Deutschland

(4) Institut für Geophysik, Ludwig-Maximilian-Universität München, München, Deutschland

(5) dornburg zement, Dornburg, Deutschland

Seismic waveform analysis is applicable also to the centimeter and decimeter scale for non-destructive testing of pavement, facades, plaster, sculptures, or load-bearing structures like pillars. Mostly transmission measurements are performed and travel-times of first arriving P-waves are considered that have limited resolution for the upper centimeters of an object. In contrast, surface measurements are well suited to quantify superficial alterations of material properties e.g. due to weathering. In the framework of the Geotechnologien program a number of surface measurements have been carried out in the laboratory as well as on real structures in order to study systematically the information content of ultrasonic waveforms and their variability under real conditions. As a preposition for ultrasonic waveform analysis, reproducible, broad-band measurements have to be carried out with a definite radiation pattern and an about 1 mm accuracy of the measurement geometry. Equipment for effective ultrasonic surface measurements has been developed for measurements in the laboratory as well as at real objects. Samples of concrete with varying composition and samples of natural stone - marble, tuff, and sandstone - were repeatedly weathered and tested by ultrasonic measurements. The resistance of the samples to weathering and the penetration depth of the weathering have been analyzed. Furthermore, material specific calibration curves for changes in velocities of elastic waves due to weathering can be obtained by these tests. The sensitivity of ultrasonic waveforms for water saturation has been studied for Bentheimer and Obernkirchner sandstones. Interestingly, water saturation has a strong effect on the intrinsic damping of Rayleigh waves. Tests on real structures have been carried out for marble (Schlossbrücke, Berlin), sandstone (Porta Nigra, Trier), and pavement (highway A4). Altogether, these test measurements show clearly that despite of the internal inhomogeneity of many real objects, their surface roughness and topography especially ultrasonic Rayleigh waves are well suited to study material alterations in the upper centimeters. Dispersion of Rayleigh waves may be inverted for shear-wave velocity as a function of depth.

Geotomographie - S1-7.001

Regularisation on unstructured grids

Weißflog J.¹, Börner R.-U.¹, Eckhofer F.², Eiermann M.², Ernst O.G.², Spitzer K.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

(2) TU Bergakademie Freiberg, Institut für Numerische Mathematik und Optimierung, Freiberg, Deutschland

Within the Geotechnologien Project *Three-dimensional Multi-Scale and Multi-Method Inversion to Determine the Electrical Conductivity Distribution of the Subsurface Using Parallel Computing Architectures* (Multi-EM) funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) we aim to combine TEM and DC resistivity methods in a joint inversion approach.

Here, we focus on the DC resistivity method. To stabilise the inversion procedure and provide additional information to avoid ambiguities, a suitable regularisation strategy is necessary. As our inversion approach is based on a finite element discretisation of the potential equation using a piecewise constant representation of the conductivity model, this requires a regularisation operator applicable to piecewise constant model parameters on unstructured grids and weak formulations.

We have implemented a smoothness regularisation in which the penalty function measures the norm of a weak gradient of the conductivity field. It is implemented using a mixed finite element method with Raviart-Thomas elements on unstructured grids.

Geotomographie - S1-7.002

New Advances for a joint 3D inversion of multiple EM methods

Meqbel N.¹, Ritter O.¹

(1) Geoforschungszentrum, Potsdam, Deutschland

Electromagnetic (EM) methods are routinely applied to image the subsurface from shallow to regional structures. Individual EM methods differ in their sensitivities towards resistive and conductive structures as well as in their exploration depths. Joint 3D inversion of multiple EM data sets can result in significantly better resolution of subsurface structures than the individual inversions. Proper weighting between different EM data is essential, however. We present a recently developed weighting algorithm to combine magnetotelluric (MT), controlled source EM (CSEM) and DC-geolectric (DC) data. It is well known that MT data are mostly sensible to regional conductive structures, whereas, CSEM and DC data are more suitable to recover more shallow and resistive structures. Our new scheme is based on weighting individual components of the total data gradient after each model update. Norms of each data residual are used to assess how much weight individual components of the total data gradient must have to achieve an equal contribution of all data sets in the inverse model. A numerically efficient way to search for appropriate weighting factors could be established by applying a bi-diagonalization procedure to the sensitivity matrix. Thereby, the original inverse problem can be projected onto a smaller dimension in which the search of weighting factors is numerically cheap. We demonstrate the efficiency of the proposed weighting schemes and explore the model domain with synthetic data sets.

Geotomographie - S1-7.003

Automated full moment tensor inversion of mining induced seismicity

Sen A.T.¹, Cesca S.¹, Dahm T.², Bischoff M.³, Meier T.⁴

(1) Institute of Earth and Environmental Science, University Potsdam, Deutschland

(2) GFZ Potsdam, Deutschland

(3) BGR, Hannover, Deutschland

(4) Institute of Geosciences, Christian Albrecht University, Kiel, Deutschland

Human activities related to mining exploitation can induce relevant microseismicity at a local scale. Microseismic catalogues are typically characterized by a large size and include different rupture processes, characterized both by shear crack ruptures, as well as tensile and volume change components. A full moment tensor representation is best suited to describe all these possible seismic sources. The analysis of large datasets require the setup of automated moment tensor inversion routines. We adopt here a multi-step inversion approach, working both in the frequency and time domain and test it with synthetic and real data from mining induced seismicity. The inversion results provide information about the centroid location, scalar moment, magnitude, best double couple focal mechanism, and full moment tensor. A first approach deals with a 1D setups, which can handle 1D layered velocity model and surface stations only. Synthetic tests are performed to evaluate the inversion performance and stability for different structural models, frequency ranges, network configurations and source types. Automated double couple and full moment tensor inversion is then applied to more than 1000 coal mining induced events, with magnitudes down to M 0.0, recorded in the Ruhr region, Germany. Point source inversion results indicate that ruptures repeatedly occur with similar focal mechanisms, characterize by normal faulting, with a steeper plane and a sub-horizontal one. Double couple source models can be classified into clusters, with strikes oriented parallel to the mining stopes and walls. Full moment tensors indicate that opening tensile cracks accompany normal faulting mechanism. We then discuss preliminary results of the extension of our inversion approach to a 3D configuration, where surface, borehole and in-mine stations can be considered. A comparison of the 1D and 3D setups is discussed for few selected events.

Geotomographie - S1-7.004

Imaging of a salt mine: comparison of spatiotemporal patterns of acoustic emissions and tomography

Maghsoudi S.¹, Cesca S.¹, Hainzl S.², Kaiser D.³, Dahm T.²

(1) Institute of Earth and Environmental Science, University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) GFZ Potsdam, Deutschland

(3) BGR Hannover, Deutschland

The analysis of Acoustic Emission (AE) and microseismicity data used in mining survey, typically limited to estimate location and magnitude of induced microseismicity, is here further analyzed to obtain images of the mining region structure. We focus on a massive AE catalog, including more than 1 million events recorded at the Morsleben salt mine and repository for radioactive waste, Germany. The spatiotemporal patterns of AEs and the detection performance of the mining network are analyzed to identify spatial and temporal variation of the magnitude of completeness (M_c) and the b-value. The spatial distribution can be linked to the presence of structural heterogeneities and cavities, while the daily and weekly temporal variations are mostly correlated to mining activities. The spatial distribution of M_c and b-value is then compared to preliminary images derived from tomographic applications: arrival times

of first P and S onsets, as well as maximal recorded amplitudes, are used to assess the seismic velocities and attenuation. Given the large size of the data set, tomographic analysis have been performed upon an ad-hoc approach for events clustering, where the massive inhomogeneous catalogue is replaced by a spatially homogeneous catalog of averaged "pseudoevents". Tomographic results provide first averaged images of the velocity anomalies at specific depths, which are consistent with laboratory measurements of rock samples from different sites. Results from both approaches highlight anomalies in the detection performance, seismic waves velocity and attenuation, which are correlated with the main structural features and the geometry of the salt body, which is elongated approximately along a NNW-SSE direction. This work is funded by the project MINE (BMBG Programme Geotechnologien), Grant of project BMBF03G0737.

Geotomographie - S1-8.001

Wärmetracertomographie - Neuer Ansatz für die Charakterisierung von Grundwasserleitern
Doro K.¹, Cirkpa O.A.¹, Schwede R.¹, Leven C.¹

(1) FB Geowissenschaften, Univ. Tübingen, Deutschland

Zahlreiche Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Schutz, der nachhaltigen Bewirtschaftung oder der Sanierung von Grundwasserressourcen setzen die detaillierte Kenntnis der räumlichen Verteilung hydraulischer Untergrundeigenschaften voraus. Die Anwendung hydrogeologischer Untersuchungsmethoden in tomographischen Anordnungen bieten sich dabei in besonderem Maße an, hochaufgelöst Informationen zu Untergrundeigenschaften zu erheben. Im Projekt "Tomographische Methoden in der Hydrogeologie" im Geotechnologien-Programm "Tomografie der Erdkruste" erfolgt in diesem Zusammenhang die Entwicklung von tomographischen Versuchs- und Inversionsmethoden zur Charakterisierung heterogener Grundwasserleiter.

In dieser Arbeit demonstrieren wir neue experimentelle Techniken unter Verwendung von Wärme als Tracer in tomographischer Anordnung. Die Tests wurden am hydrogeologischen Testfeld "Lauswiesen" der Universität Tübingen durchgeführt. Die tomographischen Wärmetracerversuche wurden jeweils in einem stationären Grundwasserfließfeld unter erzwungenem Gradienten durchgeführt. Wiederholte Injektionsphasen von temperiertem Grundwasser (ca. $\Delta T = 10$ K) erfolgten in verschiedene Tiefenintervalle bei zeitgleicher Erfassung von Wärmedurchbruchskurven an verschiedenen Positionen im Grundwasserleiter für jede Injektionsphasen. Der Wärmetracer wurde unter Verwendung eines Multi-Level-Packersystems eingeleitet, wobei die jeweilige Injektion von warmem Wasser in dem jeweils mittleren Packer-Intervall in verschiedenen Tiefen über einen Zeitraum von ca. 2.5 h stattfand. Die Experimente zeigen für verschiedene Bereiche des Grundwasserleiters in Abhängigkeit von der hydraulischen Durchlässigkeit deutliche Unterschiede in den Durchbruchzeiten und der Form der Durchbruchskurven. Markierungsversuche mit konservativen Farbtracern zeigen vergleichbare Ergebnisse, sind aber mit Einleitung künstlicher Stoffe verbunden.

Die hier vorgestellte Anwendungsstudie und deren Ergebnisse zeigen neben der Eignung von Wärme als Grundwassertracer ebenfalls die erfolgreiche Entwicklung und Anwendung des Konzepts der Tracertomographie zur Erkundung der Untergrundheterogenität in der Feldskala. Die vergleichsweise einfache Injektion von Wärme und das einfache Monitoring von Durchbruchskurven sowie die Wiederholbarkeit der Experimente mit verschiedenen Injektionsintervallen machen tomographische Transportexperimente zu einem sehr effizienten Werkzeug der hydrogeologischen Erkundung heterogener Untergrundstrukturen.

Geotomographie - S1-8.002

*Monitoring of underground gas storage sites by elastic 2D time-lapse waveform inversion***Köhn D.¹, al Hagrey S.A.¹, Rabbel W.¹**

(1) Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Geowissenschaften (Abt. Geophysik), Kiel, Deutschland

Mitigation of anthropogenic greenhouse gas GHG, including CO₂ emissions in the atmosphere demand developments of renewable energy resources. However, most renewable energy sources are fluctuating and therefore need energy storage to match power supply and demand. One possible solution is energy geostorage by injecting pressurized air in sealed underground structures.

The ANGUS+ project is aimed at the development of combined modeling and inversion techniques to monitor the propagation of gas within the storage site and detect possible leakages. The required resolution for this monitoring task is hardly achievable. One of our tasks within ANGUS+ deals with the application of a 2D elastic time-lapse seismic full waveform inversion (FWI), which can be combined with further a priori information from electro-(magnetic) or gravimetric methods, to different synthetic modeling scenarios. After a short introduction to the theory of time-lapse FWI, the theoretical resolution of the isotropic elastic material parameters, as well as the density, will be demonstrated by a synthetic injection scenario using the Marmousi-II model as complex geological background model. Another, more realistic example is based on accurate simulations of the gas migration within a geological simpler background model and the use of poroelastic equations to derive suitable effective media parameters.

Acknowledgments:

This study is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

Geotomographie - S1-8.003

*New Phased Array Transmitter for Deep Earth Exploration***Ibragimova E.¹, Ibragimov I.¹**

(1) Elegant Mathematics Ltd, Ottweiler-Fürth, Deutschland

Recently authors suggested new ground penetrating radar RADIANT for deep Earth exploration. This device is equipped with high performance one channel transmitter that can achieve up to 800MWatt peak performance and equipped with phased array receiver (up to 40 equivalent numerical channels). This system achieves 1km deep range exploration with 2-3% accuracy [1]. Main disadvantage of this technology is high electromagnetic wave emissions, large size and weight that restrict application of this technology mainly to oil/gas and coal mine explorations.

To reduce the environmental electromagnetic wave pollution and achieve better accuracy and speed of exploration we develop new system with phased array transmitter that populated with up to 132 channels. We build channels with high power mosfets of 0.1-0.5MWatt peak power, achieving only few ns pulse jitter accuracy. Hence, considering that average speed of electromagnetic wave in the Earth is about 3-10 times slower than in the air, we achieve 10-30cm accuracy and forward the electromagnetic beam at investigated direction with accuracy about 0.1radian.

The key idea of our technology is to solve on fly (during data measuring) inverse Maxwell equation system to optimize delays between channels regarding to dielectric permeability distribution of area, where we place our transmitter. It allows to diffract waves between channels so the energy beam of the transmitter focused on the prescribed direction with high accuracy. Based on the best of our knowledge in similar electromagnetic applications and

numerical mathematics [2,3] and equipped our geoscanner with portable supercomputer of 5TFlop/s equivalent performance due to powerful GPU (graphic card processors) and FPGA, we finally achieve desired results and fit complete system into back pack of 15kg. We are planning to share our research results to the scientific world during our presentation and invite audience for scientific discussion to our stand at the exhibition.

Keywords: Geotomography, Ground Penetrating Radars, Inverse Maxwell Problem, High Performance Computing.

[1] I. Ibragimov, E. Ibragimova. High performance ground penetrating radar with up to 1 Km Range. *IRS*, 2011, 110-115.

[2] V. Jaravine, I. Ibragimov, V. Orekhov. Removal of a time barrier for high-resolution multidimensional NMR spectroscopy. *Nature*. 2006, 3(8), 605-607.

[3] I. Ibragimov. Application of the three-way decomposition for matrix compression. *J. Num. Lin. Alg.* 2002, 9(6), 551-565.

Geotomographie - S1-8.004

Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit von industrieller 3-D Seismik in Deutschland

Weber U.¹

(1) Privat, Hamburg, Deutschland

In der Öffentlichkeit ist wenig bekannt, dass Deutschland ein klassisches Förderland für flüssige Kohlenwasserstoffe ist. Immerhin fördern wir hier in Deutschland etwa 15 Prozent unseres Gasverbrauches und etwa 3% unseres Ölverbrauches aus heimischen Quellen, allerdings mit abnehmender Tendenz. Denn nach mehr als 150 Jahren Erdölexploration und Produktion sind die deutschen Kohlenwasserstoff-Plays hoch matur.

Um eine oder sogar mehrere erdöhlöffige Strukturen lokalisieren zu können, muss man ein aufgelassenes Altfeld und seine gesamte nähere Umgebung in der Größenordnung von mehreren zehner bis zu hundert Quadratkilometern mit 3-D Seismik vermessen. Je kleiner dabei eine 3-D seismische Vermessungen angelegt ist, umso stärker geht der Flächenverlust durch die Migrationsapertur in die migrierte Nettofläche ein. Das Problem für die weitere KW-Exploration in Deutschland sind daher die Vorkosten einer solchen industriellen 3-D Seismik. Untersucht und diskutiert wird die Wirtschaftlichkeit eines Explorationsprojektes bestehend aus einer 3-D Seismik von 100 km², 3 Explorationsbohrungen mit einer statistischen Erfolgchance von je 33% und einer einfachen Feldesentwicklung für insgesamt 17 Millionen Euro. Der minimal notwendige Zeitbedarf für das dargestellte Projekt beträgt in der Realität ohne jegliche Verzögerungen in Summe knapp 6 Jahre, davon etwa 5 Jahre zwischen den ersten wesentlichen Kosten und ersten möglichen Einnahmen. Bei wirtschaftlich grenzwertigen Lagerstätten ist der Zeitabstand Delta T zwischen 3-D Seismik und einer ersten Ölförderung entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des Gesamtprojektes. Bereits der Fall Delta T=0 stellt hier aber den wirtschaftlichen Grenzfall dar. Nach den hier vorgestellten überschlägigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist jedes Explorationsprojekt auf nicht entölte Teilschollen in aufgelassenen deutschen Öllagerstätten also von vorn herein wirtschaftlich grenzwertig.

Es werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Explorationsprojekten in aufgelassenen deutschen Altfeldern abgewogen und diskutiert. Als Ergebnis dieser Überlegungen ist für wirtschaftlich erfolgreiche Explorationsprojekte sowohl ein stringenter zeitlicher Projektablauf als auch eine Reduzierung der vorlaufenden Seismikkosten zwingend erforderlich.

Geotomographie - S1-9.001

*Struktur des Salzachtals aus Wellenformtomographie***Bleibinhaus F.¹, Hilberg S.²**

(1) Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

(2) Fachbereich Geographie und Geologie, Paris-Lodron-Universität Salzburg, Salzburg, Österreich

In 2009 wurde ein 3 km langes seismisches Weitwinkelprofil im Salzachtal bei Zell am See sprengseismisch vermessen, um die Mächtigkeit und Struktur der Talsedimente zu bestimmen. Ziel war die Charakterisierung von Aquiferen zur hydrologischen Modellierung des Rückstaus eines geplanten Laufkraftwerks in der Salzach. Die Daten wurden zunächst mit laufzeittomographischen Methoden ausgewertet. Die aus Ersteinsätzen abgeleitete Verteilung der P-Wellengeschwindigkeiten dient als Startmodell für die Inversion von Wellenformen im 4-26-Hz-Band. Die Modellierung und Inversion wird im Frequenzbereich in der akustischen Näherung durchgeführt. Für den zentralen Bereich des Profils ergibt sich ein hoher Grad der Anpassung von modellierten und beobachteten Daten, während an den Rändern größere Abweichungen auftreten. Neben der unterschiedlichen Überdeckung machen wir vor allem die Untergrundstruktur dafür verantwortlich: Während die Lockersedimente im zentralen Profildbereich ideal für die akustische Näherung sind, erzeugt der Kontrast zum Grundgebirge an den Rändern starke konvertierte Phasen, deren Einfluss trotz gezielter Vorverarbeitung nicht eliminiert werden konnte.

Die erhaltenen Wellenformtomogramme können im Bereich der nahen Oberfläche durch andere Ergebnisse gut kontrolliert werden. Hier zeigt sich ein hoher Grad der Übereinstimmung. Die gute Qualität der Ergebnisse liegt unseres Erachtens auch an der besonderen Eignung des Frequenzbandes, wie Vergleiche mit anderen angewandten Studien zeigen.

Die hochaufgelösten Modelle der Talfüllung zeigen einen geringmächtigen gespannten Sandaquifer, der eine 150 m mächtige ungesättigte Zone überlagert. Die Gesamtmächtigkeit der Sedimente ist mit bis zu 480 m deutlich höher als im stromabwärts gelegenen Salzburger Becken. Die relativ niedrigen seismischen Geschwindigkeiten lassen vermuten, dass die Talfüllung weitgehend unverfestigt ist. Wahrscheinlich wurde sie während glazialer Maxima wiederholt ausgeräumt.

Geotomographie - S1-9.002

*Tomographische Messungen seismoelektrischer Effekte zur hydrogeologischen Untergrunderkundung - Korrelation von Feldmessung und numerischer Modellierung***Kröger B.¹, Kemna A.¹**

(1) Universität Bonn, Angewandte Geophysik, Bonn, Deutschland

Seismoelektrik ist der Energietransfer zwischen seismischen und elektromagnetischen Feldern an lithologischen Materialgrenzen. Steuernde Mechanismen, die zur Generierung der transienten elektromagnetischen Systemantworten auf eine seismische Anregung im Untergrund führen, sind die elektrokinetischen Phänomene in Form von Strömungspotential und Elektroosmose. Die Frage nach Struktur und Gestaltänderung der generierten elektromagnetischen Felder ist dabei wesentlich von den Gesteins- und Fluideigenschaften an der Grenzfläche sowie ihrer geologischen Konversionsgeometrie abhängig. Aufgrund der systeminternen Kopplung der am Konversionsprozess beteiligten physikalischen Phänomene verspricht das Verfahren der Seismoelektrik somit eine direkte Ansprache der hydrogeophysikalischen Parameterkontraste Permeabilität und Porosität an den konvertierenden Materialgrenzen. Gleichwohl die potentiellen Möglichkeiten der

Seismoelektrik erkannt sind, existieren bislang nur wenige referentielle seismoelektrische Feldmessungen, die mit entsprechenden numerischen Modellierungsalgorithmen korreliert werden können. Um Abhilfe zu schaffen, sind deshalb zum einen umfangreiche seismische und seismoelektrische Messungen über einen tomographischen Ansatz im Testgebiet Seinsfeld (Rheinland-Pfalz) durchgeführt worden. Neben dem Ausweis der experimentellen Evidenz seismoelektrischer Effekte im Feld in einem reproduzierbaren Rahmen wurden zum anderen die Feldmessungen mit Modellierungsergebnissen eines neu entwickelten, bereits validierten Finite-Elemente-Algorithmus verglichen. Dabei wurden zwei Erscheinungsformen seismoelektrischer Signale betrachtet: das koseismische Feld und die konvertierte seismoelektrische Welle. Das kombinierte Vorgehen von numerischer Simulation und Feldmessung hat es ermöglicht, das Verständnis der seismoelektrischen Effekte bei tomographischen Messgeometrien zu verbessern und die Grundlagen für eine oberflächennahe Anwendung insbesondere zur hydrogeologischen Charakterisierung des Untergrundes zu schaffen.

Geotomographie - S1-9.003

Joint interpretation of multidisciplinary geotomography models using self-organizing maps

Bauer K.¹, Muñoz G.², Muksin M.²

(1) GFZ Potsdam, Potsdam, Deutschland, (2) GFZ Potsdam, Sektion 2.2, Potsdam, Deutschland

The joint interpretation of geotomography models derived from different methods (e.g. seismic tomography, magnetotelluric inversion) represents a more efficient approach to determine the lithology of the subsurface compared with the separate treatment of each discipline. Such models can be developed independently or by joint inversion approaches. For the joint interpretation we apply self-organizing map (SOM) techniques. This neural network type is particularly suited to classify high-dimensional multi-parameter data. In our case, geotomography models are forming the multi-parameter data, and the SOM analysis provides a rock type classification and distribution at depth.

Our SOM work flow includes (1) generation of a joint earth model defined at a uniform grid mesh and described by so-called data vectors, (2) unsupervised learning or training, (3) analysis of the feature map by adopting image processing techniques (binary and watershed segmentation), and (4) application of the knowledge to derive a lithological model which shows the distribution of classified rock types. The latter also includes a petrophysical characterization for each rock type.

The SOM work flow is demonstrated for a synthetic and two real data case studies. The synthetic data are used as a benchmark test to investigate the performance of the SOM method. The real data examples are part of two geothermal exploration studies. In the first example from the NE German basin, three geophysical models are combined: P velocity and vertical velocity gradient from seismic tomography, and electrical resistivity from MT inversion. Interesting features include (1) distinct velocity gradients and resistivities found for the Jurassic and (2) a pattern of P velocities and resistivities which reflects systematic differences between salt pillows and depressions caused by salt mobilization and differentiation. In the second example, the SOM analysis is applied for a joint interpretation of Vp and Vp/Vs velocity models derived from local earthquake tomography for geothermal exploration in northern Sumatra (Indonesia). The main result is a separation and characterization of sub-domains in the shallow pull-apart basins imaged along the Sumatran fault. A region of high Vp/Vs was identified northeast of the Tarutung basin. The increased Vp/Vs values could be related with fracturing and enhanced fluid flow indicating favourable conditions for geothermal exploitation.

Geotomographie - S1-9.004

PET-Prozesstomographie von Transportvorgängen in Bohrkernen zur Verbesserung des Prozessverständnisses und zur Verifikation von Modellcodes

Kulenkampff J.¹, Gründig M.¹, Zakhnini A.¹, Lippmann-Pipke J.¹

(1) Inst. Ressourcenökologie, HZDR-FWOT, Leipzig, Deutschland

Positronen-Emissions-Tomographie (PET) wird seit etwa 10 Jahren im HZDR, Forschungsstelle Leipzig, für tomographische Untersuchungen an Bohrkernen eingesetzt. Unikal ist hier die Verfügbarkeit einer hochauflösenden PET-Kamera in einem Radionuklidlabor für geowissenschaftliche Untersuchungen. Durch die Nutzung von Radiotraceren können Prozesse in opaken Medien rückwirkungslos und mit höchster Selektivität und Sensitivität (< 1 picoMol/Voxel) bei akzeptablem Auflösungsvermögen (1.3 mm) dargestellt werden. Dabei steht nicht die Strukturinformation, wie bei Ultraschall- oder Röntgentomographie (CT), im Vordergrund, sondern der zeitliche Verlauf der Ausbreitung des Radiotraceren unter den Einflüssen von Advektion, Dispersion und chemischer Reaktion. Es hat sich herausgestellt, dass präferentielle Transportpfade vorherrschend sind und deshalb nur ein geringer Anteil des Volumens an den Prozessen beteiligt ist. Dies erklärt, warum die Übertragbarkeit auf die makroskopische Skala von petrophysikalischen Parametern, die an kleinen Proben gewonnen werden, oder von physiko-chemischen Parametern aus Batch-Experimenten mit Suspensionen, oftmals versagt.

Im Vergleich zur üblichen Anwendung der PET zur molekularen Bildgebung in biologischem Gewebe besitzen Gesteine eine hohe Dichte. Dadurch wird der Einfluss von Compton-Streuung und Massenschwächung der Annihilationsphotonen signifikant und durch übliche Korrekturalgorithmen nur unzulänglich berücksichtigt, so dass bei der Bildrekonstruktion Artefakte entstehen können. Zur Korrektur dieser Effekte werden Monte-Carlo-Simulationen eingesetzt, die alle kernphysikalischen Prozesse berücksichtigen, vom Zerfall des Positrons über die relevanten Streuprozesse bis zur Detektion der Annihilationsstrahlung und anderer Gammaquanten in der Kamera. Prinzipiell erlaubt dieses Verfahren auch die Inversion der gemessenen Daten, wobei Schwächungs- und Streuparameter aus CT-Bildern abgeleitet werden können.

Als Ergebnis von Transportuntersuchungen in Bohrkernen mit zeitlich aufgelösten PET-Aufnahmen stehen zeitabhängige 3D-Datensätze der quantitativen Tracerverteilung zur Verfügung. Diese dienen einerseits der Ableitung effektiver Transportparameter (Geschwindigkeitsverteilung, Volumen, innere Oberfläche, Kinetik), andererseits geben sie Aufschluss über die real im Gestein ablaufenden Prozesse und können somit den Aufbau numerischer Transportmodelle parametrisieren und Transportcodes kalibrieren und durch direkten Vergleich verifizieren.

Geotomographie - S1-9.005

Hochauflösende Dämpfungstomografie im kristallinen Gestein des Lehr- und Forschungsbergwerks Reiche Zeche, Freiberg

Krauß F.^{1,2}, Giese R.¹, Buske S.²

(1) Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Wissenschaftliches Bohren, Potsdam, Deutschland, (2) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Im GFZ-Untertage-Labor im "Lehr- und Forschungsbergwerk Reiche Zeche" der TU Bergakademie Freiberg wurden in den Jahren 2009 und 2012 hochauflösende seismische Durchschallungsmessungen durchgeführt. Das Messgebiet war ca. 50 m breit und 100 m lang und an drei Seiten von Strecken umgeben. Als seismische Quelle kamen zwei magnetostriktive Aktuatoren zum Einsatz, die entlang der Strecken im Abstand von ca. 2 m lineare Sweeps im Frequenzbereich von 500 Hz bis 3000 Hz anregten. Für die Regelung und Synchronisierung der Aktuatoren wurden die Signale von integrierten Beschleunigungssensoren benutzt. Die seismischen Wellen wurden an 30 Drei-Komponenten-Geophonen aufgenommen, die im Abstand von 4 m bis 9 m in ein und zwei Meter tiefen Bohrungen installiert wurden. Basierend auf einem strahlentheoretischen Ansatz wurden für die Messungen Geschwindigkeits- und Dämpfungstomografien mit dem Programm SIMULPS14 berechnet. Die Dämpfungstomografie erforderte die Bestimmung des t^* - Operators für jede Schuss- und Empfängerkombination. Der t^* -Operator ergab sich aus der aufgezeichneten Laufzeit und dem Gütefaktor Q der direkten Welle. Für die Bestimmung der Q-Werte wurden die "Rise-Time-Technique", "Centroid-Frequency-Shift"-Methode und die Spektraldivision getestet. Für das von den Beschleunigungssensoren aufgezeichnete Quellsignalspektrum ergab die Spektraldivision die stabilsten Ergebnisse. Die Dämpfungstomografien wurde anschließend auf Basis des Geschwindigkeitsmodells berechnet. Das Dämpfungsmodell zeigt maximale Q-Werte von 30-40 im Zentrum des Gneis', die in Richtung zu den Strecken auf Werte von 10-20 abfallen. Diese niedrigen Werte deuten auf eine Auflockerungszone ("Excavation Damage Zone") um die Strecken hin. Im südlichen Teil des Messgebietes ist ein Bereich niedriger Q- Werte zu beobachten, der gut mit einer Niedriggeschwindigkeitszone im Geschwindigkeitsmodell übereinstimmt. Die geologische Kartierung der Strecken in diesem Abschnitt ergab eine ca. ein Meter breite, steil einfallende Zone erhöhter Klüftigkeit.

Geotomographie - S1-0.001

SOUND (2): 2-D elastic Full Waveform Inversion for a transmission geometry in crystalline rocks - synthetic study and data application

Heider S.¹, Jetschny S.¹, Bohlen T.¹, Rechlin A.², Hock S.², Lueth S.², Giese R.², Wadas S.³, Polom U.³

(1) Geophysical Institute, KIT, Karlsruhe, Deutschland

(2) German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland

(3) Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Deutschland

The demand for a high resolution image of the geological surrounding obtained by seismic surveys rises for most geotechnical applications. This knowledge can, on the one hand, minimize the investment risks, and on the other hand, maximize the safety, e.g., for the workers and machines.

In this study, we test the applicability of an elastic Full Waveform inversion (FWI) approach for a crystalline host rock below ground which has the potential for a high-resolution velocity model by inverting the entire wave field in contrast to classical methods such as travel time tomography. Our test area for the seismic measurements with multicomponent receivers

using transmission geometry is in the German Research Centre for Geoscience (GFZ) Underground Lab in the research and education mine "Reiche Zeche" of the TU Bergakademie Freiberg.

First, the expected resolution potential of the FWI is tested with synthetic data using the real measurement geometry. A preprocessing flow containing trace killing and muting to isolate the P-wave phase has been developed, tested and applied. As the true test model, a random distributed velocity model which mathematically describe the crystalline rock was used. The starting model was obtained from a first arrival travel time tomography. After 250 iterations, the inversion converged successfully. The waveforms for the the true and the inverted model as well as the velocity distribution of both models matches almost perfectly. The unresolved structures in the inverted velocity model are in the range of the smallest wavelength. The developed preprocessing sequence adopted in the inversion is a very well suitable strategy and is also applied to the real data afterwards.

Second, the necessary steps for inverting the real data are described. Special focus is given to the 3-D to 2-D correction to prepare the 3-D data for the inversion using a 2-D FWI code, as well as to the inversion for the source time function. The starting model is, as in the synthetic study, obtained from a travel time tomography. As a source a magnetostrictive vibrator which generates sweeps of 150 to 3000 Hz was used to acquire data. We apply a frequency selection, i.e., the inversion starts with low frequencies and ends up with the highest. As shown in the synthetic test, we expect the FWI to be able to explain the whole waveform as well as to reconstruct a high resolution image of the underground host rock.

Geotomographie - S1-0.002

Quantitative imaging of very shallow media using multicomponent seismic data : alternative observables for robust waveform inversion and validation using multicomponent physical modeling data

VALENSI R.¹, LEPAROUX D.², BROSSIER R.³, DURAND O.², BRETAUDEAU F.³, CÔTE P.²

(1) IFSTTAR, UNAM Université, Bouguenais, Frankreich

(2) IFSTTAR, Bouguenais, Frankreich

(3) ISTERRE, Université Joseph Fourier Grenoble 1 & CNRS, Grenoble, Frankreich

Conventional seismic surface wave methods usually involved for engineering and environmental geophysics might fail to image very shallow structures (few meters) when in the presence of strong lateral variation of the subsoil. In these cases, Full Waveform Inversion (FWI) might be an interesting alternative method. However, specificities of subsurface context, such as the predominance of very energetic surface waves, can induce specific issues that need adapted inversion strategies.

In this aim, this study assesses the possible benefits of multicomponent data for FWI of very shallow structures and present different adaptations of the conventional FWI algorithm to get robust inversions in this particular context. First, a comparison of inversion results for a very shallow configuration using the conventional frequency domain FWI formulation (Pratt & Worthington 1990) illustrates the interest of using multicomponent measurements. Then, alternative formulations of the FWI method are presented and compared. These formulations involve the vectorial aspects of the measured data, and try to reduce the sensitivity of the inversion to signal amplitudes. The robustness to noise of the inversion results and the occurrence of local minima in the objective function are also discussed.

In order to validate new developments of imaging algorithms in an experimental context, a physical reduced scale modeling facility (measurement bench MUSC) is developed (Bretaudeau et al. 2011). This laboratory approach is used to fill the gap between numerical data and field measurements. These experimental facility relies on the high accuracy of an

optical bench and ultrasonic measurement using laser interferometry, and thus enable to obtain high quality seismic data in well controlled environment.

In order to integrate multicomponent measurements in this experimental modeling facility, a new laser technology has recently been added to the measurement bench MUSC (Valensi et al. 2012). A special emphasis is paid to estimate measurement quality and especially for the polarization attributes as it is illustrated by measurement examples representing near-surface data sets at reduced scale.

Geotomographie - S1-0.003

Joint inversion of seismic, gravimetric and magnetotelluric data for sub-basalt imaging in the Faroe-Shetland Basin

Heincke B.¹, Moorkamp M.², Jegen M.¹, Hobbs R.³

(1) GEOMAR, FB4 - Geodynamic, Kiel, Deutschland

(2) Leicester University, Depart. of Geology, Leicester, Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland

(3) Durham University, Depart. of Earth Sciences, Durham, Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland

Imaging of sub-basalt sediments with reflection seismic techniques is limited due to absorption, scattering and transmission effects and the presence of peg-leg multiples. Although many of the difficulties facing conventional seismic profiles can be overcome by recording long offset data resolution of sub-basalt sediments in seismic sections is typically still largely restricted. Therefore multi-parametric approaches in general and joint inversion strategies in particular are considered as alternative to gain additional information from sub-basalt structures.

In this contribution we combine in a joint inversion first-arrival time tomography, FTG gravity and MT data to identify the base basalt and resolve potential sediments underneath. For sub-basalt exploration the three methods complement each other such that the null space is reduced and significantly better resolved models can be obtained than would be possible by the individual methods: The seismic data gives a robust model for the supra-basalt sediments whilst the gravity field is dominated by the high density basalt and basement features. The MT on the other hand is sensitive to the conductivity in both the supra- and sub-basalt sediments.

We will present preliminary individual and joint inversion result for a FTG, seismic and MT data set located in the Faroe-Shetland basin. We have two different joint inversion programs available that have both the options to link the individual parameter models either petrophysically using fixed parameter relationships or structurally using either the cross-gradient approach (Gallardo&Meju, 2004) or mutually controlling the smoothing for one method by model roughness from the other methods (Günther&Rücker, 2006). The seismic data set consists of a pattern of 8 intersecting wide-angle seismic profiles with maximum offsets of about 12 to 24 km. The 3-D gravity data set (size :~ 30 x 30 km) is collected along parallel lines by a shipborne gradiometer and the marine MT data set is composed of 41 stations that are distributed over the whole investigation area. Logging results from a borehole located in the central part of the investigation area enable us to derive parameter relationships between seismic velocities, resistivities and densities that are adequately describe the rock property behaviors of both the basaltic lava flows and sedimentary layers in this region.

Geotomographie - S1-0.004

Offshore building foundation analysis by a combined Scholte-wave dispersion analysis and 2D elastic waveform inversion

Köhn D.¹, Wilken D.¹, De Nil D.¹, Rabbel W.¹

(1) Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Geowissenschaften (Abt. Geophysik), Kiel, Deutschland

The FINO3 project is aimed at the construction of an offshore research platform in the north-sea, hosting research projects dealing with offshore wind energy topics. As part of FINO3 our sub-project deals with the development of new seismic acquisition and inversion concepts for offshore-building foundation soil analysis. We are focused on the determination of seismic parameters and structural information of the building plot of the FINO3 platform.

Prior to the foundation of the FINO3 platform in 2009 Scholte-waves were recorded with Ocean-Bottom-Seismometers along 2 km airgun profiles. A nonlinear inversion of the dispersion curves using a global search particle swarm optimization method, together with stratigraphic information from high resolution reflection seismic led to pseudo-2D shear-wave velocity models along the profiles.

Smoothed versions of these models provide the initial models for a 2D elastic waveform inversion using the L-BFGS optimization method. We cover the necessary FWI-preprocessing steps, like time windowing of the Scholte-wave, correction of the geometrical spreading, source wavelet estimation by Wiener deconvolution, as well as necessary regularization and preconditioning steps to avoid a divergence of the nonlinear waveform inversion and recover 2D shear-wave velocity models of the shallow soil structure down to a depth of 60 m.

Acknowledgments:

This work was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) and the German Federal Ministry for the Environment (BMU).

S1 Geotomographie Poster

Geotomographie - S1-P.001 Poster

Numerical correction of the phase error due to electromagnetic coupling effects in EIT borehole measurements

Zhao Y.¹, Zimmermann E.¹, Huisman J.², Treichel A.², Wolters B.¹, van Waasen S.¹, Kemna A.³

(1) Forschungszentrum Jülich, Zentralinstitut ZEA-2 - Systeme der Elektronik, Jülich, Deutschland

(2) Forschungszentrum Jülich, IBG-3, Jülich, Deutschland

(3) Universität Bonn, Angewandte Geophysik, Bonn, Deutschland

Spectral Electrical Impedance Tomography (spectral EIT) allows obtaining images of the complex electrical conductivity for a broad frequency range (mHz to kHz). It has recently received increased interest in the field of near-surface geophysics and hydrogeophysics because of the relationships between complex electrical properties and hydrogeological and biogeochemical properties and processes observed in the laboratory with Spectral Induced Polarization (SIP). However, these laboratory results have also indicated that a high phase accuracy is required because many soils and sediments are only weakly polarizable and show small phase angles between 1 and 20 mrad only. It is a challenge to reach this phase accuracy in a broad frequency range for EIT measurements in the field. In the case of borehole EIT measurements, electrode chains (>10 meters) are typically used, which leads to undesired inductive coupling between the electric loops for current injection and potential measurement and capacitive coupling between the electrically conductive cable shielding and the soil. Depending on the electrical properties of the measured transfer impedances, both coupling effects can cause large phase errors that have typically limited the frequency bandwidth of field EIT measurements to the mHz to Hz range.

In this presentation we will i) derive correction procedures for capacitive and inductive coupling effects to extend the applicability of EIT to the kHz range and ii) validate these corrections using controlled laboratory measurements and field measurements. In order to do so, the inductive coupling effect was modeled using electric circuit models and the capacitive coupling effect was modeled by integrating discrete capacitances in the electrical forward model describing the EIT measurement process. The measured calibration data set of mutual inductances obtained for each individual electrode chain was combined with the numerically modeled mutual inductances to obtain the mutual inductance for each considered electrode configuration (e.g. cross-hole). The correction methods were successfully verified with measurements under controlled conditions in a water-filled rain barrel, where a high phase accuracy of 1 mrad in the frequency range up to 10 kHz was achieved and also verified in a first field demonstration using a 10 m borehole EIT chain with 8 electrodes. The results of a 1D inversion show that the correction methods increased the phase accuracy considerably.

Geotomographie - S1-P.002 Poster

Relationships between complex electrical conductivity and hydraulic conductivity at the Krauthausen test site

Treichel A.¹, Kemna A.², Zimmermann E.³, Esser O.¹, Huisman J.A.¹

(1) Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), Jülich, Deutschland

(2) Universität Bonn, Angewandte Geophysik, Steinmann-Institut, Bonn, Deutschland

(3) Forschungszentrum Jülich, Systeme der Elektronik (ZEA-2), Jülich, Deutschland

Electrical impedance tomography (EIT) allows to determine the spatial distribution of the complex electrical conductivity and is considered to be a promising tool for characterizing the hydraulic conductivity of the subsurface. Correlations between the imaginary part of the electrical conductivity and hydraulic conductivity as well as correlations between Cole-Cole relaxation time and hydraulic conductivity have been observed using laboratory measurements of the complex electrical conductivity with Spectral Induced Polarization (SIP). In the GEOTECHNOLOGIEN project '4D Electrical Impedance Tomography (4DEIT)', EIT is being established as a tool for aquifer characterization at the Krauthausen test site. In this study, we aim to investigate the relationship between complex electrical conductivity and hydraulic conductivity using laboratory samples taken from the Krauthausen test site. For this, the complex electrical conductivity was determined using SIP measurements with a high accuracy impedance spectrometer, and the hydraulic conductivity was determined using the falling head method. The relationship between hydraulic conductivity and the imaginary part of the electrical conductivity was investigated for different frequencies. For frequencies below 10 Hz, no relation was found. For higher frequencies, the correlation between imaginary electrical conductivity and hydraulic conductivity became stronger with increasing frequency. A second aim of this study was to investigate how this relationship between electrical and hydraulic conductivity was affected by temperature. This is important because considerable temperature differences occur between laboratory and field measurements. For this, electrical and hydraulic measurements were made for a range of temperatures. It was found that the real and the imaginary part of the electrical conductivity have nearly the same temperature dependence, which implies that the measured phase is independent of temperature. Although the relationship between imaginary electrical conductivity and hydraulic conductivity was clearly affected by temperature, a correction using established methods to account for temperature effects on electrical conductivity seems sufficient to transfer results between the laboratory and the field.

Geotomographie - S1-P.003 Poster

Entwicklung und Anwendung von Inversionsalgorithmen für spektrale elektrische Impedanz-Tomographie mit räumlich-spektraler Regularisierung

Martin R.¹, Kemna A.¹

(1) Universität Bonn, Abteilung Angewandte Geophysik, Bonn, Deutschland

Bisherige Forschungen haben gezeigt, dass die elektrische Impedanz-Spektroskopie (EIS) im Vergleich zu konventionellen Widerstandsmessungen ein großes Potential zur Unterscheidung der Lithologie, zur Textur-Charakterisierung und zur direkten Bestimmung der hydraulischen Leitfähigkeit hat. Dieses Potential begründet sich durch die Tatsache, dass die mit EIS gemessene spektrale induzierte Polarisierung (SIP) eine direkte Beziehung zur Porenraumgeometrie, zur Chemie der Porenflüssigkeit und zur Oberflächeneigenschaft der Minerale aufweist. Grundsätzlich kann EIS auch tomografisch gemessen werden, wodurch die diagnostischen Fähigkeiten von EIS mit den Vorteilen der Elektrischen Impedanztomografie (EIT) hinsichtlich der Ortsauflösung kombiniert werden. Jedoch beschränken sich die derzeitigen EIT-Inversionsansätze auf die Inversion von Datensätzen einer Frequenz oder auf die unabhängige Inversion von Multifrequenz-Datensätzen. Hierdurch wird das Potential zur räumlichen Rekonstruktion der Wasserleitfähigkeit stark eingeschränkt, da die spektralen Verknüpfungen bei der Inversion nicht kontrolliert (regularisiert) werden.

In unserem Beitrag zeigen wir Ansätze, um das im Labor erwiesene Potential von SIP zur Charakterisierung der hydraulischen Leitfähigkeit in einer quantitativen Bildgebung auf Feldskala zu ermöglichen. Die hierzu entwickelte Inversionsmethode erfordert die oben beschriebene spektrale Regularisierung, welche die schlechte Konditionierung des inversen Problems durch die zusätzliche Berücksichtigung spektraler Relaxationseigenschaften kontrolliert. Die Regularisierung ist in Form eines angepassten spektralen Rauigkeitsmodells realisiert. Unter Berücksichtigung petrophysikalischer Beziehungen zwischen der Relaxationszeit und der hydraulischen Leitfähigkeit kann letztlich eine Bildgebung für letztere auf Feldskala realisiert werden. Diese wird zu Testzwecken mit der entwickelten Inversionsmethode zunächst in synthetischen Modellen behandelt.

Geotomographie - S1-P.004 Poster

Three-dimensional inversion of CSEM data from Ketzin

Grayver A.¹, Streich R.², Ritter O.¹

(1) GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland

(2) GFZ German Research Centre for Geosciences Potsdam, Germany; Now at Shell Global Solutions International, Rijswijk, Niederlande

We present 3D inversion of land CSEM data collected across the CO₂ storage test site at Ketzin, Germany. A newly developed Gauss-Newton type parallel distributed inversion scheme, which is based on a direct forward solver, is applied to recover subsurface conductivity images. Resolution analysis based on point spread function width estimation computed for the sparse CSEM acquisition geometry indicates reasonable spatial coverage along the main survey line. We test different starting models and approaches to avoid numerical singularities from the grounded sources. Several regularization techniques are able to fit the data to a reasonable level for most of the receivers and give qualitatively identical images. The principal features in the obtained 3D resistivity model are robust against the inversion parametrization and correlate with the main geological units.

Geotomographie - S1-P.005 Poster

Realistic 3D subsurface models - A new approach by integrating HEM, borehole and seismic data sets

Steinmetz D.¹, Winsemann J.¹, Ullmann A.², Siemon B.², Brandes C.¹, Meyer U.², Wiederhold H.³

(1) Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland

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

(3) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Airborne electromagnetics (AEM) is a cost efficient technique for geophysical investigations of the shallow subsurface and has successfully been applied in various complex geological settings to analyze the depositional architecture. However, interpretation of AEM data integrated with geophysical and geological models is often missing.

The aim of AIDA sub-project SP5 (Model development and evaluation of results) is to provide a simple methodology for the interpretation of shallow subsurface data and the construction of more realistic geological 3D subsurface models. This will be achieved by the development of new inversion techniques, 3D modelling approaches and user oriented workflows. The Cuxhaven tunnel valley was chosen as the first model area to demonstrate the procedures. This Elsterian tunnel valley has a complex Middle Pleistocene to Holocene fill. The database contains a dense helicopter-borne electromagnetic data set (HEM), 2D seismic reflection profiles and borehole data.

The workflow includes; 1) Construction of a geological 3D subsurface model (GOCAD®) based on borehole data and 2D seismic reflection profiles. 2) Geostatistical analysis and interpolation of 1D HEM inversion results to create a continuous 3D resistivity grid model. 3) Integration of the 3D resistivity grid model with the geological 3D subsurface model. 4) Testing of 3D resistivity grid model accuracy by comparison with borehole data and 2D seismic reflection profiles. 5) Adjustment of incorrectly interpolated areas of the geological 3D subsurface model by using the corresponding resistivity values.

The apparent 1D HEM inversion results extracted from the final geological model were compared with the original 1D HEM inversion results to identify the differences and uncertainties. The comparison of the two HEM data sets generally displays a good correlation indicating a first good estimate of the depositional architecture of the shallow subsurface. However, the integrated HEM data model leads to a more realistic reconstruction of the sedimentary facies and depositional architecture with a high geometrical accuracy. Uncertainties remain due to noise effects and the restricted resistivity resolution of HEM measurements. Therefore, borehole data are substantially needed as constraints for an accurate geological interpretation.

Acknowledgements

The AIDA project is part of the GEOTECHNOLOGIEN program and is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF, grant no. 03G0735).

Geotomographie - S1-P.006 Poster

Application and validation of a parameter-constrained irregular resampling-framework for highly resolved data sets

Menzel P.¹, Schmidt S.¹

(1) Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

A new irregular resampling-method is introduced in the presentation "Parameterabhängiges unregelmäßiges Resampling für hochaufgelöste geowissenschaftliche Datensätze" (P. Menzel). The most common resampling methods usually reduce either highly resolved gridded data regularly or interpolate dense 3D point data on coarser grids. Because of parameter independent resampling or data interpolation, these methods may produce a high loss of information due to the reduction of the data point density. According to this, the original data distribution can be reconstructed by interpolation only with large errors. To avoid possible large reconstruction errors, the presented irregular parameter-constrained resampling method can be used.

In this study, this new resampling framework is applied to diverse synthetic and real measured highly resolved data sets. Additionally, achieved resampling rates and restore errors will be compared with results of a regular, parameter independent resampling method, which is also applied to these data sets. It can be shown, that the parameter-constrained method is especially good for resampling data with locally high parameter variations. Also given parameter distributions with discontinuities can be represented and restored without large errors. Using the regular resampling method, this kind of data can only be resampled with large restoration errors and unwanted smoothing in the data. For initially very smooth parameter distributions, both methods achieve similar restoration errors with slightly different resampling rates. The comparison and validation of both resampling philosophies is performed with diverse synthetic data sets, real SRTM- and global gravity data and with highly oversampled model geometries. The introduced resampling method will further be applied to datasets, delivered by the multi-approach-project "**AIDA** - From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis", for example to highly resolved geometries representing geological horizons and will also be used for data preprocessing for potential field modeling.

This study was conducted as part of the sub-project 5, "Modell development and evaluation of results" of the project "**AIDA** - From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis", which is part of the **GEOTECHNOLOGIEN** program.

Geotomographie - S1-P.007 Poster

Parametrization and Regularization of a 3-D Helicopter Electromagnetic Data Inversion

Afanasjew M.¹, Börner R.-U.², Eiermann M.¹, Ernst O.G.¹, Scheunert M.², Spitzer K.²

(1) Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Numerische Mathematik und Optimierung, Freiberg, Deutschland

(2) Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

Helicopter electromagnetic (HEM) measurements make it feasible to survey large areas in a relatively short time. For the huge resulting data sets, laterally constrained one-dimensional inversion schemes are still state of the art and are used to quickly obtain a first model for the whole survey area. However, this will fail for regions with a significant three-dimensional conductivity structure. Consequently, these regions are identified and extracted together with the corresponding subsets of measurement data. We have developed a scheme capable of performing a full three-dimensional inversion on these subsets while respecting constraints imposed by the surrounding one-dimensional model.

We focus on the parametrization of the model domain and the regularization applied to this parametrization. Both are required to deal with the inherently under-determined problem (resulting from the employed data acquisition method) and to link the model inverted for to the given surrounding model. We present how this is integrated into our inversion framework based on a Gauss-Newton method with a Tikhonov-type regularization, yielding a linear least-squares problem solved by a Krylov subspace method like LSQR. The underlying forward modeling supports both a finite difference and a finite element discretization applied to the secondary electric field. Where possible, we exploit the structure specific to the HEM problem, in particular the small number of different frequencies combined with the huge number of transmitter-receiver pairs. Several, e. g., first and second order spatial derivatives of the parametrization have been implemented, both for the FD and FE case. They can be freely combined with different weighting to form the regularization term.

This work was done as a part of the AIDA project, funded by the German Ministry of Education and Research BMBF under the Geotechnologien Program, grant 03G0735D.

Geotomographie - S1-P.008 Poster

Classification of induction anomalies in helicopter-borne electromagnetic data sets

Ullmann A.¹, Siemon B.¹, Meyer U.¹

(1) BGR, Hannover, Deutschland

Helicopter-borne electromagnetics (HEM) is an effective method for investigating the spatial conductivity distribution in the subsurface, e.g. for groundwater or mineral exploration. Since HEM surveys accumulate huge amounts of data a multidimensional inversion of an entire HEM survey data set is still not state of the art. As the HEM footprint, i.e. the lateral resolution capability of the HEM system, is rather small, smooth conductivity structures are close to 1-D settings and 1-D inversion of HEM data is still used frequently. Within the AIDA project "From Airborne Data Inversion to In-Depth Analysis" as part of the R&D-Programme GEOTECHNOLOGIEN we are working on combining 1-D and 3-D inversion of HEM data. As conductivity structures with strong lateral variations (induction anomalies) are not reproducible by 1-D inversion a multidimensional inversion is required. Thus, the information where such induction anomalies occur in a HEM data set is crucial. A search algorithm is developed to browse the HEM data sets to automatically identify, select, and classify these induction anomalies. 2-D grids of the logarithmic apparent resistivities are utilised as input for several image processing methods to extract the induction anomalies present. The identified induction anomalies are classified by region-based shape descriptors which are known from image processing. The four shape descriptors compactness, eccentricity, elongatedness, and deficit of convexity are grouped to five different classes ("2-D", "3-D circular", "3-D oval", "3-D elongate", "chaos") using the k-means algorithm. The search algorithm is tested on two case studies on real HEM data sets.

Geotomographie - S1-P.009 Poster

A Monte Carlo approach for the inference of structure on ultra-sonic and shallow-seismic scales

Mosca I.¹, Bilgili F.², Meier T.², Forbriger T.³, Sigloch K.¹

(1) Ludwig-Maximilians-University, Department of Earth and Environmental Sciences, Muenchen, Deutschland

(2) Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institute of Geosciences, Kiel, Deutschland

(3) Karlsruhe Institute of Technologie, Geophysical Institute, Karlsruhe, Deutschland

In the last decades a large number of tomographic studies have been produced at various scales (from thousand kilometers to few millimeters). However, the quantitative assessment of the uncertainty and the resolution of the estimated solution(s) is still challenging due to the ill-conditioning and ill-posedness of the inverse problem as well as the limited computational resources. A global search approach (i.e., a Monte Carlo procedure) allows us to compute not only the inverse problem but also the appraisal problem, and therefore to make a consistent uncertainty and resolution analysis which is not robust enough using a local search approach (e.g., gradient based inversion).

In this context we have developed an inversion strategy based on a global search approach, and specifically the Neighbourhood Algorithm (Sambridge 1999a, 1999b). The great advantage of this technique is the possibility to compute the appraisal problem of the estimated model. However, it becomes computationally expensive with increasing the number of model parameters and thus we envision it to be used mainly for estimation of layered structures (which might then serve as starting models for linearized, higher-dimensional inversions in 2-D or 3-D).

We have applied successfully this procedure for inferring the stiffness properties and the attenuation parameters of structures by inverting the surface-wave portion of observed seismograms. We used two type of measurements. The first type of data-sets is given by ultrasonic surface wave measurements recorded at the surface of both synthetic multi-layered structures and real geotechnical samples investigated by non-destructive testing. The typical scale is therefore from centimeters to meters. The second type of data-sets are represented by shallow seismic measurements, the scale of which is tens of meters. Unlike in seismological studies where, reference models for layered earth structure have been investigated extensively and are well constrained, at ultrasonic and shallow seismic scale, estimates of layered structure are often highly uncertain a priori. Hence, the approach proposed in this study is a useful tool for computing initial 1-D solutions, which can be used as initial models for 2-D (and 3-D) tomographic inversion.

Geotomographie - S1-P.010 Poster

Appropriate line source simulation procedure for shallow seismic field data

Forbriger T.¹, Groos L.², Schäfer M.²

(1) Black Forest Observatory (BFO), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Wolfach, Deutschland

(2) Geophysikalisches Institut (GPI), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

We demonstrate filters which transform shallow seismic field data to waveforms generated by equivalent line sources. The most simple procedure convolves the seismograms with $1/\sqrt{t}$, tapers with the same function, and then scales with the offset times $\sqrt{2}$. Although not being exact, this procedure can be motivated by a discussion of the acoustic wave equation. We compare this approach to similar procedures used in seismic imaging and to an exact transformation for 1D structures and present waveform examples.

The simulation of equivalent line sources is necessary when applying 2D full waveform inversion (FWI) to field data, which are excited by point sources like hammer blows. Computation times for 3D inversions still are immense and frequent repetitions of 3D calculations during development of algorithms are painful at least or even infeasible. Therefore we prefer to implement and test new features in a 2D FWI first. Synthetic wave propagation there is equivalent to 3D space with propagation properties being uniform in one spatial direction and with receivers and sources extending infinitely in this direction. Field data, however, most suitably is described by point sources in 3D space.

Wavefield expansion integrals provide a mathematically exact transformation, applicable to laterally homogeneous structures. This approach fails, if propagation properties vary along the profile. Surprisingly a much simpler procedure derived from the acoustic wave equation in homogeneous full-space performs well, when being applied to shallow seismic elastic waves on 2D-heterogeneous structures.

Geotomographie - S1-P.011 Poster

MuSaWa: Stratigraphic characterization of the near-subsurface using vertical soil color distributions

Hausmann J.¹, Dietrich P.¹, Vienken T.¹, Werban U.¹

(1) Department Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtz-Centre for Environmental Research - UFZ, Leipzig, Deutschland

Nowadays, there has been increasing interest in high-resolved parameterization of the near-subsurface. Latest developments in direct-push driven data acquisition systems provide a large set of techniques for *in situ* data recording. One of these techniques is the measurement of soil colours in unconsolidated sediments throughout depth. This provides proxy information about the layer structure related to dependence on mineral composition and chemical state as well in the saturated as in the unsaturated zone. In addition, site specific pre-knowledge can be enhanced by understanding the soil heterogeneities for various purposes, e.g. distribution of hydraulic properties, location of oxidative-reductive boundary, and micro-stratification. Within the MuSaWa subproject, we show that soil colour yields information about the vertical stratigraphic pattern. The study presents improvements of data acquisition, numerical transformation, filtering, and interpretation of soil colours gathered *in situ*. We applied a colour spectrometer probe recording data in a vertical resolution of mm. The tool detects soil colours within the visible spectrum and in real-time. So far, there are no routines how to handle high-resolved soil colour data from soil colorimeter probes. We calculate a set of

colour surrogates from the repeated soil colour measurements. Then, we applied wavelet filtering to the data set in order decrease variability caused by small scale heterogeneities. This provides clear depth-related information. In comparison to drill logs, the stratigraphic interpretation becomes more solid, because parameters are recorded without changing the sediment texture.

We found that filtered colour surrogates show an increase of the information and correspond with the geological set-up. The findings of this study provide a new understanding of soil colours as a technically reliable parameter. The results suggest that the approach is applicable in soil science and geotechnical engineering. This information can be used to encourage development of direct-push driven data acquisition systems for *in situ* data recording.

Geotomographie - S1-P.012 Poster

MuSaWa: Combined mobile P-, S-wave tomography, and direct push techniques for geotechnical site characterization

Hausmann J.¹, Rumpf M.², Paasche H.¹, Werban U.¹, Dietrich P.¹, Tronicke J.²

(1) Department Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtz-Centre for Environmental Research- UFZ, Leipzig, Deutschland

(2) Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

Assessing the spatial distribution of geotechnical parameters is increasingly important for the exploration of development sites and corresponding risk analysis. Such information is essential for the sustainable use of the near-surface underground, the reliable foundation of large buildings as well as for site specific geotechnical risk assessment. According to the specific geotechnical issue to be addressed, different traditional geotechnical surveying and analysis tools are typically used at selected locations. However, the high spatial heterogeneity of near-surface unconsolidated sediments is usually not reliably captured by sparse geotechnical measurements. Hence, additional geophysical explorations are carried out, such as seismic tomography.

Within the MuSaWa project we present first results from a combined P- and S-wave tomography survey at an abandoned meander of the Mulde River, in order to develop a routinely applicable tool for local-scale development site exploration. The experiment was solely performed at multiple temporarily installed boreholes. It is based on mobile direct-push devices that provide the flexibility to easily access different locations and investigations depths. In addition to this mobile cross-hole survey, we also added surface mounted three-component geophones for vertical seismic profiling (VSP). Furthermore, we performed a set of direct push driven soundings providing high-resolution vertical information. In particular, we applied electrical resistivity logging (EC), cone penetration testing (CPT), and SONIC core sampling. These data were essential for a detailed and reliable interpretation of the seismic results.

We show that the spatial interpolation of sparse geotechnical information on the basis of tomographic surveys is improved by joint interpretation using additional direct-push acquired geotechnical parameters. These are required for ground truthing. Both show the stratigraphic pattern of the subsoil and are comparable to each other. Moreover, the validation of tomographically reconstructed velocity models becomes more reliable. The results demonstrate the potential of mobile P- and S-wave tomography to be a routine application for local-scale development site exploration.

Geotomographie - S1-P.013 Poster

Joint global inversion of crosshole GPR and seismic traveltimes

Tronicke J.¹, Paasche H.², Rumpf M.¹, Böniger U.¹

(1) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam, Deutschland

(2) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ, Leipzig, Deutschland

A number of recent studies illustrate the potential benefit when combining ground-penetrating radar (GPR) traveltime tomography with corresponding seismic techniques. Such multi-method strategies help to reduce uncertainties and ambiguities in data analysis and interpretation. To be effective, the data sets should be linked during the model-generation process using a cooperative or joint inversion approach. When inverting for different parameters such as GPR and seismic velocities, the most popular approaches use a structural link to couple different geophysical data sets during the inversion.

Most (joint) inversion approaches rely on iterative, linearized techniques; i.e., local optimization methods are used to modify a user-defined initial model. Typically, the model parameterization relies on a mesh of regular cells. This results in an underdetermined problem, which has to be stabilized; e.g., by a priori model smoothness constraints. Such constraints have critical impact on the characteristics of the final model and, thus, may influence the outcome of further analyses and interpretations. In addition, the influence of the starting model has to be considered because the solution may critically depend on it. As an alternative to local optimization strategies, various global optimization (GO) methods have been proposed to invert geophysical data. Compared to linearized approaches the higher computational effort is usually considered as major limitation. However, the advantages of a GO strategy include the ability to produce results independent on the starting model, to explore the model space in more detail and, thus, a better chance to find the global minimum. In addition, GO approaches allow for generating an ensemble of acceptable solutions which can be further analyzed to appraise uncertainty and resolution issues.

Here, we use a global inversion strategy based on particle swarm optimization (PSO) to jointly invert crosshole GPR and seismic traveltimes. Although the benefits of PSO are well-known in the optimization community, it has seldom been used to invert geophysical data. Using a synthetic example, we demonstrate the potential of our workflow which includes the analysis of a representative ensemble of acceptable velocity models for quantifying the uncertainties present in the ensemble of solutions. Using field data collected at a well-constrained test site in Horstwalde, Germany, we demonstrate the applicability of our approach to field data.

Geotomographie - S1-P.014 Poster

Dispersion analysis of actively and passively generated surface waves at shallow geotechnical sites in Germany

Lontsi A.M.¹, Ohrnberger M.¹, Rumpf M.¹, Hausmann J.², Krüger F.¹, Tronicke J.¹

(1) Institute of Earth and Environmental Science, Potsdam University, Potsdam-Golm, Deutschland

(2) Department Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtz Centre for Environmental Research GmbH - UFZ, Leipzig, Deutschland

Within the framework of the MuSaWa project ("Multi-scale S-wave tomography for exploration and risk assessment of development sites", funded by Geotechnologies program of BMBF) two multi-seismic surveys were carried out. First, at the technical security test site (TTS) of the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) in Horstwalde, around 50 km south of Berlin within fluvioglacial sediments and second, in Löbnitz, north Saxony, around an abandoned meander of the Mulde River to measure ambient noise and

active surface wave for near-subsurface characterization. An array of 96 4,5Hz vertical geophones with 1m spacing were set up at the test site in Horstwalde. In total 120 shots were realized along the profile. At the test site in Löbnitz, 96 4,5Hz geophones with 1m spacing were stuck. By combination of 4 and 8 m source offsets over a maximum profile length of 120m a broad frequency coverage could be gathered. Ambient noise is recorded at those sites using small 2D array of Lennartz 3D 1s and/or 5s seismometers with a maximum aperture of 260m. Each receiver recorded with a 100Hz sampling rate. Then, cross-correlation interferometry was applied. The resulting Green's function is used to create a linear co-array (virtual receivers) map with approximately 2,5m inter-station distance. We applied Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW) method to derive the dispersion characteristic of both channels and virtual receivers in the active experiments. These are being jointly inverted for the average 1D shear-wave velocity profile using a direct search neighborhood algorithm. The overall sediment thickness is currently estimated to 90m at the test site in Löbnitz and will be further compared with bore-log information available at the sites.

Geotomographie - S1-P.015 Poster

Ambient noise tomography in the Mygdonia basin

Hannemann K.¹, Ohrnberger M.¹, Papazachos C.², Savvaidis A.³, Anthymidis M.², Lontsi A.M.¹

(1) Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) Department of Geophysics, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Griechenland

(3) Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering, Thessaloniki, Griechenland

During the last decade, the ambient noise cross-correlation (CC) became a widely used method in geophysics and material sciences. Especially, the linkage between the CC and the Green's function has been used to develop passive imaging tools. Surprisingly, CCs have been used on very small scales (ultra sonic experiments) and larger scales (crustal, regional, continental and global), but only seldomly on intermediate scales (several hundreds of meters to kilometers).

Therefore, we performed a passive mid-term-duration (two weeks) experiment in the northern part of the Mygdonia basin (Greece) to test the feasibility of ambient noise CC tomography on the km-scale. The test area is a sediment filled graben structure that has been well studied by many prior geophysical and geotechnical experiments which can be used for comparison. To ensure a good ray coverage for tomographic imaging, we used 19 permanent installations for the whole experiment duration at an aperture of 2 km together with 8 mobile sensors that were rotated along a circular geometry with a diameter of 700 m. We calculated the CC for all possible station pairs and performed a multiple-filter analysis of the correlation traces to determine dispersion curves for the inter-station paths. From these curves, we extracted travel times to perform a spatially and inter-frequency smoothed surface wave tomography on a grid with 100 m inter-node distance and 20 by 18 nodes. From the resulting group-velocity maps we extracted dispersion curves for each node based on strict quality criteria (associated ray length, slowness error, resolving length). Finally, a node based dispersion curve inversion was performed to obtain depths and velocities for differently parametrized layered models. This procedure allows for a final interpretation of the structure of the basin reflecting the main features of the experimental area. We clearly identify the dominant 2D graben structure with decreasing velocities towards the South, the fault traces and the South dipping sediment-bedrock contrast as expected by the known geology and confirming previous studies in the area.

Geotomographie - S1-P.016 Poster

MuSaWa: Development of a multi-station borehole acquisition system (MBAS)

Fechner T.¹, Rumpf M.², Hausmann J.³

(1) Geotomographie GmbH, Neuwied, Deutschland

(2) Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

(3) Department Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtz-Centre for Environmental Reserach- UFZ, Leipzig, Deutschland

High-resolution tomographic investigations between boreholes are routinely applied for the exploration of development sites considered for larger building projects, e.g., power stations, dams and high-rise buildings. Currently, almost exclusively P-wave tomography is employed in geotechnically oriented tomographic surveys. However, the geotechnical benefits of P-wave tomography are rather limited and information about S-wave velocity distribution is additionally required to derive geotechnically relevant parameters, such as shear strength, from the tomographically reconstructed P- and S-wave velocities.

Within the MuSaWa subproject a multi-station borehole acquisition system (MBAS) for efficient recording of S-waves in boreholes was developed on a prototype stage. The MBAS is designed as a borehole string consisting of individual digital units each containing a 3C receiver block with direct digitization inside the unit. Sampling rate for each channel can be set to max 32KHz (with 16bit resolution). Data are transmitted via a single 4 core cable to a USB interface and directly to a laptop. Therefore, no seismograph is needed. The coupling of each digital units to the borehole wall is performed by pneumatic cylinders (2 for each unit). This allows an easy coupling/decoupling operation as one can use compressed air or nitrogen.

The orientation of the system can be controlled by a magnetic compass located at the top digital unit. The units are connected to each other using a hydraulic hose which does not allow rotation of individual units. Therefore, the 3C receivers can be mathematically rotated to any direction using an advanced processing.

A prototype system was built consisting of three units at 2m spacing and successfully tested at the Horstwalde test-site in December 2012.

Geotomographie - S1-P.017 Poster

The tomography of South American margin from 34 to 47°S

Becker K.¹, Schnabel M.¹, Franke D.¹, Heyde I.¹, Schreckenberger B.¹

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

We applied a joint refraction and reflection travelttime routine to data acquired during a cruise in 2004 along the South American margin. Eight ocean bottom hydrophones were used to record reflected and refracted P-waves, which were analyzed to describe the structure and evolution of the lower crust and define the crust mantle boundary. The data were combined with reflection seismic, gravimetric and magnetic data. We can observe high velocity lower crust (HVLC) with velocities from 6.8 km/s in some areas even exceeding 7.5 km/s. We describe the structure and evolution along the South American margin from 34°S to 47 S, which passes at the Colorado transfer zone from a volcanic margin into a magma-poor margin. Two refraction seismic lines were used to examine the relationship between HVLC and seaward dipping reflectors (SDRs). The velocity modeling combined with gravity modeling confirms the existence of the HVLC. We analyze the structure of that body and discuss its origin.

Geotomographie - S1-P.018 Poster

*Monitoring a CO₂-Storage Site with Passive Image Interferometry***Gassenmeier M.^{1,2}, Korn M.², Sens-Schöfeld C.¹**

(1) GFZ, Potsdam, Deutschland

(2) University Leipzig, Deutschland

In seismology, Passive Image Interferometry (PII), can be used to observe small dynamic processes in the earth's crust. The Green's Function (GF) that is needed for PII can be reconstructed by cross-correlating the ambient seismic noise, recorded at two seismometers. The GF itself describes the propagation of a seismic wave between the two receivers. A change in the medium between the seismometers directly affects the shape of the cross-correlation functions (CCFs), from which a change in the seismic velocities can be derived. Our idea is to investigate the potential application of this technique to monitor the emplacement of CO₂ at the test site for CO₂ sequestration in Ketzin (Brandenburg, Germany). We calculated CCFs of the ambient noise field for a time period of about four years from the beginning of the injection. Analysis of the CCFs showed that they are asymmetric and dominated by a phase traveling with about 300 m/s, which is consistent with Rayleigh waves traveling in the shallow sediments. To analyze possible velocity changes for each day, we used the stretching method. Due to the almost continuous injection of CO₂ we expect a monotonic decrease of the seismic velocities. So far, we can observe velocity variations with a period of approx. one year that indicates a seasonal influence, most probably due to environmental influences, which overlays the effect of the CO₂ injection. To exclude the possibility that the observed velocity variations are caused by changes in the noise field, we analysed the direction of the noise field. Therefore we used an optimal rotation algorithm, that rotates the records at the two stations into an orientation that minimizes the total energy on the RT-, TR-, ZT-, and TZ-correlations. Here R, T and Z refer to the dominant orientation of the noise field. The algorithm showed a prominent direction incoming from north in a frequency range between 0.5 and 4 Hz. This direction matches with the location of a large windpark a few km away from the array. For lower frequencies, the noise is dominated by microseisms incident from west. As sources between the stations could reduce the coherence of the noise field at the two stations, a one-station-approach was used to validate the results. Here the dominant incidence angle is determined as the direction that maximizes the coherence of the horizontal component and the Hilbert-transform of the vertical component. So far, we can't see an influence of the noise field on the app. velocity changes.

Geotomographie - S1-P.019 Poster

*Inversion of magnetotelluric data for a model parameterized in wavelet domain***Becken M.¹**

(1) Institut für Geophysik, WWU Münster, Münster, Deutschland

We investigate strategies for the inversion of magnetotelluric data using a wavelet domain model parameterization. The goal of the study is to find a sparse representation of the model in terms of the few wavelet coefficients which are required by the observations. We tested 1D and 2D inversion using a haar wavelet and a biorthogonal (bior3.1) wavelet basis to discretize the model and reformulated the regularized inverse problem in terms of the wavelet coefficients. For the inversion, we iteratively minimize an objective function that trades off between the data residuals and a model norm. The data residuals are assumed to be normally distributed and are minimized in a least squares (L₂) sense. Two strategies are pursued to formulate the regularization term and find a sparse representation of the model. The first strategy aims at minimizing the L₂ norm of the Laplacian of the reconstructed

model. This approach resembles classical MT inversion schemes and requires model reconstruction from the current set of wavelet coefficients. However, only the important wavelet coefficients are used to construct the model estimate. The importance of individual wavelet coefficients is guessed from their cumulative sensitivities and coefficients with low sensitivity are truncated. The truncated coefficients belong typically to small-scale features and are not necessary to fit the data. The second strategy minimizes the L1 norm of the wavelet coefficients. So-called L1-L2 minimizers are able to find a sparse solution in an iterative procedure. The proposed procedures can result in model representations which require less coefficients to be inverted for and which admit an adaptive model regularization. The shape of the inverse model is strongly dependent on the chosen wavelet basis and type of regularization, and different wavelet bases can be used to find different classes of valid models. This work is part of the Multi-EM project funded in the BMBF Geotechnologien Programme.

Geotomographie - S1-P.020 Poster

The GFZ-Underground-Lab in Freiberg - Test site for seismic inversion techniques

Krau F.^{1,2}, Heider S.³, Buske S.², Bohlen T.³, Jaksch K.¹, Giese R.¹

(1) Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Wissenschaftliches Bohren, Potsdam, Deutschland

(2) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(3) Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Geophysical Institute, Karlsruhe, Deutschland

The German Research Centre for Geosciences (GFZ) runs an underground test site at 150 m depth in the education and research mine "Reiche Zeche" of the Technical University Bergakademie Freiberg. The GFZ-Underground-Lab (GFZ-ULab) is surrounded by three galleries comprising a block of homogeneous high grade metamorphic gneiss of almost 50 m width and 100 m length ensuring constant environmental conditions. Along the galleries over 30 three-component geophones are installed using one and two meter long anchors with a spacing of 4 to 9 meters. Two horizontal 8 ½" boreholes of 20 and 30 meter length were drilled into the gneiss block. In 2011 the GFZ-ULab has been extended by a chamber ten meters above the galleries. From there a 70 meter 8 ½" vertical borehole has been drilled through the same gneiss block. Datasets from the GFZ-ULab are used to test different seismic inversion techniques, e.g. ray-based tomography and Full Waveform Inversion, with respect to their capability to resolve and to characterize small-scale structures within crystalline rocks. Ray-based approaches are a high-frequency approximation of the equation of motion. These approaches generally do not consider the full waveforms but rather work with single-valued travel times and amplitudes. This causes a certain loss of resolution but saves computation time. For this test site the SIMULPS14 program has been used for velocity and attenuation tomography. It is an inversion program designed for local earthquake tomography but can be used for other seismic inversion problems, too. Due to its fast computation it allows to get robust results within a short time. The results are used as starting models for more sophisticated approaches. One of these approaches is time-domain elastic Full Waveform Inversion (FWI), which uses multi-component datasets from the GFZ-ULab for validation and improvement. FWI has the potential to obtain a very high-resolution velocity model by inverting the waveforms of the first arrival. A crucial step for the success of FWI is the simultaneous inversion of the source wavelet which exhibits strong variability with the source location. The GFZ-ULab offers great conditions for testing the applicability of different methods for seismic tomography in a crystalline host rock environment. Due to the transmission geometry and the close receiver spacing an excellent wavefield coverage and a good signal-to-noise ratio within a broad frequency range of 500 to 3000 Hz is obtained.

Geotomographie - S1-P.021 Poster

Die neue marine 3D Seismik der BGR Hannover

Damm V.¹

(1) BGR, Hannover, Deutschland

Im Rahmen ihrer Fachaufgaben als Geologischer Dienst Deutschlands führt die BGR marin-geowissenschaftliche Forschungsarbeiten weltweit durch. Hierfür steht ein breites Methodenspektrum zur Verfügung. Die Mehrkanalseismik wurde dabei in der Vergangenheit als 2D-Methode mit bis zu 4,5 km Streamer erfolgreich auf unterschiedlichen Schiffen als Forschungsplattform eingesetzt.

Seit 2009 baut die Arbeitsgruppe Marine Seismik der BGR ein mobiles 3D seismisches Mehrkanalsystem auf, das auf deutschen Forschungsschiffen zum Einsatz kommen soll. Diese mobile 3D Seismik soll alle Anforderungen an hochgenaue 3D Messnavigation, Schuss-Steuerung und real-time-Qualitätskontrolle entsprechend Industriestandard erfüllen. Es sind zwei Konfigurationen eines mobilen 3D MCS-System geplant:

a) 3D Seismiksystem mit maximal 1500m Streamer und 2 GI-guns

b) 3D Seismiksystem mit maximal 4000m Streamer und 2 airgun-Arrays mit je 8 G-guns (noch in Vorbereitung)

Der seitliche Abstand zwischen den beiden Streamern wird durch Scherbretter erzeugt, die entsprechend der gewünschten Messgeometrie gerigt werden können. FS METEOR wurde im Zeitraum August/September 2012 durch die Arbeitsgruppe Marine Seismik der BGR genutzt, um alle neu beschafften Komponenten des mobilen 3D MCS-Systems in einem ersten Setup mit zwei Streamern mit jeweils 900m aktiver Länge und 150m Abstand zu konfigurieren und zu testen. Nach Aufbau und Inbetriebnahme der neuen Technik wurde das komplette System erfolgreich westlich von Helgoland eingesetzt und in einem 60 km² Untersuchungsgebiet ein erster 3D Datenwürfel akquiriert. Die neue mobile marine Messtechnik ist eine der wenigen 3D Systeme in der Forschungslandschaft und in der Lage, 3D seismische Daten zu liefern, die den Standards der Explorationsschiffe der Seismikindustrie vergleichbar sind. Der Vortrag stellt das 3D-System vor, vermittelt einen Eindruck zum Ablauf der Messungen und stellt erste Ergebnisse vor.

Geotomographie - S1-P.022 Poster

Gravimetrische Messungen im Projekt GEOPOWER

Schmidt S.¹, Götze H.-J.¹, Mahatsente R.¹, Hese F.²

(1) Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel, Kiel, Deutschland

(2) LLUR, Flintbek, Deutschland

Im Rahmen des Projektes GEOPOWER (INTERREG IV A) soll die Eignung des krustalen Untergrundes für Tiefengeothermie in Süddänemark und Schleswig-Holstein untersucht werden. Federführend in dem grenzüberschreitenden Projekt ist das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) und der Geologische Dienst von Dänemark und Grönland (GEUS). Es ist das Ziel von GEOPOWER, interessierten Kommunen, Unternehmen und Energieversorgern eine verbesserte Datengrundlagen über den strukturellen Tiefenaufbau und das Temperaturfeld des Untergrundes zur Planung geothermischer Wärmeversorgung und zur Energiespeicherung liefern zu können.

Im Raum südlich von Flensburg ist der Untergrundaufbau sehr komplex. Für die Abschätzung des geothermischen Potentials ist die Kenntnis der möglichst genaue Lage der dort vorhandenen Salzstöcke, -mauern und Störungen wichtig. In der Zeit vom 24. September - 05. Oktober 2012 fanden gravimetrische Messungen im Raum Jarplund - Sankelmark südlich von Flensburg statt. Die Messungen wurden gemeinsam vom Institut für

Geowissenschaften der Universität Kiel und dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein durchgeführt und durch das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) unterstützt. Das Projekt befindet sich in der Modellierphase, in der mit IGMAS+ 3D die aus der Seismik bekannten Dichte- (und Suszeptibilitäts-) Strukturen modelliert werden sollen. Unser Poster zeigt die Ergebnisse des Datenprozessings und erste Modelliererergebnisse zusammen mit den Gocad-Interpretationen des LLUR.

Der Messpunktabstand der gravimetrischen Stationen betrug in Kernbereich des Messgebiets 50 m, außerhalb 100 m. Alle 180 Stationen sind mit DGPS (differential GPS) mit einer Lagegenauigkeit von wenigen "cm" eingemessen worden; alle Stationen sind zusätzlich auch nivelliert worden. Der Höhenfehler liegt bei +/- 3 mm. Gemessen wurde mit zwei LCR-TypG Gravimetern. Die Messgenauigkeit betrug 0.02 - 0.04 mGal; alle Stationen sind über einen Schwerefestpunkt zweiter Ordnung an das Schweregrundnetz 3. Ordnung angeschlossen worden. Die Messungen sind Gezeiten- und Gang-korrigiert, und nach Abschluß des Prozessings sind die Bouguer- und Freiluftanomalien komplett (sphärisch) gelände-korrigiert worden. Zur Interpretation werden auch Restfelder gezeigt. Das Magnetfeld wurde IGRF-reduziert und der Tagesgang an einer eigenen Permanentstation im Messgebiet überwacht.

S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-1.001

Bestimmung gekoppelter Strukturänderungen von ungesättigten Tonen durch hochfrequente elektromagnetische, minimalinvasive Verfahren in Echtzeit

Noack M.¹, Wagner N.², Wuttke F.³, Witt K.J.¹

(1) Professur Grundbau, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland

(2) MFPA Materialforschungs- und -prüfanstalt, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland

(3) Modellierung in der Geomechanik, Bauhaus-Universität Weimar, Deutschland

Tonmineralische geotechnische Abdichtungssysteme werden aus natürlichen oder aufbereiteten, verdichteten bindigen Böden hergestellt. Im Zusammenhang mit der Verwendung tonmineralischer Böden für Dichtungszwecke ist zu prüfen, inwieweit es beim Austrocknungsprozess zu Schrumpfverformungen und infolgedessen zu einer Rissbildung kommen kann. Beim Schrumpfungsprozess feinkörniger Böden erfolgt eine Änderung der hydraulischen Parameter wie Wassergehalt, Sättigung und Porenstruktur. Durch diese Veränderungen wird das mechanische Verhalten des Bodens beeinflusst, welches wiederum die hydraulischen Eigenschaften des Bodens ändert. Dieser hydro-mechanisch gekoppelte Entwässerungsvorgang bedingt eine Änderung der frequenzabhängigen, komplexwertigen dielektrischen Eigenschaften des Bodens. Diese Abhängigkeiten wurden in den durchgeführten Untersuchungen an im Austrocknungsprozess befindlichen Tonproben analysiert und bestätigt. Ausgehend von Standardlaborexperimenten zum Schrumpfverhalten an einem feinkörnigen Boden erfolgte die Bestimmung der dielektrischen Materialeigenschaften der Proben im ungesättigten Zustand mittels einer offenen Koaxialsonde im Frequenzbereich von 0.1 - 10 GHz punktuell sowie das dielektrische Relaxationsverhalten. Basierend auf einem theoretischen Mischgesetz wurden aus der gemessenen frequenzabhängigen komplexen effektiven dielektrischen Permittivität, der Wassergehalt und der Porenanteil im Tonmaterial orts aufgelöst und in Echtzeit bestimmt. Die orts aufgelösten dielektrisch ermittelten Bodenparameter wurden mit Ergebnissen aus Standardverfahren an der Gesamtprobe (Tauchwägung sowie Ofentrocknung bei 105 °C) validiert. Die Resultate zeigen eine gleichmäßige Volumenschrumpfung der Gesamtprobe und einen konstanten Wassergehalt über die Probentiefe. Dem gegenüber stehen variierende Trockendichten über die Tiefe, somit Änderungen der Struktur über die Höhe der Probe und damit Veränderungen der geomechanischen Eigenschaften. Diese Ergebnisse werden im Weiteren genutzt, die Beanspruchbarkeit der Böden bis hin zum Rissversagen im Austrocknungsprozess zu analysieren.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-1.002

Analysis of coupled hydraulic and dielectric material properties of soils: a multivariate approach

Wagner N.¹, Daschner F.², Schwing M.³, Scheuermann A.³

(1) Bauhaus-Universität Weimar, Materialforschungs- und prüfanstalt, Weimar, Deutschland

(2) Microwave Group / Faculty of Engineering, University of Kiel, Kiel, Deutschland

(3) Geotechnical Engineering Centre, University of Queensland, Brisbane, Australien

The success of water content estimation in porous media with high frequency (radio and microwave) non and minimal invasive electromagnetic (HF-EM) measurement techniques is based on the high permittivity of water caused by the dipolar character of the water molecules in comparison to other phases. However, interactions between an aqueous pore solution and solid phases lead to strong contributions to the electromagnetic material properties due to interphase processes (Wagner and Scheuermann CGJ, 46, 1202-1215, 2009). Therefore, the broadband dielectric spectrum contains valuable information about porous media and it can be used for an estimation of physico-chemical parameters besides free pore water such as texture, structure, mineralogy and matric potential as important hydraulic property with HF-EM measurement techniques. In this context, a multivariate (MV) approach was applied for the simultaneously determination of soil water content, porosity and matric potential from measured frequency dependent dielectric material properties. A slightly plastic clay soil was investigated. The frequency dependent complex permittivity was determined in the frequency range from 1 MHz to 10 GHz with network analyzer technique in combination with a two port rod based coaxial transmission line cell. Soil water characteristic curve (SWCC) as well as shrinkage behavior were determined in separate experimental investigation. The following multivariate methods were applied: principal component analysis (PCA) with principal component regression (PCR), partial least squares regression (PLSR) as well as artificial neural networks (ANN) to quantitatively relate measured dielectric spectra to water saturation and porosity or volumetric water content as well as soil water potential. The PLSR technique yielded the best results with the lowest RMSEs for all properties. The applied MV approach gives evidence, (i) of a physical relationship between frequency dependent dielectric properties and soil matric potential as important hydraulic material property and (ii) the applicability of multivariate methods for estimation of physico-chemical parameters of porous media from broadband measured dielectric spectra.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-1.003

Noninvasively in situ 3D imaging of tree roots systems

Aldorff D.¹, van der Kruk J.¹

(1) FZ Jülich, IBG3, Jülich, Deutschland

Knowledge of root systems and its distribution are imported for example for estimation of biomass as well as for the prevention of damages of subsurface distribution networks. Despite the fact several studies have worked on this topic, a reliable 3D imaging of roots is still topic of current research. Most studies used Ground Penetration Radar (GPR) for detecting root systems because it is non-invasive, easy to apply and capable to provide high resolution subsurface images up to several meters. The measured hyperbolas indicate the presence of potential roots. However, the GPR signal does not distinguish between roots and other reflecting inhomogeneities. Moreover, the attenuation of the GPR waves in clayey environments and in areas with soil moisture changes made an application for root detection complex. In particular in urban areas the presence of heterogeneity in the subsurface where several potential diffractors can be present might hinder an interpretation.

In this study, preliminary 3D imaging results of tree roots are presented obtained by circular surveying around the tree trunk with a circle cross-line distance of 10cm and lateral resolution of 2 cm. Measurements were made with a 500 MHz antenna in combination with a high precision prismatic theodolite. After identifying potential tree root hyperbolas within the GPR data, the x, y and z coordinates were obtained and visualized in 2D and 3D to reveal potential linear structures that indicate the tree root systems and identify other non-linear objects due to distribution of the point scatterers.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-1.004

Die Erkundung von Bodenstrukturen entlang einer Referenzmessstrecke in Großbeeren

Lück E.¹, Rühlmann J.²

(1) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Golm, Deutschland

(2) Leibniz-Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren, Deutschland

Geophysikalische Verfahren werden zunehmend zur Abbildung der Bodenheterogenität eingesetzt. Um Verfahren und Messsysteme zur Erkundung der ungesättigten Bodenzone entwickeln, testen und bewerten zu können, wurde im IGZ (Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau) Großbeeren auf einem Streifen von 200 x 5 m eine Referenzmessstrecke angelegt. Die glazial geprägte Region besteht überwiegend aus lehmigem Sand, der nach der Erfassung des Ausgangszustandes partiell durch Lehmboden, Torf, Lehmziegel und Basaltmehl ersetzt wurde. Insgesamt wurden 10 künstliche Anomalien unterschiedlicher Größe eingebaut. Die Volumina des ausgetauschten Bodens überdecken einen Bereich zwischen 0.1 und 30 m³. Die Tiefe der Strukturen erstreckt sich von 30 cm bis 2 m.

In Abhängigkeit von Größe, Tiefe und den physikalischen Eigenschaften lassen sich die eingebauten Strukturen unterschiedlich scharf abbilden. Bisher kamen zum Einsatz: Geoelektrik (sowohl konventionelle Messungen als auch mobile Sensoren), induktive Leitfähigkeitsmessungen mit verschiedenen Systemen, Georadar, Magnetik und Seismik.

Es werden ausgewählte Erkundungsbeispiele vorgestellt und diskutiert.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-1.005

Geophysikalische Erkundung hydrologischer Einheiten auf der Hangskala: Eine Fallstudie aus dem Attert Einzugsgebiet, Luxemburg.

Allroggen N.¹, Hermanns H.¹, Tronicke J.¹

(1) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam, Deutschland

Im Rahmen der DFG Forschergruppe Catchments as Organized Systems (CAOS) soll auf der Basis charakteristischer hydrologischer Einheiten ein Modell des Einzugsgebietes der Attert (Luxemburg) erstellt werden. Eine Hypothese der Modellentwicklung ist, dass auf der Hangskala unterschiedliche hydrologische Einheiten neben der Geologie, der Vegetation und der Oberflächenbeschaffenheit, auch durch die Orientierung der Hänge beeinflusst werden. Diese Hypothese wird in dieser Studie anhand eines Fallbeispiels untersucht. Dabei wird ein nord- und ein südgerichteter Hang jeweils mithilfe von Ground Penetrating Radar (GPR) und Electrical Resistivity Tomography (ERT) entlang ausgewählter Profile erkundet. Anhand der Bodenschichtinformationen aus mehreren Rammkernsondierungen entlang dieser Profile können die geophysikalischen Messungen kalibriert und zweidimensional interpretiert werden. In allen GPR Messungen kann ein Reflektor in einer Tiefe von ca. 0,5 m bis ca. 1,8 m identifiziert werden. Die ERT Profile zeigen einen Zweischichtfall. Dabei unterlagert eine oberflächennahe, hochohmige Schicht (ca. 2,5 k Ω m bis ca. 17 k Ω m) eine niederohmigen Schicht (ca. 50 Ω m bis ca. 200 Ω m). Die Tiefe des Übergangs zwischen diesen beiden Widerstandszonen variiert zwischen ca. 0,6 m bis ca. 2,8 m. Unter Zuhilfenahme der Rammkernsondierungen kann der in den GPR Daten beobachtete Reflektor als Übergang vom Boden zum Festgestein interpretiert werden. Die Übergangszone aus den ERT Messungen korreliert mit der maximalen Eindringtiefe der Rammkernsondierungen, welche als Beginn des unverwitterten Festgesteins interpretiert werden kann. Folglich kann angenommen werden, dass die Abnahme der ERT Widerstände mit der Tiefe der Verwitterungsschicht des Festgesteins korreliert. Basierend auf diesen Interpretationen ist es möglich, die räumliche Verteilung der Strukturen entlang der gemessenen Profile zu vergleichen. Erste Vergleiche (z. B. mittels Häufigkeitsverteilungen der Schichttiefen) zeigen, dass beide Hänge eine ähnliche Untergrundstruktur besitzen. Anhand von weiteren Untersuchungen und Analysen (z. B. mittels geostatistischer Verfahren) sollen diese Ergebnisse belegt werden.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-2.001

Geophysikalische Erkundung unter Tage

Freund K.¹, Hartmann C.¹

(1) DMT GmbH & Co. KG, Essen, Deutschland

Die detaillierte Erkundung mineralischer Lagerstätten, mit ihren genauen Grenzen und geologischen Gegebenheiten, ist für moderne Bergwerksbetriebe zur Beurteilung der geologischen Risiken von großer Wichtigkeit. Heutzutage werden typischerweise vor Beginn der Lagerstättengewinnung geophysikalische Messungen vor allem von der Erdoberfläche oder aus der Luft zur Exploration durchgeführt. Insbesondere tauchen allerdings auch während des laufenden Abbaus gerade kleinräumige Fragestellungen (z. B. Störungsstrukturen) auf, die den Abbaubetrieb erheblich beeinflussen können. Hier stößt die Exploration von der Oberfläche aus schnell an ihre physikalischen Grenzen. Zur Verbesserung der Produktivität und der Sicherheit eines Bergwerkes wird es deshalb immer wichtiger werden, diese kleinräumigen Strukturen, mit Hilfe von geophysikalischen Messungen auch direkt unter Tage, z. B. an der Abbaufont, und im laufenden Abbaubetrieb zu erkunden.

Im Vortrag werden die Ergebnisse einer Literaturrecherche zum Thema geophysikalische Messungen unter Tage vorgestellt. Es wird auf unterschiedliche Messverfahren und Abbaumaterialien eingegangen und dabei ihre Vor- und Nachteile beim Einsatz unter Tage aufgezeigt.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-2.002

Salzhaldentomographie - Geophysikalische Untersuchungen und Modellierungen für die Schwachstellenanalyse einer Kalirückstandshalde

Dünnbier K.¹, Schicht T.², Börner F.¹

(1) Angewandte Geophysik, TU Berlin, Berlin, Deutschland

(2) Erkundungsgeophysik, K-UTEC AG Salt Technologies, Sondershausen, Deutschland

Von 1903 bis 1996 wurde in Thüringen bei Bleicherode Kali- und Steinsalz später Bischofit gefördert. Heute ist es ein Versatzbergwerk. Als Ergebnis von Bergbauaktivitäten auf Kali- und Steinsalz entstehen sogenannte Rückstandshalden aus Bergmassen oder zwischengelagerten Wertstoffen. Diese Halden können mehrere Hektar Grundfläche haben und über 100 m hoch werden. Innerhalb der Halden kommt es unvermeidbar zu Setzungen, Auslaugungs- sowie Stoffumwandlungsprozessen, die eine Gefährdung der Stabilität und somit für die Umwelt und den Menschen darstellen. Der innere Aufbau ist daher von besonderem Interesse für die Einschätzung der Haldenstabilität.

Ziel des Projektes ist es, eine an die spezifischen Eigenschaften des Haldenmaterials angepasste Verfahrenskombination zu entwickeln. Das schließt sowohl tomographische Verfahren wie Geoelektrik und Seismik als auch SIP und NMR mit ein. Aus dem räumlichen Strukturbild sollen Schwächezonen erkannt und lokalisiert werden, die sich insbesondere durch anormale Festigkeiten, Durchlässigkeiten und Wassergehalte erkenntlich machen.

Es wurde eine Reihe von Voruntersuchungen für das Projekt durchgeführt. Proben des bisher unerforschten Materials von verschiedenen Bereichen der Halde wurden auf ihre petrophysikalischen Eigenschaften wie Schallwellengeschwindigkeit und elektrischer Widerstand geprüft und mit ihren geologischen Kennwerten in Verbindung gebracht. Desweiteren wurden bei Feldmessungen verschiedene geophysikalische Methoden auf ihre Verwendbarkeit getestet. Dabei ergab sich zum Beispiel, dass die elektrischen Untersuchungen im Gegensatz zu den Radaruntersuchungen, in Abhängigkeit von Eindringtiefe und Durchfeuchtungsgrad an der Geländeoberkante, sehr gute Ergebnisse liefern.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-2.003

Erkundung altbergbaulicher Strukturen im Ruhrgebiet

Swoboda U.¹, Uchtmann S.¹, Limbrock K.¹, Elsen R.¹, Orlowsky D.¹

(1) DMT GmbH & Co KG, Exploration und Geosurvey, Essen, Deutschland

In einem altbergbaulich überprägten Bereich im Ruhrgebiet wurden im Rahmen von Routineüberprüfungen mehrere Verdachtsbereiche ausgemacht, die geophysikalisch untersucht werden sollten. Das Untersuchungsprogramm beinhaltete geoelektrische und seismische Messungen (Refraktion, Reflexion) auf mehreren Parallelprofilen. Bei den seismischen Daten erfolgte zusätzlich für die Bereiche zwischen den Messlinien eine profilübergreifende Auswertung von Oberflächenwellen.

Die Auswertung der Messdaten lieferte eine Vielzahl von Anomalien, die sich in lokal begrenzte Einzelobjekte (z.B. Fundamentreste) und profilübergreifende Effekte (z.B. Klüftzonen) klassifizieren ließen. Die Messergebnisse wurden durch zusätzliche Informationen aus terrestrischen Vermessungen (Laserscanning) und Ausgasungsmessungen bestätigt.

Neben der Vorstellung der geophysikalischen Untersuchungen wird die geologische und bergbauhistorische Situation im Messgebiet vorgestellt.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-2.004

Geophysikalische Erkundung eines Kohlebrandes im Baltikum

Uchtmann S.¹, Brenner O.¹, Swoboda U.¹, Elsen R.¹, Orlowsky D.¹

(1) DMT GmbH & Co. KG, Geschäftsfeld: Exploration & Geosurvey, Essen, Deutschland

Brennende Kohlehalden stellen weltweit eine große Umweltproblematik dar. Neben den großen Mengen an Treibhausgasen werden auch toxische Gase freigesetzt, die eine Gesundheitsgefahr darstellen können. Zudem kommt es durch den Masseverlust der brennenden Kohle zu Hohlraumbildung und Einbrüchen, die sicherheitsrelevant sind und bei renaturierten Halden das Landschaftsbild zerstören können.

Zur Erkundung eines Kohlebrandes im Baltikum wurde eine hochauflösende Seismik eingesetzt. Die Messdaten wurden einer Oberflächenwellenanalyse unterzogen. Als Ergebnis konnten mehrere Anomalien detektiert werden. Ausschachtungen an zwei Stellen konnten die Interpretation dieser Anomalien als Auflockerungszonen bestätigen. Desweiteren wurde der Einsatz der Elektromagnetik als weitere mögliche Untersuchungsmethode geprüft.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-3.001

Oberflächen-NMR und Elektromagnetische Störquellen - Fallbeispiele und Lösungsansätze für die Anwendung im urbanen Raum

Costabel S.¹, Müller-Petke M.²

(1) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Berlin, Deutschland

(2) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Gesteinsphysik und Bohrlochgeophysik, Hannover, Deutschland

Die Oberflächen-Nuklearmagnetische Resonanz (Oberflächen-NMR) hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten zu einer etablierten hydrogeophysikalischen Erkundungsmethode entwickelt, mit deren Hilfe die Wassergehaltsverteilung im Untergrund direkt ermittelt wird. Zusätzlich lassen sich bei geeigneter Kalibrierung aus den gemessenen NMR-Abklingzeiten im besten Fall die hydraulische Leitfähigkeit, zumindest aber die lithologische Einteilung des Untergrundes ermitteln. Aufgrund der sehr geringen Signalstärke der Methode (wenige 10 bis 1000 nV) und der daraus resultierenden Anfälligkeit für elektromagnetisches (EM) Umgebungsrauschen galt die Methode allerdings lange Zeit als zu unzuverlässig für die praktische Anwendung. So mussten viele Untersuchungsgebiete zur wissenschaftlichen Erforschung dieser Methode nicht nach ihrer hydrogeologischen Relevanz, sondern nach ihren günstigen Rauschbedingungen ausgewählt werden.

In der Praxis treten vor allem in der Umgebung urbaner Gebiete harmonische Oberwellen der Netzspannung (Quellen: Stromleitungen, Bahnschienen, etc.) und breitbandige wavelet-förmige Funksignale (Quellen: Mobil-Funkmasten, Flughäfen, etc.) als EM-Störer auf. Neue technische Verbesserungen, vor allem die mehrkanalige Datenaufzeichnung in Verbindung mit Noise-Referenzspulen machen jedoch neuartige Anwendungen der Rauschunterdrückung möglich. Unsere

Forschung zielt auf die Entwicklung, Optimierung und Kombination verschiedener Strategien zur Unterdrückung der unterschiedlichen Störsignale ab. Unsere Messungen aus verschiedenen Untersuchungsgebieten zeigen, dass mithilfe dieser Entwicklungen auswertbare Oberflächen-NMR-Daten selbst in unmittelbarer Umgebung von Siedlungen und Städten gewonnen werden und zur Problemlösung im Zusammenhang mit hydrogeologischen Fragestellungen beitragen können, z.B. bei der Untersuchung der bewirtschafteten Süßwasserlinsen auf den Nordseeinseln Borkum und Langeoog oder bei der Vervollständigung hydrogeologischer Profile im brandenburgischen Havelland.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-3.002

Abbildung der 2D Verteilung von Wassergehalt und Relaxationszeit aus SNMR Daten

Dlugosch R.¹, Günther T.¹, Müller-Petke M.¹, Yaramanci U.¹

(1) LIAG Hannover, Hannover, Deutschland

Oberflächen-NMR (SNMR) ermöglicht es den Wassergehalt im Untergrund zu bestimmen. Darüber hinaus erlaubt es aus den Relaxationszeiten der NMR Signale Rückschlüsse auf Porengrößen und damit auch hydraulische Leitfähigkeiten abzuschätzen. Der Zugang zu beiden Parameter macht SNMR zu einem sehr nützliches Verfahren um hydrologische Fragestellungen zu beantworten. Obwohl viele großskalige Fragestellungen in erster Näherung oft 1D sind so hat sich die Anwendung von SNMR inzwischen auch auf kleinräumigere Anomalien und damit 2D Bedingungen ausgeweitet. Die Entwicklung von Mehrkanalapparaturen erlaubt die zeitlich effektive Gewinnung dieser umfangreichen Datensätzen. Die aktuelle 2D Inversion von SNMR Daten beschränkt sich jedoch auf die Bestimmung der räumlichen Wassergehaltsverteilung. Wir präsentieren einen robusten Inversionsalgorithmus zur Bestimmung des Wassergehaltes und der Relaxationszeit T_2^* auf Profilen. Dies ermöglicht die Abbildung von Wassergehalt und Relaxationszeiten und damit hydraulischen Leitfähigkeiten aus SNMR Messungen mit einem hohen lateralen Auflösungsvermögen.

Der Inversionsalgorithmus basiert auf den qt-Inversionsschema. Dieser Ansatz invertiert alle gemessenen Daten, bestehend aus "free induction decays" (FID) für verschiedene Pulsemomente q gemeinsam. Damit wird sowohl einer Verbesserung des räumlichen Auflösungsvermögens als auch eine erhöhte Stabilität der Lösung des inversen Problems erzielt. Durch die Berücksichtigung von räumlich getrennten Sende- und Empfangsspulen ergibt sich eine Erhöhung des lateralen Auflösungsvermögens gegenüber rein koinzidenten Spulenanordnungen.

Eine Herausforderung bei der simultanen 2D Inversion von Wassergehalt und Relaxationszeiten ist die Größe des inversen Problems. Um die Größe des Modellraums zu reduzieren, benutzen wir ein unregelmäßiges Gitter und beschränken das Modell auf ein mono-exponentielles Relaxationsverhalten pro Gitterzelle. In Anlehnung an die Datenverarbeitung bei TEM werden die gemessenen FIDs gate integriert um die Größe des Datensatzes zu reduzieren und gleichzeitig das S/N zu verbessern. Erste Ergebnisse an synthetischen Datensätzen und an einem Feldbeispiel demonstriert die erfolgreiche Anwendung.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-3.003

Jointly simulating NMR, electrical and flow properties of partially saturated rocks by means of a triangular pore model

Nordlund C.¹, Klitzsch N.¹, Mohnke O.¹

(1) Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Estimating the relative permeability from NMR relaxometry signatures instead of time consuming laboratory measurements is preferable. However, so far only few studies address the relationship between NMR signatures and transport properties of partially water saturated rocks. In these studies the pore geometry is typically assumed as cylindrical capillaries. Depending on pressure these capillaries are either fully saturated or fully wet. On the other hand, representing pores as capillaries with angular cross sections offers the advantage of not only having them be partially saturated, but also allows for describing the effect of contact angle on trapped water. In this paper we jointly investigate the transport and NMR processes in pores with a triangular cross section, thereby laying the basis for a joint network model, which allows estimation of relative permeability from NMR relaxometry data.

A bundle model of triangular tubes (Tuller and Or, 2001) is adopted to calculate a pressure dependent spatial distribution of water and flow rates in corners and films of partially saturated pores during drainage and imbibition. Furthermore, a fractal approach is applied to describe the surface roughness of the pore walls and thereby allows for consideration of the effective surface area of the film. The surface water film is supposed to have a great influence on the transport properties at partial saturation (e.g. for evaporation) as well as on the electrical rock properties. Therefore, we also calculate the electrical conductivity of the triangular tube.

An analytical model to calculate respective NMR signatures of such corners and films was validated by numerical simulations using finite elements (Mohnke and Klitzsch, 2010) and integrated into the bundle model.

Goal for the research project is to jointly invert NMR and electrical conductivity measurements for water content and transport properties of partially saturated soils employing the triangular pore model.

References:

- M. Tuller and D. Or, *Water Resources Research*, 37(5), 1257-1276, 2001.
O. Mohnke and N. Klitzsch, *Vadose Zone Journal* 9(4), 846-857, 2010.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-3.004

*Strömungspotentialmessungen im Labor unter hydrostatischen Bedingungen***Triebe H.¹, Klitzsch N.¹**

(1) Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen - E.ON Energy Research Center, Aachen, Deutschland

Die Kenntnis der Flüssigkeitsbewegung im Untergrund ist in verschiedensten Bereichen von großem Interesse. Das elektrische Strömungspotential ist ein Parameter, welcher sich in direktem Zusammenhang mit der Flüssigkeitsbewegung durch ein poröses Medium ändert. Die elektrische Potentialmessung an der Erdoberfläche ist ein einfaches, passives und günstiges geophysikalisches Verfahren, welches sich jedoch meist nur eingeschränkt für quantitative Aussagen nutzen lässt. Ein weiteres Verständnis der elektrischen Wechselwirkung von Fluid und Porenoberfläche sowie dessen Anwendung im Modellieren von Fließprozessen aus den damit verbundenen Strömungspotentialen motivierten die hier vorgestellten Labormessungen.

Bestimmend für das Strömungspotential an einem Probekörper ist der Ionengehalt des Porenfluids, die Temperatur sowie der Druck zum Durchströmen der Probe und somit deren Permeabilität. Strömungspotentialmessungen werden meist nach der Fragestellung sowie der Ausstattung des Labors ausgerichtet. Üblicherweise wird eine Probe mittels einer Pumpe mit verschiedenen Pumpraten durchströmt und aus mehreren Wertepaaren von Druck und Spannung der lineare Kopplungskoeffizient durch Interpolation zwischen den Messwerten bestimmt.

Mit einer Messapparatur wurden Proben mittels einer Pumpe durchströmt, außerdem wurden Messungen unter einem langsam abnehmenden Differenzdruck durchgeführt. Beide Verfahren und die daraus ermittelten Kopplungskoeffizienten wurden miteinander verglichen, gleichzeitig wurden die hydraulischen Permeabilitäten ermittelt. Untersuchungen mit NaCl-Lösungen von 10^{-4} mol bis 1 mol wurden an Sandsteinproben mit Permeabilitäten von 10^{-12} m² bis 10^{-17} m² durchgeführt. Es konnten Kopplungskoeffizienten von 10^{-5} VPa⁻¹ bis 10^{-3} VPa⁻¹ bestimmt werden, die sich mit einer Standardabweichung von 10 % reproduzieren ließen.

Es zeigte sich, dass beide Verfahren gleiche Werte liefern. Bei Messungen unter zeitlich abnehmendem Differenzdruck über der Probe ist nach dem Beginn der Messung nur ein Aufzeichnen der Daten erforderlich. Fehler, welche durch Polarisierung an den Elektroden verursacht wurden, sind bei diesem Verfahren geringer. Zeitabhängige chemische Veränderungen die im Porenraum stattfanden, konnten bei Messungen mit abnehmendem Differenzdruck erfasst werden jedoch nicht bei den Messungen mit einzelnen Pumpstufen. Bei abnehmendem Differenzdruck konnte der Kopplungskoeffizient sowohl genauer als auch in einem größeren Permeabilitätsbereich ermittelt werden.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-3.005

Untersuchung von Eigenpotentialvariationen in Kombination mit geophysikalischen und Bodengasmessungen an natürlichen CO₂ Entgasungsstellen

Sandig C.¹, Schütze C.², Sauer U.², Flechsig C.¹, Serfling U.³

(1) Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Deutschland

(2) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, Deutschland

(3) GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, Deutschland

Ein Monitoring von möglichen CO₂-Austritten aus geologischen Speicherstandorten der CCS (Carbon Dioxide Capture and Storage) Technologie erfordert eine Kombination u. a. von geophysikalischen Methoden, die an natürlichen CO₂-Entgasungsstellen validiert und evaluiert werden können. Geophysikalischen Methoden liefern Einblicke in die geologischen Gegebenheiten und ermöglichen damit Strukturgrößen oder gaspermeable Störungen zu identifizieren. Elektromagnetische und gleichstromgeoelektrische Methoden bilden räumliche Veränderungen des spezifischen elektrischen Widerstandes ab, welcher in erster Linie von der Porosität, der Wassersättigung, der Mineralisation der Porenwässer und der Anwesenheit von Tonmineralen abhängig ist. Elektrische Spannungen (Eigenpotentiale und in diesem Falle sog. Strömungspotentiale, SP) entstehen, wenn Fluide durch poröse Medien strömen. Dieses SP kann einfach, kosteneffizient und schnell gemessen werden, die Interpretation kann jedoch nur unter Einbeziehung zusätzlicher Informationen ein tragfähiges Modell der ablaufenden Prozesse im Untergrund liefern. Die Kombination der verschiedenen geophysikalischen Informationen z.B. über den spezifischen elektrischen Widerstand und die Eigenpotentialverteilung mit Oberflächenmessungen der CO₂-Konzentrationsverteilung und dem CO₂-Fluss liefert belastbare Erkenntnisse zur Ausdehnung von Entgasungszonen und trägt zum besseren Verständnis der Fluidtransportprozesse im Untergrund bei.

Es wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt, um Umwelteinflüsse und deren Auswirkungen auf Eigenpotentialmessungen zu verifizieren. Messungen von Strömungspotentialen, die durch Fluidbewegungen (Grundwasserströmung und CO₂-Bodengastransport) im Untergrund verursacht werden, können insbesondere durch oberflächennahe Prozesse wie Bodentemperaturvariationen, Niederschlagsereignisse und Bodenfeuchteschwankungen beeinflusst werden. Anhand von Feldmessungen (Geoelektrik, Elektromagnetik) soll auch der Einfluss der elektrischen Widerstandsverteilung auf die Eigenpotentialvariationen bewertet werden. Anhand von SP-Dauerregistrierungen wurden meteorologische Einflüsse auf Eigenpotentialregistrierungen bewertet.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-4.001

Abklärung der konstruktiven Eigenschaften von Natursteinmauern mit zerstörungsfreien Prüfverfahren - Teil I: Georadar

Hugenschmidt J.¹, Kister B.²

(1) Institut für Bau und Umwelt, Hochschule Rapperswil, Rapperswil, Schweiz (Confoederation Helvetica), (2) Hochschule Luzern, IBL, Horw, Schweiz (Confoederation Helvetica)

Tausende von Natursteinmauern sichern die Verkehrswege in den Alpen. Viele diese Mauern können als historisch betrachtet werden, Unterlagen über ihren Aufbau sind vielfach nicht vorhanden. Die Beurteilung des Sanierungsbedarfs und der Sicherheit dieser Mauern ist schwierig, da die dazu erforderlichen Grundlagen fehlen. Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Entwicklung eines umfassenden Beurteilungssystems für Natursteinmauern soll untersucht werden, welchen Beitrag zerstörungsfreie Prüfverfahren bei der Erkundung der konstruktiven Eigenschaften von alten Stützbauwerken aus Natursteinmauerwerk leisten können. Zu diesem Zweck wurde auf dem Gelände der Hochschule Luzern ein Mauerwerksprobekörper nach historischem Vorbild erstellt. An diesem Probekörper, dessen Aufbau bekannt ist, werden in einer ersten Projektphase verschiedene zerstörungsfreie Prüfverfahren getestet.

Mit dem Georadar wurden Messungen sowohl an einzelnen grossen Blöcken als auch an dem Natursteinmauerwerk des Probekörpers mit unterschiedlichen Antennen ausgeführt. Am Probekörper sind 3 Mauerwerksstärken, ca. 0.6 m, 0.8 - 0.9 m, 1.0 - 1.2 m, vorhanden. Messungen werden ohne und mit Hinterfüllung des Mauerwerks ausgeführt. Um den Einfluss von Wasser in der Hinterfüllung zu untersuchen, kann die Hinterfüllung zudem bewässert werden. Über erste Ergebnisse der Untersuchungen mit Georadar wird berichtet.

Dieses Projekt wird von der Gebert Rüt Stiftung (Projekt Nr. GRS-070/11, http://www.grstiftung.ch/de/portfolio/projekte/alle/y_2011/GRS-070-11.html) und dem Kanton Uri gefördert.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-4.002

Abklärung der konstruktiven Eigenschaften von Natursteinmauern mit zerstörungsfreien Prüfverfahren - Teil II: Akustische Wellen

Kister B.¹, Hugenschmidt J.²

(1) Technik & Architektur / CC KI, Hochschule Luzern, Horw, Schweiz (Confoederation Helvetica)

(2) Institut für Bau und Umwelt, Hochschule für Technik Rapperswil, Rapperswil, Schweiz (Confoederation Helvetica)

Im Rahmen des Forschungsprojektes Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens zur Bestimmung der konstruktiven Eigenschaften von Natursteinmauerwerk bei älteren Stützbauwerken werden, neben dem Georadar (siehe Teil I), auch Verfahren mit akustischen Wellen auf ihre Eignung hin untersucht, Aussagen hinsichtlich der konstruktiven Eigenschaften solcher Bauwerke zu gewinnen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf bereits bestehenden Mess- und

Auswertemethoden, die jedoch an die Besonderheiten des Baustoffs Natursteinmauerwerk anzupassen sind. Es ist vorgesehen die folgenden Messverfahren und Wellentypen einzusetzen:

- Impact Echo Verfahren, Kompressionswellen
- Ultraschall-Impuls-Verfahren, Scherwellen
- Spektralanalyse von Oberflächenwellen, Rayleigh-Wellen

Da die Genauigkeit, mit der die Wellengeschwindigkeit im Mauerwerk bestimmt werden kann, einen hohen Einfluss auf die gesuchten Größen Mauerwerksstärke und Steinabmessung hat, wurden zunächst Transmissionsmessungen sowohl an einzelnen grossen Gesteinsblöcken als auch am Mauerwerksprobekörper an den 3 Abschnitten vermörteltes Mauerwerk, Mauerwerk mit sandgefüllten Fugen und Trockenmauerwerk durchgeführt. Diese Untersuchungen dienen auch dem Zweck festzustellen in welcher Größenordnung die Wellengeschwindigkeit im Mauerwerk variieren kann.

Ebenfalls bereits durchgeführt wurden Impact Echo Messungen an den 3 Abschnitten. Über erste Ergebnisse der Untersuchungen wird berichtet.

Dieses Projekt wird von der Gebert Rüt Stiftung (Projekt Nr. GRS-070/11, http://www.grstiftung.ch/de/portfolio/projekte/alle/y_2011/GRS-070-11.html) und dem Kanton Uri gefördert.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-4.003

Vergleich geoelektrischer Methoden zur Kalibrierung von EMI-Daten

Nüsch A.-K.¹, Werban U.¹, Dietrich P.¹

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

Die elektrische Leitfähigkeit dient als wichtiger Parameter zur Ableitung von Bodeneigenschaften. Daher ist die Elektromagnetische Induktion eine effiziente Methode zur flächendeckenden, großräumigen Messung der Leitfähigkeit in relativen kurzen Zeiträumen. Ein Nachteil ist jedoch, dass diese Daten oft nicht quantitativ verwendbar sind. Messungen mit unterschiedlichen Geräten bzw. an verschiedenen Zeitpunkten können nicht miteinander kombiniert werden. Um dies zu beheben wurden mithilfe verschiedener geoelektrischer Methoden Leitfähigkeitsmodelle des Untergrundes abgeleitet, die zur Kalibrierung von EMI-Daten verwendet werden können.

Als Testfeld wurde ein 100 Meter langes Profil in einer Flussaue an der Mulde in Sachsen ausgewählt. Dieses Profil schneidet einen verlandeten Altarm, somit ist der Untergrund sehr heterogen und die Variabilität der elektrischen Leitfähigkeit hoch.

Zur Messung der Leitfähigkeit wurden verschiedene Geräte unterschiedlicher Eindringtiefe eingesetzt (EM38DD, EM31 von Geonics Ltd.) Mit diesen Instrumenten kann der Untergrund bis in eine Tiefe von 6 Metern untersucht werden. Zur Kalibrierung der EMI-Daten wurde Gleichstromgeoelektrik, Vertical Electrical Sounding und EC-Sondierungen mittels Direct Push verwendet. Die aus den jeweiligen Methoden abgeleiteten Untergrundmodelle waren die Grundlage für ein 1D-EMI-Modellierungsprogramm, das synthetische Werte für die oben genannten Geräte berechnet. Anschließend wurden die gemessenen EMI-Daten mit den

synthetischen verglichen und wenn möglich eine Korrekturfunktion berechnet. Schwerpunkt der Untersuchungen war zum einen Genauigkeit bzw. Glaubwürdigkeit der Leitfähigkeitsmodelle der verschiedenen Methoden, aber auch deren Anwendbarkeit.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-4.004

Modellierung und systematischer Vergleich zweier Direct Push DC- Sonden unter besonderer Berücksichtigung von Signalstabilität und Sondenverschleiß

Demuth D.¹, Bumberger J.¹, Sauer D.², Paasche H.¹

(1) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Leipzig / Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Deutschland

(2) Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Deutschland

Direct Push Untersuchungsmethoden gewinnen besonders für die Erkundungen von Lockersedimenten immer stärker an Bedeutung. Im Gegensatz zu Explorationsverfahren, welche eine vorherige Bohrung benötigen, werden bei Direct Push Verfahren Messsonden direkt in den Untergrund eingeführt und ermöglichen somit eine deutlich ungestörtere Anbindung an die zu untersuchenden Sedimente. Derzeit existieren verschiedene Messsonden zur Untersuchung unterschiedlicher physikalischer Parameter. Weiterhin werden zur Untersuchung des gleichen Parameters teilweise Sonden unterschiedlicher Bauart verwendet. Da ein systematischer Vergleich zwischen Sonden, die zur Ermittlung der gleichen physikalischen Größe dienen, bisher nicht vorliegt, haben wir anhand zweier geoelektrischer Messsonden zur Ermittlung des spezifischen elektrischen Widerstands einen solchen durchgeführt. Mittels numerischer Modellrechnungen in COMSOL Multiphysics und praktischer Messreihen im Labor stellen wir zwei kommerziell verfügbare Sondentypen einander gegenüber. Dabei werden vor allem die unterschiedlichen Bauweisen und daraus resultierende Qualitätsunterschiede in den Messwerten verglichen sowie Aussagen über die Auswirkung von Verschleißerscheinungen auf die gemessene Spannung gemacht, die im Laufe der Zeit auftreten. Der von uns durchgeführte systematische Vergleich unterschiedlicher Sondenbauarten ermöglicht die gezielte Entwicklung von Sonden mit hoher Signalqualität und geringer Signalbeeinflussung durch mechanischen Verschleiß.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-5.001

Umweltphysik - Drei Beispiele

Platt U.¹

(1) Insitut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Die Umweltphysik versteht sich als Teilgebiet der Physik. Sie beschäftigt sich mit Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Fluss von Energie und Materie in der Umwelt, d.h. innerhalb der klassischen Umweltsysteme Wasser, Boden, Luft und Ökosysteme, sowie zwischen diesen Systemen (Transferprozesse an den Grenzen). Das Wort 'Physik' weist auf die spezielle Methode hin, quasi auf den Blickwinkel, unter dem die Probleme betrachtet werden. Ein methodischer Aspekt der Umweltphysik ist die Modellbildung, die dem Systemcharakter der Umwelt Rechnung trägt.

Natürlich ist damit ein außerordentlich umfangreiches Forschungsgebiet beschrieben, tatsächlich werden derzeit nur bestimmte Gebiete von besonderer Relevanz bearbeitet. Im folgenden geben wir drei Beispiele, das erste betrifft die Fernerkundung der Atmosphäre.

Zum Verständnis der komplexen physikalischen und chemischen Prozesse in der Atmosphäre und zur Luftqualitätsüberwachung sind flächendeckende Messungen der Konzentrationen atmosphärischer Spurengase nötig. Dafür war bisher ein dichtes Messnetz und für jedes Spurengas ein spezielles Messinstrument erforderlich. Die Anwendung der Differentiellen Optischen Absorptions-Spektroskopie (DOAS) von Satelliten aus ermöglicht heute die Bestimmung der globalen Verteilung von Spurengase wie Stickoxiden, Schwefeldioxid, reaktiven Halogenverbindungen und den Treibhausgasen CO₂ und Methan mit hoher räumliche und zeitlicher Auflösung. Diese Möglichkeiten haben bereits die Entwicklung von Atmosphärenmodellen revolutioniert und werden der Klimaforschung und weiteren Gebieten der Geo- und Umweltphysik neue Impulse geben.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-5.002

Using geophysical measurements to improve hydrological models

Huisman J.¹, van der Kruk J.¹, Vanderborght J.¹, Vereecken H.¹

(1) IBG 3 - Agrosphere, Forschungszentrum Juelich, Juelich, Deutschland

Hydrogeophysical methods are increasingly being used to improve hydrological models. These efforts to improve hydrological models can be broadly classified in three categories. First, the ability of geophysical methods to provide time-lapse non-invasive measurements with a large spatial coverage allows improving our understanding of processes that are typically not resolved at the field or catchment scale with conventional hydrological measurement methods. This is enforced through recent developments in technological and instrumental capabilities. Second, hydrogeophysical methods may be used for improved zonation of hydrological models by direct mapping of proxies for model parameters. Finally, hydrogeophysical measurements in combination with accurate forward modeling, data fusion and advanced inversion approaches allow for an improved parameterization of models from time-lapse geophysical measurements. In this presentation, we will discuss

recent developments in each of these classes. In particular, we will focus on the use of i) geoelectrical methods and ground penetrating radar to quantify and characterize spatial variations of processes, such as root water uptake, preferential flow and vapor flow processes that are typically poorly resolved at larger scales, ii) electromagnetic induction measurements to conceptualize catchment-scale hydrological models, and iii) the use of time-lapse geoelectrical measurements to parameterize field-scale hydrological models.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-5.003

Application of GPR in Soil Hydrology

Roth K.¹

(1) Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

Ground-penetrating radar (GPR) has been in use for decades for the localization of objects and for the exploration of subsurface structures. Recent developments aimed at more quantitative applications in particular at the measurement of layer boundaries and of spatial distributions of soil water content. We demonstrate that technology and measurement procedures are now developed to a point where they become useful for studying field-scale hydrologic processes. Four applications will be sketched: (i) determination of the topography of the thawing depth at a permafrost site, (ii) monitoring of the water content distribution after a very intensive rain event, (iii) observation of the water table during a pumping experiment, (iv) estimation of soil hydraulic properties. A conclusion will be that a close integration of geophysical and soil physical understanding in concert with numerical simulations opens a new door to quantitative soil hydrology.

S2 Ingenieur- und Umweltgeophysik Poster**Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.001 Poster**

Spectral cluster analysis: A new tool for the integration of surface-based tomographic models and hydrologic parameter estimation

Hachmöller B.¹, Paasche H.²

(1) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

(2) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Leipzig, Department Monitoring und Erkundungstechnologien, Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

Geophysical imaging techniques are employed to support the characterization of unconsolidated aquifers. In many cases, utilization of geophysical models derived by tomographic surveys carried out on the Earth's surface is limited to a rather qualitative interpretational support of traditional borehole-based hydrological information. Alternatively, deterministic petrophysical relations have been employed to link a distinct imaged physical property, i.e. electrical resistivity, with a desired hydraulic parameter, i.e. porosity. The success of such direct approaches depends critically on proper geophysical imaging as well as on site specific calibration of the petrophysical relation. Recently, a more flexible data integration and parameter estimation approach relying on fuzzy partitioning cluster analyses has been developed allowing for the extrapolation of sparsely known parameters, i.e. hydraulic conductivities, based on the integrated information of multiple geophysical parameter models. However, application has been limited to geophysical models emanating from crosshole tomographic surveys. Opposite to crosshole tomographic models, surface-based geophysical models obtained by smoothness and damping constrained inversion of tomographic data suffer from a depth-dependent imaging contrast reduction. Therefore it is very unlikely that two equal anomalies located in different model depths are grouped into the same cluster when applying partitioning cluster techniques analyzing model heterogeneity globally.

Here, we use a spectral cluster algorithm to perform a more local information analysis compared to partitioning cluster analysis as basis for the model integration to overcome classification distortion due to depth-dependent imaging capabilities of the geophysical modeling procedure. We test spectral clustering based model integration and parameter estimation methodology on a synthetic unconsolidated alluvial aquifer of clayey sand inhibiting a stochastic porosity distribution. For this aquifer model, synthetic seismic velocity and ERT models are derived. As a result a zonal geophysical multi-parameter model is obtained outlining dominant structures present in both geophysical models imaging the synthetic aquifer. Furthermore, we use the cluster membership information to derive a 2D model of porosity distribution by extrapolating sparse porosity logging data. The lateral logging positions have been optimized by analysis of the fuzzy membership information.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.002 Poster

*Analysis of Landslide seismicity using the Smoothed Particle Method***Eisermann A.¹, Joswig M.¹**

(1) Universität Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, Deutschland

Landslides are geological phenomena that include a wide range of ground movements as deep slope failures or debris- and mud flows, as in the chosen case study of the Super-Sauze mud slide (France). Within the slope body minute fracture processes are occurring that release seismic energy, even if a pre-failure slope might be in a "stable" state. The analysis of the landslide seismicity therefore yields information about its dynamic regime, allows for the localization of possible failure zones and enhances the understanding of the underlying processes that govern the slope dynamics. The local seismicity can be monitored by the technique of "Nanoseismic Monitoring", which allows to detect and localize seismic events in the slope body with Magnitudes down to MI-3.

To understand the processes behind these failure events and the governing de-/stabilization factors for the slope, a two phase Smoothed Particle Method (SPM) is applied. SPM is a particle method in which the object is discretized into a set of spherical radially smoothed out elements, for which the corresponding differential equations are solved. Historically originating from interstellar gas dynamics, this approach was extended in the last decades over fluid to solid dynamics. As mesh free discrete numerical method, it provides a computationally straightforward scheme for simulating the complex and highly non-linear behaviour of granular rocks and soils on the macroscopic slope scale. As soil constitutive model the Drucker-Prager model with associated flow rule and softening effects is applied. A dually coupled solid-fluid two phase model is used; A SPH fluid layer describing free water flow solving the Navier-Stokes-Equation and a donor-acceptor scheme for unsaturated/saturated soil effects and ground water dynamics based on darcy's law. Thereby important stability factors as pore water pressure can be obtained and water saturation dependent soil parameters be introduced.

Its new formulation allows to identify the failure zones that cause detectable seismic events and with SPM being a mesh free method failure processes can be observed from their nucleation to their full extent; Growth of pre-existing failure zones by seismic reactivation or cyclic load, until final slope failure. Several synthetic slope geometries and scenarios are examined for zones of seismic activity and correlated with monitored data.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.003 Poster

Deeply weathered granite as obstacle for groundwater investigation with electrical/electromagnetic methods?

Noell U.¹, Tiberghien C.¹, Valley S.¹, Seibold R.¹, Ryumeko M.²

(1) BGR, Hannover, Deutschland, (2) IGEBU, Gitega, Burundi

In two areas of Burundi, close to the towns of Kirundo and Gitega, electrical resistivity tomography (ERT) and transient electromagnetic measurements (TEM) were used to investigate the depth, thickness and spatial extent of aquifers in order to optimize the positioning of groundwater monitoring boreholes. Drilling reports of varying quality were available for a small number of existing boreholes. The ERT sections were measured with 100 electrodes placed at distances of 4 m. The TEM measurements were undertaken using a single loop configuration with loop sizes of both 25 m and 50 m. Surprisingly no increased resistivity was observed at depths between 60 - 80 m, which would have been expected if fresh granite or unweathered metasediments had been present as specified in the drillers reports. Samples of drilling arisings indicated the presence of metasediments at these depths which seem to be highly weathered. High water filled porosities of such layers could explain the low resistivity values which were observed in the field. These layers could potentially provide important groundwater yields while they might appear as fresh rock to the driller. In order to prove this hypothesis further work is planned including the drilling and geophysical logging of boreholes and magnetic resonance sounding. This will allow to investigate the presence of clays and to quantify the abstractable water content of these layers.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.004 Poster

Untersuchung von Bergbauhalden des Westharzes im Hinblick auf Wertstoffpotential und Kontaminationsgefährdung: das BMBF Projekt ROBEHA

Martin T.¹, Kuhn K.¹, Meyer U.¹, Rammlmair D.¹, Drobe M.¹, Noell U.¹

(1) BGR, Hannover, Deutschland

Im Rahmen des vom BMBF geförderten r³-Verbundprojektes ROBEHA werden Halden aus unterschiedlichen Abbauschritten der bergbaulichen Tätigkeit und unterschiedlichen Bergbaurevieren des Westharzes erfasst. An ein bis zwei voraussichtlich höffigen Halden werden detaillierte Untersuchungen bezüglich der potenziellen Wirtschaftlichkeit einer Wiederaufbereitung und Verwertung dieser Reststoffe durchgeführt. Voraussetzung für die sachgerechte Bewertung der Bergbauhalden ist die enge Kooperation verschiedener Fachgebiete: Rohstoffgeologie, Geophysik, Mineralogie, Aufbereitungstechnik sowie Rohstoffökonomie. Das Projekt strukturiert sich in Arbeitspakete mit den Schwerpunkten: 1.) geochemische und mineralogische Untersuchungen des Haldenmaterials mit dem Ziel der Charakterisierung der unterschiedlichen Wertstoffphasen 2.) Geophysikalische Erkundung der Halden zur Abgrenzung der Größe und Lage der Beispielhalde(n), sowie zur Detektion ihrer Internstrukturen 3.) Montangeologische Wirtschaftlichkeitsstudie zur Bewertung der Ergebnisse der stofflichen und strukturellen Untersuchungen. Die Verknüpfung einer Kosten-

Nutzenanalyse mit der Bewertung einer Haldensanierung aus Umweltschutzgründen (falls nötig), dient der Entscheidungsfindung, welche Halden derzeit ökonomisch rückbaubar sein könnten.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.005 Poster

Luftgestützte VLF-Messungen über Störungs- und Versalzungszone in Ostbrandenburg

Lay M.¹, Herd R.¹, Schafrik W.¹

(1) Lehrstuhl Rohstoff- und Ressourcenwirtschaft, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Cottbus, Deutschland

Im Rahmen des GEOTECHNOLOGIEN-Projekts "brine - CO₂-Speicherung in Ostbrandenburg: Implikationen für eine synergetische geothermische Energiegewinnung und Konzeptionierung eines Frühwarnsystems gegen Grundwasserversalzung" werden Daten aerogeophysikalischer VLF-Messungen ausgewertet, um Störungs- und Versalzungszone zu identifizieren. Die VLF-Messungen ergänzen Datensätze der bodengestützten Verfahren (Gleichstromgeoelektrik und Elektromagnetik im Frequenzbereich), die bis etwa 200 m Tiefe in den Boden eindringen. Diese Methoden kommen zum Einsatz, um vertikale Wegsamkeiten für den Aufstieg von elektrisch hochleitfähigem salinem Grundwasser zu lokalisieren. Das relativ selten angewandte VLF-Verfahren wurde ausgewählt, da das klassische Einsatzgebiet dieser Methode die Detektion von gut leitfähigen Strukturen (zum Beispiel Vererzungen) im Kontrast zu weniger leitfähigem Umgebungsmaterial ist. Gut leitfähige Versalzungszone entstehen unter anderem durch den Aufstieg salinärer Wässer in tektonischen Störungszone oder in glazialen Erosionsrinnen im Rupelton. Dort können VLF-Wellen ein ausreichend konditioniertes elektromagnetisches Sekundärfeld erzeugen, das mit einem VLF-Sensor gemessen werden kann.

Als VLF-Empfänger wird das Gerät Hertz Totem 2A im Frequenzbereich zwischen 15 kHz und 25 kHz verwendet. Der Sensor verfügt über die Möglichkeit zwei Frequenzkanäle gleichzeitig zu empfangen. Die Messgrößen sind Totalfeld und vertikaler Imaginärteil der magnetischen Komponente des EM-Feldes. Die Montage des plattformunabhängigen Messgerätes erfolgte an die Tragflächenstütze des Flugzeugs Cessna 172. An dieser Stelle ist das Signal-Rausch-Verhältnis maximal. Die Messwerte wurden während der Überfliegung von potenziellen Versalzungsstellen und Störungszone aufgezeichnet. Für die Beurteilung der Anomalien fanden Befliegungen zusätzlich über Hochspannungsleitungen sowie über Siedlungs- und Industriegebieten statt. Dadurch können die Anomalien von Versalzungs- und Störungsstrukturen hinsichtlich ihrer Überlagerung mit anthropogenen Einflüssen untersucht werden. Die gewonnenen Ergebnisse werden mit den Daten der am Boden durchgeführten geophysikalischen Messungen verglichen und zusammen mit Resultaten von Grundwasserbeprobungen analysiert. Dabei konnten Erkenntnisse über potenzielle Versalzungszone außerhalb der bekannten Standorte gewonnen werden.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.006 Poster

Hierarchical diagnostic monitoring concept for detecting CO₂ releases- Combination of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy with geophysical and soil gas investigations

Sauer U.¹, Schütze C.¹

(1) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland

Monitoring at carbon dioxide capture and storage (CCS) facilities is required for a wide variety of purposes - from ensuring and documenting effective injection well controls, or verifying the quantity and behavior of injected CO₂ in the storage formation, to detecting leakages in the subsurface and at the surface. Diagnostic monitoring tools applied at different scales (both in desired resolutions and in real time) are required to reliably detect and assess possible leakages from storage formations in the shallow subsurface and to establish a risk assessment strategy at CCS facilities.

Within the MONACO project (**M**onitoring **a**pproach for geological **CO**₂ storage sites using a hierarchic observation concept; funded by GEOTECHNOLOGIEN Program), an hierarchical diagnostic monitoring concept is proposed, with the aim of reliably detecting and assessing possible leakages from storage formations into the shallow subsurface (including aquifers and unsaturated zones, plus degassing of CO₂ into the atmosphere). This concept - incorporating method developments and applications ranging from remote sensing (open-path Fourier-transform infrared (OP-FTIR) spectroscopy), to regional measurements (geophysics and soil CO₂ flux measurement), to local in-situ measurements (Direct Push Technology) - will enable large spatial areas to be consistently covered. With this concept, we seek to achieve an integration of all data measured at different scales, thereby allowing for common interpretation of results.

Analogue sites can facilitate the achievement of valuable information that helps not only to improve our understanding of the chemical and physical processes which need to be observed within a reliable monitoring concept; but also provide insights into processes related to CO₂ migration and leakage at CCS sites. Natural analogues are characterized by optimal conditions up to critical values to evaluate and validate monitoring methods.

First promising results achieved from measurements taken at natural analogue sites in the Czech Republic indicate that the hierarchical diagnostic monitoring concept represents a multidisciplinary modular concept working in different scales and resolutions. The application of OP FTIR spectroscopy in combination with soil gas surveys and geoelectrical investigations have been proven to be a valuable tool for the comprehensive characterization including atmospheric and near-surface CO₂ distribution as well as structural subsurface features.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.007 Poster

Combining geophysical methods for monitoring of soil water dynamics at the hillslope-scale.

Martini E.¹, Kögler S.¹, Grau T.¹, Wollschläger U.¹, Werban U.¹, Behrens T.², Schmidt K.², Dietrich P.¹, Zacharias S.¹

(1) Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ, Monitoring & Exploration Technologies, Leipzig, Deutschland

(2) University of Tübingen, Department of Geography, Tübingen, Deutschland

In the Harz Mountains (Central Germany), a hillslope area was chosen to be monitored using a wireless sensor network (*SoilNet*), that measures soil water content and soil temperature with an hourly interval. Along the hillslope, the soil types drive a specific hydrological response, and lateral flows are expected to be relevant within the runoff process. Additionally, time-lapse Electromagnetic Induction (EMI) measurements were carried out to observe changes in apparent electrical conductivity (ECa). The aims of the work were (i) to test and validate geophysical platforms at the field scale, for monitoring soil water dynamics, and (ii) to design spatially optimized monitoring strategies for soil water content using geophysical methods.

The study area was investigated using several Proximal Soil Sensing (PSS) methods, in order to map the soil spatial variability. Based on PSS data and the Digital Elevation Model (DEM) of the study site, a conditioned Latin Hypercube Sampling strategy (cLHS) was applied to select 30 sampling locations for the *SoilNet* nodes. In order to intensify the observations, 10 additional locations were added to the network. In total, 40 network nodes, each comprising 6 sensors, were installed at 3 depths (two repetitions at 5, 25, and 50 cm), providing measurements with high spatial and temporal resolution. A sensor specific calibration was performed in order to enhance the accuracy of both soil water content and soil temperature estimation. Because of the large amount of data and the long term monitoring purpose, a MATLAB code was implemented to automatically sort, process and plot the data. The *SoilNet*, coupled with an appropriate sampling scheme, demonstrates to be suitable for high resolution monitoring, despite some technical issues have to be considered. Soil water content spatial patterns are likely to be consistent with ECa spatial variability detected by the EMI measurements.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.008 Poster

Kombinierte Interpretation geophysikalischer Daten zur Charakterisierung der Deckschicht entlang eines Hanges

Brodic B.¹, Feskova T.¹, Martini E.¹, Zacharias S.¹, Dietrich P.¹, Pohle M.¹, Kögler S.¹

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

Im Rahmen von CAOS-Projekt (Catchments As Organised Systems) wurde eine hydrogeologische Untersuchung durchgeführt. Das Ziel dieser Untersuchung ist die genaue Bestimmung der Tiefe der Kontrasthorizonte und Zonen unterschiedlicher Bodenfeuchte im Untergrund unter Anwendung unterschiedlicher geophysikalischer Methoden (Gleichstromgeoelektrik, Refraktionsseismik, Elektromagnetische Induktion (EMI)). Außerdem sollen Informationen über wasserführende Horizonte für hydrologische Modelle abgeleitet werden. Eine kombinierte Auswertung, die auf verschiedene physikalische (elektromagnetische und elastische) Parameter basiert, kann die Interpretation geophysikalischer Daten verbessern und die detaillierteres Abbild des Untergrundes geben. Während einer Messkampagne im Oktober 2012 wurden im Einzugsgebiet Schäfertal, das im unteren Harz Gebirge in Deutschland liegt, sechs Profile mit Geoelektrik (Wenner-Anordnung, 0.5 Elektrodenabstand), fünf Profile mit Refraktionsseismik (1 m Geophonabstand, 4 m Schussabstand, 32 Schüsse entlang jedes Profils) und eine Fläche von 2.5 ha mit EMI vermessen. Die Daten wurden hinsichtlich ihrer Aussagekraft zur Bestimmung der Tiefe der Kontrasthorizonte und der Lokalisierung der Zonen unterschiedlicher Bodenfeuchte verglichen. Geoelektrik und Refraktionsseismik zeigen gute Ergebnisse zur Bestimmung der Kontrasthorizonte. Die Korrelation zwischen Geoelektrik und EMI bietet gute Ergebnisse zur Lokalisierung der Bodenfeuchtezonen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass eine kombinierte Interpretation geophysikalischer Daten zur Abschätzung von Bodenparametern geeignet ist und für die hydrologische Aufgabenstellung anwendbar ist. Die gleiche Methode soll zukünftig für ein anderes Einzugsgebiet angewendet werden.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.009 Poster

Labor- Messplatz zur Erfassung von Strömungspotentialen unter hydrostatischen Bedingungen

Triebe H.¹, Klitzsch N.¹

(1) Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen - E.ON Energy Research Center, Aachen, Deutschland

Die Kenntnis der Flüssigkeitsbewegung im Untergrund ist in verschiedensten Bereichen von großem Interesse. Das elektrische Strömungspotential ist ein Parameter, welcher sich in direktem Zusammenhang mit der Flüssigkeitsbewegung durch ein poröses Medium ändert. Die elektrische Potentialmessung an der Erdoberfläche ist ein einfaches, passives und günstiges geophysikalisches Verfahren, welches sich jedoch meist nur eingeschränkt für quantitative Aussagen nutzen lässt. Ein weiteres Verständnis der elektrischen Wechselwirkung von Fluid

und Porenoberfläche sowie dessen Anwendung im Modellieren von Fließprozessen aus den damit verbundenen Strömungspotentialen motivierten die hier vorgestellten Labormessungen.

Bestimmend für das Strömungspotential an einem Probekörper ist der Ionengehalt des Porenfluids, die Temperatur sowie der Druck zum Durchströmen der Probe und somit deren Permeabilität. Strömungspotentialmessungen werden meist nach der Fragestellung sowie der Ausstattung des Labors ausgerichtet. Üblicherweise wird eine Probe mittels einer Pumpe mit verschiedenen Pumpraten durchströmt und aus mehreren Wertepaaren von Druck und Spannung der lineare Kopplungskoeffizient durch Interpolation zwischen den Messwerten bestimmt.

Mit einer Messapparatur wurden Proben mittels einer Pumpe durchströmt, außerdem wurden Messungen unter einem langsam abnehmenden Differenzdruck durchgeführt. Beide Verfahren und die daraus ermittelten Kopplungskoeffizienten wurden miteinander verglichen, gleichzeitig wurden die hydraulischen Permeabilitäten ermittelt. Untersuchungen mit NaCl-Lösungen von 10^{-4} mol bis 1 mol wurden an Sandsteinproben mit Permeabilitäten von 10^{-12} m² bis 10^{-17} m² durchgeführt. Es konnten Kopplungskoeffizienten von 10^{-5} VPa⁻¹ bis 10^{-3} VPa⁻¹ bestimmt werden, die sich mit einer Standardabweichung von 10 % reproduzieren ließen. Es zeigte sich, dass beide Verfahren gleiche Werte liefern. Bei Messungen unter zeitlich abnehmendem Differenzdruck über der Probe ist nach dem Beginn der Messung nur ein Aufzeichnen der Daten erforderlich. Fehler, welche durch Polarisation an den Elektroden verursacht wurden, sind bei diesem Verfahren geringer. Zeitabhängige chemische Veränderungen die im Porenraum stattfanden konnten bei den Messungen mit abnehmendem Differenzdruck erfasst werden jedoch nicht bei den Messungen mit einzelnen Pumpstufen. Bei abnehmendem Differenzdruck konnte der Kopplungskoeffizient genauer und in einem größeren Permeabilitätsbereich ermittelt werden.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.010 Poster

Fließrichtungs- und Fließgeschwindigkeitsbestimmung im Brunnen eines zukünftigen thermischen Aquiferspeichers

Berthold S.¹

(1) DGFZ e.V., Dresden, Deutschland

Aufgrund steigender Energiekosten, ist mit einer Zunahme von Anlagen der oberflächennahen Geothermie zur Heizung bzw. Klimatisierung von Gebäuden zu rechnen. Neben den bekannten Erdwärmesonden werden seit etwa 25 Jahren natürlich vorkommende Grundwasserschichten (Aquifere) für die vorübergehende Speicherung von Wärme oder Kälte genutzt. Weltweit sind hunderte dieser Anlagen in Betrieb. Besonders in dicht besiedelten Gebieten stellen die gegenseitige thermische Beeinflussung geothermischer Anlagen und konkurrierende Nutzungen des Untergrundes einen Risikofaktor dar. Wichtig zur Abschätzung des Gefährdungspotentials ist die Bestimmung der Reichweite der thermischen Beeinflussung im Untergrund.

Für einen zukünftigen thermischen Aquiferspeicher (ATES, Aquifer thermal energy storage) sollten daher die Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers festgestellt werden. Zum Einsatz kam die Bohrlochsonde MULTRACE, die die Bestimmung der lokalen Grundwasserfließrichtung und -

geschwindigkeit unter Nutzung nur einer Bohrung bzw. Messstelle ermöglicht. Die Messung der Grundwasserbewegung erfolgt mittels Tracerverfolgung bei minimierter Störung des natürlichen Strömungsfeldes und Unterdrückung unerwünschter vertikaler Konvektion. Das Messprinzip basiert auf der Erzeugung eines definierten Tracers im Filterrohr (Tracerringraum-Austauschverfahren) und der Erfassung der zeitlichen und richtungsspezifischen Änderung der Tracerverteilung infolge der Grundwasserströmung. Dazu werden die durch den Tracer geänderte elektrische Leitfähigkeit (Geoelektrikmessung) und Temperatur azimuthal in acht Richtungen im Nah- und Fernfeld erfasst. Als Tracer wird entweder eine temperierte NaCl-Lösung oder temperiertes destilliertes Wasser eingesetzt. Die gewonnenen Informationen aus den geoelektrischen Messungen stammen aus dem durch das Bohrloch weitgehend unbeeinflussten Bereich im Aquifer.

Die aktuellen Messungen fanden in der verfilterten Bohrung des zukünftigen Brunnens in einer Teufe von 78 m statt. Die Messergebnisse zeigen eine Fließgeschwindigkeit (Darcygeschwindigkeit) von 160 m/Jahr und eine Strömungsrichtung von Ost-Nordost nach West-Nordwest. Die gewonnenen Informationen zur Grundwasserströmung ermöglichen Aussagen zur Ausbildung der thermischen Front im Aquifer zwischen den zwei geplanten Brunnen und im Umfeld bei unterschiedlichen Temperaturen.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.011 Poster

Jointly deriving NMR surface relaxivity and pore size distributions by NMR relaxation experiments on partially de-saturated rocks

Mohnke O.¹, Haber A.²

(1) RWTH Aachen, Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, Aachen, Deutschland

(2) Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Nuclear magnetic resonance (NMR) is a method used over a wide field of geophysical applications e.g. petrophysics, logging or hydrogeology, to non-destructively determine transport and storage properties of rocks and soils. Measured NMR amplitudes directly correspond to the rock's fluid (water, oil) content, whereas the NMR relaxation rates (longitudinal/transversal decay time T1, T2) can be used to derive pore sizes and permeability as they are related to physiochemical properties of the rock-fluid interface, i.e. surface relaxivity. This parameter, however, has to be determined and calibrated prior to estimating pore sizes from NMR measurements. Methods typically used to derive surface relaxivity to calibrate NMR pore sizes comprise mercury injection, pulsed field gradients (PFG-NMR) or grains size analysis. In this study we present an alternative approach to estimating NMR surface relaxivity jointly with pore size distributions using NMR relaxation data of partially de-saturated rocks.

In this technique, a conventional (T1 or T2) NMR relaxation experiment is performed twice: firstly on the fully saturated sample and secondly on the partly de-saturated sample (e.g. by centrifuge, air pressure or suction) at a known differential pressure. Subsequently, the pore (capillary) radius distribution and surface relaxivity are derived by jointly optimizing the NMR relaxation data and the Young-Laplace equation.

The method has been tested and validated with NMR data measured on various samples (porous filter ceramics) of well-known petrophysical properties, i.e. permeability, porosity, Spor, pore size distributions. Inversion results are in a good agreement with the known properties of the samples. The presented approach can therefore be applied to non-destructively estimate surface relaxivity and calibrate NMR pore sizes distributions using standard (1D) NMR relaxation experiments.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.012 Poster

Kombinierte Oberflächen-NMR und TEM Messungen zur Untersuchung der Süßwasserlinse auf der Nordseeinsel Langeoog

Costabel S.¹, Noell U.¹, Günther T.²

(1) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geophysikalische Erkundung - Technische Mineralogie, Berlin, Deutschland

(2) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Geoelektrik und Elektromagnetik, Hannover, Deutschland

Im Forschungsprojekt FLIN (Freshwater Lens INvestigations) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) werden elektrische und elektromagnetische Erkundungsverfahren eingesetzt, um Kapazität, Ausmaß und die interne Struktur von Grundwasserlinsen zu erkunden. Diese Informationen werden dann in hydraulische Modellrechnungen einfließen, welche die Grundwasser-Dynamik der Linse vorhersagen sollen. Die Nordseeinsel Langeoog wurde im Rahmen des FLIN-Projektes als Testgebiet ausgewählt. Die ersten geophysikalischen Geländemessungen sind im Oktober 2012 durchgeführt worden. Dabei sind neben geoelektrischen Profilmessungen auch kombinierte Messungen der Oberflächen-Nuklearmagnetischen Resonanz (Oberflächen-NMR) und der transienten Elektromagnetik (TEM) eingesetzt worden, deren vorläufige Ergebnisse in diesem Beitrag vorgestellt werden.

Wie unsere Feldbeispiele zeigen, kann durch die kombinierte Anwendung von Oberflächen-NMR und TEM die vertikale Verteilung des Wassergehaltes und der NMR-Relaxationszeit (Oberflächen-NMR), sowie des elektrischen Widerstandes (TEM) ermittelt und hydrogeologisch interpretiert werden. Wesentliche hydraulisch wirksame Parameter der untersuchten Süßwasserlinse können auf diese Weise abgeleitet werden: die Salz-Süßwassergrenze im überwiegend sandigem Untergrund, die lithologische Unterscheidung der verschiedenen beteiligten Sandfraktionen, sowie die Abgrenzung der Grundwasserstauer im Untergrund. Zukünftige Messungen werden das Netz von NMR-TEM-Messpunkten auf der Insel verdichten, um am Ende eine flächendeckende Aussage zu bekommen. Durch halbjährliche Wiederholungen der TEM Messungen auf diesem Netz werden die jahreszeitlichen Schwankungen der Salz-Süßwassergrenze untersucht. Die kombinierten Messungen aus Oberflächen-NMR und TEM sollen in Zukunft mithilfe von Joint-Inversionsverfahren ausgewertet werden.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.013 Poster

Untersuchungen zur thermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrunds: analoge, numerische und geoelektrische Analyse der Wärmeausbreitung in porösen Medien

Giordano N.¹, Firmbach L.², Watanabe N.³, Comina C.⁴, Mandrone G.¹, Kolditz O.³, Dietrich P.², Vienken T.²

(1) Istituto di Geoscienze - Università degli Studi di Torino, Centro di Geoscienze Applicate, Turin, Italien, (2) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Monitoring- und Erkundungstechnologien, Leipzig, Deutschland

(3) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ, Umweltinformatik, Leipzig, Deutschland

(4) Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Terra, Turin, Italien

In Folge der Energiewende gewinnt die thermische Nutzung des Untergrundes als Energieträger sowie als energetischer Speicher, insbesondere bezogen auf die Sicherung der Grundlastfähigkeit regenerativer Energien, zunehmend an Bedeutung. Dabei steigt die Anzahl der Systeme zur Nutzung oberflächennaher Geothermie stetig. Mit dem Beschluss des EEWärmeGesetzes und der darin verankerten Verpflichtung zur anteiligen Nutzung erneuerbarer Energie für Neubauten, wird die Anzahl dieser Anlagen auch zukünftig steigen. Mit Bau und Betrieb dieser Systeme sind allerdings auch direkte Auswirkungen auf die Schutzgüter Boden und Grundwasser verbunden. Qualitative Studien geben bereits Auskunft über das Gefährdungspotenzial für Umwelt und Anlagentechnik. Dabei beruhen Angaben zur Dimensionierung und Betrieb dieser Anlagen meist nur auf numerischen Simulationen - dies reicht für einen nachhaltigen Betrieb solcher Anlagen in der Praxis allerdings häufig nicht aus.

Um die Lücke an experimentellen Daten zu schließen, untersucht diese Studie die Ausbreitung von Wärme innerhalb poröser Bodenmaterialien im Labormaßstab unter a) verschiedenen Wassergehalten und b) einer induzierten Wasserströmung. In dem experimentellen Aufbau wurde mit einer Wärmequelle ein Wärmestrom erzeugt. Mit vier Temperatursensoren in festgelegten Abständen zur Wärmequelle wurde dabei die Wärmeausbreitung überwacht und aufgezeichnet. Anschließend wurden die Messwerte mit den Ergebnissen einer Simulation der experimentellen Rahmenbedingungen innerhalb der Software OpenGeoSys (OGS) verglichen. Für Felduntersuchungen wird oft die nicht-invasive geophysikalische Methode der elektrischen Widerstandstomographie (ERT) herangezogen. Um hier das Potential der ERT für ein Temperaturmonitoring zu testen, wurde während der Temperaturmessungen zusätzlich der elektrische Widerstand mittels Multi-Column-Array in den verschiedenen Tiefen aufgezeichnet.

Bisherige Messergebnisse für zwei verschiedene Materialien bestätigen den Einfluss der Porosität sowie der Korngrößenverteilung auf die Wärmeausbreitung. Ebenso zeigen die Ergebnisse der Materialien im trockenen bis hin zum wassergesättigten Zustand den Einfluss konduktiver und konvektiver Effekte. Der Vergleich der gemessenen Temperaturwerte mit ermittelten Werten nach empirischen Gesetzen sowie der numerischen Simulation mit OGS erwies eine gute Übereinstimmung. GleichermäÙen korrelieren die geoelektrischen Daten mit den Temperaturwerten.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.014 Poster

Grundlagenuntersuchungen von neuartigen US-Sensoren in Beton

Wolf J.¹, Mielentz F.¹

(1) BAM, Berlin, Deutschland

Für Ultraschall-Tomografiemessungen in Betonbauteilen wurden neuartige radialsymmetrisch abstrahlende Longitudinalwellenprüfköpfe mit einer Mittenfrequenz von 60 kHz auf deren Eignung hinsichtlich Abstrahlcharakteristik, Empfindlichkeit und Frequenzspektrum untersucht.

Für die Messung der Abstrahlcharakteristiken wurden die Prüfköpfe vertikal und horizontal in Betonzyylinder eingebettet und die Richtungsabhängigkeiten des Schalldrucks mithilfe eines Laservibrometers gemessen. Die Streuung der Prüfkopfempfindlichkeit wurde im Wasserbad unter Verwendung verschiedener Köpfe gleicher Bauart bestimmt. Außer Änderungen der Signalamplituden zeigten sich auch Schwankungen im Frequenzbereich bei verschiedenen Sender-Empfängerkombinationen.

Die Schallschwächung des Betons hat Einfluss auf die erreichbare Auflösung von Tomografiemessungen und damit auf die maximal möglichen Senderabstände im Bauteil. Durch experimentelle Untersuchungen und Simulationen erfolgte eine Optimierung der Abstände hinsichtlich des Aufwandes und der geforderten Auflösung. Die Signalschwächung im Beton wurde mit verschiedenartigen Schwingungsimpulsen im Frequenzbereich von 30 kHz bis 120 kHz in Abhängigkeit verschiedener Bewehrungsgrade und Korngrößen ermittelt. Hierfür wurden die Sensoren in unterschiedlichen Abständen in die Probekörper einbetoniert und die Empfangssignale hinsichtlich Amplitudenabfall und Frequenzspektrum untersucht.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.015 Poster

Radarmessungen mit Constant-Offset zur Untersuchung von Strukturschwächungen in Betonbauteilen

Trela C.¹, Kind T.¹, Schubert M.¹

(1) BAM Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung, FB 8.2, Berlin, Deutschland

Das Radarverfahren ist eines der Zerstörungsfreien Prüfverfahren, das es ermöglicht durch die Reflexion der elektromagnetischen Wellen an unterschiedlichen Materialien Strukturen im Inneren von Bauteilen abzubilden. Ein typisches und zunehmend nachgefragtes Problem im Bauwesen ist die Suche nach Strukturschwächungen. Das können Entmischungen der Betonbestandteile Zement und Zuschlag sein, die als lokale Kiesnester oder sogar Hohlräume eine verminderte Qualität des Betons widerspiegeln, aber auch zu strukturellem Versagen führen können. Dies trifft vor allem auf Betonbauteile zu, die sehr dicht mit Stahl verstärkt (bewehrt) sind. Einige Untersuchungen in der Vergangenheit mit Einzelantennen haben gezeigt, dass es bei flächenhaften, scannergesteuerten Messungen mit einem sehr feinem Messraster möglich ist, die nur schwach reflektierenden Strukturschwächungen in Form von Kiesnestern trotz der vielen metallisch gut reflektierenden Einbauteile nachzuweisen. Dabei ist es besonders schwierig, hinter Bewehrungsmatten zu

schauen, welche häufig nur wenige Zentimeter unter der Oberfläche liegen. Für die flächenhafte Detailuntersuchung von Strukturschwächungen sind positionsgenaue Radarmessungen notwendig, die zunehmend automatisiert durchgeführt werden. Um die Messzeit zu reduzieren, sollen zukünftig Antennenarrays eingesetzt werden. Für den Aufbau solcher Arrays muss die Antennenanordnung für die jeweilige Fragestellung optimiert werden. Es soll nun herausgefunden werden, durch welche Messanordnung bei der Verwendung von mehreren Antennen die Auflösung der Abbildungen von den oben genannten Inhomogenitäten in Beton verbessert werden können. Hierfür sind systematische Untersuchungen an Testkörpern mit definiert eingebauten Strukturschwächungen hinter verschiedenen Bewehrungsmatten geplant. In einer Vorstudie wurden automatisierte Messungen an einem Testkörper mit und ohne Bewehrung und mit Styroporkugeln mit unterschiedlichen Durchmessern als simulierte Inhomogenität durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Reflexionsmessungen werden vorgestellt. Es wurde auf einer Messfläche entlang von parallelen Messlinien wiederholt mit verschiedenen constant-offset Antennenabständen gefahren. Es hat sich gezeigt, dass wie erwartet die Bewehrungsstäbe das dominierende Reflexionsmuster erzeugen und dies kaum zu unterdrücken ist. Neu aber ist, dass bei bestimmten Antennenabständen unterschiedlich gut die Styroporkugeln in den 3D SAFT rekonstruierten Radargrammen zu erkennen sind.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.016 Poster

Seismische Untersuchungen im Raum Flensburg

Klein C.¹, Thorwart M.¹, Rabbel W.¹, Buness H.², Hese F.³, Kirsch R.³

(1) Institut fuer Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Kiel, Deutschland

(2) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Deutschland

(3) Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR), Deutschland

Im Rahmen des INTERREG-Projektes GeoPower werden Planungsgrundlagen für die Tiefengeothermie in Süddänemark und dem Nördlichen Schleswig-Holstein grenzüberschreitend untersucht. Federführend sind der Geologische Dienst im Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) und der Geologische Dienst von Dänemark und Grönland (GEUS).

Ziel des Projektes ist die Darstellung von Tiefenlage und Mächtigkeit potentieller geothermischer Nutzhorizonte, ihrer petrophysikalische Charakterisierung sowie des Temperaturfeldes im Untergrund als Planungsgrundlage für Projekte zur geothermischen Wärmeversorgung und zur Energiespeicherung im Untergrund. Datengrundlage sind vorhandene Bohrungen und seismische Messungen, hauptsächlich zur Kohlenwasserstoffexploration. Zum Teil wird für den schleswig-holsteinischen Teil auf den Geotektonischen Atlas von Nordwestdeutschland zurückgegriffen. Es ergeben sich aber Gebiete mit Datenlücken oder geringer Datenqualität, die durch geophysikalische Feldarbeiten untersucht werden.

Das Messgebiet liegt im nördlichen Teil des Glückstadt Grabens. Der Untergrund südlich und östlich von Flensburg ist durch Salzstöcke und Störungssysteme geprägt, die teilweise nur unzureichend belegt sind. Im Zeitraum November 2012 fanden reflexionsseismische Messungen zwischen den Ortschaften Tastrup und Weseby im Bereich der Struktur Maasbüll statt. Die Messungen wurden gemeinsam

vom Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel, dem Geologischen Dienst Schleswig-Holstein und dem Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG, Hannover) durchgeführt.

Der Messaufbau bestand aus einem etwa 2,5 km langen Längsprofil und 3 kürzeren Querprofilen. Auf dem Längsprofil wurden 20 Geoden a 24 Kanäle eingesetzt, insgesamt also 480 Kanäle mit einem Geophonabstand von 5 m. Auf den Querprofilen wurden insgesamt 192 Einzelstationen im Abstand von 10 m aufgebaut. Eine Station bestand aus einem 1- oder 3-Komponenten Geophon und einem DataCube vom Geophysikalischen Gerätepool des GFZ Potsdam (GIPP). Seismische Quellen waren ein Vibrator des LIAG sowie 10 Sprengungen in 10 m tiefen Bohrlöchern.

Erste Ergebnisse liefern ein hochauflösendes Bild der Tektonik am Top des Salzstockes Maasbüll, der bis in Tiefen von weniger als 1 km aufsteigt. Die Störungen setzen sich bis nahe an die Oberfläche fort.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.017 Poster

Petrophysikalische Untersuchungen an Kalirückstandsmaterial zu Erstellung eines Materialmodells als Grundlage für eine geotechnische Interpretation von geophysikalischen Messergebnissen.

Albers W.¹, Confal J.¹, Dünnbier K.¹, Schicht T.², Börner F.¹

(1) Angewandte Geowissenschaften / Angewandte Geophysik, TU Berlin, Berlin, Deutschland

(2) K-UTEC AG, Sondershausen, Deutschland

Im Rahmen des FuE-Projektes "Salzhaldentomographie", wurden unterschiedliche geophysikalische Messverfahren zur Untersuchung der inneren Struktur einer Rückstandshalde getestet. Die petrophysikalischen Materialeigenschaften des abgelagerten Rückstandsmaterial wurden untersucht und diese mit den geotechnischen und geohydraulischen Kennwerten des Materials korreliert. In oberflächennahen Bereichen einer Kalirückstandshalde wurden Proben des lockeren und verfestigten Rückstandsmaterials entnommen. An diesen Proben wurden die mineralogischen Zusammensetzungen sowie die Zustands- und Gefügeparameter bestimmt. In Abhängigkeit von der Porosität und des Wassergehaltes wurden der spezifische elektrische Widerstand und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der P-Welle ermittelt. Anhand der experimentell bestimmten Abhängigkeiten wurde auf Grundlage der geophysikalischen Messergebnisse (siehe Geophysikalische Testmessungen auf Kalirückstandshalden) ein geotechnisches Kennwertmodell erstellt.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.018 Poster

*Geophysikalische Testmessungen auf einer Kalirückstandshalde***Confal J.¹, Albers W.¹, Dünnbier K.¹, Rücker C.¹, Schicht T.², Börner F.¹**

(1) Angewandte Geowissenschaften, Fachbereich Angewandte Geophysik, TU-Berlin, Berlin, Deutschland, (2) K-UTEC AG, Sondershausen, Deutschland

Im Rahmen des FuE-Projektes "Salzhaldentomografie" wurde eine geophysikalische Machbarkeitsstudie auf einer Kalirückstandshalde durchgeführt. Ziel war es den räumlichen Aufbau der anthropogen aufgeschütteten und natürlichen Prozessen unterliegenden Kalirückstandshalde mit unterschiedlichen geophysikalischen Verfahren zu untersuchen, wobei Fragenstellungen zur Stabilität der Halde im Vordergrund stehen (s. Albers et al.). Bei der Interpretation der geophysikalischen Modelle sollen zum Beispiel mögliche Wasserwegsamkeiten, verschiedene Kompaktionsgrade im Haldenkörper, sowie eine Verwitterungsvariabilität in Abhängigkeit der Hangexposition abgebildet und geotechnologisch in den Kontext der Standsicherheit der Halde gebracht werden.

Es wurden Gleichstromgeoelektrik, Seismik, Georadar, SIP (Spectral Induzierte Polarisation) gemessen, sowie Test zur Durchführbarkeit von NMR- Messungen (Nuclear Magnetic Resonanz) gemacht. Es zeigte sich, dass die SIP-Messung bei den gegebenen petrophysikalischen Verhältnissen vor allem das oberflächennahe haldenbedeckende Material abbilden kann. Die Radarmessungen sind auf Grund des hohen Salzgehaltes der Halde bezüglich der Eindringtiefe sehr witterungsabhängig. Die geoelektrischen und seismischen Messungen sowohl auf bedeckenden, als auch auf unbedeckten Haldenbereichen lieferten sehr gute Ergebnisse zur Strukturerkundung und wurden gemeinsam interpretiert. Die Auswertung mit der Inversionstoolbox BERT 2 ermöglichte die Berücksichtigung der komplexen Topografie der Halde.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.019 Poster

*Geophysikalische Erkundung der Wallfahrtskirche zu Buckow***Ballhause T.¹, Reimann P.¹, Altefrohe C.², Meise A.², Börner F.¹**

(1) Fachgebiet Angewandte Geophysik, TU Berlin, Berlin, Deutschland

(2) Fachgebiet Denkmalpflege, TU Berlin, Berlin, Deutschland

Durch eine Zusammenarbeit der Fachgebiete Denkmalpflege und Angewandte Geophysik der TU Berlin war es möglich geophysikalische Messungen an der mittelalterlichen Wallfahrtskirche Buckow westlich von Berlin durchzuführen. Die markante Kirche aus Backstein wurde in ihrer heutigen Form 1344 erstmals urkundlich erwähnt. Bis zum Ende des Dreißigjährigen Krieges gab es ein zweites Kirchenschiff an der heutigen Ostseite der Kirche. Im Rahmen eines Forschungsthema des Fachgebietes Denkmalpflege der TU Berlin wurde der Kirchenbau datiert. Daraus ergaben sich zwei Fragestellungen. Zum Einem die Lokalisierung von Fundamentresten des zweiten Kirchenschiffes, zum Anderen das Auffinden und Abgrenzen einer zugehörigen Gruft im Untergrund. Im Rahmen einer Lehrveranstaltung mit Studenten des Masterstudienganges Geotechnologie wurden diese Aufgaben durch den Einsatz geophysikalischer

Messungen gelöst. Es wurden Gravimetrie, Geomagnetik, Geoelektrik und Georadar auf einem für achäometrische Messungen typischen dichten Messnetz durchgeführt. Die Komplexinterpretation lieferte neue Kenntnisse über die Lage der Überreste des alten Kirchenschiffes.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.020 Poster

Optimization of soil sampling strategies for VIS-NIR spectroscopy calibration using conditional Latin Hypercube Sampling

Grau T.¹, Werban U.¹, Zacharias S.¹, Dietrich P.¹

(1) Monitoring and Exploration Technologies, Helmholtzzentrum für Umweltwissenschaften - UFZ, Leipzig, Deutschland

Recently VIS-NIR spectroscopy has become a popular method for the prediction of soil parameters. Key quantities like soil organic carbon (SOC), clay content or pH are necessary information for precision agriculture or digital soil mapping and provide good accuracy for prediction models. However part of the workflow of taking several soil samples and analyze them in the laboratory can still be expensive and time consuming. Using optimized sampling schemes the amount of taken samples can be reduced, without sacrificing significant accuracy. The aim of this study is to predict spatial distribution of SOC using a mobile VIS-NIR measurement platform. Different sets of conditional Latin Hypercube sampling (cLHS) for the prediction of SOC values are compared as a means to give guidelines for optimized sampling and reduced amount of samples to be analyzed. The study area is an agricultural field site in Münchenbernsdorf (Germany) with a size of 7 ha. Geophysical measurements of VIS-NIR Spectroscopy, Electromagnetic Induction (EMI) and Gamma Ray Spectroscopy have been conducted. EMI and Gamma measurements were used as proxy datasets for cLHS with the intention to cover the variability of soil properties. Two sets of 30 and 20 samples were taken each representing one cLHS set. Furthermore they were dried and analyzed in the laboratory for SOC. Laboratory results are then used for calibration models using the method of Partial Least Square Regression. The different sampling schemes are then compared in regard to the SOC prediction using VIS-NIR measurements.

Ingenieur- und Umweltgeophysik - S2-P.021 Poster*Charakterisierung von Target und Projektil bei Meteoritenexperimenten***Moser D.¹, Grosse C.¹**

(1) Technische Universität München, Zerstörungsfreie Prüfung, München, Deutschland

Im Rahmen des DFG Forschungsprojektes MEMIN wurden Meteoritenimpakte im Labor durchgeführt. Dabei wurden als Projektilmaterial Meteoritengestein (Campo del Cielo), Stahl und Aluminium verwendet und als Target Seeberger Sandstein, Quarzit und Tuff. Die Flug-Geschwindigkeit des Projektils lag zwischen 2500 und 7800 m/s. Diese Versuche sollen neben anderen geologischen Erkenntnissen auch Aufschluss über die Schädigung der Struktur unterhalb des Kraters geben. Für eine genaue Analyse der Impaktprozesse ist es wichtig, die beteiligten Materialien (Target und Projektil) möglichst genau zu charakterisieren. Verschiedene Messmethoden (Schallemissionsanalyse und US Durchschallungsverfahren) werden zur Geschwindigkeitsbestimmung der elastischen Welle im Target und im Projektil verwendet. Bei der Ultraschalldurchschallungs-Messung wird die Zeit gemessen, welche die Welle lokal durch das Objekt benötigt. Über die gemessene Strecke und die Zeit kann die mittlere Materialgeschwindigkeit entlang des Laufweges berechnet werden. Beim Projektil handelt es sich um einen Eisenmeteoriten, der eine für Eisen typische Materialgeschwindigkeit von ca. 5.5 km/s aufweist. Für die drei Target-Materialien wurden die Geschwindigkeiten ebenfalls gemessen. Der Sandstein ($\rho = 2.0 \text{ kg/m}^3$) besitzt vor den Versuchen eine mittlere Geschwindigkeit von ca. 3 km/s, der Quarzit ($\rho = 2.6 \text{ kg/m}^3$) ca. 5 km/s und der Tuff ($\rho = 1.6 \text{ kg/m}^3$) eine von ca. 2 km/s. Nach dem Impakt nahm die Kompressionswellengeschwindigkeit im Bereich des Kraters bei Sandstein um bis zu ca. 25 % (0.7 km/s) und bei Quarzit um bis zu ca. 40 % (2 km/s) ab. Tuff besaß die geringste Anfangsgeschwindigkeit und zeigte mit ca. 10 % (0.2 km/s) die geringste Abnahme. Bei gleicher Projektil-Geschwindigkeit kann man einen Zusammenhang zwischen Zellengeschwindigkeitsänderung und Materialdichte feststellen, wobei eine höhere Dichte des Materials eine stärkere Abnahme der Materialgeschwindigkeit zulässt. Die Bestimmung der Wellengeschwindigkeitsänderungen ermöglicht damit Aussagen über den Schädigungsgrad des Targets. Überträgt man diese Ergebnisse auf terrestrische Krater, so lassen sich über die Bestimmung der Schädigungszone unterhalb des Kraters Rückschlüsse auf die Meteoritengeschwindigkeit ziehen.

S3: Geschichte der Geophysik

S3 Geschichte der Geophysik

Geschichte der Geophysik - S3-1.001

Der Österreichische Erdbebendienst an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik - von Victor Conrad bis heute

Hammerl C.¹

(1) Geophysik, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Österreich

1904 wurde an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Wien der *Österreichische Erdbebendienst* gegründet. Die ZAMG wurde damit für die seismische Überwachung des österreichisch-ungarischen Territoriums verantwortlich und Victor Conrad zum Leiter der Abteilung ernannt. Während dieser Zeit entwickelte Conrad auch eine eigene kleine Version eines Seismographen - das Conrad-Pendel - für die Aufzeichnung stärkerer Bodenbewegungen.

1910 wurde er als Professor für *Kosmische Physik* an die Universität Czernowitz berufen und arbeitete nach dem Zerfall der Monarchie ab 1919 wieder als Leiter des Erdbebendienstes an der ZAMG. In den folgenden Jahren konzentrierte sich Conrad auf seismologische Fragestellungen. Unter seinen zahlreichen Publikationen befand sich der Artikel *Laufzeitkurven des Tauernbebens vom 28. November 1923*, wo er erstmals die nach ihm benannte *Conrad-Diskontinuität* beschrieb.

Der *Anschluss* Österreichs an das Deutsche Reich im Jahre 1938 veranlasste Conrad Europa zu verlassen. Beno Gutenberg - ein Schüler von Emil Wiechert - unterstützte ihn bei der Ansiedlung in den USA. In den folgenden Jahren arbeitete Conrad an mehreren amerikanischen Universitäten, darunter die Harvard University in Cambridge, Massachusetts.

Conrads wissenschaftliches Lebenswerk umfasst mehr als 240 Aufsätze über die Meteorologie, Klimatologie und Seismologie. Seine Errungenschaften leben weiter im *Conrad-Observatorium* - eines der modernsten geophysikalischen Observatorien weltweit. Durch die Kombination seismischer, gravimetrischer und geomagnetischer Beobachtungen stellt das Conrad Observatorium bei Wien ein einzigartiges Laboratorium für nationale und internationale Forschungsvorhaben in Österreich dar. Zum Aufgabenspektrum des Erdbebendienstes heute zählen die Erfassung und wissenschaftliche Auswertung der Erdbebenaktivität in Österreich, sowie weltweiter Beben, die Ursachenfindung von registrierten Erschütterungen - tektonische Beben, Sprengungen, Bergschläge, etc., die Alarmierung von Zivil- und Katastrophenschutzbehörden und die Information der Bevölkerung im Anlassfall, die Bestimmung der Erdbebengefährdung, Standortbewertungen und Beratung bei Bauvorhaben und die Mitarbeit bei der Überwachung des Atomteststopp-Vertrages.

<http://www.zamg.ac.at/cms/de/geophysik>

Geschichte der Geophysik - S3-1.002

Der DGG-Gedenkstein in Leipzig

Jacobs F.¹

(1) Universität, Leipzig, Deutschland

Am 19. September 1922 wurde die Deutsche Seismologische Gesellschaft (seit 1924 **Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V. - DGG**) im Geophysikalischen Institut der Universität Leipzig gegründet. Aus diesem Anlass soll an historischer Gründungsstätte am 4. März 2013 ein Gedenkstein mit Bronzetafel enthüllt werden.

Der Vortrag erinnert an die Gründung der DGG im Jahre 1922 und vermittelt Einzelheiten zur Geschichte des Standortes, zum ehemaligen Institutsgebäude und zum Gedenkstein als Naturdenkmal.

Die **Gründung** fand auf Initiative von *Emil Wiechert (1861-1928)* während der Hundertjahrfeier der *Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNA), Abteilung Geophysik* statt.

Der **Standort** diente ehemals der Stadt Leipzig als Kies- und Braunkohlengrube. Der heutige kleine Park trägt den Namen *Kanonenteich-Anlage*, da sich hier Leipziger Bürger nach der Völkerschlacht 1813 einiger Geschütze der Armee Napoleons entledigt hatten.

Das **Gebäude** in der Talstraße 38 wurde 1880 für die Königlich-Sächsische Taubstummen-Anstalt erbaut, seit 1778 die älteste staatliche Gehörlosenschule der Welt. Von 1917 bis zur Zerstörung bei Luftangriffen im Dezember 1943 war es das Domizil des Geophysikalischen Institutes unter *Ludwig Weickmann (1882-1961)* und des Mineralogisch-Petrographischen Instituts unter *Friedrich Rinne (1863-1933)* und *Karl-Hermann Scheumann (1881-1964)* an der Universität Leipzig. Das Gebäude beherbergte eine bedeutende Mineralien- und Gesetinsammlung.

Der **Gedenkstein** ist ein etwa 2 Milliarden Jahre alter grobkörniger skandinavischer Granit vom Rapakiwi-Typus (sog. Pyterlit) mit einem Gewicht von 2,5 Tonnen. Er stammt aus der Gegend von Wyborg im Südosten Finnlands. Deutliche Gletscherschliffe zeugen vom eiszeitlichen Transport, vermutlich während der Saale-Eiszeit vor ungefähr 150 000 Jahren. Im Südraum von Leipzig wurde er als Findling in den 1980er Jahren vom Braunkohlenbergbau des Tagebaues Espenhain geborgen. Als Geschenk der *Gemeinde Großpösna* fand der Stein im November 2012 seinen Weg an den heutigen Standort als DGG-Gedenkstein. Die Bronzetafel wird von der renommierten *Bronzegießerei Noack* gefertigt, die auch das Bachdenkmal vor der Leipziger Thomaskirche geschaffen hat.

S3 Geschichte der Geophysik Poster**Geschichte der Geophysik - S3-P.001 Poster**

GEOPHYSIK in Kiel - Geschichte, Fachschaften und Forschungsschwerpunkte (I)

Janle P.¹, Götze H.-J.¹

(1) Geowissenschaften, CAU Kiel, Kiel, Deutschland

Geophysik in Kiel begann im Jahr 1951 mit der Erteilung eines Lehrauftrages für Geophysik an K. Jung, der 1956 in einen Lehrstuhl umgewandelt wurde. Im Oktober 1960 gelang die Gründung eines Institutes im Institut für Angewandte Physik. R. Meissner übernahm 1971 diesen Lehrstuhl. Waren bis dahin gravimetrische Forschungen dominierend kamen nun neue Forschungsrichtungen wie Planetologie, angewandter Seismik und Erdbebenforschung hinzu. Heute forschen Kieler Geophysiker an der CAU und am GEOMAR in einem vielfältigen Spektrum: Sie überwachen das sensible Erdsystem mit Instrumenten, die in Satelliten und auf Schiffen, oder fest auf der Erde installiert sind.

Geschichte der Geophysik - S3-P.002 Poster

GEOPHYSIK in Kiel - Geschichte, Fachschaften und Forschungsschwerpunkte (II und III)

Götze H.-J.¹

(1) Geowissenschaften, CAU Kiel, Kiel, Deutschland

Kieler Geophysiker an der CAU und am GEOMAR forschen in einem vielfältigen Spektrum: Sie überwachen das sensible Erdsystem mit Instrumenten, die in Satelliten und auf Schiffen, oder fest auf der Erde installiert sind. Gestützt auf Informationssysteme, Feld- und Labormessungen, sowie auf Modellierungen physikalischer Felder und Gesteinsparameter mittels EDV tragen sie zum Gesamtverständnis des Systems Erde bei. Schwerpunkte geophysikalischer Forschungen liegen in Kiel auf den Themenbereichen: Aufbau und Dynamik der Erdkruste und des Erdmantels in Kontinenten, Sedimentbecken und Ozeanen; Erforschung oberflächennaher Strukturen und Prozesse im Umwelt- und Küstenbereich, in der Archäologie und Geotechnik; Quantifizierung von Geoprosessen durch 3D-Modellierungen und 3D Visualisierung. Bei der Erforschung der Erde setzen die Kieler Geophysiker ein sehr breites Spektrum geophysikalischer Feldmessverfahren und Datenanalysemethoden ein, deren Theorie und Praxis auch ein wesentlicher Bestandteil der Ausbildung ist; insbesondere: Marine und terrestrische Seismik, Gravimetrie und Geodäsie, Analysen des globalen Schwere- und Magnetfeldes, Analysen von Erdbebenwellen, Multi-Sensorik magnetischer und elektromagnetischer Verfahren und Informationssysteme. Die Fachschaft Physik des Erdsystems vertritt Studierende des Bachelorstudiengangs Physik des Erdsystems und der Masterstudiengänge Climate Physics und Biological Oceanography, die FS Geophysik die des Masterstudienganges Geophysik. Sie helfen Studienanfänger beim Einstieg in das Uni-Leben und begleiten sie durch das gesamte Studium. Sie

schlagen in der Lehre Brücken von den Studierenden und Dozenten, um Ansprechpartner für Sorgen und Verbesserungen zu sein. Mitglieder der Fachschaften arbeiten in den Gremien der CAU mit und nehmen an Entscheidungen auf Instituts- bzw. Fakultätsebene teil. Sie bemühen sich, studentisches Interesse an allgemeinen Themen zu erhalten bzw. zu wecken. Neben Veranstaltungen, Infomaterial für Erstsemester und der Studienberatung, bieten sie eine umfangreiche Skripten-, Prüfungsprotokoll-, Fragenkatalog und Buchtipp-Sammlung an. Außerdem pflegen die Fachschaften Geselligkeit und organisieren die Evaluation der Lehrveranstaltungen am GEOMAR und der Geophysik.

Geschichte der Geophysik - S3-P.003 Poster

Geophysik bei RWE Dea - ein historischer Rückblick

Buecker C.¹, Storz W.², Henke C.²

(1) RWE Dea AG, R&D, Deutschland, (2) RWE Dea AG, Deutschland

Die RWE Dea AG mit Sitz in Hamburg ist eine international tätige Explorations- und Produktionsgesellschaft für Erdgas und Erdöl. Zur Exploration und Gewinnung dieser wichtigen Rohstoffe setzen wir auf umfangreiches geowissenschaftliches Know-how, modernste Bohr- und Fördertechniken sowie auf Erfahrung aus einer über 114-jährigen Firmengeschichte. Natürlich gehört hierzu auch die Geophysik mit ihrer vielgestaltigen Prägung, diese Disziplin ist für die Exploration von Kohlenwasserstoffen unverzichtbar und wird seit der frühen Firmengeschichte eingesetzt.

Die beiden Energieträger Öl und Gas sind seit dem 19. Jahrhundert die Stütze unseres Wohlstands und unserer Energieversorgung. Für die Wirtschaft, aber auch für den privaten Bereich in den industriellen Ländern sind Erdöl und Erdgas unverzichtbar. Trotz des stetigen Ausbaus der erneuerbaren Energien werden Erdöl und Erdgas auch in den nächsten Jahrzehnten zu den wichtigsten Energieträgern der Welt gehören. RWE Dea ist in 14 Ländern mit Lizenzen und Büros präsent. Von unseren Geophysikern werden die modernsten geophysikalischen Methoden eingesetzt.

Geschichte der Geophysik - S3-P.004 Poster

Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) Hannover - Historie

Binot F.¹, Grinat M.¹, Yaramanci U.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Das LIAG mit Sitz im GeoZentrum Hannover ist eine eigenständige, außeruniversitäre, von Bund und Ländern geförderte Forschungseinrichtung (nach Nds. LIAG-Gesetz) und Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt in der Erkundung des nutzbaren Untergrundes mit den Methoden der Angewandten Geophysik und in der Entwicklung von geeigneten Mess- und Auswerteverfahren.

Das Institut ist in fünf methodische Sektionen untergliedert: Seismik und Potenzialverfahren, Geoelektrik und Elektromagnetik, Geochronologie und Isotopenhydrologie, Geothermik und Informationssysteme sowie Gesteinsphysik und Bohrlochgeophysik. Die etwa 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter forschen an methodischen Neu- und Weiterentwicklungen und in den drei thematischen Schwerpunkten Grundwassersysteme - Hydrogeophysik, Geothermische Energie und Terrestrische Sedimentsysteme. Sie beteiligen sich an der akademischen Lehre und Ausbildung. Direktor und Sektionsleiter werden gemeinsam mit einer Universität berufen. Derzeitiger Direktor ist seit 2008 Prof. Dr. Ugur Yaramanci. In den Höchster Vereinbarungen wurde 1948 beschlossen, eine Reihe von Aufgaben, u.a. die Geophysik, zentral durchzuführen. Ein entsprechender Arbeitsbereich wurde am Amt für Bodenforschung eingerichtet. Ende der 1950er Jahre wurde die Geophysik Teil der "Gemeinschaftsaufgabe Bodenforschung" beim Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung. 1977 entstanden aus dieser die "Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsaufgaben" (GGA) als eine Forschungseinrichtung der "Blauen Liste". Die Finanzierung erfolgte gemeinsam durch Bund und Länder nach Artikel 91b GG. 1998 befürwortete die Bund-Länderkonferenz für Bildungsplanung und Forschungsförderung im Anschluss an eine Evaluierung durch den Wissenschaftsrat das Konzept für ein eigenständiges Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben. Das GGA-Institut nahm am 26. Januar 2000 unter kommissarischer Leitung von Prof. Dr. Hansjürgen Dürbaum die Arbeit auf. Im Juli 2001 wurde Prof. Dr. Hans-Joachim Kämpel zum ersten Direktor benannt (bis 2007). 2008 erfolgte die Umbenennung in "Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik".

2011 wurde das LIAG zum zweiten Mal nach 2004 - mit sehr positivem Ergebnis - durch den Senatsausschuss Evaluierung der Leibniz-Gemeinschaft begutachtet und Ende 2012 von der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz des Bundes und der Länder zur weiteren Förderung empfohlen.

Geschichte der Geophysik - S3-P.005 Poster

Zur Geschichte des Instituts für Geophysik und extraterrestrische Physik in Braunschweig

Glaßmeier K.-H.¹, Blum J.¹, Hördt A.¹

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

Das Institut Geophysik und extraterrestrische Physik der Technischen Universität Braunschweig wurde 1959 als Institut Geophysik und Meteorologie gegründet. Vorgängerinstitution war der 1931 eingerichtete Lehrstuhl für Luftfahrtmeßtechnik und Flugmeteorologie an der TH Braunschweig. Leiter des Institutes von 1960 bis 1990 war Prof. Dr. Dr. h.c. Walter Kertz, der das Institut unter zunächst schwierigsten Bedingungen aufbaute und es bis zu seiner Emeritierung zu einem sehr bekannten Institut für Geophysik, insbesondere der Geophysik des Weltraums aufbaute. Beteiligungen an Satelliten-missionen wie AZUR, Helios A & B oder GIOTTO sowie intensive Forschungen auf dem Gebiete der elektro-magnetischen Tiefensondierung prägten das wissenschaftliche Institutsleben. Bekannte Mitarbeiter des Institutes waren z.B. Jürgen Untiedt (später Ordinarius in Münster), Fritz Neubauer (später Lehrstuhlinhaber in Köln), Ulrich Christensen (heute Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Lindau), Hermann Lühr (heute GeoForschungsZentrum Potsdam) sowie Dr. Günter Musmann (pensioniert 2003) und Ludwig Engelhard, Professor am Institut bis zu seiner Pensionierung im Jahre 2004. Ruth Kertz, 2010 verstorbene Ehefrau des Institutsgründers, prägte das soziale Leben am Institut entscheidend mit. Peter Weidelt gehörte von 1984 bis 2003 als Professor dem Institut an. Als Nachfolger von Walter Kertz wurde Karl-Heinz Glaßmeier 1991 an die TU Braunschweig berufen. Zahlreiche neue Satelliten-missionen, z.B. CLUSTER, CASSINI, EQUATOR-S, VEX, ROSETTA, BepiColombo und die für diese Missionen vom braunschweigischen Institut entwickelten bzw. mitentwickelten Magnetfeldmessinstrumente haben das Institut zu einer international führenden Einrichtung für Magnetfeld-messungen im Sonnensystem gemacht. 2003 wurde Jürgen Blum als Nachfolger von Peter Weidelt an das Institut berufen. Durch ihn wurde seither eine international führende Arbeitsgruppe im Bereich der Laborastrophysik mit besonderer Berücksichtigung von Fragen der Planetenentstehung aufgebaut. Dieser deutlichen Erweiterung der wissenschaftlichen Thematik des Institutes ist auch die Umbenennung in Institut für Geophysik und extraterrestrische Physik (IGeP) geschuldet. Andreas Hördt ist seit 2005, formal als Nachfolger von Ludwig Engelhard, wissenschaftlich als Nachfolger von Peter Weidelt am IGeP tätig und setzt seither die Tradition des Institutes im Bereich der Angewandten Geophysik mit sehr großem Erfolg fort.

Geschichte der Geophysik - S3-P.006 Poster

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Überblick

Schubert T.¹

(1) Referat für Öffentlichkeitsarbeit, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Unsere Gesellschaft steht in den nächsten Jahren vor schwierigen Herausforderungen. Der globale Wandel verändert die Erde, wichtige Georessourcen wie Wasser, Boden und einzelne Rohstoffe werden knapp. Forschung und Beratung durch die BGR tragen dazu bei, dass der Lebensraum Erde nachhaltig genutzt werden kann.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) ist das geowissenschaftliche Kompetenzzentrum der Bundesrepublik Deutschland. Sie ist Fachbehörde des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie und engagiert sich dafür, Rohstoffe zu nutzen und den menschlichen Lebensraum zu sichern. Die Arbeit dient der Daseinsvorsorge der Menschen im Spannungsfeld zwischen ökonomischen, sozialen und ökologischen Anforderungen. Als Partner von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft auf nationaler und internationaler Ebene bringt die BGR Erfahrungen aus allen Bereichen der Geowissenschaften ein.

Wichtige Schwerpunkte der BGR-Tätigkeit sind Forschung und Beratung. Damit trägt die BGR dazu bei, dass Geopotenziale verantwortlich genutzt und die menschlichen Lebensbedingungen verbessert werden können. Ein Kernpunkt der Arbeit der BGR besteht darin, die Bundesregierung in allen Fragen der Rohstoffsicherung zu beraten. Experten der BGR untersuchen dafür das Potenzial an Schiefergas (Shale Gas) in Deutschland ebenso wie Vorkommen von Manganknollen am Meeresboden des Pazifischen Ozeans.

Die BGR engagiert sich für die nachhaltige Nutzung und den Schutz der Ressourcen Wasser und Boden. Zu den weiteren Aufgaben der BGR gehört die Erkundung des Untergrundes als Speicher- und Wirtschaftsraum. Sie prüft Optionen der CO₂-Speicherung im Untergrund und untersucht die geologische Sicherheit möglicher Standorte zur Endlagerung radioaktiver Abfälle. Für die Bundesrepublik Deutschland überwacht die BGR die Einhaltung des internationalen Kernwaffenteststoppabkommens. In multinationalen Projekten beteiligt sich die BGR an der Erforschung der Polarregionen. Sie pflegt geowissenschaftliche Datenbanken und Sammlungen, sichert die Geo-Daten in kundengerechten Informationssystemen und bietet sie im Internet an.

Geschichte der Geophysik - S3-P.007 Poster

Das Institut für Geophysik an der Universität Münster

Hansen U.¹, Thomas C.¹, Becken M.¹, Schmalzl J.¹, Stellmach S.¹, Schmidt V.¹

(1) Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

Das Institut für Geophysik an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster wurde 1959 gegründet, nachdem es schon seit 1955 eine Abteilung für "Reine und Angewandte Geophysik" am Geologisch-Paläontologischen Institut und eine Erdbebenstation gegeben hatte. Als erster Professor am neu gegründeten Institut wurde Bernhard Brockamp, ein engagierter Polarforscher, berufen. Diese Forschungsrichtung prägte das Institut über Jahrzehnte hinweg und wesentliche Impulse für die Erforschung der Polargebiete gingen von Münster aus. Aber auch die anderen Gebiete der Geophysik wie Erdmagnetismus, Krustenseismik und Umweltgeophysik kamen nicht zu kurz. Ab 1962 wurde ein eigener Diplom-Studiengang angeboten, aus dem bis 2012 über 380 Absolventen hervorgingen. Heute wird der Studiengang als Bachelor und Master für Geophysik erfolgreich fortgeführt. Aktuell ist mit den Arbeitsgruppen Geodynamik (Ulrich Hansen), Seismologie (Christine Thomas) und Angewandte Geophysik (Michael Becken) ein breites Spektrum der Geophysik am Institut vertreten. Eine große Unterstützung bei Forschung und Studium ist die umfangreiche Infrastruktur, die u.a. ein Rechner-Cluster sowie eine feinmechanische und elektronische Werkstatt umfasst.

Geschichte der Geophysik - S3-P.008 Poster

Geophysik an der Freien Universität Berlin

Brasse H.¹, Röwer P.¹, Wigger P.¹

(1) Fachrichtung Geophysik, FU Berlin, Berlin, Deutschland

Die Geophysik an der Freien Universität Berlin (FUB) ist wie die Universität selbst vergleichsweise jung. Sie wurde 1949 im "Institut für Meteorologie und Geophysik" im West-Berliner Stadtteil Dahlem ins Leben gerufen. Erster Lehrstuhlinhaber war Klaus Strobach von 1964 bis 1968. In dieser Phase wurde auch das seismologische Observatorium Berlin eingerichtet, gelegen am südwestlichen Stadtrand nahe dem Grenzübergang Dreilinden.

Peter Giese wurde 1970 auf den Lehrstuhl für Geophysik berufen, eine Position, die er bis zu seiner Emeritierung 1998 innehatte. In diese Zeit fiel eine starke Ausweitung der geophysikalischen Forschung und Lehre, die neben den seismologischen und seismischen Verfahren insbesondere die Gravimetrie, die elektromagnetische Tiefenforschung und Geodynamik umfasste. Dazu wurden weitere Professuren eingerichtet, die mit Andreas Vogel, Volker Haak, Hans-Joachim Götze und Georg Kaufmann besetzt waren bzw. sind. Seit 1999 hat Serge Shapiro die C4-Stelle für Geophysik inne.

In den achtziger und neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts beteiligte sich die Freie Universität maßgeblich an verschiedenen geowissenschaftlichen Schwerpunktprogrammen und Großprojekten, z. B. "Geodynamik des mediterranen Raumes", "Iraniden", "KTB", "EGT", "DEKORP" sowie an der Forschergruppe

"Mobilität aktiver Kontinentalränder" mit regionalen Schwerpunkten in den Anden und in Marokko. Einen Höhepunkt in der Forschungsgeschichte der Geophysik an der FUB stellte sicherlich der Sonderforschungsbereich 267 "Deformationsprozesse in den Anden" (1993-2005) dar, in dem die FUB als Sprecheruniversität fungierte.

1993 zogen die Geowissenschaften von den Villen Dahlems um auf den Geocampus der FUB im Stadtteil Lankwitz. Im Rahmen der Neustrukturierung wurde die Geophysik nun eine Fachrichtung im Institut für geologische Wissenschaften. Das seismologische Observatorium wurde an den Standort Rüdersdorf östlich von Berlin verlegt.

Während die mehr geodynamischen Projekte z.B. in den Anden mittlerweile im kleineren Rahmen fortgeführt werden, bildet die Erforschung von seismischen Emissionen und die Gesteinsphysik heute einen Schwerpunkt in der Fachrichtung Geophysik. Ein großer Teil dieser Arbeiten wird durch das "PHASE-Konsortium" finanziert, gesponsert im Wesentlichen von der Erdölindustrie. Die Ausbildung der Geophysik-Studierenden findet im Rahmen des Studiengangs "Geologische Wissenschaften" statt, mit entsprechenden Abschlüssen als Bachelor und Master mit Schwerpunkt Geophysik.

Geschichte der Geophysik - S3-P.009 Poster

Geophysik im M.Sc. Geologische Wissenschaften an der Freien Universität Berlin

Motz F.¹, Röser A.¹, Blanke A.¹

(1) Freie Universität Berlin, Fachrichtung Geophysik, Berlin, Deutschland

Die "Geophysik" an der Freien Universität Berlin ist eine von vier Studienschwerpunkten innerhalb des Masterstudiengangs "Geologische Wissenschaften".

Die Rekonstruktion und Modellierung von Prozessen, die im Erdinneren stattfinden und deren Auswirkung u.A. an der Erdoberfläche gemessen werden können, erfordern die Analyse und das Verständnis der grundlegenden physikalischen Vorgänge. Zur Erforschung und Interpretation geophysikalischer Vorgänge entwickeln unsere Geowissenschaftler computergestützte oder experimentelle Modelle und versuchen so, die Erde in ihrer Komplexität besser verstehen zu können.

Im Allgemeinen deckt der Masterstudiengang ein breites Feld der geologischen Wissenschaften ab. Neben der Geophysik besteht auch die Möglichkeit drei weitere Studienschwerpunkte zu belegen: "Geodynamik und Geomaterialien", "Hydrogeologie" und "Paläontologie". Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Fachrichtungen wird dabei angestrebt.

An der Freien Universität Berlin wird in der Geophysik zwischen Seismik/Seismologie, Magnetotellurik und Gravimetrie/Magnetik unterschieden. Alle drei Themen werden in verschiedenen Arbeitsgruppen aufgegriffen und behandelt. Im Verlaufe des Masterstudiums wird eine Vertiefung in eine dieser Richtungen vorgeschrieben.

Geschichte der Geophysik - S3-P.010 Poster

Angewandte Geophysik an der Technischen Universität Berlin - Historie
Yaramanci U.¹, Börner F.¹

(1) Angewandte Geowissenschaften/ Angewandte Geophysik, TU Berlin, Berlin, Deutschland

Die Entwicklung der Geowissenschaften und somit auch der Geophysik an der heutigen Technischen Universität ist eng verbunden mit der Geschichte von Institutionen des Bergbaues und Hüttenwesens in Berlin. Seit 1860 hat die Königliche Bergakademie in Berlin erstmals Hochschulcharakter. Durch den Zusammenschluss von Bau- und Gewerbeakademie 1879 wurde die Technische Hochschule Berlin-Charlottenburg am heutigen Standort gegründet. Erstmals wurde das Fachgebiet Geophysik 1952 mit einer Hochschullehrerstelle besetzt. Die Einrichtung eines eigenständigen Lehrstuhls für Angewandte Geophysik erfolgte 1970.

Nicht zuletzt im Ergebnis der aus der deutschen Wiedervereinigung 1990 hervorgegangenen Berliner Hochschullandschaft und dem Bedarf an interdisziplinär ausgebildeten Geowissenschaftlern wurde 1994 ein neuer integrierter geowissenschaftlicher Studiengang etabliert. Dieser im Bereich der Bundesrepublik als erster dieser Art etablierte Studiengang stellt das Bindeglied zwischen Ingenieurwesen und Naturwissenschaften her. Er verbindet grundlagen- und anwendungsbezogene Inhalte von Geophysik, Geologie und Geochemie mit den Ingenieurfächern Hydrogeologie und Ingenieurgeologie.

2004 bis 2008 wurde im Zuge der Strukturmaßnahmen an den Universitäten in Berlin sowie den Vorgaben des Bologna-Prozesses ein neuer Studiengang Geotechnologie BSc. und MSc. mit bedeutendem Anteil in Angewandter Geophysik eingerichtet. Beide Studiengänge wurden erfolgreich akkreditiert. Im MSc.-Studium mit der Vertiefungsrichtung Angewandte Geophysik wird die Fachkompetenz für die Anwendung der geophysikalischen Methoden in den interdisziplinären geowissenschaftlich-geotechnischen Aufgabenbereichen Umwelt, Baugrund, Rohstoffe, Georisiken und Energie mit einem engen Bezug zur Ingenieurpraxis vermittelt.

Die aktuelle Forschung konzentriert sich im Bereich der Ingenieur- und Umweltgeophysik auf die Weiterentwicklung, Modellierung und petrophysikalische Begründung oberflächennaher geophysikalischer Verfahren. Schwerpunkte bilden sowohl klassische geoelektrische und seismische Verfahren als auch Spezialverfahren wie NMR, SIP oder Bohrloch-Logging.

Geschichte der Geophysik - S3-P.011 Poster

*Geophysik am Standort Telegrafenberg in Potsdam***Schulze A.¹, Webers W.¹, Rudloff A.¹, Weber M.H.²**

(1) Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Wissenschaftlicher Vorstandsbereich, Potsdam, Deutschland, (2) Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Department 2, Potsdam, Deutschland

1832/33 erfolgte die erste, namensgebende Erwähnung des Potsdamer Telegrafenberg, als einer von 63 Standorten der opto-mechanischen Telegrafienlinie zwischen Berlin und Koblenz. Die Erhöhung auf einer pleistozänen Stauchmoräne war hierfür mit ihren rund 90 m über NN gut geeignet.

1870 wurde das Königlich-Preußische Geodätische Institut in Berlin begründet, welches unter Friedrich Robert Helmert 1892 nach Potsdam umzog und sich hier zum Weltzentrum für Geodäsie und Gravitationsforschung entwickelte. 1889 gelang dem jungen Wissenschaftler Ernst von Rebeur-Paschwitz mit zwei Horizontal-Pendel-Instrumenten die erstmalige Aufzeichnung eines Fernbebens. 1890 wurde das Magnetische Observatorium gegründet, welches 1930 dann nach Niemegek, 50 km südlich von Potsdam, verlagert wurde. Das Adolf-Schmidt-Observatorium für Erdmagnetismus gehört zu den weltweiten Standard-Observatorien. Der in Potsdam gemessene Absolutwert der Erdanziehung war von 1909 bis 1971 internationaler Referenzwert der Erdgravitation.

Im Jahre 1969 erfolgte, unter dem Dach der Akademie der Wissenschaften der DDR, die Gründung des Zentralinstituts für die Physik der Erde (ZIPE). Dieses vereinigte die bisherigen geowissenschaftlich orientierten Institute an den Standorten Potsdam und Berlin mit dem Institut für Geodynamik in Jena. Das ZIPE umfasste fünf Bereiche, einer davon für Seismologie. Seit 1980 richtete das ZIPE den Internationalen Trainingskurs für Seismologie und Seismische Gefährdungsanalyse aus, der bis heute unter der Organisation des GFZ an wechselnden Orten durchgeführt wird.

Nach dem Mauerfall 1989 und der Vereinigung beider deutscher Staaten wurden die Akademie-Institute durch den Wissenschaftsrat begutachtet. Zum 1. Januar 1992 erfolgte, nach entsprechender Empfehlung, die Gründung des GeoForschungszentrum in Potsdam als Einrichtung der damaligen Arbeitsgemeinschaft Deutscher Forschungszentren (heute Helmholtz-Gemeinschaft e.V.). Seit dem Sommer 2008 nennt sich das GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungszentrum. Es hatte zum Stichtag 31.12.2012 insgesamt 1.119 Mitarbeiter.

Zu den wissenschaftlichen Vorzeigeprojekten des GFZ gehören die Satellitenmissionen CHAMP und GRACE, der Aufbau und Betrieb eines Tsunami-Frühwarnsystems im Indischen Ozean (GITEWS) und die Bereitstellung einer Vielzahl von Infrastrukturen, z.B. dem Geophysikalischen Gerätepool (GIPP).

Geschichte der Geophysik - S3-P.012 Poster

Geophysik an der Universität Potsdam

Krüger F.¹, Lück E.¹, Ohrnberger M.¹, Scherbaum F.¹, Tronicke J.¹

(1) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam, Deutschland

Rückblickend auf eine 150-jährige Geschichte im Bereich der Erdbeobachtung hat sich der Standort Potsdam in den vergangenen zwei Jahrzehnten zu einem international sichtbaren Forschungs- und Ausbildungszentrum im Bereich der Erdwissenschaften entwickelt. In unmittelbarer Nachbarschaft zu zahlreichen außeruniversitären Forschungseinrichtungen nimmt dabei das Institut für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam eine zentrale Rolle ein. Auch im Bereich der Geophysik bildet die enge Kooperation der Universität mit den außeruniversitären Partnern eine wichtige Säule, die zum Beispiel in der Diversität der Forschungs- und Ausbildungsthemen weitreichend sichtbar ist. Nach Gründung der Universität Potsdam im Jahr 1991 wurde 1994 der Grundstein für die geowissenschaftliche und damit auch für die geophysikalische Forschung und Ausbildung mit der Gründung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät gelegt. Bestandteil dieser Fakultät war das Institut für Geowissenschaften, an dem im Wintersemester 1994/95 die ersten Lehrveranstaltungen angeboten wurden. Nachdem 1995 die ersten Vollzeitprofessuren im Bereich der Geologie und Mineralogie ans Institut berufen wurden, etablierte sich die Geophysik im Jahr 1997 mit der Berufung von Frank Scherbaum auf eine Professur für Allgemeine Geophysik. Nach Besetzung weiterer Professuren im Bereich Petrologie und Sedimentologie endete die Aufbauphase des Instituts für Geowissenschaften im Jahr 2005 mit der Berufung von Jens Tronicke auf eine Professur für Angewandte Geophysik. Heute ist die Geophysik, deren Fokus zur Zeit im Bereich der Seismologie und der oberflächennahen Geophysik liegt, Bestandteil des 2010 gegründeten Instituts für Erd- und Umweltwissenschaften, das mit 19 Arbeitsgruppen die thematische Vielfalt in diesem Bereich weitreichend abdeckt.

Die studentische Ausbildung an der Universität Potsdam im Bereich Geophysik etablierte sich 1997. Die Geophysik gliederte sich in das damals erstmalig in Deutschland umgesetzte Studienkonzept der Diplom-Geowissenschaften ein, in dem Studierende aufbauend auf ein interdisziplinäres, viersemestriges Grundstudium der Geowissenschaften ein sechssemestriges Hauptstudium im Fach Geophysik absolvierten (Abschluss Dipl.-Geophys.). Nach Umstrukturierung der Studiengänge ist die Geophysik seit 2007 integraler Bestandteil der Bachelor- und Masterstudiengänge Geowissenschaften, wobei das Masterstudium mit einer Vertiefungsrichtung Geophysik abgeschlossen werden kann.

Geschichte der Geophysik - S3-P.013 Poster

Der Einsatz von Geophysik beim Geologischen Dienst Hessen

Kracht M.¹

(1) Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, Deutschland

Geophysikalische Methoden wurden beim Hessischen Landesamt für Bodenforschung (HLfB) seit 1946 genutzt. Anfänglich standen Messgeräte nur in begrenztem Umfang zur Verfügung. Damit bestand die Aufgabe der Geophysik vorwiegend in der Sammlung und Dokumentation von Arbeiten Dritter, insbesondere der Erdölprospektion im Oberrheingraben. Da der apparative Aufwand für die geophysikalischen Verfahren immer aufwendig war und ist, wurde früh mit dem Amt für Bodenforschung in Hannover (jetzt Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) und der Abteilung Gemeinschaftsaufgaben des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (heute Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik) zusammengearbeitet.

1953 stellte das Bundeswirtschaftsministerium erstmalig und in den Folgejahren regelmäßig Mittel für ein geophysikalisches Forschungsprogramm auf Eisenerze in Hessen zur Verfügung, wobei die Arbeiten vom HLfB durchgeführt wurden. Nach 1960 kamen mehr und mehr geophysikalische Messungen zur Unterstützung der geologischen Landesaufnahme zum Einsatz. Ab 1975 kam die elektrische Widerstandskartierung zum Aufsuchen von verdeckten (Karst-)Einbruchsschloten zum Einsatz, die sich auch bei der Erkundung der geologischen Verhältnisse an der DB-NBS Hannover-Würzburg bewährte. Die Beschaffung einer Bohrlochmessapparatur im Jahre 1978 erweiterte die Möglichkeiten der Geophysik zur Datenbeschaffung für die Landesaufnahme. Bis heute werden Bohrlöcher geophysikalisch vermessen (natürliche Gammastrahlung, teilweise auch Temperatur und Salinität) und im dem geophysikalischen Bohrlocharchiv gesammelt. Damit stehen diese Daten und die ingenieurgeophysikalischen Daten den Fachleuten jederzeit zur Verfügung. Fragestellungen, die in den 80er und 90er Jahren typisch waren, wurden mit den klassischen ingenieurgeophysikalischen Verfahren abgearbeitet.

Seit der Fusion des HLfB mit der Hessischen Landesanstalt für Umwelt (HLfU) zum Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) im Jahre 2001 wird der Hessischen Erdbebendienst (HED) betrieben. Auch die Aufgaben der Geophysik beim Geologischen Dienst Hessen haben sich seit her verschoben. Fragestellungen zur Nutzung des tiefen Untergrundes (Tiefe Geothermie, CO₂-Speicherung, Energiespeicherung und wieder Erdöl bzw. Erdprospektion) stehen jetzt im Vordergrund auf die hier eingegangen wird.

Geschichte der Geophysik - S3-P.014 Poster

Geophysik Frankfurt am Main - Geschichte und Standortbeschreibung

Schmeling H.¹, Junge A.¹, Rämpker G.¹

(1) Institut für Geowissenschaften, Facheinheit Geophysik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Frankfurt, Deutschland

Im Jahre 1906 wurde das Institut für Meteorologie und Geophysik mit Sitz im damals neu errichteten Gebäudes des Physikalischen Vereins gegründet. Erster Leiter war Kurt Wegener, der Bruder Alfred Wegeners. Franz Linke errichtete 1913 das zugehörige Taunusobservatorium mit seiner Erdbebenwarte. Mit der Gründung der Universität 1914 wurde das Institut dann das in Deutschland drittälteste "Universitätsinstitut für Meteorologie und Geophysik". 1926 fand der Umzug in das Patrizierhaus Feldbergstraße 47 statt. 1926 wurde Beno Gutenberg zum nichtbeamteten Außerordentlichen Professor ernannt. Es entstanden bedeutende Arbeiten über die Struktur des Erdinnern, des Erdkernes und die Entdeckung der "Low velocity zone" im oberen Mantel. Nach dem Krieg wurde der Betrieb des Instituts mit Ratje Mügge wieder aufgenommen. 1963 und 1964 wurden zwei Lehrstühle für Geophysik (Hans Berckhemer) und Meteorologie (H.-W. Georgii) geschaffen. Die Geophysik fokussierte sich zunächst auf Seismologie, Seismometrie und seismische Tiefensondierung der Erdkruste. Frankfurt war maßgeblich an der Entwicklung der Breitbandseismographie in Deutschland, dem Schwerpunktprogramm "Unternehmen Erdmantel" und der krustenseismische Erforschung im Afar-Tiefland von Äthiopien beteiligt. Anfang der 70er wurde mit Wolfgang Jacoby das Spektrum hin zur Gravimetrie und Geodynamik erweitert, wobei z.B. Island im Interesse stand. In den 80ern wurde mit Gerhard Müller die Mathematische Geophysik mit Schwerpunkt Seismologie etabliert. Ende 2004 trennte sich die Geophysik von der Meteorologie um ab 2006 als Facheinheit Geophysik einen Teil des Instituts für Geowissenschaften zu bilden. Das Diplom in Geophysik wurde ab 2007 durch den BSc und ab 2008 den MSc für Geowissenschaften mit Spezialisierung Geophysik ersetzt.

Die derzeitigen Forschungsschwerpunkte liegen in der modellierenden Geodynamik (H. Schmeling), den elektromagnetischen Verfahren (A. Junge), der Seismologie (G. Rämpker) und der Gesteinsphysik (N. Bagdassarov). Es werden Lithosphärendynamik, Mantelkonvektion und Schmelzprozesse in Riftzonen und der Asthenosphäre modelliert, elektrische Leitfähigkeitsstrukturen in Kruste und Mantel untersucht und elektrische Impedanzmessungen an Gesteinen durchgeführt. Schwerpunktthemen der Seismologie sind strukturelle Untersuchungen des Lithosphären/Asthenosphärensystems, die Analyse und Modellierung von Wellenfeldern in anisotropen Medien, sowie Seismizität und seismisches Monitoring.

Geschichte der Geophysik - S3-P.015 Poster

Geophysik am Grundwasser-Zentrum Dresden

Helling C.¹, Berthold S.¹

(1) DGFZ e.V., Dresden, Deutschland

Das im April 1995 an der Dresdner Südhöhe in Betrieb genommene Grundwasser-Zentrum Dresden ist Sitz sächsischer Institutionen, die **Projekte zu diversen Grundwasserthemen mit Bezug zu Wasserwirtschaft, Altlasten, Bergbau und Klimawandel** in Forschung und Consulting bearbeiten. Viele Jahre wurde die Geophysik am Grundwasser-Zentrum Dresden durch Dr. Frank Börner - derzeit Professor an der TU Berlin - repräsentiert. Die jetzige **Arbeitsgruppe Geophysik/Monitoring** unter Leitung von Dr. Susann Berthold widmet sich den FuE-Feldern:

(1) gesteins- und bodenphysikalisch begründeter Einsatz geophysikalischer Messungen für die Charakterisierung, Bewirtschaftung und den Schutz von Grundwasserressourcen;

(2) Entwicklung von Bohrlochmesstechnik und Interpretationsalgorithmen für die Bewertung der Repräsentativität von Grundwassermessstellen (Messstellenprüfung und Strömungsdetektion);

(3) Entwicklung von Monitoringtechnik und -strategien für eine prozessorientierte und möglichst verfälschungsfreie GW-Überwachung und Probennahme.

Für die Unterstützung des **Transfers von Ergebnissen der Grundlagenforschung in die Anwendung und Praxis** steht den Institutionen des GWZ Dresden ein Technikum zur Verfügung, in dem experimentelle Anlagen wie Versuchscontainer, Hochdruckreaktoren sowie geophysikalische Messeinrichtungen in verschiedenen Maßstabsebenen aufgebaut sind. Es gestattet die Testung von innovativen Monitoring- und Wasserbehandlungstechnologien zur Demonstration der am GWZ Dresden entwickelten Verfahren. Das **Technikum** ist ausgestattet mit zwei Forschungsbohrungen (bis zu 90 m tief), Indoor- und Outdoor-Testanlagen, Kühlversuchscontainer, Gastestanlagen, Feldtechnik und Werkstatt. So ist z.B. die experimentelle Simulation von in Grundwasserleitern oder Grundwassermessstellen ablaufender geohydraulischer und geochemischer Prozesse im Dezimeter- bis Metermaßstab und deren hochaufgelöstes Monitoring mittels chemischer und geophysikalischer Messtechnik möglich. **Kooperationen** bestehen u.a. mit der TU Dresden, TU Bergakademie Freiberg, TU Berlin, BTU Cottbus sowie dem UFZ. Im GWZ Dresden sind Ingenieure und Naturwissenschaftler als wiss. Mitarbeiter bzw. Doktoranden tätig. Sie werden durch **student. Hilfskräfte und FÖJ-ler** unterstützt. Im Rahmen langfristiger FuE-Arbeiten besteht die Möglichkeit zur Erarbeitung einer **Bachelor-, Master- oder Doktorarbeit**. Angeboten werden zudem eine Reihe anwenderorientierter Fortbildungsseminare, bei denen auch die Geophysik thematisch vertreten ist.

Geschichte der Geophysik - S3-P.016 Poster

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) - 21 Jahre Forschen für die Umwelt
Schütze C.¹, Dietrich P.¹

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

Als das Umweltforschungszentrum am 12. Dezember 1991 gegründet wurde, waren die Standorte Leipzig und Halle sehr bewusst ausgewählt worden. In diesem industriellen Ballungsraum konzentrierten sich die Hinterlassenschaften der chemischen und der Braunkohleindustrie, für deren Sanierung es kaum Konzepte gab. Daher fokussierten sich die Forschungsarbeiten zunächst auf den Einsatz von Umwelttechnologien zur Sanierung von Altlasten. Die praxisrelevante Umweltforschung am UFZ umfasste dabei auch geophysikalische Untersuchungen zur Bestandsaufnahme, Dokumentation und Beobachtung des Umweltzustandes im mitteldeutschen Raum. In Kooperation mit Universitäten und ansässigen Erkundungsfirmen wurden u.a. der strukturelle Aufbau von Tagebaumischkippen sowie deren Verhalten bei der Flutung zu den heutigen Badeseen beobachtet, die Wechselwirkung zwischen Grund- und Flusswasser im Stadtgebiet von Halle sowie der Verbleib der in den 60iger Jahren des vergangenen Jahrhunderts versenkten Phenolwässer im Tagebaugebiet Profen untersucht und die Wirksamkeit von in situ Sanierungstechnologien für chemisch belastete Grundwässer in Bitterfeld mittels geophysikalischer Messmethoden überwacht.

Im Verlauf der letzten 21 Jahre entwickelte sich das UFZ zu einem anerkannten Kompetenzzentrum für die Sanierung und Renaturierung belasteter, bzw. die Erhaltung naturnaher Landschaften - nicht nur für diese Region. Aufbauend auf einer fundierten wissenschaftlichen Basis, wurde in interdisziplinären Verbundprojekten die landschafts-orientierte, naturwissenschaftliche Forschung eng mit Sozialwissenschaften verbunden. Die Umweltforschung am UFZ richtete sich zunehmend an globalen Problemen und Fragestellungen aus. Trat man zunächst überwiegend in der Region in Erscheinung, so ist das UFZ inzwischen längst auch überregional und international aktiv.

Im Dezember 2005 wurde das Department Monitoring- und Erkundungstechnologien gegründet. Hier werden Konzepte und Strategien entwickelt, um die steigenden Anforderungen an die Umweltforschung, insbesondere an adäquate Abbildungen komplexer natürlicher Systeme zu erfüllen. Dabei werden verschiedenste Methoden aus Geophysik, Hydrogeologie, Direct Push, Fernerkundung, Sensorentwicklung, chemischer Analytik miteinander kombiniert, um eine effiziente und zielorientierte Untersuchung von Standorten und Bewertung umweltrelevanter Fragestellungen zu erreichen.

Geschichte der Geophysik - S3-P.017 Poster

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) - Aktuelle Forschungsthemen

Schütze C.¹, Dietrich P.¹

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

Seit der Gründung des Departments Monitoring- und Erkundungstechnologien im Dezember 2005 werden am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) verschiedenste Methoden aus Geophysik, Hydrogeologie, Direct Push, Fernerkundung, Sensorentwicklung, chemischer Analytik miteinander kombiniert, um eine effiziente und zielorientierte Untersuchung von Standorten und Bewertung umweltrelevanter Fragestellungen in unterschiedlichen Skalen zu erreichen. Die Bandbreite und Komplexität der Forschungsaufgaben in den sieben Arbeitsgruppen des Departments reicht von der Weiterentwicklung von Methoden zur Erkundung des oberflächennahen Bereiches unter Verwendung von Direct Push und hydrogeologischen Feldmethoden, über die Anwendung und Evaluierung von geophysikalischen Methoden im Kontext von Boden-, Grundwasser- und Biodiversitätsforschung, bis hin zu Bereitstellung von Verfahren der Vor-Ort Analytik und deren Anwendung zum Schadstoff-Monitoring und zur Untersuchung des Schadstofftransfers in und zwischen den verschiedenen Umweltkompartimenten. Schwerpunkte der Arbeiten liegen dabei auf der Erkundung und Beobachtung von Umweltsystemen unter Verwendung verschiedenster Verfahrenskombinationen inklusive multivariater Analysemethoden zur Integration unterschiedlicher Datentypen bei Optimierung geophysikalischer Untersuchungen und Datenbearbeitungen mit dem Ziel maximalen Informationsgewinns.

Im Rahmen der Präsentation werden verschiedene aktuelle Projekte vorgestellt, u.a. die Forschungsplattform **MOSAIC** (Entwicklung einer Plattform für die modellgestützte geohydrologische Erkundung des oberflächennahen Bereichs unter Verwendung neuer, gering-invasiver Methoden), die Helmholtz-Initiative **TERENO** (Einrichtung terrestrischer Observatorien zur Beobachtung und Studium des Langzeiteinflusses des globalen Klimawandels, von Landnutzungsänderungen, sozio-ökonomischen Entwicklungen und menschlichen Eingriffen auf die terrestrischen Ökosysteme), das EU-Projekt **ISOIL** (Entwicklung, Anwendung, Validierung und Verbreitung einer kostengünstigen und effizienten Methodik zur Erstellung von digitalen Bodenkarten unter Einbeziehung von geophysikalischen Methoden) sowie das Geotechnologien-Verbundvorhaben **MONACO** (Entwicklung eines integrativen hierarchischen Monitoring-Konzepts für die Detektierung möglicher CO₂-Entgasungen aus geologischen Speicherformationen in oberflächennahe Bereiche).

Geschichte der Geophysik - S3-P.018 Poster

GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

Schuck A.¹, Hohlfeld T.¹, Geiling P.¹

(1) GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, Leipzig, Deutschland

Die GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH wurde 2005 von den Geophysikern Peter Geiling, Thomas Hohlfeld, Andreas Schuck und Knut Seidel+ gegründet. Die GGL versteht sich als unabhängiger Dienstleister für Mess- und Prüfleistungen, Datenaufbereitung und -bearbeitung, Modellierung und Interpretation, Gutachten und Sachverständigentätigkeit, Forschung und Entwicklung, sowie Studien und Beratung in der Geophysik und Geotechnik. Heute arbeiten vom Standort in der Bautzner Str. 67 in Leipzig aus über 12 Mitarbeiter in der Rohstoffexploration (Geothermische Energie, Salz, Kohle, Kohlenwasserstoffe, Steine und Erden), im Hochwasserschutz, im Bau von Verkehrswegen und Gebäuden, in der Überwachung von Erschütterungen, im Umweltschutz, sowie in der Erkundung von Altlasten. Dabei kommt mit Geoelektrik, Gravimetrie, Magnetik, Elektromagnetik, Georadar, Refraktionsseismik, Reflexionsseismik und Bohrlochseismik nahezu die gesamte Bandbreite geophysikalischer Methoden zum Einsatz. Typische Einsatzbereiche sind:

- Schwachstellenanalysen und Standsicherheitsuntersuchungen an Deichen, Dämmen und Talsperren
- Geophysikalische und geotechnische Analysen für Speicher- und Rückhaltebecken
- Baugrunduntersuchungen und -gutachten für Bauwerke, Straßen und Leitungstrassen
- Erschütterungs- und Dehnungsmessungen
- Beratung bei der Optimierung von Bohr- und Sprengplänen
- Kombinierte Auswertung von geophysikalischen und geotechnischen Messungen im Kippen- und Deponiebereich
- Bauüberwachung bei der Sanierung von Hochwasserschutzanlagen sowie der Gründung von Bauwerken, Straßen- und Leitungstrassen
- Durchführung von Verdichtungs- und Tragfähigkeitsprüfungen
- Planung und Überwachung 2D- und 3D-seismischer Messungen
- Bearbeitung und geologische Interpretation 2D- und 3D-seismischer Daten
- Reflexions- und refraktionsseismische Messungen zur oberflächennahen Erkundung
- Seismische Messungen zur in-situ Bestimmung dynamischer elastischer Moduln
- Gravimetrische und seismische Messungen zur Kontrolle von Verdichtungsmaßnahmen
- Gravimetrische Untersuchungen und dreidimensionale Modellierungen zur Erkundung von Kohle- und Salzlagerstätten
- Gravimetrische Messungen zur Lokalisierung von Hohlräumen und zur Erkundung von Karststrukturen
- Geoelektrische Messungen zur Unterscheidung bindiger und nicht-bindiger Böden
- Geoelektrische, magnetische und elektromagnetische Untersuchungen zur Lokalisierung von überdeckten Fundamenten und Metallkörpern im Untergrund sowie zur Abgrenzung von Altlasten

Geschichte der Geophysik - S3-P.019 Poster

Das Institut für Geophysik und Geoinformatik in Freiberg

Spitzer K.¹, Buske S.¹, Schaeben H.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

Anfänge

Erste geophysikalische Untersuchungen in Freiberg gehen auf den Physikprofessor Ferdinand Reich zurück. Reich führte in den Jahren 1831-50 Untersuchungen zum Nachweis der Erdrotation, zur Bestimmung des vertikalen geothermischen Gradienten, zur Ermittlung der mittleren Erddichte, zum Auftreten elektrischer Ströme auf Erzgängen sowie gemeinsam mit Alexander von Humboldt Messungen zur täglichen Variation des Erdmagnetfeldes durch. Vorlesungen über Geophysik wurden seit 1925 am Radiuminstitut gehalten.

Gründungsjahre

1940 wurde das Institut für Angewandte Geophysik gegründet und zu dessen Direktor Otto Meißer ernannt. 1951 wurde Wolfgang Buchheim Direktor des Instituts für Theoretische Physik und Geophysik.

Geophysik in der DDR

1964 konnten beide geophysikalische Institute den Neubau auf der Gustav-Zeuner-Straße beziehen. Heinz Militzer wurde zum Professor für Ingenieur- und Bergbaugeophysik berufen und trat 1966 die Nachfolge Meißers an. Im gleichen Jahr wurde Gottfried Porstendorfer zum Professor für Prospektions- und Tiefengeophysik berufen. Nach der 3. Hochschulreform 1968 wurde Rolf Rösler zum Professor für Theoretische Grundlagen der Geophysik berufen und 1980 Jürgen Schön zum Professor für Petrophysik und Bohrlochgeophysik.

Nach der Wende

Ab dem Wintersemester 1990/91 wurde ein Großteil der Lehre von den Oberassistenten übernommen. Direktor des Instituts für Geophysik wurde Christian Oelsner. Außerdem wurden Bernhard Forkmann Professor für Prospektionsgeophysik und Harald Lindner Professor für Petrophysik und Bohrlochgeophysik.

Heute

Seit 2000 ist Klaus Spitzer Professor für Angewandte Geophysik mit dem Schwerpunkt im Bereich numerischer Simulations- und Inversionsverfahren für elektromagnetische Methoden, von 2006 bis 2009 bekleidete Thomas Bohlen die Seismik-Professur und seit 2010 hat Stefan Buske diese Position inne. Im Jahr 2010 wurde das Institut für Geophysik und Geoinformatik gegründet, nachdem die Professur für Mathematische Geologie und Geoinformatik mit Helmut Schaeben dem Institut zugeordnet werden konnte. Die Forschung im Institut für Geophysik und Geoinformatik konzentriert sich seither auf seismische und elektromagnetische Abbildungs- und Rekonstruktionsverfahren zur Erkundung von Strukturen und Prozessen in der Erdkruste sowie die Modellierung räumlich und zeitlich indizierter Geodaten und deren Organisation in 3D/4D-Datenbanken. Alle Gebiete sind durch die Anwendung numerischer Computertechniken eng miteinander verzahnt.

Geschichte der Geophysik - S3-P.020 Poster

Das Seismologische Observatorium der Bergakademie Freiberg in Berggießhübel
Mittag R.¹

(1) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

Das Seismologische Observatorium Berggießhübel wurde 1957 durch die Bergakademie Freiberg gegründet und entstand im Rahmen des internationalen Projektes "Geophysikalisches Jahr". Die Einrichtung des Observatoriums als Erdzeitenstation erfolgte auf Initiative von Prof. Wolfgang Buchheim, dem Direktor des Institutes für theoretische Physik und Geophysik. Nach ersten Versuchsmessungen für Gezeitenuntersuchungen wurde am 1. Mai 1960 eine erste seismische Proberegistrierung gestartet, wodurch bereits 22 Tage später das stärkste, jemals von Seismografen registrierte Erdbeben in Chile erfasst werden konnte. Die permanente seismische Registrierung mit kurz- und langperiodischen Dreikomponenten-Seismografen wurde 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 ausgestattet.

Das Observatorium verfügt über sehr gute Registrierbedingungen und betreibt seit 1966 eine konsistente Auswertung. Jährlich werden über 4000 Erdbeben detektiert. Hinzu kommt eine Vielzahl von Explosionen und Bergschlägen im Entfernungsbereich bis 500 km, so dass die Gesamtzahl der jährlich auszuwertenden seismischen Ereignisse häufig die Zahl 10.000 übersteigt. Im Jahre 2003 wurde die Registriertechnik durch die Installation eines Gezeitengravimeters erweitert.

Das Observatorium befindet sich im geologischen Grenzbereich von Erzgebirge, Elbtalzone und Elbtalschiefergebirge. Die Meßgeräte sind in Meßkammern, die sich 36 Meter unter der Erdoberfläche befinden, installiert. Ausser den seismischen Registrierungen werden auch begleitende geophysikalische Messungen wie Neigungs-, geomagnetische und radiometrische Messungen durchgeführt. Die Meßkammern beinhalten ausserdem eine historische Gerätesammlung, die für eine anschauliche Demonstration der seismischen Registrierung vor Ort geeignet ist.

Auf der Grundlage eines täglichen Routinedienstes werden seismologische Überwachungs- und Forschungsarbeiten durchgeführt sowie Studenten und Praktikanten ausgebildet. Die leichte Zugänglichkeit der Station sowie Vorführungsmöglichkeiten der laufenden Messungen sind in besonderer Weise geeignet, geophysikalisch interessierten Besuchern einen direkten Einblick in die seismologische Forschung zu geben.

Geschichte der Geophysik - S3-P.021 Poster

Die Entwicklung eines international tätigen Geophysik-Kontraktors am Standort Leipzig, Teil 1: Firmengeschichte des VEB Geophysik in den Jahren 1951 - 1990

Olgemann W.¹, Scheibe R.¹, Schulze B.-M.¹, Karp T.¹

(1) Geophysik GGD mbH, Leipzig, Deutschland

Inhalt des Posters:

- o einige alte Fotos, insbesondere aus den Jahren 1950 - 1970
- o Jahreszahlen: ein paar Einträge zur Einführung von technischen Neuentwicklungen
- o 1958: 9 Messtrupps Seismik, Erdolprogramm für Norden der DDR
- o 1960: Grundsteinlegung für Gelände an Bautzner Straße
- o Anfang der 1960er Jahre: Beginn von marinen geophysikalischen Messungen in der Ostsee
- o 1970: seismische Datenakquisition umgestellt auf Digitaltechnik
- o 1981: Höhepunkt der gravimetrischen Erkundung von Erdöl/Erdgas und in der Braunkohle mit 18 amerikanischen Gravimetern
- o 1982 - 1989: aerogeophysikalische Aufnahme des Südens der DDR zur Erkundung metallischer Rohstoffe
- o 1986: Einführung der Vibratortechnik zur seismischen Energieanregung mit Fahrzeugen der Prakla-Seismos aus Hannover
- o Entwicklung der Mitarbeiterzahl
- o Projekte im Ausland, aber keine Niederlassungen
- o Ende 1990: von 1.400 Mitarbeitern der Belegschaft erhalten 900 Personen die Kündigung

Geschichte der Geophysik - S3-P.022 Poster

Die Entwicklung eines international tätigen Geophysik-Kontraktors am Standort Leipzig, Teil 2: Firmengeschichte der Geophysik GGD in den Jahren 1991 - 2013

Olgemann W.¹, Scheibe R.¹, Schulze B.-M.¹, Karp T.¹

(1) Geophysik GGD mbH, Leipzig, Deutschland

Inhalt des Posters:

- o Jahre 1990 - 1991: Auflösung der alten Strukturen, mehrere neue Firmen
- o 1992: Geophysik GGD: Privatisierung und neue Struktur, Übernahme durch Baukonzern Philipp Holzmann
- o 1992: DGG-Tagung in Leipzig
- o Projekte im Ausland
- o Projekte in Deutschland: Infrastruktur im Rahmen der Wiedervereinigung, Umweltschutz
- o 1998: EAGE-Tagung in Leipzig
- o 2000: Verkauf der Fa. von Philipp Holzmann an einen Investor
- o 2001: Erkundung des Baufelds für neues BMW-Werk in Leipzig
- o 2001: Gründung der Geophysik IGS GmbH
- o ab 2002: Modernisierung des geophysikalischen Gerateparks
- o 2003: Umzug in neuen Firmensitz in Leipzig-Gohlis
- o ab 2005: wieder Ausrichtung auf Projekte der KW-Exploration und im Ausland
- o ab 2006: Seismik: Datenakquisition für größere 2D- und 3D-Projekte und in der tiefen Geothermie
- o 2009: Einführung digitaler Geophone bei der seismischen Datenakquisition
- o ab 2009: 2D-Seismik zur Exploration von Kali- und Kupfer-Lagerstätten
- o 2012: Einführung von wireless-Technik in der Seismik

Geschichte der Geophysik - S3-P.023 Poster

Geophysik in Mainz 1946-2013

Jacoby W.¹

(1) Uni Mainz, Geowissenschaften, Mainz, Deutschland

Die Geophysik hatte in Mainz eine wechselvolle Geschichte. Sie begann kurz nach der Wiedergründung der Universität in Mainz (1477-1796, 1946-) mit drei georientierten Instituten: 1946 Geologie-Paläontologie, Mineralogie-Petrographie und 1950 Meteorologie-Geophysik. 1957 entstand mit der Berufung von Otto Rosenbach eine Geophysik-Abteilung für experimentelle und theoretische Geophysik: Schwerpunkte Seismik, Gravimetrie, Geoelektrik, Erdzeiten, Bohrlochpendel. Renommiertere Absolventen waren Gerhard Müller und Max Wyss.

1965 wurde Rosenbach nach Clausthal berufen und die Mainzer Professur in Meteorologie umgewidmet. Geophysik wurde eingestellt, und geophysikalische Lehre wurde bis 1984 im Rahmen des Geologie-Instituts durch Lehraufträge angeboten (Lehrbeauftragte: Rolf Meißner, Frankfurt; Leo Ameely und Hans Edelmann, beide Prakla-Seismos, Hannover; Wolfgang Jacoby, Frankfurt).

1967: selbständige Geologie- und Paläontologie-Institute sowie Mineralogie und weitgehend unabhängig Meteorologie.

1977: ein neu gebildetes Institut für Geowissenschaften mit Lehreinheiten Geologie, Paläontologie und Mineralogie. Seitdem Bemühungen, die Geophysik durch eine eigene Professur als 4. Lehreinheit zu installieren, was 1984 mit der Berufung von Wolfgang Jacoby gelang. In der Lehre vertrat er alle Teilgebiete der Geophysik, vor allem der Angewandten für Geologen, zunehmend auch für Physiker und Meteorologen. Schwerpunkte in der Forschung: Geodynamik, Gravimetrie und Schwerefeld, speziell Island und Plattentektonik. Assistenten: Georg Büchel (jetzt Jena), Peter Smilde (jetzt Exploration), Herbert Wallner (jetzt Frankfurt). Habilitationen: Regenauer-Lieb, Büchel und Zimanowski erwähnt.

2002: Jacoby pensioniert; arbeitet seitdem weiter mit.

2004: Klaus Regenauer-Lieb (ETH) berufen: geodynamisches Modellieren, speziell der Rolle der Lithosphäre, magnetotellurische Exploration auf Leitfähigkeitsanomalien und geothermische Reservoirs; Assistentin Eva Schill.

2006 Gründung eines "An-Instituts für Geothermisches Ressourcenmanagement" Mainz/Bingen. 2008 geht R-L nach zeitweiliger Beurlaubung nach Perth, Australien.

2008 Juniorprofessur für Geothermie für Eva Schill; geht 2009 nach Neuenburg, Schweiz.

2011: Boris Kaus (ETH) berufen; baut Arbeitsgruppe mit Schwerpunkt auf massivem numerischen Modellieren geodynamischer Prozesse auf. Beteiligung an Landes-Exzellenz-Cluster "Geocycles" und an archäologischer Erkundung mit Magnetik und Bodenradar: David Jordan.

Geschichte der Geophysik - S3-P.024 Poster

*Die Entwicklung der Geophysik in Aachen***Bruckmann J.¹, Clauser C.¹**

(1) Institut für Applied Geophysics and Geothermal Energy, E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Die Ursprünge der Geophysik in Aachen liegen in einer der ersten deutschen Seismometerstationen. Sie wurde 1905 von Karl Haußmann, Professor für Markscheidewesen, in einem Steinkohlebergwerk nördlich von Aachen mit einem Wiechert-Seismographen in Betrieb genommen und Anfang 1906 in den Aachener Stadtbereich verlegt. Ludger Mintrop übernahm zunächst die Betreuung der Erdbebenstation, die im 2. Weltkrieg beschädigt wurde. Von 1946 bis 1948 lehrte Mintrop erneut am Aachener Institut für Markscheidewesen, Bergschadenskunde und Geophysik im Bergbau. Auf ihn folgte bis 1953 der bedeutende Geodät, Markscheider und Geophysiker Oskar Niemczyk. An diesem Institut wurde die "Geophysik im Bergbau" später von Lehrbeauftragten und außerplanmäßigen Professoren vertreten, z.B. lange Jahre durch Wilhelm Bosum (BGR Hannover) und heute durch Eiko Räkors (DMT Essen). Zudem war die Geophysik in Aachen in der Meteorologie verankert. Peter Polis wurde 1899 Direktor des meteorologischen Observatoriums und 1922 außerordentlicher Professor für Meteorologie an der RWTH. Im gleichen Jahr waren Polis und Mintrop Gründungsmitglieder der Deutschen Seismologischen Gesellschaft, der Vorgängerin der DGG. Das Meteorologische Observatorium Aachen wurde 1953 von dem Geophysiker und Meteorologen Hans Israel mit einer Luftelektrizitäts-Forschungsstelle ausgestattet. Durch seine Arbeiten wurde der Fachbereich Meteorologie mit der Geophysik verknüpft. Er wurde 1955 außerplanmäßiger Professor für Geophysik und Meteorologie und später wissenschaftlicher Rat für Meteorologie, Klimatologie und Geophysik.

Eine C3-Professur für Angewandte Geophysik gab es erstmals 1979. Sie wurde mit dem Seismologen Jürgen Wohlenberg besetzt, dessen seismologischer Schwerpunkt in Afrika lag. Er war mit seiner Aachener bohrlochgeophysikalischen Arbeitsgruppe maßgeblich an den Arbeiten zum kontinentalen Tiefbohrprogramm beteiligt. Ihm folgte im Jahr 2000 Christoph Clauser auf der Professur nach. 2006 wurde diese im Rahmen der Gründung des E.ON Energy Research Centers in eine W3-Professur für Applied Geophysics and Geothermal Energy umgewandelt. Heute liegt der Schwerpunkt der Forschung auf den Gebieten geophysikalische und hydrodynamische Lagerstättentechnik, insbesondere Geothermie, unter Verwendung von numerischer Simulationstechnik, Petrophysik und Bohrlochgeophysik. Somit wird seit Haußmanns Seismometerstation das Forschungsprofil der Geophysik in Aachen bestimmt durch anwendungsorientierte Arbeiten.

Geschichte der Geophysik - S3-P.025

*Das Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln seit 1946.
Meteorologie - Geophysik - Extraterrestrische Physik*

Gurk M.¹, Neubauer F.M.¹, Saur J.¹, Tezkan B.¹

(1) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Das heutige Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln nahm seinen Anfang im Jahre 1946 als zusammen mit engagierten Kölner Bürgern ein Meteorologe des Wetterdienstes das erste meteorologische Institut gründeten. Seitdem hat sich das Institut durch zusätzliche Forschungsthemen und -Schwerpunkte zu dem heutigen Institut entwickelt. So beschäftigt sich die Arbeitsgruppe Angewandte Geophysik vorrangig mit Verteilung der elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund mithilfe von elektromagnetischen Methoden im Zeit- und Frequenzbereich. Interessante Forschungsprojekte sind z.B. das Studium von Schlammvulkanen in Aserbaidschan oder die Erkundung eines marinen Frischwasseraquifers vor der Küste Israels. Die Arbeitsgruppe Extraterrestrische Geophysik beschäftigt sich mit Planeten und Monden und deren Plasmaumgebung. Sie geht damit unter anderem der Frage nach, ob es in unserem Sonnensystem außerhalb der Erde flüssiges Wasser gibt. Weitere Forschungsgegenstände sind Extrasolare Planeten und Turbulenz in geophysikalischen Fluiden.

Seit 2007 bietet das Institut einen von der ASIIN akkreditierten Masterstudiengang "Physik der Erde und Atmosphäre" in Zusammenarbeit mit der Universität Bonn an. Er ist ein konsekutiver Studiengang zum Bachelorstudiengang "Geophysik und Meteorologie", in den aber auch Absolventen anderer physikalisch / geophysikalisch / meteorologischer Bachelorstudiengänge eingeschrieben werden können. Die Regelstudienzeit beträgt 4 Semester. Bei erfolgreichem Abschluss wird der Hochschulgrad "Master of Science" (M. Sc.) verliehen. Der Masterstudiengang thematisiert theoretische und praktische Untersuchung diverser Phänomene im Erdinneren, an der Oberfläche und in der Atmosphäre unserer Erde sowie verschiedener Planeten und Monde in unserem Sonnensystem.

Geschichte der Geophysik - S3-P.026 Poster

Entwicklung und heutiges Profil der Geophysik an der Universität Bonn

Kemna A.¹

(1) Geodynamik/Geophysik, Steinmann-Institut, Universität Bonn, Bonn, Deutschland

An der Rheinischen Friedrich-Wilhelms Universität Bonn ist heute am Steinmann-Institut neben den Fachdisziplinen Geologie, Mineralogie und Paläontologie die Geophysik als vierte Einheit mit den Fachbereichen Geodynamik und Angewandte Geophysik etabliert. Während die erstgenannten Fächer auf eine mehr als hundertjährige Tradition in Bonn zurückblicken, wurde 1985 die erste geophysikalische Professur (Angewandte Geophysik) in Bonn eingerichtet. Diese wurde 1985-1987 von Hans-Jürgen Götze, 1987-1990 von Gerhard Jentzsch, 1991-2001 von Hans-Joachim Kümpel und 2001-2006 von Andreas Hördt (in Vertretung) besetzt. Im Jahr 1988 wurde der geophysikalische Bereich mit der Etablierung des

Lehrstuhls für Geodynamik und Physik der Lithosphäre, den Horst J. Neugebauer bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2005 profilprägend ausfüllte, entscheidend erweitert. Heute beschäftigen sich die Bonner Arbeitsgruppen Geodynamik (seit 2005 Stephen A. Miller) und Angewandte Geophysik (seit 2007 Andreas Kemna) mit der Modellierung und der Beobachtung von Prozessen in der Erde, insbesondere im Zusammenhang mit Erdbeben, vulkanischer Aktivität, Permafrost sowie hydrogeophysikalischen Fragestellungen. Die Arbeitsgruppe Geodynamik konzentriert sich in ihrer Forschung auf die grundlegenden Mechanismen, die die Entstehung, Deformation und Metamorphose der Lithosphäre antreiben, hier vor allem auf die Rolle von hydromechanischen Wechselwirkungen. Den Forschungsschwerpunkt der Arbeitsgruppe Angewandte Geophysik bilden elektrische, elektromagnetische und seismoelektrische Verfahren zur Visualisierung, Charakterisierung und Überwachung hydro- und biogeophysikalischer Eigenschaften von Strukturen und Prozessen im oberflächennahen Untergrund. Die Arbeiten sind in verschiedene interdisziplinäre Verbundforschungsprojekte eingebettet. In der Lehre ist die Geophysik auf Bachelor-Ebene in den Studiengang Geowissenschaften integriert. Auf Master-Ebene wird neben der Beteiligung am Studiengang Geowissenschaften in Kooperation mit der Bonner Meteorologie der Studiengang Physik der Erde und Atmosphäre mit physikalisch-mathematischer Ausrichtung angeboten, so dass Geophysik an der Universität Bonn sowohl im interdisziplinären geowissenschaftlichen Kontext als auch mit traditionellem Schwerpunkt auf Theorie und Methodik studiert werden kann.

Geschichte der Geophysik - S3-P.027 Poster

Das Institut für Geophysik - 120 Jahre Seismologie in Stuttgart

Häfner R.¹, Eisermann A.¹, Joswig M.¹

(1) Universität Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, Deutschland

Mit der Einrichtung der ersten Erdbebenstation in Württemberg durch Dr. Karl Mack im Jahre 1893 begann die bislang 120-jährige Geschichte der Stuttgarter Geophysik. Wir beleuchten die wissenschaftliche und organisatorische Entwicklung des zunächst dem statistische Landesamtes Württemberg untergeordneten Standortes zum heutigen Institut für Geophysik der Universität Stuttgart. Das klassische Aufgabenfeld - die Beobachtung der regionalen Seismizität - wurde schon in der Anfangszeit durch die Eigenentwicklung von Instrumenten ergänzt.

Die seismologische Forschung am Institut wurde im Laufe der Jahre weiter ausgebaut und konzentriert sich heute vor allem auf die Ränder der Magnitudenskala; sowohl das Nanoseismic Monitoring von Ereignissen mit Magnituden $M_l < -1$ bis hin zur Eigenschwingungsseismologie mit Magnituden $M_w > 9$ sind Gegenstand der aktuellen Forschung.

Es werden seismologische Methoden zur Überwachung von Gas- und Erdwärmeförderanlagen sowie Software zur automatisierten und manuellen Kategorisierung und Auswertung seismischer Aufzeichnungen entwickelt. Aktuell wird das Themenfeld des Instituts durch die Entwicklung unbemannter Fluggeräte und Software zur Fernerkundung sowie die Modellierung und Erforschung alpiner Hangrutschungen das Themenfeld.

Geschichte der Geophysik - S3-P.028 Poster

Scientific Achievements of the Karlsruhe Geophysical Institute from 1964 to 2000

Fuchs K.¹, Wenzel F.¹, Ritter J.¹, Bonjer K.-P.¹, Müller B.¹, Prodehl C.¹, Wilhelm H.¹, Zürn W.¹, Bohlen T.¹

(1) Geophysikalisches Institut, KIT, Karlsruhe, Deutschland

Since its foundation in 1964 by Stephan Mueller, the research of the Karlsruhe Geophysical Institute concentrated on the solid earth with emphasis on seismological and controlled-source seismic investigations of crust and uppermost mantle. The detection of a worldwide existing low-velocity channel in the crust and the theoretical development of the reflectivity method were highlights of the 1960s. In the 1970s it was recognized that the classical Pn-phase in reality is a sequence of several phases which was interpreted as evidence of fine structure of the lower lithosphere. From the mid-1980s teleseismic tomography was developed and applied offering an additional tool of lower lithosphere research. From its foundation, regionally the deep structure of the Central European rift system was one of the central themes of interdisciplinary research, in later decades the Afro-Arabian rift system became the goal of major expeditions. From the very beginning the Black Forest Observatory concentrated on seismological research of the whole earth. In the 1980s borehole geophysics was added and the foundation of a second chair in geophysics was devoted to applied geophysics with emphasis on seismic methodology especially the common reflection surface (CRS) method which is still the core research topic of the Wave Inversion Technology Consortium (WIT) which was established in 1997 at the University of Karlsruhe.

The poster is divided into eight sections: Poster I: 1. Early History, 2. Crust-mantle studies, 3. Upper-mantle long-range profiles, 4. Black Forest Observatory; Poster II: 5. World Stress Map, 6. Applied geophysics, 7. Rifting, 8. Vrancea seismicity.

Geschichte der Geophysik - S3-P.029 Poster

Gründung des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF) vor 50 Jahren

Klinge K.¹, Stammler K.¹, Plenefisch T.¹

(1) BGR, Hannover, Deutschland

1963 wurde GRF als Teil des amerikanischen LRSM Programms ins Leben gerufen. Das ursprüngliche Detektionsarray bestand aus einer kreuzförmigen Anordnung von 7 Benioff Seismometern, deren Signale zentral auf Magnetband registriert wurden. 1964 erfolgte die Gründung des FKPE als Trägerorganisation des Observatoriums und 1965 die Überführung des GRF-Kleinarrays in deutsche Trägerschaft. 1968 wurde vom FKPE, auf Initiative von H. Berckhemer, der Aufbau eines neuen Großarrays für die seismologische Forschung, bestehend aus 13 Stationen im Fränkischen Jura, beschlossen. Zur Neuausstattung verwendete man die von E. Wielandt gerade fertig gestellten STS1 Seismometer. Die Registrierung dieses weltweit ersten Breitbandobservatoriums erfolgt seitdem kontinuierlich mit ständig wachsenden Datenmengen: anfangs auf Magnetbändern, dann magneto-optischen

Platten, CD-Jukeboxen, DVD's und aktuell auf Festplatten. Nach einem Vertrag von 1971 zwischen der BGR und der DFG, wird das Observatorium als Hilfseinrichtung für die seismologische Forschung von beiden Organisationen gemeinsam betrieben. 1974 wurde die AG Gräfenberg, die jetzige AG Seismologie, gegründet. In den folgenden Jahren entwickelte sich das Observatorium, dank der umfassenden Unterstützung der DFG und des weltweiten Interesses an den Breitbanddaten, zur wichtigsten seismologischen Forschungseinrichtung der Bundesrepublik. 1987 beschloss die AG Gräfenberg, das GRF-Array durch ein offenes Netz von 8 regionalen Breitbandstationen (GRSN), zu erweitern. Diese wurden 1991 in Betrieb genommen, 1992/1993 erfolgte eine "Osterweiterung" auf 12 Stationen. Bis heute hat sich die Zahl der GRSN-Stationen neben dem GRF-Array auf insgesamt 30 erhöht. Diese Entwicklung und die große Zahl von gemeinsam mit universitären und außeruniversitären Einrichtungen weltweit durchgeführten Forschungsprojekten belegen die Erfolgsgeschichte des SZGRF. 2003 gab die DFG die Hilfseinrichtung an die BGR ab und 2008 erfolgte der Umzug von Erlangen nach Hannover und die Fortführung des SZGRF als Seismologisches Zentralobservatorium der BGR (SZO).

Geschichte der Geophysik - S3-P.030 Poster

Geophysik in Wien: Gestern und Heute

Bokelmann G.¹, Hammerl C.², Lenhardt W.², Meurers B.¹

(1) Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Wien, Österreich

(2) Geophysik, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Österreich

Die institutionalisierte Geschichte der Geophysik in Wien beginnt im Juli 1851 mit der Gründung der k.k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus - heute Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) - und der Grundsteinlegung für das spätere Institut für Meteorologie und Geophysik an der Universität Wien. Dabei war der jeweilige Direktor der ZAMG über 155 Jahre gleichzeitig Professor an der Universität Wien.

Der Wiener Standort hat bedeutende Wissenschaftler in den Bereichen der Meteorologie und Geophysik hervorgebracht, wie Karl Kreil, Victor Conrad und andere. Die geophysikalischen Aktivitäten waren zunächst geprägt von der Untersuchung des erdmagnetischen Feldes. In der Folge kamen der Erdbebendienst, Gravimetrie und verschiedene Themen der angewandten Geophysik dazu. Heute ist die Wiener Geophysik von den besonderen Standortfaktoren wie Kohlenwasserstoffe, seismische Gefährdung, dem Conrad Observatorium und der Präsenz internationaler Organisationen geprägt.

Die Geophysik wird an Instituten der Universität Wien, sowie an der Technischen Universität, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, der Geologischen Bundesanstalt und dem Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen ausgeübt. Darüber hinaus ist Wien Sitz einer Reihe von Firmen, die sich Methoden der Angewandten Geophysik, vor allem der Kohlenwasserstoffexploration (OMV, RAG) bedienen, sowie der Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO).

Geschichte der Geophysik - S3-P.031 Poster

100 Jahre Geophysik an der Universität Leipzig

Jacobs F.¹, Börngen M.¹, Schied G.¹

(1) Universität, Leipzig, Deutschland

Am 1. Januar 1913 wurde das Geophysikalische Institut der Universität Leipzig gegründet. Das Poster zeigt die wechselvolle Geschichte der Geophysik am Standort Universität Leipzig.

- x) Der erste Institutsdirektor **Vilhelm Bjerknes (1862- 1951)** schuf die Grundlagen der Meteorologie als exakte Wissenschaft. Das Institut gilt als eine der Geburtsstätten der modernen Wettervorhersage.
- x) **Ludwig Weickmann (1882-1961)** erweiterte seit 1923 das Arbeitsfeld des Instituts auf die Feste Erde und gründete 1932 das Geophysikalische Observatorium Collm.
- x) Am 4. Dezember 1943 wurde das Institut in der Leipziger Talstraße 38 durch Bombenangriffe zerstört.
- x) **Robert Lauterbach (1915-1995)** vereinigte in den 1960er Jahren Geophysikalische Erkundung und Geologie in einem neuen eigenständigen Institut und baute die enge Partnerschaft zum Staatsbetrieb VEB Geophysik aus.
- x) Das 1913 gegründete Geophysikalische Institut, seit den 1950er Jahren auf Meteorologie und Ozeanographie orientiert (1957 Gründung des Maritimen Observatoriums Zingst), fiel 1971 infolge einer politisch motivierten Strukturrentscheidung der Schließung zum Opfer.
- x) In den 1970er und 1980er Jahren wurde im neugegründeten Wissenschaftsbereich Geophysik der Sektion Physik die Geophysik der Festen Erde, der Atmosphäre und der Hydrosphäre betrieben. Im Vordergrund standen Verfahren der Angewandten Geophysik, insbesondere die Digitalseismik.
- x) Seit 1993 werden die Traditionen mit neuen Zielstellungen am Institut für Geophysik und Geologie und am Institut für Meteorologie der Fakultät für Physik und Geowissenschaften fortgesetzt.

AR Archäogeophysik**Archäogeophysik - AR-1.001**

Kombination von Luftbildfotographie und Geophysik zur archäologischen Fundplatzsuche auf Föhr

Wunderlich T.¹, Majchczack B.², Wilken D.¹, Mauritsen E.S.³, Segschneider M.⁴, Stümpel H.¹, Rabbel W.¹

(1) Institut für Geowissenschaften, Geophysik, Kiel, Deutschland

(2) Institut für Ur- und Frühgeschichte, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

(3) Ringköbing-Skjern Museum, Skjern, Dänemark

(4) Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Schleswig, Deutschland

Im Rahmen eines dänischen Projektes über Luftbildfotographie von archäologischen Fundplätzen wurden sowohl die Westküste Jütlands als auch die Nordfriesischen Inseln Sylt, Amrum und Föhr befliegen. Besonders auf Föhr sind durch diese Befliegung mehrere bislang unbekannte archäologische Fundplätze durch Bewuchsanomalien entdeckt worden, die auf Siedlungen des ersten Jahrtausends AD mit Gräben, Gruben- und Langhäusern deuten. Bislang wurden an drei dieser Orte geophysikalische Messungen durchgeführt um die archäologische Interpretation zu unterstützen. Nach einer großflächigen Untersuchung mit Geomagnetik wurden dann auf ausgewählten kleineren Flächen Geoelektrik, GPR (Ground Penetrating Radar), EMI (Elektromagnetische Induktion) und seismische Messungen durchgeführt. Außerdem wurde in Bohrlöchern die magnetische Suszeptibilität gemessen sowie der Bodenaufbau geklärt. In der Nähe der Ortschaft Wrixum wurde anhand der Luftbilder und der folgenden geomagnetischen Prospektion eine Siedlung mit einigen Langhäusern von 40-60 m Länge sowie Grabenstrukturen und Grubenhäuser entdeckt, die sich vermutlich in die Völkerwanderungszeit datieren lässt. Weitere geophysikalische Methoden wurden zur Klärung der Tiefenstruktur der Befunde herangezogen. An der Südküste von Föhr wurden bislang an zwei Orten geophysikalische Messungen durchgeführt. In Nieblum wurden Gruben oder Grubenhäuser gefunden, die von einem teilweise doppelten Graben umrandet sind. In Witsum ergibt sich aus der geomagnetischen Karte eine dorfähnliche Siedlung, die dicht mit Grubenhäusern bedeckt und mit Zäunen oder Gräben durchzogen ist. Da die magnetischen Anomalien dieser Grubenhäuser besonders ausgeprägt im Vergleich zu anderen Fundplätzen sind, wurde ein Grubenhaus exemplarisch mit weiteren Methoden untersucht.

Archäogeophysik - AR-1.002

*Georadar und Widerstandsmessungen an den Nazca-Linien in Peru***Weller A.¹, Eidner M.², Rosas S.³, Hartsch K.⁴**

(1) Institut für Geophysik, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

(2) Bo-Ra-tec GmbH, Weimar, Deutschland

(3) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru

(4) IPRO DRESDEN, Dresden, Deutschland

Die Geoglyphen von Nazca in der Steinwüste im Süden Perus sind als Weltkulturerbe anerkannt. Diese bemerkenswerten Bodenzeichnungen werden von zahlreichen Fachdisziplinen untersucht. Mit einem gemeinsamen Projekt arbeiten peruanische und deutsche Geowissenschaftler daran, geeignete geophysikalische, geochemische und geotechnische Verfahren zu finden, die Aussagen zur Veränderung und Verwitterung des oberflächennahen Untergrundes in den Wüstenböden unter den Nazca-Linien ermöglichen. In unserem Beitrag berichten wir über die gemeinsame Anwendung von Georadar und Widerstandsmessungen auf einer Testfläche am Rande eines großen Trapezoides. Die gewonnenen flächenhaften Abbildungen beider Methoden zeigen ähnliche Strukturen. Das Georadar ermöglicht eine schnelle und kontinuierliche Datenaufnahme, aber die Eindringtiefe ist stark eingeschränkt. Die erste Messkampagne im Jahre 2005 hatte gezeigt, dass trotz der trockenen Oberflächenbedingungen, geoelektrische Messungen erfolgreich eingesetzt werden können. Die Widerstandsmessungen mit Multi-Elektroden-Aufstellungen auf parallelen Profilen, die deutlich mehr Zeit erfordern, ermöglichen eine dreidimensionale Auswertung. Die gewonnenen Widerstandsschnitte in horizontalen und vertikalen Ebenen liefern Informationen, die als Änderungen in der Lithologie und im Wassergehalt interpretiert werden. Der Horizontalschnitt in 3.5 m Tiefe zeigt rinnenartige Strukturen mit einem geringeren spezifischen elektrischen Widerstand. Die Anordnung dieser rinnenartigen Strukturen unterscheidet sich von den an der Oberfläche beobachteten Erosionsrinnen. Die Widerstandsabnahme wird möglicherweise von einem höheren Wassergehalt verursacht.

Es können erst dann geeignete Maßnahmen für eine dauerhafte Konservierung der Nazca-Linien durchgeführt werden, wenn die physikalischen und chemischen Prozesse in den Wüstenböden um die Geoglyphen richtig verstanden werden. Unser Ansatz, geophysikalische, mineralogische und geochemische Methoden zu kombinieren, hat sich als sinnvoll erwiesen, um den Kenntnisstand über die Strukturen und Prozesse zu erweitern.

BL Bohrlochgeophysik**Bohrlochgeophysik - BL-1.001**

Indikationen für sekundäre Porosität aus Standardverfahren der Bohrlochmessung
Buckup K.¹

(1) DBM, Magdeburg, Deutschland

Die Porositätsbestimmung ist eine anspruchsvolle Aufgabe für die geophysikalische Bohrlochmessung. Verschiedene Verfahren tragen Informationen zur Porosität und in der Regel liefern Komplexbearbeitungen der Verfahren GG-Dichte, Sonic und das Neutronlog praktisch hinreichende Informationen, soweit granulare Speicher in Sand-Ton-Profilen zu bewerten sind. Im Wesentlichen werden sogenannte Crossplots verwendet, die diese Verfahren zur Porositätsbestimmung verknüpfen. Dabei wird die Tonkomponente in unterschiedlichem Maße als porositätsbeeinflussende Größe behandelt. Sollten andere Faktoren die Porosität beeinflussen, dann gelangt man schnell zur Anwendungsgrenze dieser Bestimmungsmethodik. Besonders gilt das für Karbonatgesteine, die sich durch Auftreten sekundärer Porosität auszeichnen. Unter sekundärer Porosität werden Porositätskomponenten verstanden, die nicht granular sind, es handelt sich dabei um Kluft-, Karst- und Kavernenporosität bis hin zum Auftreten von Hohlräumen. Die Probleme sind sehr unterschiedlich, es spielt eine Rolle, ob die Sekundärporositätsbereiche von der Bohrung durchteuft werden bzw. wie das System räumlich angeordnet ist. Für diese Fragen werden die Standardverfahren herangezogen, dabei spielen Kaliber, Widerstand, Sonic und Neutron-Log die Hauptrolle. Bei Anschneiden des Porositätsintervalles wäre die erste Indikation für Sekundärporosität das Auftreten von Bohrlöcherweiterungen, womit ein Direktnachweis gegeben ist, wenn sich aus den sonstigen Verfahren Bestätigungen ableiten lassen. Relevante Effekte für Sekundärporosität bei Kalibererweiterung wären:

- Widerstand- Filtrationseffekte
- Sonic- deutlich erhöhte Laufzeiten
- Neutron-Neutron-Log- Zählratenzunahme

Die Effekte brauchen nicht eindeutig zu sein, z. B. könnte Filterkuchenbildung den stressbedingten Kalibereffekt überdecken, würden aber offene Systeme sekundärer Porosität mit hoher Permeabilität signalisieren.

Die Verfahrensansprachen wurden analysiert und in Verbindung mit Testangaben überprüft. Die Widerstandskurven liefern einen typischen Zwei-Schichten-Fall, die eine tiefe Infiltration signalisieren. Die Laufzeiterhöhungen im Sonic-Log sind im Wesentlichen durch cycle-skippings hervorgerufen und stellen damit eher einen apparativen Effekt dar. Für das Neutron-Log macht sich die Störung des Gesteinsverbandes bemerkbar und hat damit auch eine Tiefenwirkung. Im Crossplot müssen diese Ansprachen entsprechende Berücksichtigung finden.

Bohrlochgeophysik BL-1.002

Berechnung von Magnetisierungen aus dreikomponentigen Magnetfeldmessungen in den Louisville Seamounts während IODP Expedition 330

Ehmann S.¹, Anderson L.², Hördt A.¹, Leven M.³, Virgil C.¹

(1) TU Braunschweig, IGEP, Braunschweig, Deutschland, (2) University of Leicester, Department of Geology, Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland, (3) Universität Göttingen, Institut für Geophysik, Göttingen, Deutschland

Eines der Hauptziele von IODP Expedition 330 war mittels paläomagnetischer Untersuchungen die Bewegungshistorie des die Louisville Seamount Kette erzeugenden Hotspots nachzuvollziehen. Erste Ergebnisse von Bohrkernmessungen zeigen, dass sich der Hotspot in der Zeit zwischen 70 und 50 Millionen Jahren kaum bewegte. Im Gegensatz dazu hat sich der Hawaii-Emperor Hotspot, der ebenfalls unter der Pazifischen Platte liegt, in etwa dem gleichen Zeitraum um ca. 15° nach Süden verlagert. Dies bedeutet, dass sich beide Hotspots unabhängig voneinander bewegen.

Das Göttinger Bohrlochmagnetometer (GBM) wurde in zwei von sechs Bohrungen während Expedition 330 eingesetzt. In diesem befinden sich drei orthogonale Faserkreisel, die mit einer Auflösung von $9 \cdot 10^{-5}$ %/s die Drehraten der Sonde im Bohrloch messen. Mit deren Hilfe lässt sich das durch drei orthogonale Fluxgate Sensoren gemessene Magnetfeld in ein geographisches Bezugssystem reorientieren.

Da die gewonnenen Bohrkern nicht orientiert entnommen werden konnten, lassen sich aus paläomagnetischen Untersuchungen an diesen nur die Inklination und die Stärke der Magnetisierung bestimmen. Über Modellrechnungen kann man aber aus unseren reorientierten Bohrlochdaten Rückschlüsse auf die Magnetisierung des durchbohrten Gesteins ziehen und insbesondere auch Abschätzungen für deren Deklination machen. Die zusätzliche Bestimmung der Deklination der Magnetisierung kann dabei helfen, die zeitlichen Bewegungen des Hotspots genauer zu charakterisieren.

Die Auswahl und Anpassung geeigneter Schichtmodelle ist dadurch erschwert, dass die Geometrie und Struktur des durchbohrten Gesteins nicht genau bekannt ist. Hierbei spielt auch die prinzipielle, potentialtheoretische Uneindeutigkeit von Magnetfeldmessungen eine Rolle. Durch Kombination der GBM-Messungen mit den Ergebnissen der magnetischen Messungen an den Bohrkernen sowie durch Zuhilfenahme von Bohrloch-Imager-Daten lassen sich diese Mehrdeutigkeiten jedoch einschränken, womit erste Abschätzungen der Gesteinsmagnetisierung möglich werden.

Bohrlochgeophysik - BL-1.003

Bestimmung des Verlaufs von Bohrungen mit Hilfe von faseroptischen Kreisel

Virgil C.¹, Ehmann S.¹, Hördt A.¹, Leven M.², Steveling E.²

(1) TU-Braunschweig, IGEP, Braunschweig, Deutschland

(2) Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Geophysik, Göttingen, Deutschland

Geophysikalische Bohrungen dienen der Erkundung von geologischen Strukturen durch Entnahme von Proben und 'In Situ' Messungen der petrophysikalischen Eigenschaften. Diese Informationen werden häufig mit Oberflächenmessungen kombiniert, um Modelle des Untergrundes zu erstellen. Um die einzelnen Datensätze miteinander kombinieren zu können, müssen die Koordinaten der Messpunkte in einem gemeinsamen Referenzsystem bekannt sein. Bei Oberflächenmessungen wird dies durch den Einsatz des Global Positioning System (GPS) mit ausreichender Genauigkeit erreicht. Innerhalb von Bohrungen steht diese Methode natürlich nicht zur Verfügung.

Um in Bohrungen die Orientierung der Sonde zu bestimmen, werden in der Regel Inklinometer und Magnetometer verwendet. Zusammen mit der Tiefeninformation, gewonnen aus der Länge des abgerollten Kabels, kann somit die Position der Sonde im externen Referenzsystem berechnet werden. Bei dieser Methode kann es allerdings zu Abweichungen vom berechnetem zum tatsächlichen Bohrlochverlauf kommen. So führen zum Beispiel raue Bohrlochwände zu Vibrationen und transversalen Beschleunigungen der Sonde und verfälschen somit die Messungen von Beschleunigungssensoren und Pendelinklinometer. Die Messung des Sonden-Azimuthes mit Hilfe von Magnetometern kann durch externe Magnetfeldanomalien natürlichen Ursprungs (z.B. Erzkörper) oder künstlichen Ursprungs (armierte Fundamente, Rohre, etc.) verfälscht werden. Eine weitere häufige Fehlerursache ist eine unzureichende Kalibrierung der Magnetometer, sowie die Verwendung von ferromagnetischen Materialien im Tool-String.

Bei unserer Sonde, dem Göttinger Bohrlochmagnetometer (GBM) werden zur Bestimmung der Sondenorientierung drei faseroptische Kreisel (FOGs) verwendet. Diese messen unter Verwendung des Sagnac-Effektes die Rotationsrate um die drei Hauptachsen der Sonde und sind somit unabhängig vom magnetischen Hintergrundfeld und dem Schwerevektor. Die FOGs zeichnen sich durch eine hohe Auflösung aus und sind unempfindlich gegen transversale Beschleunigung.

In dieser Arbeit werden die nötigen numerischen Verfahren vorgestellt, um aus den Drehraten und der zurückgelegten Strecke die Position und Orientierung der Sonde zu berechnen. Die Methode wird anhand von Messdaten aus dem Outokumpu Deep Drill Hole (Finnland) vorgestellt. Die erzielte laterale Genauigkeit liegt hier bei 5 m auf 1500 m Bohrlochlänge.

Bohrlochgeophysik - BL-1.004

*Porenraumuntersuchungen an Bohrklein mittels NMR und μ CT***Hübner W.¹, Müller C.¹**

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Bohrklein wird während des Bohrprozesses erzeugt, mit der Bohrspülung an die Oberfläche transportiert und dort zur Ansprache der im Untergrund angetroffenen Gesteine genutzt. Im Vergleich zur Extraktion von Bohrkernen ist die Gewinnung von Bohrklein somit in größerem Umfang und wesentlich kostengünstiger möglich. Interessant ist die Fragestellung, ob die Ergebnisse petrophysikalischer Untersuchungen an den kleinen Gesteinsbruchstücken Aussagen über charakteristische Porenraumeigenschaften zulassen.

Ziel der vorgestellten Untersuchung war es, die Methode der Kernmagnetischen Resonanz (NMR) in Kombination mit der Computertomografie (CT) mit Auflösungen im μm -Bereich hinsichtlich zuverlässiger Aussagen zu Porositäten und Porengrößen zu evaluieren. NMR-Messungen an Bohrklein stellen auf Grund der geringen Probengröße und der großen äußeren Oberfläche eine Herausforderung dar. Das Untersuchungsmaterial, bei welchem es sich hauptsächlich um Sandstein handelt, stammt aus der Bückeberg-Formation (Wealden) aus einer Bohrung im Raum Hannover. Nach sorgfältiger Probenpräparation und einer CT-basierten Sortierung war es möglich, NMR-Signale zu messen, die repräsentativ für die jeweiligen Porengrößen sind. Im mittels CT für einzelne Proben bestimmten Porenraum wurden NMR-Signale simuliert und mit gemessenen Signalen verglichen. Es zeigte sich weitestgehende Übereinstimmung, woraus geschlussfolgert werden kann, dass NMR-Messungen für das untersuchte Bohrklein charakteristische Porenraumeigenschaften liefern.

Bohrlochgeophysik - BL-1.005

Vorausschauende Erkundung in Bohrungen mit Seismic Prediction While Drilling (SPWD)

Jaksch K.¹, Giese R.¹, Kopf M.²

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Wissenschaftliches Bohren, Potsdam, Deutschland

(2) Asse GmbH, Deutschland

Mittels oberflächenseismischer Erkundungen wird bei tiefen Bohrungen der Untergrund vorerkundet. Die zu untersuchende Lagerstätte, neben Kohlenwasserstofflagerstätten z. B. auch geothermale Reservoirs, wird dabei erfasst und eine Bohrplanung erstellt. Während der Bohrung werden zur weiteren Erkundung meist bohrlochbasierte Verfahren eingesetzt. Mit bohrlochseismischen Methoden wie VSP oder SWD kann das Reservoir charakterisiert werden. Dabei sind Reservoirs jedoch oftmals durch geringmächtige Schichten und laterale Abweichungen der Mächtigkeiten wie auch klüftige Störzonen gekennzeichnet. Eine Erkundung, die auch in großen Tiefen eine Auflösung im Meterbereich erlaubt, würde die Exploration des Reservoirs erheblich verbessern.

Im Rahmen des vom BMU geförderten Projekts SPWD - Seismic Prediction While Drilling wurde eine seismische Methodik entwickelt, mit der im Bohrloch eine hochauflösende vorausschauende Erkundung möglich wird. Dazu wurden in mehreren Entwicklungsschritten seismische Bohrlochsonden entwickelt, die unter verschiedenen Bedingungen in Bohrungen getestet werden. In den Sonden wurden jeweils vier seismische Quellen sowie mehrere 3-Komponenten-Geophone implementiert. Die nahe Anordnung der seismischen Quellen und Empfänger in den Sonden ermöglicht die Registrierung hochfrequenter Wellenanteile von Reflektoren in der Bohrlochumgebung und somit eine hochauflösende Erkundung. Eine erste Sonde wurde für vereinfachte Rahmenbedingungen entwickelt, um in horizontalen Bohrungen in einem Bergwerk erste methodische Untersuchungen zum anzuregenden Wellenfeld durchzuführen. Dazu wurde im Lehr- und Forschungsbergwerk der TU Bergakademie Freiberg ein bestehendes seismisch ausgestattetes Untersuchungsgebiet um Bohrungen erweitert. Neben einem dichten Geophonarray bestehend aus 3-Komponenten-Geophonankern wurden zwei horizontale Bohrungen und eine vertikale Bohrung abgeteuft. Eine weitere Sonde wurde für den Feldeinsatz in Bohrungen bis zu 2 km Tiefe entwickelt.

Die gezielte Ansteuerung jeder seismischen Quelle in den Sonden erlaubt es, ein gerichtetes seismisches Wellenfeld aufgrund von konstruktiver Interferenz anzuregen. Zu untersuchende Bereiche in der Bohrlochumgebung wie auch in die vorausliegende Bohrrichtung können so gezielter erkundet werden. In Messungen mit den entwickelten Sonden konnten mit dieser seismischen Methodik richtungsabhängig Strukturen wie angrenzende Gebirgsstrecken oder Klüftzonen in Bohrlochumgebung und -richtung erkundet werden.

EM Elektromagnetik/Georadar**Elektromagnetik/Georadar - EM-1.001**

Anisotrope 3D Grabenmodellierung am Datenbeispiel Vogelsberg

Löwer A.¹, Junge A.²

(1) Goethe-Universität Frankfurt, Frankfurt, Deutschland

(2) Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Frankfurt, Deutschland

Der Vogelsberg ist das größte geschlossene Vulkangebiet Mitteleuropas und überdeckt die Phyllitzzone, die die Grenze zwischen Rhenoharzynikum und Moldanubikum markiert. Die Gefügestrukturen dieser Zone sind überwiegend NW-SE ausgerichtet und entsprechen dem variszischen Streichen. Der NNW-SSE verlaufenden Horloff-Graben kreuzt als weitere Störungszone die Phyllitzzone und stellt eine Verlängerung des Oberrheingrabens dar. In den Jahren 2010 und 2011 wurde an 25 Stationen eines 3D-Breitband-Magnetotellurik- Arrays auf einer Gesamtfläche von 40x20 km² Daten erhoben. Anhand der vorliegenden Daten wurden, auf Basis von 1D-Inversionsergebnissen mittels der Finite-Elemente Software Comsol Multiphysics 4.3a dreidimensionale Modelle berechnet. Verschiedenen Einflüsse auf die Phasensensoren durch isotrope und/oder anisotrope Grabenstrukturen, sowie großflächiger Strukturen, die die Mitteldeutsche Kristallinschwelle repräsentieren, werden untersucht und mit den gemessenen Daten des Vogelsberges verglichen.

Das Ziel ist die Unterscheidung und Abgrenzung geologischer Strukturen unter den Vogelsbergbasalten, insbesondere der Phyllitzzone, der Mitteldeutschen Kristallinschwelle und des Horloff-Grabens, und ihre Bedeutung für die Erschließung hydrologischer und geothermaler Ressourcen.

Elektromagnetik/Georadar - EM-1.002

Finite-Differenzen-Modellierung der elektromagnetischen Wellenausbreitung in Zufallsmedien

Nagel M.¹, Linke M.¹, Hellwig O.¹, Forkmann B.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

Die numerische Modellierung der Ausbreitung von Radarwellen stellt ein geeignetes Hilfsmittel dar, um zu erwartende Messeffekte und deren Größenordnung vor einer Feldmessung abschätzen zu können. Neben Machbarkeitsstudien und der Planung von Messkonfigurationen ist sie außerdem eine geeignete Interpretationshilfe, die das Verständnis der Wellenausbreitung in komplizierten Medien verbessert. In der Praxis werden meist nur großräumige Strukturen in der Modellierung berücksichtigt. Aber besonders wenn sich die Frage nach der beeinträchtigten Erkennbarkeit kleiner Objekte stellt, z. B. bei der Hohlräumeuche, der archäologischen Erkundung oder der Minendetektion, müssen kleinskalige Heterogenitäten in den elektromagnetischen Materialparametern (dielektrische Permittivität, elektrische Leitfähigkeit, magnetische Permeabilität) berücksichtigt werden. Vor allem die kleinräumige Variabilität der Bodenfeuchtigkeit im oberflächennahen Bereich hat einen großen Einfluss auf die Permittivität sowie die Leitfähigkeit und damit letztendlich auf das Erscheinungsbild der Wellenfelder und der Radargramme.

Um realitätsnahe synthetische Radargramme unter Berücksichtigung dieser Effekte mittels einer parallelisierten Finite-Differenzen-Software zu berechnen, wurden Zufallsmedien auf der Grundlage von vorgegebenen Variogrammen für die oben genannten Materialparameter generiert und in die Simulation integriert. Bei den Variogrammen handelt es sich um analytische Modellkurven, die mit Hilfe der Kenngrößen Streuung, Skalenlänge und Parametern, welche die Form der analytischen Variogrammkurve beeinflussen, an die Vorbildsituation angepasst werden können.

Am Beispiel eines Hohlraumes mit unterschiedlicher Füllung, in Anlehnung an eine reale Vorbildsituation, zeigt sich deutlich der skalenlängen- und fluktuationsamplituden-abhängige Einfluss des Zufallsmediums auf den Charakter der Wellenfelder und der Radargramme. Dabei reichen die Veränderungen gegenüber dem homogenen Referenzmodell von leichten Verzerrungen der einzelnen Einsätze, die von der großräumigen Modellstruktur herrühren, bis hin zu Diffraktionen an den kleinskaligen Heterogenitäten des Zufallsmediums, die das Abbild des Hohlraums im Radargramm bis zu dessen Unkenntlichkeit überdecken können.

Daraus lassen sich schließlich wichtige Anhaltspunkte für die Lösbarkeit praktischer Erkundungsaufgaben gewinnen, aber auch eindeutige Grenzen für die Interpretierbarkeit bzw. das Auflösungsvermögen realer Radargramme ableiten.

Elektromagnetik/Georadar - EM-1.003

Simulation studies for detecting migrating CO₂ using complementary electromagnetic methods

Börner J.¹, Spitzer K.¹

(1) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

The early detection of CO₂ leaking from underground storages into shallow aquifers is a major safety issue. Since electric conductivity is highly sensitive to the presence of CO₂ within water-bearing porous media, geo-electromagnetic methods provide an easy-to-apply, non-invasive and cost-effective way to monitor large-scale targets. We present a feasibility study for a 3D-time-lapse electromagnetic monitoring concept combining surface direct current (DC) resistivity and borehole transient electromagnetic (BTEM) measurements.

To understand the petrophysical background, we have developed laboratory equipment to quantify the conductivity change arising from dissolving CO₂. The test conditions represent characteristic p/T-scenarios for depths up to 200m. From the data we derive a petrophysical model to predict the conductivity contrast. Based on this, 3D numerical simulation studies show how to design a well-performing monitoring arrangement. We propose the combination of the DC resistivity and the BTEM method with complementary sensitivity patterns to enhance the subsurface resolution. Using appropriate electrode configurations, DC resistivity provides detailed information down to 20-40m depth. By positioning the BTEM receiver downhole, the sensitivity is enhanced at depth allowing for reconstructing the depth range between 30 and 200m.

Our simulation studies are carried out with state-of-the-art in-house software developed by our working group. The governing partial differential equations are discretized using higher-order Lagrange and vector finite element formulations on unstructured grids giving excellent flexibility with respect to mapping arbitrary geometries such as surface or subsurface topography. The time domain problem is particularly demanding. To reduce the numerical effort we have developed Krylov subspace techniques for the time integration and for model reduction in the frequency domain.

Elektromagnetik/Georadar - EM-1.004

Marine Circular Electric Dipole (MCED) als neuartige Methode zur offshore Grundwassererkundung: Modellierungen zur Überprüfung der Anwendbarkeit

Haroon A.¹, Goldman M.², Tezkan B.¹

(1) Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, Deutschland

(2) Geophysical Institute of Israel, Israel

Vorangegangene Long Offset Transient Elektromagnetische (LOTEM) Messungen, durchgeführt im Rahmen eines BMBF-Projektes, konnten die westliche Ausdehnung eines etwa 30 km langen und mindestens 2 km breiten frischen Grundwasserkörpers innerhalb des tiefsitzenden Sub-Aquifers vor der südlichen Küstenebene Israels bestimmen. Allerdings erwiesen sich die Ergebnisse als unzureichend. Die Geometrie der westlichen Aquiferkante konnte aufgrund der geringen Auflösung der verwendeten EM Methode nicht bestimmt werden. Das Verständnis der hydrologischen Konfiguration und Steuerung des Mechanismus an dieser Grenze ist somit weiter unklar.

Die Anwendung einer hochauflösenden EM Methode, basierend auf einem kreisförmigen elektrischen Dipol-Sender (CED) wird somit geprüft. Der CED generiert ein Feld, welches ausschließlich aus der TM-Mode besteht und weist deshalb eine erhöhte Sensitivität bezüglich schlechter Leiter auf. Erste Modellierungen zeigen, dass sich die CED Methode in mariner Umgebung gut für die Exploration von Grundwasser und Kohlenwasserstoff Ablagerungen eignet. Vor allem in flachen Gewässern könnte die MCED Methode als Alternative zu den gängigen Methoden Controlled Source ElectroMagnetic (CSEM) und Vertical Electric Dipole (VED) dienen.

Elektromagnetik/Georadar - EM-2.001

Investigation of the Azraq Basin in the Eastern Desert of Jordan using Central Loop Transient Electromagnetics: 2.5D Modeling of a Vertical Fault

Yogeshwar P.¹, Tezkan B.¹

(1) University of Cologne, Institute of Geophysics and Meteorology, Cologne, Deutschland

The eastern Mediterranean has been the passageway for human migration between Africa, the Middle East, the Balkans and Europe, which is studied in the frame of the CRC 806 project established at the University of Cologne.

The Azraq basin in the eastern desert of Jordan has been a major spot for human settlements since the middle Pleistocene. The former lake in the basin center has developed to a 10x10 km² big hyper-saline alluvial mudflat. In the center thick sequences of alluvial sediments are deposited, consisting mostly of clay and various evaporates. These sediment successions are promising archives for paleoclimatical reconstruction. The area has tremendous importance due to ground water and mineral resources. The heavy exploitation of groundwater has lead to a drastic decline of the water table and drying out of the former Oasis.

We utilized the Transient Electromagnetic (TEM) method to identify suitable borehole locations in the area for the paleoclimatical reconstruction. In a first field survey, two

profiles, 5 and 3 km long, were investigated from the edge of the basin to the basin center, crossing three geological formations. In a second survey both TEM profiles were extended to a total length of 7 and 5 km, respectively. In order to resolve the thickness of the sedimentary deposits, a larger transmitter loop and the Zonge TEM-3 induction coil was used.

The TEM data is interpreted by 1D Marquardt and Occam inversions and stitched together as a 2D section. As a weak lateral constraint between neighboring soundings, the previous best-fit model is used as the initial model for the present inversion. We have calibrated the geoelectrical models with lithological information available along the profile. Previously uncertain depths of geological boundaries are determined on both profiles by the geophysical results. The thickness of the deposited mudflat sediments are resolved and range from 40 m at the borders up to 110 m in the center. Besides that, the transition zone from fresh to saline water is clearly detected.

As the 1D interpretation of TEM data is inadequate approaching strong lateral subsurface contrasts, a 2D conductivity model was derived. The TEM data is explained by means of 2.5D modeling for 40 stations on the 7 km long profile using the SLDMEM3T algorithm by Druskin and Knizhnermann (1994). The TEM data is fitted with a global RMS of less than 4%.

Elektromagnetik/Georadar - EM-2.002

Crustal resistivity structure across the Caledonian Front in Lapland from magnetotelluric measurements

Nittinger C.¹, Becken M.¹, Rödder A.², Junge A.², Smirnov M.³

(1) Institute of Geophysics, University of Münster, Münster, Deutschland

(2) Institute of Geosciences, Frankfurt University, Frankfurt, Deutschland

(3) Department of Physics, University of Oulu, Oulu, Finland

We collected MT data along a 110 km long profile across the Caledonian Front (CF) in the Finland-Norway border region. The Caledonian Front represents the geological boundary between the tectonic plates Laurentia and Baltica, which collided ca. 400 Ma ago. The conducted survey is embedded in larger-scale magnetotelluric array measurements to study the three-dimensional structure and properties of the Fennoscandian lithosphere with electromagnetic measurements (MASCA project). Previous MT studies further south revealed a conducting alum shale layer beneath the Caledonian allochthons, extending west of the Caledonian Front. The new profile data was recorded in June 2011 with 20 broadband sites (0.01-1000s). The profile starts in Finland on the Precambrian basement in the south and ends at the Lyngen Fjord in northern Norway. The sites located on the Precambrian basement in Finland exhibit large main-diagonal elements irrespective of the rotation angle, which can neither be explained with galvanic distortion over a 2-D Earth nor with simple 2-D models. 1-D anisotropic models with 3-D galvanic distortion can account for the observations, but the approach remains questionable because of model inconsistencies between neighboring sites. 3-D models can equally fit the large main-diagonal elements and thus both explanations are possible. We estimated 3-D inversion models of the profile using nonlinear conjugate gradients because of phases beyond 90° at some northern sites. Results indicate a highly conductive lower crust south of the Caledonian Front in the Archean crust and a set of complex

vertical conductors in the north. No conductive layer beneath the Caledonian allochthons can be observed in the models. The nature of the lower crustal conductor is enigmatic but a relation to graphite bearing rocks is possible since the presence of an interconnected network of fluids is unlikely.

Elektromagnetik/Georadar - EM-2.003

Magnetotelluric investigation of the inflating Lazufre volcanic complex, Central Andes
Budach I.¹, Brasse H.¹, Díaz D.²

(1) Fachrichtung Geophysik, Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland

(2) Departamento de Geofísica, Universidad de Chile, Santiago, Chile

In recent years monitoring of the spatio-temporal development of volcanic centers by means of Satellite Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) has gained great importance. In the Central Andes of Northern Chile/Northwestern Argentina InSAR measurements revealed a large-scale elliptical surface deformation at Lazufre volcanic center. First signals of uplift were observed after 1998 and the rate of deformation increased drastically up to a rate of 3cm/a in the following years. The Lazufre volcanic complex is now one of the largest deforming volcano systems on earth covering an area of about 1800 sq km. However, the cause for uplift, supposable influx of magmatic material underneath the volcanic complex, is still poorly understood.

Therefore a magnetotelluric experiment was conducted in the beginning of 2010 to investigate the electrical conductivity structure in this area. Several long-period magnetotelluric (LMT) and two broadband magnetotelluric (BBMT) sites were assembled on an EW trending profile crossing the center of surface elevation. In addition some LMT sites were set up circularly around Lazufre volcanic complex and adjacent Lastarria volcano. Data were processed using an algorithm for robust and remote reference transfer function estimation. Electrical strike directions were estimated and induction arrows were derived. Even though the electrical strike is rather ambiguous, a 2-D resistivity model was calculated in a first step. In a second step a more sophisticated model was achieved by 3-D inversion of the data.

The most prominent feature of both models is a well conducting structure rising obliquely from the upper mantle to the shallow crust beneath the center of surface deformation. This can be interpreted as partial melts ascending from the asthenospheric wedge towards an intra-crustal magma reservoir beneath the Lazufre volcanic complex. Thus we assume these rising melts to be the main cause of the observed deformation at Lazufre.

Elektromagnetik/Georadar - EM-2.004

Anwendung der Magnetotellurik und Radiomagnetotellurik zur Untersuchung der Kaledonischen Deformationsfront in Nordschweden

Biolik M.¹, Gurk M.¹, Smirnov M.², Tezkan B.¹

(1) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

(2) University of Oulu, Division of Geophysics, Finnland

Das Thema der vorliegenden Arbeit entstand im Rahmen des Projektes "Magnetotellurics in Scandes (MASCA)", das von der Universität Oulu geleitet wird. Das Projekt untersucht die Struktur der Erdkruste und des oberen Mantels an der Übergangzone vom präkambrischen kratonischen Baltischen Schild zur passiven Plattengrenze unterhalb des Skandinavischen Gebirges. Die im Rahmen von MASCA gewonnenen Messdaten sollen neue Erkenntnisse über die Natur dieser passiven Plattengrenze bringen. Außerdem erhofft man sich neue Informationen einen Hebungsprozess im Messgebiet, der innerhalb der vergangenen 30 Ma stattgefunden hatte.

Diese Arbeit beschränkt sich auf ein 50 km langes Profil südwestlich der nordschwedischen Stadt Kiruna. Das Profil besteht aus 12 MT-Messstationen in Abständen zwischen 3 und 5 km. Für die Abschätzung des Static Shift wurden ausserdem 65 RMT-Messpunkte aufgenommen. Für die Berechnung der geologischen Streichrichtung sowie die Ermittlung der galvanischen Verzerrung wurde die Dekomposition nach Groom & Bailey durchgeführt. Außerdem wurden die Phasentensoren nach Caldwell berechnet. Die Abschätzung des Static Shift-Problems wurde zum einen mithilfe der RMT-Daten und zum anderen mit einer statistischen Methode durchgeführt. Anschließend wurden die MT-Daten mit einem 2D-Inversionsalgorithmus modelliert. Es wurde eine Leitfähigkeitsstruktur bis 200 km Tiefe ermittelt.

Elektromagnetik/Georadar - EM-3.001

Towards Large Scale Multi-Layer-Conductivity Inversion of Quantitative Electromagnetic Induction Data

von Hebel C.¹, Mester A.², Huismann S.³, Bikowski J.¹, Rudolph S.¹, Vereecken H.⁴, van der Kruk J.¹

(1) Agrosphere IBG-3, Hydrogeophysical Imaging and Characterization, Jülich, Deutschland

(2) Zentral Institut für Elektronik (ZEL), Jülich, Deutschland

(3) Agrosphere IBG-3, Vadose Zone Hydrogeophysics, Jülich, Deutschland

(4) Agrosphere IBG-3, Jülich, Deutschland

Electromagnetic induction (EMI) systems enable high spatial resolution measurements within short times. Multi-offset EMI devices sense different depths and allow in principle a better vertical characterization of the subsurface, but lack in quantitative measurements due to static shifts that occur due to the influence of cables and/or operator. To calibrate the recorded apparent electrical conductivities (ECa) a linear regression between predicted ECa, obtained from a Maxwell-based

exact forward model using inverted electrical resistivity tomography (ERT) data as input, and measured ECa is performed.

Recently, a two-layer inversion was introduced, using a combined one dimensional global-local search (GLS). The global-search optimizes along a regular grid using an approximate model. The subsequent local-search uses a Simplex minimization and an exact forward model. This approach uses no smoothing or damping to assure sharp layer boundaries. Here, we extended the GLS to three-layers. Thus the parameters increased from three to five enlarging the solution space and increasing the difficulty to find the global minimum. The GLS was implemented without and with lateral constraint which compared the current optimizations with the parameters obtained prior to that position. Large deviations called a new global and local search before inverting the next position. Moreover, a shuffled-complex-evolution (SCE) optimization was implemented that inverts each position separately using the exact forward model.

Experimental EMI and ERT transect data were acquired at the Scheyern research farm of Helmholtz-Zentrum-München. Performance and reliability of GLS and SCE were tested by running the optimization from start-to-end and from end-to-start of the profile. The GLS inversion results without lateral constraint showed a strong direction dependency indicating that the solution space consisted of too many local minima that trapped the inversion. The constraint stabilized the inversion, but the results still remained direction dependent. The SCE inversion results were direction independent indicating that the global minimum was found. Smoothly changing layer properties were obtained without large lateral jumps. Comparison with ERT inversion results showed similar lateral and vertical conductivity changes. The three-layer multi-configuration EMI inversion based on the SCE optimization is a powerful and widely applicable tool to image subsurface conductivity variations.

Elektromagnetik/Georadar - EM-3.002

3D inversion of magnetotelluric phase tensor data

Tietze K.¹, Ritter O.¹, Egbert G.²

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam, Deutschland,

(2) College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, Vereinigte Staaten von Amerika

With advancing computational resources, three-dimensional (3D) inversion techniques have become feasible in recent years and are now a more widely used tool for magnetotelluric (MT) data interpretation. Galvanic distortion caused by small-scale near-surface inhomogeneities is an obstacle for 3D MT inversion which so far has experienced little attention. If not considered properly, the effect on 3D inversion can be immense and result in erroneous subsurface models and interpretations. To tackle the problem we recently implemented inversion of the distortion-free phase tensor (Caldwell et al. 2004) into the ModEM3DMT inversion package (Egbert & Kelbert 2012).

We tested the new inversion using synthetic and real-world data sets. The dimensionless phase tensor components are mainly sensitive to variations of the conductivity structure of the subsurface. Thus, when inverting these data, particular care has to be taken of the conductivity structure in the a priori model, which provides the reference frame when transferring the information from phase tensors into

absolute conductivity values. Our results with synthetic data show that phase tensor inversion can recover the regional conductivity structure in presence of galvanic distortion if the a priori model is a reasonable assumption for the regional resistivity average.

We also used phase tensor inversion for a data set of more than 250 MT sites from the central San Andreas fault, California, where a number of sites showed significant galvanic distortion. We find the regional structure of the phase tensor inversion results compatible with previously obtained models from impedance inversion. In the vicinity of distorted sites, phase tensor inversion models exhibit more homogeneous/smooth conductivity structures.

Elektromagnetik/Georadar - EM-3.003

Joint inversion of time-lapse on-ground GPR data to estimate the hydraulic properties of a layered subsurface

Busch S.¹, Weihermüller L.¹, Huisman J.A.¹, Steelman C.M.², Endres A.L.³, Vereecken H.¹, van der Kruk J.¹

(1) Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Bio- und Geowissenschaften IBG-3: Agrosphäre, Jülich, Deutschland

(2) School of Engineering, University of Guelph, Guelph, Kanada

(3) Department of Earth and Environmental Sciences, University of Waterloo, Waterloo, Kanada

A major challenge in vadose zone hydrology is to obtain accurate information on the temporal changes of the vertical soil water distribution and its feedback with the atmosphere and the groundwater. A variety of non-invasive geophysical techniques are routinely used to monitor shallow soil conditions and may provide valuable estimates of soil hydraulic parameters needed for the parameterization of numerical hydrologic models. Time-lapse geophysical methods are promising techniques to provide reliable information about the temporal soil water dynamics. Although high-resolution images of the subsurface can be obtained from borehole time-lapse GPR measurements, on-ground GPR data have less frequently been used for such purposes.

To evaluate the feasibility of using on-ground GPR data for subsurface hydraulic parameter characterization, a coupled hydro-geophysical inversion technique was applied to a synthetic data set and a field data set obtained from a layered sandy soil environment. Film flow was included in the hydrological model to account for non-capillary water flow in the sandy medium during dry conditions. The results showed that the time-lapse on-ground GPR data contained sufficient information to retrieve the hydraulic properties up to a depth of three meter. The implementation of film flow decreased the root mean squared error (RMSE) between measured and modeled data substantially. In the synthetic case study, accounting for film flow during the inversion process led to a significant decrease in the RMSE in the water content. Moreover, in the case of the field data the coupled inversion reduced the misfit for the water content and the interval velocities and travel times significantly.

The application of this novel approach to synthetic and measured GPR data illustrates the potential of on-ground GPR to provide reliable information about soil water dynamics and demonstrates its suitability for field-scale soil hydraulic parameter estimation.

Elektromagnetik/Georadar - EM-3.004

Waveguide characterisation using crosshole GPR full-waveform inversion and novel amplitude analysis approach

Klotzsche A.¹, van der Kruk J.¹, Bradford J.², Vereecken H.¹

(1) Agrosphäre, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Deutschland

(2) Department of Geosciences, Boise State University, Boise, Idaho, Vereinigte Staaten von Amerika

Porosity and clay content changes within aquifers can be related to zones of preferential flow and impermeable clay lenses, and can have a large influence on hydraulic processes such as flow and transport. These high contrast layers can act as low-velocity waveguides for electromagnetic waves traveling between two boreholes such that elongated wave trains with high amplitude and late arrival events are measured in the GPR data. Standard ray-based methods that use only a part of the measured signal ignore this high amplitude late arrival energy and therefore are not able to detect these waveguides. In contrast, the full-waveform inversion of crosshole GPR data is able to resolve decimeter scale resolution images and can detect these high contrast layers when the spatial sampling is dense enough. In addition to the full-waveform inversion, we developed a novel amplitude analysis approach that can detect and identify low-velocity waveguides including their boundaries by analyzing the amplitude information of the measured crosshole radar data without applying any inversion. Here, we demonstrate the potential and the limitation of this amplitude analysis approach by performing synthetic studies for different thickness, extension, orientation, and permittivity and conductivity values. For waveguides thicker than the spatial receiver sampling, the waveguide and its upper and lower interface could accurately identified, but as soon as the thickness is smaller than the spatial receiver sampling, the boundaries cannot accurately be resolved anymore. For waveguides with a limited lateral extension we observed characteristic wave behavior forming late arrival high amplitude spreading in the data. Similar events were also observed in an experimental crosshole GPR dataset from the Boise Hydrogeophysical Research Site. In this dataset we identified two wave-guiding structures that were caused by high porosity sand units embedded in lower porosity gravel. Full-waveform inversion of the data confirmed the presence of the high porosity layers with limited lateral extension.

Elektromagnetik/Georadar - EM-3.005

Kartierung der kuschitischen Festungsanlage Gala Abu Ahmed im Nordsudan mittels Georadar und Magnetik

Steinbach D.¹, Bergers R.¹, Tezkan B.¹, Jesse F.²

(1) Universität zu Köln, Institut für Geophysik, Köln, Deutschland

(2) Universität zu Köln, Forschungsstelle Afrika, Deutschland

Im Rahmen eines von der DFG geförderten archäologischen Projektes wurde die kuschitische Festung Gala Abu Ahmed anhand von Georadar- und Magnetikmessungen untersucht. Die Anlage befindet sich im unteren Wadi Howar im heutigen Nordsudan, etwa 110 km westlich des Nils und 350 km nordwestlich der Hauptstadt Khartoum. In einer ersten geophysikalischen Untersuchung im Jahre 2006 wurde die Festung mit einem Fluxgate-Magnetometer vermessen. Erste Auswertungen ergaben jedoch nur sichtbare Anomalien wie zum Beispiel Mauerzüge, die vom Flugsand nicht überdeckt waren. Die Georadarmessung wurde in einer weiteren Ausgrabungskampagne im Januar 2011 durchgeführt mit dem Ziel, Mauern und Mauerreste, die sich zum Großteil unter einer Sandschicht befinden, innerhalb sowie außerhalb der Festungsanlage zu detektieren. Des Weiteren sollte zusätzlich das Felsniveau, auf dem die Anlage gebaut wurde, untersucht werden. Dafür wurden verschiedene Profile mit Hilfe einer GSSI-Antenneneinheit mit einer Frequenz von 200 MHz vermessen. Nach einer ersten Datenbearbeitung im Feld mit Hilfe von Reflexw konnten verschiedene Anomalien durch die Archäologen vor Ort untersucht und verifiziert werden.

Im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität zu Köln wurden ebenso Modellierungen der Magnetikdaten mit den Programmen IGMAS+ und Encom Modelvision vorgenommen. Einige gemessenen Georadardaten wurden mit Hilfe des Programms GprMax2D modelliert, um vor allem die Abgrenzung zwischen dem Flugsand und dem zu Grunde liegenden Felssandstein besser auflösen zu können.

Elektromagnetik/Georadar - EM-4.001

Zuordnung von Struktureigenschaften im Salz durch Analyse der Dämpfung des Georadarsignals

Gundelach V.¹, Blindow N.¹, Buschmann U.¹, Salat C.¹

(1) BGR, B3.1, Hannover, Deutschland

Das Georadar-Verfahren ermöglicht im gering leitfähigen Medium Salz im Vorfeld weit reichende Aussagen über die Internfaltung eines Salzstocks. Durch Messung der Reflexionen von Leithorizonten, inklusive der Bestimmung ihrer Richtungen, können detaillierte räumliche Modelle der Geologie eines Salzstocks erstellt werden. Aus Variationen der Dämpfung der Signalamplituden im Profilverlauf können neben den geometrischen Strukturinformationen aus Reflexionen unterschiedliche Leitfähigkeiten der Umgebung abgeleitet werden. Diese Eigenschaft der Georadarsignale lässt sich mit weiteren Eigenschaften der Salzformationen korrelieren und trägt so zur geologischen Klassifizierung bei. Die Messungen werden in Bohrungen, Strecken und in Schächten durchgeführt. Die verwendeten Messfrequenzen sind 30 MHz bis 70 MHz, bei lokalen Fragestellungen werden auch

höhere Frequenzen eingesetzt. Für verschiedene Datensätze im Salz sind Auswertungen der Dämpfungseigenschaften erstellt und ihr Beitrag zur geologischen Ansprache diskutiert worden.

Elektromagnetik/Georadar - EM-4.002

Dielektrische Breitbandspektroskopie von Böden zur Bewertung der GPR-Performance

Loewer M.¹, Wagner N.², Igel J.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

(2) Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar (MFPA Weimar), Deutschland

Die Erkundungstiefe mit dem Georadar (GPR) wird unter anderem durch die intrinsische Dämpfung des Bodens bestimmt. Diese spielt insbesondere bei hochfrequenten Untersuchungen, wie sie beispielsweise bei der Kampfmittelortung eingesetzt werden, eine wesentliche Rolle und ist häufig der limitierende Faktor der Einsatzfähigkeit des Verfahrens.

Um die dielektrischen Eigenschaften von Bodenproben im Hochfrequenzbereich zu ermitteln, wurden Koaxialzellen (eine Standardzelle sowie Stechzylinder basierte Zellen) in Kombination mit einem Vektor Netzwerkanalysator verwendet. Die komplexe dielektrische Permittivität wurde hierbei aus den komplexen Streuparametern durch eine Kombination der quasi-analytischen *Propagation Matrix* Methode (PM) und der iterativen *Fast Transmission* Methode (FAST) im Frequenzbereich zwischen 1 MHz und 10 GHz ermittelt. Kalibrierungsmessungen mit Referenzflüssigkeiten (2-Propanol, Methanol, Ethanol) zeigen eine gute Übereinstimmung der abgeleiteten Permittivität mit Literaturwerten.

Bodenproben unterschiedlicher Textur und Mineralogie aus Deutschland und Afghanistan wurden stufenweise aufgesättigt und hinsichtlich ihrer komplexen dielektrischen Permittivität spektroskopisch untersucht. Der volumetrischer Wassergehalt und die Porosität wurden hierbei aus dem gravimetrischen Wassergehalt nach Ofentrocknung bei 105 °C und der entsprechenden Trockendichte der Probe in der Zelle ermittelt. An die Permittivitätsdaten wurde das *Generalized Fractional Dielectric Response* Model (GDR) unter Nutzung der *Geophysical Inversion and Modelling Library* (GIMLi) angepasst, wodurch eine quantitative Aussage über den Anteil verschiedener Relaxationsmechanismen (freies und gebundenes Wasser, Maxwell-Wagner Effekt) sowie der Gleichstromleitfähigkeit am dielektrischen Bodenspektrum möglich wird.

Durch das repräsentative Volumen der Stechzylinder basierten Koaxialzelle und das breite Frequenzspektrum der Messung können wir hieraus sehr präzise den für Georadaruntersuchungen relevanten Dämpfungskoeffizienten und die Phasengeschwindigkeit von Böden frequenzabhängig untersuchen und damit die GPR-Performance vorhersagen. Unsere Modelanpassungen zeigen deutlich, dass Polarisationsverluste bei der Dämpfungsberechnung nicht vernachlässigt werden können.

Elektromagnetik/Georadar - EM-4.003

Mapping soil water content variability using time-lapse horizontal borehole ground penetrating radar data

Oberröhrmann M.¹, van der Kruk J.¹, Vanderborght J.¹, Vereecken H.¹

(1) Forschungszentrum Jülich, Institute of Bio and Geosciences - Agrosphere, Jülich, Deutschland

Infiltration, exfiltration and evaporation, root water uptake, soil layering and redistribution of water in the unsaturated zone influence soil water content (SWC) variability. Point measurements of SWC are possible using contact-based techniques such as soil sampling, capacitance sensors, time-domain-reflectometry (TDR), heat pulse sensors and fiber optic sensors. Large scale SWC data can be obtained by remote sensing techniques like radiometers, synthetic aperture radars, scatterometers and thermal methods. Both the small and large scale measurements cannot visualize all patterns of SWC heterogeneity in the vadose zone. This gap is filled by hydrogeophysical techniques on the field scale. Thereby ground penetrating radar (GPR) is fast and efficient in mapping the electromagnetic parameters permittivity and conductivity, that are related to hydrological soil properties like SWC, porosity and hydraulic conductivity. The temporal variability can be characterized using time-lapse GPR data.

Here, a newly built minirhizotron facility is utilized for monitoring purposes with GPR. Horizontal 7 m long tubes were installed in the soil at six different depths between 10 and 120 cm with replicates at 9 lateral positions, which enables a wide range of acquisition setups. Beside on-ground measurements, it allows to acquire datasets of horizontal and (semi-)vertical planes and multiple transmitter and receiver combinations. In 2012 a time lapse series of 17 zero-offset profile measurements in horizontal planes were acquired at all depths and 3 lateral positions, which resulted in a dataset covering a soil volume of about 1.2 m depth x 9 m width x 6 m length. The dataset also provides time-lapse vertical GPR profiles that are clearly influenced by precipitation. In the upper 30 cm topsoil the SWC reacts instantaneously to rainfall events, whereas the SWC profile in the subsoil up to 120 cm depth shows a more constant increase of with depth and changes in response to precipitation with a time delay. We present a combined methodology for the challenging issue of timezero estimation and accurate first break picking to precisely determine the GPR wave velocity. Using an appropriate petrophysical model, the GPR velocity is converted to SWC, and a statistical analysis of spatial and temporal SWC changes is performed. Future work includes a coupled hydrogeophysical inversion of the time-lapse GPR data to estimate hydrological model parameters of Mualem/van Genuchten.

Elektromagnetik/Georadar - EM-4.004

Georadar-Untersuchungen einer Süßwasserlinse als Beitrag für realistische Grundwassermodellierungen

Igel J.¹, Günther T.¹, Kuntzer M.², Sulzbacher H.¹, Wiederhold H.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

(2) FB Geowissenschaften, Leibniz Universität, Hannover, Deutschland

Süßwasserlinsen sind wichtige Trinkwasserreservoirs auf Inseln und reagieren sehr empfindlich auf Übernutzung und Klimaänderungen. Für Simulationen unterschiedlicher Szenarien auf der Nordseeinsel Borkum wurden zunächst hydrogeologische und geophysikalische Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurde das Georadar eingesetzt, um einerseits den Grundwasserspiegel (GWS) flächenhaft zu kartieren und andererseits Informationen über den detaillierten Aufbau und die Eigenschaften der oberflächennahen Sedimente zu erhalten.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Radarwellen, die wichtig für das Prozessing und die Interpretation der Daten sind, wurden mittels CMP-Sondierungen und VRP-Messungen (vertical radar profiling) in Grundwassermessstellen bestimmt. Aus den Geschwindigkeiten wurden Porosität und Wassergehalt der Sedimente abgeleitet. Insgesamt wurden mehr als 20 km constant offset (CO)-Profile gemessen, welche in etwa die Hälfte der Insel abdecken. Abgesehen von den tief liegenden schluffigen Marschgebieten zeigen die Daten eine sehr gute Qualität und der GWS konnte bis in eine Tiefe von über 10 m detektiert werden. Nach Korrektur des Kapillarsaums weisen die Georadar-Wasserspiegel eine gute Übereinstimmung mit den Grundwasserpegeln mit einer RMS-Abweichung von 15 cm auf. Die Georadar-Daten zeigen im Zentrum des Dünengebiets einen GWS bei 3.5 m über NHN, der in Richtung der Küste und der Marschgebiete abfällt. Ferner zeigt der GWS eine höhere räumliche Variabilität als aus Messungen der weit verstreut liegenden Grundwasserpegel postuliert wurde, mit teils starken Gradienten und lokalen Absenkungen im Bereich der Förderbrunnen der Wasserwerke und in tiefen Dünentälern. Die Georadar-Daten, die auf großen Flächen gewonnen werden können, wurden dazu verwendet, um die Lücken zwischen den Messpegeln zu schließen und eine realistische Extrapolation der Oberfläche der Süßwasserlinie zu erhalten. Das Georadar liefert aber auch Information über den strukturellen Aufbau der Sedimente. Dabei konnte ein starker Reflektor einer schluffigen Lehmschicht zugewiesen werden, die Erosionsrinnen aufweist und damit hydraulisch als Aquitarde wirkt. Eine schwache diffuse Reflexion direkt unterhalb des GWS stimmt mit einem Farbwechsel der Sande überein, der einen Hinweis auf GWS-Schwankungen gibt. Die physikalische Ursache dieser Reflexion muss aber noch untersucht werden.

EM Elektromagnetik/Georadar Poster**Elektromagnetik/Georadar - EM-P.001 Poster**

*New magnetotelluric soundings in SE Poland***Neska A.¹, Jozwiak W.¹, Slezak K.¹**

(1) Institute of Geophysics PAS, Magnetism, Warszawa, Polen

We present results of new magnetotelluric and geomagnetic soundings in SE Poland. Magnetotelluric measurements have been carried out on a large scale in NW Poland within the last ten years. The resulting models of electrical conductivity revealed that the Trans-European Suture Zone (TESZ, a large-scale tectonic boundary between the East European craton in the NE and the Paleozoic platform in the SW) is accompanied by high-conductive anomalies in mid-crustal depth. In NW Poland, their positions coincide with the Caledonian and Variscan deformation fronts.

The aim of the current project is to investigate if the continuation of the TESZ to the SE is connected to such conductive structures as well. Judging from the current state of the experiment (further soundings are planned in 2013), this is not the case. For the geologic/tectonic interpretation this would mean that there are fundamental differences in the geological structure and accretion history of the crustal units called Pomeranian block (to the NW) and Lysogory block (to the SE). Both terranes are divided by the Grojec fault as a structural discontinuity.

An interesting technical detail is that not the whole period range of the estimated sounding curves can be inverted in one 2D model: Whereas strike angle and induction arrows at long periods (ca. 300-10000s) suggest structures striking more or less perpendicular to the direction of the main profile, these quantities change quite abruptly by almost 90 deg to shorter periods. Thus a small second profile perpendicular to the main one has been added to invert also the first decade of the period range. As far as their depth range overlaps, both models show similar conductivities at the cross point.

An attempt to create a 3D model of the station array is planned.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.002 Poster

A preliminary electrical image of the passive continental margin at the Kaoko Belt in Northern Namibia and the Walvis Ridge derived from an amphibian magnetotelluric study

Kapinos G.¹, Weckmann U.¹, Ritter O.¹, Jegen-Kulcsar M.²

(1) GFZ, Potsdam, Deutschland, (2) GEOMAR, Kiel, Deutschland

Imaging the subsurface electrical conductivity structure and studying the magmatic and tectonic processes occurred during the breakup of the supercontinent Gondwana, are objectives of the amphibian magnetotelluric (MT) investigations of the Southern African passive continental margin in Northern Namibia. The onshore experiment consists of 167 sites in a ~140 km wide and ~260 km long EW trending corridor from the Atlantic Ocean onto the Congo Craton across the major tectono-stratigraphic units of the Kaoko Belt. It was extended offshore by measurements along two transects parallel and perpendicular to the Walvis Ridge. The MT data are generally of a high quality but large diagonal components of impedance tensor, phases over 90° at some sites and a strong variability of transfer functions within short distances indicate three-dimensional structures in the crust and upper mantle. Such 3D effects are observed particularly in the Western Kaoko Zone in the vicinity of the prominent Neoproterozoic shear zones (Purros Mylonite Zone, Three Palm Mylonite Zone). Thus, we apply a two-part inversion strategy: In areas and frequency ranges where the 3D effects are not dominant, we apply 2D inversion of data sub-sets in order to identify the prominent conductivity features and assess their resolution and robustness; however, the entire data set can only be explained by 3D inversion.

The 2D models of the crust beneath the profile from the Walvis Ridge onto the Congo Craton reveal a spatial correlation of resistive zones with the Archean Craton and the Northern Platform. Zones of high electrical conductivity seem to correlate with surface expressions of prominent faults of the Kaoko Belt. First 3D inversion models will complement the 2D results.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.003

Numerical modelling of frequency-domain helicopter-borne electromagnetic data: A case study of the red mud waste site near Stade, Germany

Miensopust M.¹, Ullmann A.¹, Siemon B.¹

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

In the so-called Bayer process aluminium oxide is extracted from bauxite using caustic soda. The remaining undissolved residues are waste products - the so-called red mud. Germany's largest red mud waste site is located near Stade in northern Germany. The red mud mainly consists of crystalline compounds of iron, aluminium, silicon and titanium. It is pumped into a waste site of 1130 m × 1525 m extent, which is located between Bützflethermoor and Stadermoor, and permanently disposed there. Those red muds are good electrical conductors and therefore, the waste site appears as a three-dimensional, near-surface conductivity anomaly. Usually helicopter-borne electromagnetic data sets are extensive in size and therefore, the

common procedures for modelling and inversion of those data are based on one-dimensional approaches. This is a justified procedure in many cases, e.g., if a horizontally layered target or an aquifer related topic is addressed. If structures like a red mud waste site are present, the application of one-dimensional approaches will lead to distorted representation and imaging of the electrical conductivity distribution in its vicinity. Using numerical modelling, this effect is investigated and estimated. During the D-AERO project data covering the red mud waste site near Stade were acquired and hence this waste site was chosen for a case study. The waste site is represented as a block with plateau-like topography elevated 12 m above the surrounding. The electrical resistivity of this anomaly is assumed to be 1 Ωm . Guided by the current helicopter-borne electromagnetic system operated by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) synthetic data were calculated for five horizontal-coplanar transmitter-receiver coil pairs separated by approximately 8 m measuring in a frequency range of 386 Hz to 133 kHz. In comparison to the one-dimensional approaches first results will be presented and discussed.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.004 Poster

Efficient 3-D TEM Simulation Using a Nonlocal Boundary Condition, Multigrid, and Rational Krylov

Afanasjew M.¹, Börner R.-U.², Eiermann M.¹, Ernst O.G.¹, Spitzer K.²

(1) Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Numerische Mathematik und Optimierung, Freiberg, Deutschland

(2) Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

We present a numerical method for the simulation of transient electromagnetic fields (TEM) in arbitrary three-dimensional conductivity distributions. The focus lies on models with an isolating air half-space, a model class that is of great importance in many applications.

Our method allows us to restrict the computational domain to the subsurface, modeling the effect of the air half-space in terms of a nonlocal boundary condition at the air-earth interface. The spatial discretization is done using the finite element method employing Nédélec elements on an unstructured tetrahedral grid. Rational Krylov subspace methods in conjunction with a geometric multigrid method are used on the resulting linear system of ODEs to advance an initial electric field to selected times of interest.

We present a number of standard models. The obtained results clearly show the reduction in computational effort compared to previous implementations.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.005 Poster

Convergence studies for the finite element simulation of the 3D MT boundary value problem

Franke-Börner A.¹, Börner R.-U.¹, Spitzer K.¹

(1) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

We present convergence studies for the three-dimensional magnetotelluric boundary value problem. The equation of induction is solved with the help of the finite element method in a bounded domain Ω applying Dirichlet and Neumann boundary conditions. For the model of a homogeneous halfspace, the error of the numerical solution with respect to the analytical solution is considered for a hierarchy of nested unstructured tetrahedral meshes. We examine the convergence behaviour with increasing number of degrees of freedom in dependence of the order p of the finite elements ($p = 1, 2, 3$), the frequency f of the electromagnetic fields ($f = 0.01, 0.1, 1$ Hz), and the mesh refinement strategy applied. If the true solution is unknown, convergence studies are performed using the numerical finest-grid solution for comparison. These studies are subsequently used to evaluate the quality of different formulations of the three-dimensional magnetotelluric boundary value problem that arise from Maxwell's equations. Exemplarily, the equation of induction is derived in terms of the magnetic field, the electric field as well as the magnetic vector potential and the electric scalar potential. Our computations illustrate that the convergence behaviour varies with the conductivity distribution in the model. Furthermore, global convergence results do not necessarily apply to local convergence, e. g., at arbitrary data points on the earth's surface. We finally demonstrate the merit of convergence studies for the estimation of the accuracy of the numerical solution for a close-to-reality model of Stromboli volcano.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.006 Poster

On the use of a hybrid method for determining the Tikhonov regularization parameter in the frequency-domain geo-electromagnetic inverse problem

Wang F.¹, Börner R.-U.¹, Spitzer K.¹

(1) Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

Geo-electromagnetic inverse problems are generally ill-posed. Therefore, regularization strategies have to be considered. We formulate the inverse problem by using the Tikhonov regularization and minimize the functional using a Gauss-Newton approach. However, estimating a reasonable Tikhonov regularization parameter especially for large-scale nonlinear inverse problems is nontrivial. Motivated by this, we investigate the commonly used criteria and exploit some recent work on estimating the Tikhonov regularization parameter for linear inverse problems. Afterwards, we apply these approaches to the linear subproblems from different Gauss-Newton iterations. However, these methods are only practically applicable when the size of the linear subproblems is small or moderate. To mitigate this difficulty, we employ a hybrid method in which we combine the Golub-Kahan

bidiagonalization procedure and the Tikhonov regularization. Then the regularization parameter can be determined for the projected problems very cheaply. Based on this, we compare the performance of these criteria in determining the Tikhonov regularization parameter for our inverse problem.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.007 Poster

Preparation for a 3D magnetotelluric inversion - challenges of the all-at-once approach

Wilhelms W.¹, Börner R.-U.¹, Spitzer K.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

The all-at-once inversion approach requires no explicit forward calculation, because the forward modelling equations are incorporated in the objective function as constraints. This leads to a huge, so-called Karush-Kuhn-Tucker (KKT) system, which is solved in each step of the iteration procedure to update model parameters, Lagrangian multipliers, and data - all at once. Still, the forward problem needs detailed consideration, because the system matrix of the forward problem is necessary to calculate first and second derivatives for setting up the KKT matrix. Since the partial differential equations describing the forward problem are formulated using electric or magnetic fields only, we need to develop operators or functions to obtain impedances. In the ordinary 3D case, magnetotelluric data consist of complex-valued impedances or electric resistivities and phases. To calculate the data residual in terms of impedances in every iteration of the inversion we need to find a formulation of the curl-curl equation using impedances instead of electric or magnetic fields. This requires the development of a new forward operator. Alternatively, the KKT system needs to be adapted accordingly if the E- or B-field formulation is maintained in the forward problem.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.008 Poster

On inversion of frequency domain electromagnetic data in salt water problems

Günther T.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Frequency domain electromagnetics (FDEM) is a popular hydrogeophysical technique, particularly for imaging good conductors as clay layers or salt-water intrusions. It can be deployed from helicopter or ground-based and allows creating long profiles quickly. However inversion of these data is sometimes subject to ambiguity and therefore inversion needs to be investigated in detail.

We invert inphase and outphase data from eight frequencies between 110 Hz and 14 kHz using block discretization. The C++/Python software library GIMLi is used to minimize an error-weighted misfit function. Logarithmic transformations are applied to keep the model parameters within predefined bounds and to stabilize inversion. For appraising the resolving power we calculate model resolution and model covariance

matrices, furthermore uncertainty bounds are computed by chi-square analysis and the use of different starting models.

Different coil-separations contribute to the distribution of the subsurface sensitivity. A combined inversion of different separations improves the uncertainty of the model parameters but cannot totally overcome ambiguity. Further improvement is achieved by prior information, e.g. from boreholes. Another technique is the combination with other soundings, e.g. electrical soundings or surface nuclear magnetic resonance. It is shown how the individual techniques contribute to the result and make joint inversion superior.

As usually profiles are measured, all data are simultaneously inverted using lateral smoothness constraints. Different examples from measurements with two instruments in the context of salt-water intrusion are shown. As usually borehole information or other soundings are only available on some points of the profile, sophisticated region techniques are needed to couple these different information in a comprehensive inversion. As a result we might be able to generate profiles of hydraulic conductivity based on only few combined MRS+FDEM soundings.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.009 Poster

Fault characterization in arid environments using microtremor analyses, ground-penetrating radar and transient electromagnetics with a SQUID magnetometer

Rudersdorf A.¹, Hölz S.², Reicherter K.¹

(1) Neotektonik und Georisiken, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

(2) Energie und Rohstoffe, GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung, Kiel, Deutschland

The endorheic Gaxun Nur Basin (GNB, also Ejina Basin, Hei river Basin, Ruoshui Basin) in the eastern Gobi desert is situated in the stress field between the northern Tibetan Plateau and the Gobi Altai mountains. Since instrumental seismicity is low and paleoseismological investigations are sparse we conducted microtremor analyses and transient electromagnetics with a liquid nitrogen cooled SQUID magnetometer to reveal basement-basin interaction structures. Ground-penetrating radar surveys were also carried out to investigate shallow reworking processes. First results show connections between subsurface data and remote sensing implications of large-scale (>20 km long) lineament fingerprints. We focus on a NW-SE striking lineament west of the city of Ejina, which is believed to have caused dating irregularities of a nearby drill core and which shows minor topographic evidence for fault activity. Microtremor analysis shows a significant offset of the basement topography and ground-penetrating radar indicates shallow faulting.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.010 Poster

Erkundung von temperierten Gletschern am nördlichen patagonischen Eisfeld mit Helikopter-GPR

Blindow N.¹, Salat C.¹, Casassa G.²

(1) BGR, Hannover, Deutschland

(2) CECS, now at GEOESTUDIOS, Santiago, Chile

Messungen an temperierten Gletschern mit Helikopter-GPR sind aufgrund von Absorption, interner Streuung und Rauigkeit von Oberfläche und Felsbett sehr anspruchsvoll. Bei Mittenfrequenzen unter 30 MHz lassen sich die Streu- und Rauigkeitseffekte soweit reduzieren, dass Radardaten guter Qualität gewonnen werden.

Das nördliche patagonische Eisfeld (Campo de Hielo Norte) in Chile ist ein Rest des einstigen patagonischen Eisschildes mit immer noch beeindruckend großen Auslassgletschern.

Von diesen untersuchten wir im Jahr 2010 Glaciar Nef und Glaciar Colonia auf ca. 220 Profilkilometern mit dem Helikopter-Radarsystem BGR-P30. Die Oberflächen des Eises zeigen teilweise erhebliche Rauigkeit, wassergefüllte Spalten und Schuttbedeckung. Die Geometrie beider Gletscher kann trotz dieser Schwierigkeiten abgebildet werden. Eisdicken und Eindringtiefen im Untersuchungsgebiet reichen bis 700 m.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.011 Poster

The influence of volumetric water content, bulk density and texture on dielectric properties of undisturbed and disturbed soil samples

Pollmann T.¹, Wagner N.², Vashev B.¹, Lauer K.¹, Felix-Henningsen P.¹

(1) Institute of Soil Science and Soil Conservation, Justus-Liebig-University, Giessen, Deutschland

(2) Bauhaus-Universität Weimar, Materialforschungs- und prüfanstalt, Weimar, Deutschland

High frequency electromagnetic measurement techniques such as Time Domain Reflectometry (TDR), microwave remote sensing, as well as Ground Penetrating Radar (GPR) are based on the electromagnetic wave interaction with dielectric materials such as soils. Knowledge of this interaction can be used to optimize high frequency electromagnetic techniques which primary use the permittivity derived from wave propagation velocities for estimation of the volumetric water content in the near and sub-surface. In general, propagation velocities as well as reflection and scattering of the electromagnetic waves are controlled by the consecutive electromagnetic soil properties, i.e. frequency dependent complex effective permittivity or conductivity (Wagner et al. IEEE TGRS, 49(7), 2518 - 2530, 2011). In this investigation we compare results of broadband complex permittivity measurements received from undisturbed and disturbed soil samples. For measuring the permittivity spectra at frequencies from 1 MHz to 5 GHz a new two port coaxial transmission line cell (Lauer et al. EJSS, 63, 224-238, 2012) is used in combination with network analyzer technique (Rhode and Schwarz ZVR/ZVL, PNA E8363B). The soil samples differ in soil texture and were taken from four horizons of a Stagno-

Gleyic Cambisol in the Taunus area (24 undisturbed and 32 disturbed samples). The measurements were performed at different volumetric water contents due to defined soil water tensions (pF 1.4/1.8/2/2.5/4.2, as well as drying at 40 °C) to investigate the effect of water content on the effective complex permittivity. To study the influence of soil structure, i.e. bulk density, the disturbed soil samples were also measured at different artificially generated bulk densities in the range of appropriate in situ densities. The comparison between undisturbed and disturbed soil samples indicate that effective soil permittivity at radar frequencies around 1 GHz is mainly related to the volumetric water content, e.g. porosity and water saturation. However, soil texture and structure also influence the effective permittivity and, by implication, wave velocity. In contrast, the frequency dependence in the range below 1 GHz is strongly influenced by soil texture, mineralogy and structure. The results give evidence that for a comparison and combination of different electromagnetic techniques and sensors the frequency dependence of the electromagnetic material properties should be taken into account.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.012 Poster

Entwicklung eines Messplatzes zur spektralen Permittivitätsmessung an Festgesteinsbohrkernen

Gruse M.¹, Schmidt V.¹

(1) Institut für Geophysik, WWU Münster, Münster, Deutschland

Die relative Permittivität ϵ_r stellt eine wichtige Größe zur Beschreibung der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in einem Medium dar und ist für die Auswertung von Georadar-Daten unerlässlich. Auf Grund verschiedenster Faktoren, wie chemischer Zusammensetzung sowie Wasser- und Ionengehalt, ist die relative Permittivität ϵ_r bei Gesteinen stark variabel, weshalb keine verlässlichen Tabellenwerte existieren. Mit dem hier vorgestellten Messverfahren ist eine Untersuchung der relativen Permittivität ϵ_r an Festgesteinsbohrkernen für ein Frequenzspektrum im MHz-Bereich bis 200 MHz möglich. Hierfür wurde der Messaufbau von Wilhelms [1998, Journal of Glaciology], welcher zur Bestimmung der relativen Permittivität ϵ_r an Eisbohrkernen entwickelt wurde, aufgegriffen und an die Bedürfnisse für Messungen an Festgesteinsproben angepasst. Der Aufbau besteht aus zwei zylinderförmigen Elektrodenhalbschalen, bei denen das Prinzip des Schutzringkondensators angewendet wird. Ein wesentlicher Vorteil dieses Aufbaus besteht darin, dass für die Probenpräparation kein großer Aufwand betrieben werden muss, wie es bei Standardverfahren unter Verwendung von Plattenkondensatoren der Fall ist. Des Weiteren ist mit diesem Aufbau die lageabhängige Bestimmung der relativen Permittivität ϵ_r entlang des Bohrkerns möglich und erlaubt durch Drehung des Kerns zudem die Messung der Anisotropie. Mit Hilfe von Proben synthetischer Materialien, von welchen die dielektrischen Stoffeigenschaften bekannt sind, wurden unter anderem das Auflösungsvermögen sowie der Einfluss eines Luftspaltes untersucht. Weiter wurden an verschiedenen Gesteinen Testmessungen durchgeführt. Für ein besseres Verständnis des Messverhaltens des Messaufbaus wurde das theoretische Ersatzschaltbild simuliert und die simulierten Werte mit den Gemessenen verglichen. Für eine Übereinstimmung der Simulation mit den Messungen ist eine Modifikation des Ersatzschaltbildes notwendig. Diese Modifikation kann später dazu genutzt werden, die bereits gute Messgenauigkeit weiter zu verbessern.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.013 Poster

Detektion oberflächennaher Störkörper (UXO) mittels Transient-Elektromagnetik
Köhler J.¹, Tezkan B.¹

(1) Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, Deutschland

Ziel der Arbeit ist es, verschiedene elektromagnetische Methoden auf ihre Eignung zur Detektion leitfähiger Störkörper der Kategorie "Unexploded Ordnance (UXO)" in geringer Tiefe zu testen. Hierbei steht die Transient-Elektromagnetik (TEM) im Vordergrund.

Es wurden Messungen auf einem Testgelände in Greven bei Münster durchgeführt. Hier waren zwei bombenähnliche Störkörper von etwa 1 m Länge und 0,70 m Durchmesser in ca. 3 bzw. 5,5 m Tiefe vergraben worden, welche detektiert werden sollten. Die TEM-Messungen beinhalteten zunächst eine Kartierung im sogenannten NanoTEM-Modus (im Zeitbereich von 6×10^{-7} s bis 2×10^{-3} s) mit einer Sendespule von 10 m x 10 m und einer zentrierten Empfängerspule von 0,5 m x 0,5 m. Außerdem wurde bei stationär verbleibendem Sender und wanderndem Empfänger gemessen. Die in geringerer Tiefe liegende Bombe rief dabei deutliche Widerstandsanomalien hervor, die tiefere Bombe konnte jedoch nicht detektiert werden.

Um die Möglichkeit der Detektion der tieferen Bombe zu verbessern, wurde für weitere Messungen die Empfängerspule auf 1 m x 1 m vergrößert. So sollte die Datenqualität verbessert werden, um die gemessenen Transienten zu späteren Zeiten auswerten zu können, als dies vorher der Fall war. Als weitere Maßnahme wurden im Bereich der tieferen Bombe Messungen mit größeren Stromstärken (im sogenannten ZeroTEM-Modus im Zeitbereich von 4×10^{-5} s bis 6×10^{-3} s) durchgeführt. Zudem wurden mehrere Parallelprofile vermessen. 2D-/3D-Modellierungen sollen die Interpretation der Messergebnisse unterstützen.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.014 Poster

*Impacts of dynamic soil water content on shallow ground conductivity meters***Denk A.¹, Dietrich P.²**

(1) Umweltforschungszentrum (UFZ), Universität Tübingen/ WESS, Tübingen, Deutschland

(2) Umweltforschungszentrum (UFZ), Universität Tübingen, Leipzig, Deutschland

Shallow investigations of the unsaturated zone are realized in both, agriculture and hydrology. In agriculture, soil texture analysis and the investigation of soil properties within the root zone are employed to delineate different agricultural management zones. In hydrology, the fundamental understanding of water dynamics within catchments is of main interest. Electromagnetic induction (EMI) measurements are a basic tool in both fields of application. Fixed behind an all-terrain vehicle, commercially available devices have the positive reputation, to map large areas with less effort and time and to facilitate time-lapse measurements. Especially these time-lapse applications seem to offer a possibility of mapping important state variables, like water content, within the soil in greater detail.

The study is accomplished to investigate the response of EMI devices on dynamic changes of the soil's water content. The distribution of water within the unsaturated zone is modeled after an infiltration event. Subsequently the depth profile of water content is converted into bulk soil electrical conductivity. Forward modeling of the electrical conductivity led to the apparent electrical conductivity which would be measured by an EMI device. For a constant electrical conductivity of the pore fluid, we discuss

- a) The influences of different empirical petrologic relationships which combine soil water content with bulk soil electrical conductivity.
- b) The influence of soil inherent properties affecting water flow within the soil.
- c) The case of soil layering with highly different initial electrical conductivities, when the sensitivity distribution of EMI devices changes.

Different scenarios clarify the contribution of dynamic water content to the measured EMI signal and question the suitability for monitoring soil water content with EMI devices.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.015 Poster

Verbesserung und Bewertung der Datenqualität von Elektromagnetischen Induktionsmessungen

Mester A.¹, Zimmermann E.¹, van der Kruk J.², Vereecken H.², van Waasen S.¹

(1) Forschungszentrum Jülich GmbH, Zentralinstitut ZEA-2 - Systeme der Elektronik, Jülich, Deutschland

(2) Forschungszentrum Jülich GmbH, Agrosphäre (IBG-3), Jülich, Deutschland

Elektromagnetische Induktion (EMI) ist ein geophysikalisches Messverfahren zur kontaktlosen Bestimmung der elektrischen Bodenleitfähigkeit. Analog zur Widerstandtomographie kann mit einer genügenden Anzahl unterschiedlicher Messkonfigurationen die tiefenabhängige Bodenleitfähigkeit rekonstruiert werden um beispielsweise einen Rückschluss auf die Bodenfeuchte zu ziehen. Für die Inversion der Messdaten ist eine sehr gute Datenqualität erforderlich, die hohe Anforderungen an die Messstabilität über viele Messkonfigurationen, -positionen und -zeiten stellt. In Hinblick auf den Einfluss der Umgebungsbedingungen auf die Datenqualität wurden verschiedene Messgeräte untersucht. Das gewonnene bessere Verständnis über die relevanten Einflussgrößen ermöglicht zum einen die Verbesserung der Datenqualität kommerzieller EMI-Geräte bei der praktischen Anwendung und zum anderen die Entwicklung eines anwendungsspezifischen Gerätes mit hoher Genauigkeit. Ein wesentlicher Faktor sind elektromagnetische Störungen, die bei kleineren Spulenabständen einen großen statistischen Fehler (Rauschen) bewirken, da, basierend auf den gängigen EMI-Näherungen, das Messsignal mit dem Spulenabstand abnimmt. Die Untersuchungen zeigten auch, dass sich der Informationsgehalt verbessert, wenn gleichzeitig bei mehreren Frequenzen gemessen wird. Dies wird neben der statistischen Fehlerminimierung durch Mehrfachmessung auch durch Verwerfen gestörter Frequenzen erzielt. Ergänzend ist die spektrale Messung des Umgebungsrauschens hilfreich um günstige Messfrequenzen vor einer Messkampagne auszuwählen und im Vorfeld die

Messgenauigkeit beziehungsweise die benötigte Mittelungsdauer pro Messpunkt in Abhängigkeit von den Messbedingungen abzuschätzen. Weitere Störeinflüsse sind zum Beispiel temperaturbedingte Systemdriften, die konfigurationsabhängige, nicht zu vernachlässigende Fehler bewirken können. Diese und weitere Effekte werden im Rahmen der Präsentation näher erläutert.

Elektromagnetik/Georadar - EM-P.016 Poster

Messungen zur absoluten 3D-Positionierung einer Bohrlochsonde auf dem Campus der TU Bergakademie Freiberg

Malecki S.¹, Börner R.-U.¹, Spitzer K.¹

(1) Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

Die Position einer in einem Bohrloch befindlichen Sonde soll aus der Messung transienter elektromagnetischer Felder vertikaler magnetischer Dipole bestimmt werden. Für die Positionen der Sendedipole wurden in einem ersten Versuch fünf Standorte ausgewählt und geodätisch vermessen. Diese umgeben das Bohrloch in Entfernungen zwischen 140m und 300m. Mit dem Marquardt-Levenberg-Verfahren kann die 3D-Position der Sonde direkt aus den Laufzeiten der Maxima der Transienten ermittelt werden. Hierbei steuert der sogenannte Trust-Region-Radius die Berechnung und reduziert die Anzahl der notwendigen Iterationsschritte. Das überbestimmte Gleichungssystem ermöglicht die Angabe einer Positionierungsgenauigkeit. Um die Sicherheit der Fehleraussage zur Positionierung zu erhöhen soll in weiteren Versuchen mit mehr als fünf Sendedipolen gearbeitet werden.

EX Extraterrestrische Physik**Extraterrestrische Physik - EX-1.001**

Wird der Dynamoprozess im Planeten Merkur durch den Sonnenwind geschwächt?

Heyner D.¹

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

Das von in-situ Satelliten vermessene Magnetfeld des Merkurs ist außergewöhnlich schwach. Nach den Erkenntnissen der Dynamotheorie, die bei anderen Planeten des Sonnensystems gute Ergebnisse liefern, sollte das Dipolfeld ein bis zwei Größenordnungen stärker sein. Das Magnetfeld, das von der Magnetosphäre auf den Planeten einwirkt, kann den Dynamoprozess negativ rückkoppeln und somit für diese Diskrepanz zur Theorie verantwortlich sein. Dieses externe Magnetfeld entsteht durch die Wechselwirkung des planetaren Magnetfeldes mit dem anströmenden Sonnenwind, der bei Merkur, dem sonnennächsten Planeten, sehr stark ist. Die Stärke des externen Feldes und damit des Einflusses auf den Dynamo ist proportional zur Stärke des Sonnenwindes. Wir präsentieren die Ergebnisse einer numerischen Studie, die aufzeigt, wie der Dynamoprozess durch dieses von außen einwirkende Magnetfeld beeinflusst wird. Besonders wichtig bei der numerischen Simulation ist, dass der Dynamo schon beim Hochfahren, ausgehend von einem schwachen Saatfeld, durch die Rückkopplung stabilisiert wird. Diese Situation könnte zum Beispiel direkt nach der Beginn des Dynamoprozesses oder auch während einer Feldumkehr gegeben sein. Da der Sonnenwind in der Frühzeit des Sonnensystems um einige Größenordnungen stärker war, ist es außerdem notwendig, den Effekt der Rückkopplung bei einem wesentlich stärkeren Sonnenwind zu studieren, um die Entwicklung des rückgekoppelten Dynamos über geologische Zeitskalen richtig zu beschreiben. Mit der numerischen Simulation ist es möglich, zu erfassen, wie die Dynamik innerhalb des flüssigen Kerns aber auch wie das äußere, räumliche Spektrum durch die Rückkopplung verändert wird. Wir schließen mit einem Vergleich der Satellitenmessdaten mit unseren Simulationen, die zeigen, dass der rückgekoppelte Dynamo eine geeignete Möglichkeit darstellt, das schwache Magnetfeld Merkurs zu erklären.

Extraterrestrische Physik - EX-1.002

Acoustic navigation in the Enceladus Explorer project

Heinen D.¹, Eliseev D.¹, Verfers S.¹, Wiebusch C.¹

(1) III Physikalisches Institut B, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

The Enceladus Explorer project is a DLR funded feasibility study for a future space mission, with the goal to answer the question if life exist on the Saturn moon Enceladus. The goal is to probe liquid water pockets below the icy surface. A potential candidate for an appropriate rover is the IceMole which is a melting probe combined with an ice screw for forward thrust. Partial heating of the IceMole head allows to drive curved trajectories through the ice. The Enceladus Explorer project will develop a specialized IceMole probe for a terrestrial test scenario. The goal is to probe water from a liquid crevasse close to the "Blood-falls" at the Taylor glacier in the Antarctica. For this mission the an acoustic navigation system is developed which allows not only to determine the position of the rover, but also to explore the ice in fore-field. The talk gives an overview on the Enceladus Explorer project with a focus on the acoustic components of the navigation system.

EX Extraterrestrische Physik Poster

Extraterrestrische Physik - EX-P.001 Poster

Das Schülerprojekt SOFIE (Solar Flares detektiert über Ionosphärische Effekte)

Wenzel D.¹, Jakowski N.¹, Andree W.²

(1) Institut für Kommunikation und Navigation, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Neustrelitz, Deutschland, (2) DLR_Project_Lab Neustrelitz, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Neustrelitz, Deutschland

SOFIE ist ein vom DLR_Project_Lab in Neustrelitz geführtes Schülerprojekt, in dem plötzliche Strahlungsausbrüche auf der Sonne (Solar Flares) beobachtet werden sollen. Dabei gewinnen Schülerinnen und Schüler einen Einblick in die Thematik des Weltraumwetters, der Ionosphäre und der Funkwellenausbreitung. Mit diesem Projekt werden sowohl Schüler als auch Lehrer an aktuelle Forschungsschwerpunkte herangeführt, können sich mit anderen Teilnehmern austauschen und grundlegende Kontakte zu Forschungseinrichtungen knüpfen.

Solar Flares können indirekt durch die Aufzeichnung der Signalstärke von Längstwellensendern (3-30 kHz) detektiert werden. Wenn ein solarer Strahlungsausbruch auf die Erdatmosphäre trifft, erhöht die dabei abgestrahlte Röntgenstrahlung die Elektronendichte insbesondere in der unteren Ionosphäre. Dadurch ändern sich die Ausbreitungsbedingungen für terrestrische Funksignale im oben genannten Frequenzbereich. Mittels einfacher Radioempfänger ist es daher möglich, Änderungen der Ionosphäre und damit auch gleichzeitig Solar Flares zu erfassen.

Im Rahmen des Schülerprojekts soll zunächst deutschlandweit ein Netz von Empfängern errichtet werden. Durch Untersuchungen der Ausbreitung terrestrischer Funkwellen können Auswirkungen des Weltraumwetters (insbesondere Solar Flares) und auch Einflüsse auf die satellitengestützte Navigation analysiert werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die gewonnenen Daten für Langzeitstudien zum Auftreten von Solar Flares und zum Aktivitätszyklus der Sonne zu verwenden.

GF Geodäsie/Fernerkundung**Geodäsie/Fernerkundung - GF-1.001**

Vergleich von DGMs generiert aus terrestrischen Laserscannings, UAV-basierten Luftbildern und terrestrischen Fotos am Beispiel der Super-Sauze Hangrutschung
Rothmund S.¹, Niethammer U.¹, Joswig M.¹

(1) Universität Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, Deutschland

In den letzten Jahren hat die detaillierte 3D-Datenerfassung der Erdoberfläche mittels terrestrischen Laserscannings (TLS), terrestrischen Fotos und insbesondere hochauflösende Luftbilder von UAV-Systemen (Unmanned Aerial Vehicle) stark an Bedeutung gewonnen. Ursachen hierfür sind vor allem technische Fortschritte und frei verfügbare Multi-View-Stereo (MVS) Softwarepakete.

Diese verschiedenen Methoden der 3D-Datenerfassung zur Generierung von hochauflösender Geländemodelle (DGMs) wurden im Rahmen einer achtwöchigen Messkampagne an der Super-Sauze Hangrutschung (Südfrankreich) angewandt. Es wurde ein etwa 10.000 m² großes Gebiet mit durchschnittlichen Langzeit-Bewegungsraten >0,01 m/Tag erfasst. Zusätzlich wurden DGPS-Koordinaten zur Georeferenzierung und zur Validierung der dreidimensionalen Punktwolken eingemessen.

Zur Generierung von 3D-Punktwolken aus vielen ungeordneten und verkippten Fotos verwenden wir die Open-Source Softwarepakete Bundler und PMVS2 (von der Universität Washington). Aus den generierten, multitemporalen DGMs können Oberflächendeformationen bestimmt werden. Zusätzlich werden die Punktwolken für die differenzielle Entzerrung zur Orthophotoherstellung benötigt.

Am Beispiel der Datensätze von der Super-Sauze Hangrutschung soll das Potential aber auch die Grenzen von photogrammetrischen Punktwolken aufgezeigt werden. Für die Genauigkeitsbetrachtung wurden die photogrammetrischen Punktwolken mit der terrestrischen Laserscan-Punktwolke verglichen. Der Vergleich zeigte, dass die photogrammetrischen Punktwolken nicht die Qualität der TLS-Punktwolke erreichte, aber die Punktgenauigkeiten liegen dennoch im cm- bis dm-Bereich. Ein Vorteil der photogrammetrischen 3D-Datenerfassung liegt in der kostengünstigen Ausrüstung und geringerer Zeitaufwand der Datenerfassung im Gelände.

Geodäsie/Fernerkundung - GF-1.002*Modelling Mercury's interior structure and tidal deformation***Steinke T.^{1,2}, Sohl F.², Hussmann H.², Knapmeyer M.², Wagner F.W.²**

(1) Geophysikalisches Institut, KIT, Karlsruhe, Deutschland

(2) DLR, Institut für Planetenforschung, Berlin, Deutschland

Mercury is unique among the terrestrial planets for its comparatively low mass but high average density. Recently the NASA spacecraft MESSENGER went into the planet's polar orbit for close-in inspection providing altimetry and gravity field measurements. Using recent geodetic spacecraft and earth based observations, Margot et al. [1] inferred the polar moment-of-inertia factor, C/MR^2 , together with the moment of inertia of the planet's rigid outer shell relative to that of the planet, C_m/C .

Exploring the relevant parameter space, we have constructed four-layered spherically symmetric structural models with varying crustal thicknesses, mantle compositions, core radii and sulfur contents. All models consist of an iron-rich Fe-FeS liquid outer core, a pure iron solid inner core, a peridotite mantle and a crust layer predominantly composed of plagioclase. Depth dependent densities are calculated by respective equations of state. With all the models satisfying Mercury's radius of 2439.1 km and mean density of 5431 kg m⁻³ the comparison of observed and predicted moment-of-inertia factor yields admissible ranges of outer core radius and mantle density.

We use an analytical solution of Mercury's specific time varying tidal potential [2] to examine the planet's tidal deformation. The planet's response to solar tidal forcing strongly depends on its interior structure and rheological properties and can be parameterized in terms of the surface body tide Love numbers k_2 and h_2 . We employ the frequency-dependent Maxwell rheology to calculate the body tide Love numbers for the main tidal period (87.97 days) using the obtained density, rigidity and viscosity profiles of our structural models. Indicating the substantial tidal response of Mercury's interior we obtain values between 0.38 and 0.65 for k_2 and between 0.70 and 1.12 for h_2 , respectively. Furthermore we find that both k_2 and h_2 are foremost dependent on the mantle composition and less affected by the inner and outer core radii. The peak-to-peak radial displacement amplitudes are predicted to range from 47 cm to 76 cm in polar regions and from 139 cm to 223 cm in equatorial regions, sufficiently large to be detected by laser altimetry from the BepiColombo spacecraft.

[1] Margot, J.L., et al.,(2012), Mercury's moment of inertia from spin and gravity data, Journal of Geophysical Research, 117, E00L09.

[2] Balogh, A., Giampieri, G.,(2002), Mercury: the planet and its orbit, Reports on Progress in Physics, 65, 529-560.

GF Geodäsie/Fernerkundung Poster**Geodäsie/Fernerkundung - GF-P.001**

LIDAR-based outcrop characterisation - joint classification, surface and block size distribution

Dietrich P.¹, Tanner D.C.², Krawczyk C.M.²

(1) Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

(2) Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Deutschland

Outcrops, in the first instance, only offer at best a 2-2.5D view of the available geological information, such as joints and fractures. In order to study geodynamic processes, it is necessary to calculate true values of, for example, fracture densities and block dimensions. We show how LIDAR-generated point-cloud data of outcrops can be used to delineate such geological surfaces. Our methods do not require the point-set to be meshed; instead we work with the original point cloud, thus avoiding meshing errors.

In a first step we decompose the point-cloud into tiny volumes; in each volume we calculate the best fitting plane. An expert can then decide which of the planes are important (in an interactive density pole diagram) and classify them. Actual block surfaces are identified by applying a clustering algorithm to the mini-planes. Subsequently, we calculate the size of these surfaces. Finally we estimate the block size distribution within the outcrop by projecting the block surfaces into the rock volume.

To assess the reproducibility of our results we show to which extent they depend on various parameters, such as the resolution of the LIDAR scan and algorithm parameters. In theory the results can be calculated at the site of measurement to ensure the LIDAR scan resolution is sufficient and if necessary rerun the scan with different parameters.

We demonstrate our methods with LIDAR data that we produced in a sandstone quarry in Germany. The part of the outcrop which we measured with the LIDAR was out-of-reach for measurements with a geological compass, but our results correlate well with compass measurements from a different outcrop in the same quarry. Three main surfaces could be delineated from the point cloud: the bedding, and two major joint types. The three fabrics are almost orthogonal. Our statistical results suggest that blocks with a volume of several hundred litres can be expected regularly within the quarry. The results can be directly used to characterise the fractures in an outcrop, for instance, to determine possible fluid transport for geothermal use, or to calculate block dimensions after quarrying.

GD Geodynamik**Geodynamik - GD-1.001**

Inverse geodynamic modeling to constrain effective viscosities and densities of the lithosphere

Baumann T.¹, Kaus B.¹, Popov A.¹

(1) Institute for Geosciences, Johannes Gutenberg University Mainz, Mainz, Deutschland

The rheology of the lithosphere on geological timescales has been a matter of intense debate over the last decades. Here we discuss a new method that can be used to constrain the rheology of the present-day lithosphere or crust from geophysical observations. We combine three-dimensional geodynamic flow models with Monte Carlo techniques to constrain the effective viscosities and densities of geodynamic models by inverting surface observations.

In general, performing geodynamic forward models is expensive in terms of computational costs. Moreover, approaching the inverse problem with a Monte Carlo method requires many forward models to be calculated. To tackle the complexity of the inverse problem, we have developed a massively parallel program layout. It mainly consists of two parts: i) parallel geodynamic forward modelling with the LaMEM code ("Lithospheric and Mantle Evolution Model"); and ii) parallel implementation of a direct search technique (Neighbourhood algorithm, Sambridge, 1999), which is known for its ability to efficiently sample a parameter space. LaMEM implements solving the Stokes problem with a staggered FD method and modeling of the gravity field.

To study the feasibility of our approach we evaluated the method with synthetic salt-tectonics setups that employ a forward salt-dome simulation (which includes sedimentation, erosion and downbuilding). Gravity anomalies and surface (Stokes) velocities measured on top of our models are used as constraints to drive the inversion. The results show that it is possible to constrain the rheology of our model setups. An analytical solution for a simple case demonstrates that whereas the gravity problem is non-unique, adding Stokes changes it into a uniquely constrained problem, despite increasing the parameter space.

Acknowledgements

Funding was provided by the European Research Council under the European Community's Seventh Framework Program (FP7/2007-2013) / ERC Grant agreement #258830. Numerical computations have been performed on JUQUEEN of the Jülich high-performance computing center. We thank M. Sambridge for providing us with a parallel version of his Neighbourhood algorithm.

References

M. Sambridge (1999), Geophysical inversion with a Neighbourhood algorithm- I. Searching the parameter space, *Geophys. J. Int.*, 138, 479-494.

Geodynamik - GD-1.002

*Modelling of visco-elasto-plastic two-phase flow through the lithosphere***Keller T.¹, Kaus B.², May D.¹**

(1) Institut für Geophysik, ETH Zürich, Schweiz (Confoederation Helvetica)

(2) Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg Universität Mainz, Mainz, Deutschland

Many unresolved questions in geodynamics revolve around the physical behavior of the two-phase system of a silicate melt percolating through and interacting with a tectonically deforming host rock. Well accepted equations exist to describe the physics of such systems and several previous studies have successfully implemented various forms of these equations in numerical models. To date, most such models of magma dynamics have focused on mantle flow problems and therefore employed viscous creep rheologies suitable to describe the deformation properties of mantle rock under high temperatures and pressures. However, the use of such rheologies is not appropriate to model melt extraction above the lithosphere-asthenosphere boundary, where the mode of deformation of the host rock transitions from ductile viscous to brittle elasto-plastic. Here, we introduce a novel approach to numerical model magma dynamics, focusing on the conceptual study of melt extraction from an asthenospheric source of partial melt through the overlying lithosphere and crust. To this end, we introduce an adapted set of two-phase flow equations, coupled to a visco-elasto-plastic rheology for both shear and compaction deformation of the host rock in interaction with the melt phase. We describe an implementation of such a physical model into a finite-element code and evaluate the functionality and potential of this methodology using a series of simple model setups, which demonstrate the modes of melt extraction occurring around the rheological transition from ductile to brittle host rocks. The models suggest that three principal regimes of melt extraction may emerge: viscous diapirism, viscoplastic decompaction channels and elasto-plastic diking. Thus, our model of magma dynamics interacting with active tectonics of the lithosphere and crust provides a unique framework to further investigate magmato-tectonic processes such as the formation and geometry of magma chambers and conduits, as well as the emplacement of plutonic rock complexes.

GD Geodynamik Poster**Geodynamik - GD-P.001 Poster**

Fluid migration as a seismic trigger in the West Bohemia Seismic Zone: Joint interpretation from the reprocessed 9HR deep reflection profile and double-difference tomography

Alexandrakis C.¹, Mullick N.¹, Buske S.¹

(1) Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

The West Bohemia Seismic Zone in central Europe attracts much scientific interest due to recurrent earthquake swarms and continuous fluid release from nearby springs and mofettes. Seismological and geochemical studies have proposed fluid-migration as a trigger for the periodic swarms. A multidisciplinary study of the region may lend more clues to the swarm cycle and triggering mechanism controlling the West Bohemia swarms. In this study, we compare and interpret the results from two independent studies of the subsurface structure.

In the first study, the deep reflection seismic profile 9HR is reprocessed and interpreted. The profile runs almost directly across the swarm area. The migrated image confirms structures identified in past studies, such as the upwelling of the Moho. Detailed structures which may facilitate fluid migration from the lower and middle crust are also resolved. A bright spot coinciding with the shallowest seismicity may correspond to a less-permeable layer.

In the second study, double-difference tomography is used to calculate a velocity model using data from the 2008 West Bohemia swarm. This data, provided by the WEBNET network, yields a detailed model of the focal zone for P-velocity and S-velocity, from which we also calculate the V_p/V_s . Results here show a relative increase of the V_p/V_s ratio along the fault plane. An increase in this property is a common indicator of fluid-filled fractures. In addition, the shallowest seismicity corresponds to a sharp decrease in V_p/V_s ratio. This contrast may indicate the base of a low-permeability layer. Individually, both studies hint towards fluid migration influencing the West Bohemia seismicity. When the interpretations are combined, they lend significant support to the hypothesis of a fluid-controlled swarm cycle.

Geodynamik - GD-P.002 Poster

*Interaction and linkage of folds in high-resolution 3D numerical models of multilayer detachment folding***Fernandez N.¹, Kaus B.J.¹**

(1) Institute of Geosciences, Johannes Gutenberg University, Mainz, Deutschland

We have investigated the evolution, lateral propagation, interaction and linkage of folds that develop from random noise in several 3D high-resolution forward simulations of a multilayer detachment setup. Numerical simulations were performed using the parallel finite element code LaMEM (Lithosphere and Mantle Evolution Model) and are aimed at studying how folds grow and interact between each other within a model domain where statistically meaningful number of folds develop from random noise.

The non-dimensional parameters defined by Grasseman and Schmalholz (2012) together with curvature analysis were used to characterize the 3D folds and track their evolution. Importance of the initial rheological parameters on both wavelength (that can be predicted using computationally costless analytical solutions), and aspect ratio of the developed folds was investigated, as well as lateral propagation velocity of fold segments and linkage modes.

All linkage types defined by Bretis et al. (2011) could be observed in simulations with different rheological parameters. The different ways in which the laterally propagating folds interact with each other further influence the wide variety of final fold geometries. On the one hand, dome-like structures result from folds that grow isolated by being prevented from linking with other contiguous folds. On the other hand, long folds result either from the linkage of several linearly contiguous structures (resulting in long and straight hinge line folds with several culminations and saddles), from the oblique linking of individual folds (forming long but deflected hinge line folds) or from a combination of both. Examples of all can be observed in the 3D numerical simulations. However, the final pattern of 3D fold interactions is initially controlled by the location of the initial random noise.

Acknowledgements

Funding was provided by the European Research Council under the European Community's Seventh Framework program (FP7/2007-2013) ERC Grant agreement #258830. 3D simulations were performed on the Cray XT5 "Monte Rosa" supercomputer of the Swiss National Supercomputing Center and on the IBM Blue Gene/Q JUQUEEN supercomputer of the Forschungszentrum Jülich, Germany.

References

Bretis, B., Bartl, N. and Grasmann, B., (2011). Basin Research. v 23. p. 615-630
Grasmann, B. and Schmalholz, S.M., (2012). Geology, 86:21. p. 3409-3423.

GE Geoelektrik/IP**Geoelektrik/IP - GE-1.001**

Entwicklung und Anwendung eines neuen Inversionsprogramms für die Induzierte Polarisation im Zeitbereich in drei Dimensionen

Großbach H.¹, Tezkan B.¹

(1) Universität zu Köln, Institut für Geophysik, Köln, Deutschland

Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Projekts "Entwicklung und Anwendung eines neuen Inversionsprogramms für die Induzierte Polarisation im Zeitbereich in drei Dimensionen" soll ein Algorithmus zur Inversion ganzer Zeitreihen in ein 3D Cole - Cole Leitfähigkeitsmodell entwickelt werden.

Mit Hilfe einer Näherung lassen sich die Einschaltantworten schnell und genau im Zeitbereich berechnen. Die Transienten werden für jeden Zeitpunkt mithilfe einer 2D Geoelektrikinversion in ein Widerstandsmodell invertiert, so dass ein zeitabhängiger Widerstand für jede Zelle ermittelt wird. Dieses nun zeitabhängige Geoelektrikmodell lässt sich anschließend für jede Zelle in ein Cole - Cole - Modell invertieren.

Die Auflösung der Cole - Cole - Modelle ganzer Zeitreihen stellt hohe Ansprüche an die Qualität der Messdaten. Zur Aufzeichnung der Zeitreihen mit ausreichend guter Datenqualität wird ein Terrameter LS der Firma ABEM verwendet. Neben Geländetests in Köln wurden Messungen in Krauthausen, Düren durchgeführt. Die Messungen in Köln wurden mit verschiedenen Elektrodenarten aufgezeichnet und anschließend ein Vergleich zwischen polarisierbaren und nicht - polarisierbaren Elektroden durchgeführt. Die Daten in Krauthausen wurden auf neun Profilen jeweils mit einer Gradient - und einer Dipol - Auslage aufgezeichnet. Auch das verwendete Programm wurde auf flexible Elektrodenpositionen (z.B. Gradient - Auslage) erweitert. Es wurden Studien mit synthetischen Daten für verschiedene Elektrodenpositionen und Modelle durchgeführt.

Geoelektrik/IP - GE-1.002

Anisotrope Inversion von Daten der induzierten Polarisation

Kenkel J.¹, Kemna A.¹

(1) Universität Bonn, Abteilung Geodynamik/ Angewandte Geophysik, Bonn, Deutschland

Die Inversion ist die gängige bildgebende Technik in der induzierten Polarisation (IP). Typische Inversionsalgorithmen benutzen dabei die Vereinfachung einer isotropen komplexen elektrischen Leitfähigkeit im Untergrund, was häufig nicht der physikalischen Realität entspricht, beispielsweise beim Auftreten von Schichtlagerungen oder Störungzonen. Aufgrund der Mehrdeutigkeit der Inversion können aus Daten von anisotropen Untergründen auch mit auf isotropen Parametern basierenden Algorithmen Modelle generiert werden, jedoch treten dabei Artefakte auf, die zu falschen geologischen Interpretationen führen können. Wir schlagen daher die Verwendung von anisotropen komplexen Leitfähigkeiten in der IP-Inversion vor. Bei ihrer Anwendung können z.B. Bereiche homogener Schichtlagerungen als

homogene Blöcke mit anisotroper komplexer Leitfähigkeit repräsentiert werden. Wir benutzen für die Inversion einen iterativen Algorithmus, dessen Modellierungsteil auf der Finite-Elemente-Methode basiert. Die iterative Modellverbesserung benutzt Sensitivitäten mit Bezug auf anisotrope komplexe Leitfähigkeiten. Auf Basis synthetischer und gemessener Daten präsentieren wir Beispiele für die Inversion anisotroper komplexer Leitfähigkeiten und zeigen Möglichkeiten und Grenzen dieser Erweiterung auf. Es stellt sich hierbei die Frage nach einer Erweiterung der Kostenfunktion bezüglich Anisotropie, mit Hilfe derer verschiedene Ziele - möglichst keine Anisotropie, Schichtlagerung oder Röhren, etc. - favorisiert werden können. Die vorgestellte Arbeit entstand im DFG-Projekt SFB/TR32 "Patterns in soil-vegetation-atmosphere systems: monitoring, modelling and data assimilation".

Geoelektrik/IP - GE-1.003

Imaging der hydraulischen Leitfähigkeit eines Sand-Kies-Aquifers mittels IP-Tomographie und kalibrierten elektrisch-hydraulischen Parameterbeziehungen

Kemna A.¹, Esser O.², Flores Orozco A.¹, Martin R.¹, Zimmermann E.³, Huisman J.A.², Vereecken H.²

(1) Geodynamik/Geophysik, Steinmann-Institut, Universität Bonn, Bonn, Deutschland
(2) Institut für Bio- und Geowissenschaften (IBG-3), Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland (3) Zentralinstitut für Elektronik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Deutschland

Eine Reihe von Labor- und Feldstudien haben in den letzten Jahren das Potential der Methode der Induzierten Polarisation (IP) zur nichtinvasiven Charakterisierung der hydraulischen Eigenschaften im Untergrund aufgezeigt. Insbesondere für IP-Messungen im Frequenzbereich wurden quantitative Beziehungen zwischen IP-Parametern und der hydraulischen Leitfähigkeit für verschiedene Sedimenttypen gefunden. Bisher existieren allerdings kaum Studien, in denen die Anwendung der Methode zur quantitativen Bestimmung hydraulischer Leitfähigkeitsverteilungen im Rahmen eines tomographischen Messansatzes unter Nutzung von kalibrierten elektrisch-hydraulischen Parameterbeziehungen erfolgreich demonstriert wurde, insbesondere weil unabhängige, vergleichbar räumlich aufgelöste Informationen über die in-situ hydraulischen Eigenschaften in der Regel nicht zur Validierung vorhanden sind. Wir präsentieren die in Laborexperimenten gefundenen Beziehungen zwischen IP-Parametern (Imaginärteil der komplexen elektrischen Leitfähigkeit bzw. charakteristische Relaxationszeit der Polarisation) und der (gesättigten) hydraulischen Leitfähigkeit für Sedimentproben vom Sand-Kies-Aquifer des hydrologischen Testfeldes Krauthausen, wo unabhängige Informationen zur hydraulischen Aquiferheterogenität aus früheren, mit elektrischer Widerstandstomographie erfassten Salztracereperimenten vorliegen. In einer der damaligen Bohrloch-Bohrloch-Beobachtungsebenen wurden in einer neuen Messkampagne spektrale IP-Daten erfasst. Mit Hilfe der im Labor gefundenen petrophysikalischen Beziehungen wurden die Ergebnisse der IP-Tomographie im Feld in hydraulische Leitfähigkeiten umgerechnet. Das resultierende hydraulische Leitfähigkeitsbild stimmt qualitativ mit dem früher beobachteten Muster des Tracerdurchbruchs überein. Aber auch die mit Hilfe des Darcy-Gesetzes (IP-Tomographie) bzw. eines effektiven Advektions-Dispersionsmodells für den Salztransport (frühere Widerstandstomographie) unabhängig abgeleiteten

Porenwassergeschwindigkeiten zeigen eine gute quantitative Übereinstimmung. Die Ergebnisse der Experimente belegen die grundsätzliche Möglichkeit der tomographischen Erfassung der hydraulischen Leitfähigkeit in heterogenen Aquiferen mit Hilfe der IP-Tomographie, zeigen aber auch, dass die zugrundeliegenden elektrisch-hydraulischen Parameterbeziehungen standortspezifisch überprüft und kalibriert werden müssen.

Geoelektrik/IP - GE-1.004

Eignung der IP Methode zur Sideritdetektion

Klitzsch N.¹, Houben T.¹, Brunner M.¹, Kleinow R.², Krüger U.³, Lokay P.³

(1) GGE, E.ON ERC, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland,

(2) CIM, RWTH Aachen, Deutschland

(3) RWE Power AG, Deutschland

Im Braunkohletagebau Hambach (RWE Power AG) tritt Siderit ($\text{Fe}[\text{CO}_3]$) in überwiegend tonigen Sedimenten sowohl dispers verteilt als auch massiv als Toneisenstein in Lagen und isolierten Knollen auf. Der Toneisenstein bereitet beim Abbau und Transport Probleme: Er beschädigt, da er sehr hart ist und scharfkantig bricht, Baggerschaufeln und Förderbänder. Deswegen wird von RWE Siderit vor dem Abbau prospektiert. Zur Erstellung des Lagerstättenmodells werden Bohrungen und Bohrlochmessverfahren (natürliche Gammastrahlung, Widerstands- und Dichtelogs) verwendet. Diese Prospektionsmethoden eignen sich aufgrund der unregelmäßigen räumlichen Sideritverteilung nur bedingt zu dessen Erkundung. Das Auftreten von Siderit konnte zum Teil nur unzureichend vorhergesagt werden.

Die Eignung der Methode der induzierten Polarisation (IP Methode) zur Detektion von Siderit wurde anhand von IP Feld- und Labormessungen untersucht. Im Labor wurden die frequenzabhängigen elektrischen Eigenschaften (im Frequenzbereich 10 mHz bis 40 kHz) von siderithaltigen und -freien Sedimentproben untersucht. Während erste Messungen an relativ trockenen Proben eine sehr hohe Polarisation (große Phasenverschiebung) bei Proben mit dispers verteiltem und mit massivem Siderit zeigten, ergaben die anschließend an Proben mit hohem Wassergehalt (entspricht dem in-situ Zustand) durchgeführten Messungen, dass Tonproben mit dispers verteiltem Siderit und sideritfreie Tonproben anhand ihrer elektrischen Eigenschaften nicht unterschieden werden können. Nur der massive Siderit (Toneisenstein) wies eine deutlich höhere imaginäre Leitfähigkeit als die anderen Proben auf.

Im Tagebau Hambach wurden auf einem 200 m langen Profil IP Messungen durchgeführt. Das Profil wurde anschließend freigebagert, so dass die Sediment- und Sideritverteilung im Böschungsanschnitt bestimmt und mit den Inversionsergebnissen der IP Messung verglichen werden konnte. Anhand des Vergleichs der IP Ergebnisse und der Böschungsansprache wurde gezeigt, dass die imaginäre Leitfähigkeit ein geeigneter Parameter zu sein scheint, um erhöhte Konzentrationen von Toneisenstein (z.B. Toneisenstein pro m^3) im Untergrund nachzuweisen, auch wenn einzelne Lagen oder Knollen (beispielsweise Strukturen kleiner 1 m in über 10 m Tiefe) nicht aufgelöst werden.

Geoelektrik/IP - GE-2.001

*Neuartige Technik zur Minderung kapazitiver Kopplungen bei Multikanal SIP Messungen***Radic T.¹, Klitzsch N.²**

(1) Radic Research, Berlin, Deutschland

(2) E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Die Methode der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) misst den spezifischen elektrischen Widerstand von Gesteinen und Sedimenten des Untergrundes als Funktion der Frequenz. Da die Frequenzabhängigkeit des Widerstandes von wichtigen hydrologischen Parametern kontrolliert wird, (Porosität, Porenraumgeometrie, Tortuosität u.a.), lassen sich mit der SIP Methode weitere, vom Gleichstromwiderstand unabhängige, Informationen gewinnen. Für effektive profil- und flächenhafte Messungen werden mehrkanalige Messinstrumente benötigt. Meist liefern diese jedoch unbefriedigende Ergebnisse, wenn Messkabel von einigen hundert Metern Länge und Frequenzen von mehr als etwa 10 Hz verwendet werden. Kapazitive Kopplungen zwischen den einzelnen Leitungen des vieladrigen Messkabels, sowie zwischen den Leitungen und dem Erdboden verursachen unakzeptabel starke systematische Messfehler. Vertrauenswürdige Messdaten - auch bei hohen Frequenzen - sind aber essentiell wichtig um Böden mit kurzen Relaxationszeiten charakterisieren zu können. Wir haben eine neuartige Messtechnik und Software entwickelt und im Feld erprobt, die die Auswirkungen der kapazitiven Kopplung zwischen den Stromleitungen und dem Erdboden (C-E Kopplung) sehr wirkungsvoll mindert. Diese Technik basiert auf einer aktiven Schirmung der Stromleitungen. Systematische Fehler werden so um mehr als eine Größenordnung vermindert und in gleichem Maß der unverfälschte Messbereich zu höheren Frequenzen erweitert. Kapazitive Kopplungen zwischen Strom- und Potentialleitungen (C-P Kopplung) führen ebenfalls zu fehlerhaften Widerstandsdaten. Allerdings tritt dieser Fehler bei unserem Messsystem (SIP256C*) nur bei Anordnungen auf, bei denen Strom- und Potentialleitungen unmittelbar nebeneinander verlaufen (z. B. Wenner, reziproke Dipol-Dipol), nicht jedoch bei der häufig verwendeten Dipol-Dipol Konfiguration. Für ungünstige Konfigurationen erlaubt unser Messsystem eine Auslagerung des Stromkabels. In der Regel genügt es dieses um einen Meter versetzt zum Profil zu verlegen. Die Kopplung ist dann bereits stark verringert. Eine Verwendung einer unkonventionellen Elektrodenkonfiguration, wie von anderen Autoren vorgeschlagen, ist nicht erforderlich. Dem hierdurch etwas erhöhte zeitliche Aufwand steht eine signifikant erhöhte Messgenauigkeit, insbesondere bei hohen Frequenzen gegenüber.

Geoelektrik/IP - GE-2.002

Bestimmung der Grenzflächenleitfähigkeit aus Messungen der komplexen elektrischen Leitfähigkeit

Weller A.¹, Slater L.², Nordsiek S.³

(1) Institut für Geophysik, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

(2) Rutgers University, Newark, Vereinigte Staaten von Amerika

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

Die Grenzflächenleitfähigkeit tritt insbesondere bei tonhaltigen Gesteinen auf, bei denen die klassische Archie-Beziehung nicht mehr gültig ist. Der Formationsfaktor zeigt eine Abhängigkeit von der Leitfähigkeit des Porenfluides. Damit wird die Interpretation von Widerstandsmessungen erschwert. Die Grenzflächenleitfähigkeit von Gesteinen kann mit großem Aufwand aus einer Folge von Labormessungen mit unterschiedlicher Fluidleitfähigkeit (Multi-Salinitäts-Messungen) bestimmt werden. Aus der Darstellung der Gesteinsleitfähigkeit als Funktion der Fluidleitfähigkeit wird die Grenzflächenleitfähigkeit und der wahre Formationsfaktor ermittelt. Genauere Untersuchungen zeigen, dass die Grenzflächenleitfähigkeit von der Fluidleitfähigkeit abhängig ist. Damit wird eine genaue Bestimmung zusätzlich erschwert. Einen einfacheren Zugang zur Grenzflächenleitfähigkeit bieten Messungen der komplexen elektrischen Leitfähigkeit, wie sie üblicherweise bei der induzierten Polarisation (IP) in einem begrenzten Frequenzbereich durchgeführt werden. In dem allgemein akzeptierten Modell, das von einer Parallelschaltung von Elektrolyt- und Grenzflächenleitfähigkeit ausgeht, ist der Imaginärteil der Leitfähigkeit ausschließlich der Grenzflächenleitfähigkeit zuzuordnen. Anhand eines umfangreichen Datensatzes der komplexen elektrischen Leitfähigkeit, der bei Multi-Salinitäts-Messungen an Sandsteinen und sandigen Lockergesteinen gewonnen wurde, kann gezeigt werden, dass sich unabhängig von der betrachteten Fluidleitfähigkeit ein nahezu konstantes Verhältnis von Realteil zu Imaginärteil der Grenzflächenleitfähigkeit einstellt. Ein konstantes Verhältnis konnte auch zwischen Grenzflächenleitfähigkeit und normierter Aufladbarkeit, die durch eine Debye-Zerlegung bestimmt wird, nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung des empirischen Befundes können diese IP-Parameter genutzt werden, um die Größe der Grenzflächenleitfähigkeit abzuschätzen. Bei Kenntnis der Grenzflächenleitfähigkeit kann auch der wahre Formationsfaktor der untersuchten Gesteinsproben ermittelt werden.

Geoelektrik/IP - GE-2.003

*Permeabilitätsbestimmung an ägyptischen Sandsteinformationen***Weller A.¹, Kassab M.², Debschütz W.¹**

(1) Institut für Geophysik, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Deutschland

(2) Egyptian Petroleum Resaerch Institute, Kairo, Ägypten

Die zuverlässige Bewertung von Öl- und Gasreservoiren oder die Modellierung von Grundwasserströmungen erfordern genaue Kenntnisse über die wichtigsten Transport- und Speichereigenschaften wie Permeabilität und Porosität der Gesteinsformationen. Die Porosität von Speichergesteinen kann relativ einfach sowohl im Labor als auch durch Bohrlochmessungen bestimmt werden. Die experimentelle Bestimmung der Permeabilität erfordert aufwendigere Methoden. Als Alternative zu den experimentellen Methoden wurden physikalische Gesteinsmodelle entwickelt, die eine Permeabilitätsbestimmung unter Zuhilfenahme leichter bestimmbarer Messparameter erlaubt.

In diesem Beitrag werden fünf Modelle oder Gleichungen zur Bestimmung der Permeabilität vorgestellt, die auf jeweils zwei petrophysikalische Parameter zurückgreifen, die in Beziehung zur Porenraumgeometrie stehen. Die grundlegenden Parameter, die die spezifische innere Oberfläche oder die Porengröße charakterisieren, werden durch die Stickstoff-Adsorptionsmethode, die nukleare magnetische Resonanz oder die spektrale induzierte Polarisierung bestimmt. In diese Studie wurden 96 Gesteinsproben von vier ägyptischen Sandsteinformationen einbezogen, die sich sowohl in den Ablagerungsbedingungen als auch hinsichtlich der gegenwärtigen Lagerungstiefe deutlich unterscheiden. Der Probensatz zeichnet sich durch eine große Variation in Porosität und Permeabilität aus.

Der Vergleich der Vorhersagegenauigkeit der einzelnen Methoden liefert Einblicke in die Grenzen der Anwendbarkeit der einzelnen Modelle. Die Rauigkeit der inneren Oberfläche, der Tongehalt der Proben, die Vernetzung des Porenraumes und die Verteilung von Eisenmineralen beeinträchtigen für einzelne Modelle die Genauigkeit der Permeabilitätsabschätzung. Bei Einhaltung bestimmter Randbedingungen sind alle Modelle zur Permeabilitätsbestimmung geeignet. Die Methode, die zwei Parameter der spektralen induzierten Polarisierung einbezieht, zeigte bei einer quantitativen Bewertung die geringsten mittlere Abweichungen zwischen der jeweils gemessenen und der durch die entsprechende Gleichung ermittelten Permeabilität.

Geoelektrik/IP - GE-2.004

Monitoring von Salzwasserintrusion mit Langelektrodengeoelektrik - erste Ergebnisse
Ronczka M.¹, Günther T.¹

(1) LIAG, Hannover, Deutschland

Oberflächennahe, als Trinkwasserreservoir genutzte, Grundwasserleiter sind in einigen Gebieten aufgrund der geologischen Situation durch Salzwasserintrusionen gefährdet. Da Bohrlochmessungen als punktuelle Informationsquelle unzureichend für Beobachtungen von Salzwasserbewegungen ist, wird ein Monitoring-System entwickelt, das die Bohrlöcher als Elektroden für Geoelektrikmessungen mit einbindet. Modellierungen unter Verwendung des Complete Electrode Model (CEM) zeigen, dass bei beliebiger Bohrlochverteilung eine signifikante Änderungen des scheinbaren spezifischen Widerstandes bei Salzwasserintrusionen gegeben ist. Zusätzlich kann durch die Inversion synthetischer Datensätze gezeigt werden, dass die fehlende vertikale Auflösung im Bohrlochbereich durch zusätzliche Oberflächenelektroden verbessert werden kann.

Erste Messungen wurden auf einem 500x500m großen Testfeld mit 12 Bohrlöchern und 7 zusätzlichen Oberflächenelektroden in der Nähe von Müllrose (Südbrandenburg) durchgeführt. Die Strom- und Spannungsdipole sind grob durch die Bohrlochlokationen vorgegeben und im speziellen abhängig von der Positionierung der Datenlogger. Der Aufbau der Dipole richtete sich nach Kriterien wie guter Erreichbarkeit, geringer Materialbedarf und Messaufwand. Es wurden Oberflächenelektroden verwendet, um einerseits das Bohrlochnetz bestmöglich zu verdichten und damit die Datendichte zu erhöhen und andererseits das nicht vorhandene vertikale Auflösungsvermögen im durch die Bohrlöcher vordefinierten Tiefenbereich zu verbessern.

Erste Inversionen zeigen, dass die Daten unter Verwendung eines Prismennetzes selbst bei geringer Datendichte in einem akzeptablen Fehlerbereich angepasst werden können. Ein Vergleich der Inversionsergebnisse zwischen der 3D-Langelektrodengeoelektrik und den 2D-Geoelektrikprofilen zeigt in den wichtigsten Bereichen eine gute Übereinstimmung. Dieser erfolgreiche Test bei statischer Leitfähigkeitsverteilung liefert die Grundlage für Monitoring-Tests.

Geoelektrik/IP - GE-2.005

*Laboruntersuchungen zum Auflösungsvermögen der Geoelektrik bei der Ausbreitung saliner Fluide***Möller M.¹, Schmidt-Hattenberger C.¹, Wöbking F.¹, Schröder S.¹**

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Potsdam, Deutschland

Saline Aquifere bieten aufgrund ihrer Porenraumstruktur eine geeignete Möglichkeit, das Treibhausgas Kohlendioxid in den Untergrund aufzunehmen und einzuspeichern. Bedingt durch geologische Gegebenheiten und entsprechende Druckentwicklungen im potenziellen CO₂-Speicher, könnten jedoch hochsaline Tiefenwässer in höher gelegene Trinkwasserleiter gelangen. Ein permanentes Messsystem zur Überwachung der betreffenden Bereiche ist daher unumgänglich. Als Teil eines umfassenden geophysikalischen Monitoringsystems ermöglicht die Geoelektrik eine vergleichsweise hohe Auflösung im kleinskaligen Maßstab, z.B. zur Beobachtung von Bohrungen bzw. des bohrlochnahen Raumes.

Die Porenwässer können, je nach Tiefe und Hydrologie der ausgewählten Speicherhorizonte, Salzkonzentrationen von mehr als 250 g/l TDS (total dissolved solids) aufweisen. Es stellt sich daher die Frage, bis zu welcher Konzentration bzw. Leitfähigkeit die Geoelektrik noch messbare und interpretierbare Signale liefern kann. Um diese Fragestellung zu untersuchen, wurde ein entsprechendes Labormodell aufgebaut. Es besteht aus einem Zylinder, gefüllt mit einem homogenen vollgesättigten Fontainebleau-Sand. Für den Versuch wurde der Aufstieg von Salzlösungen mit stufenweise zunehmender Konzentration von 0 bis 250 g/l NaCl über einen Einlass am Zylinderboden realisiert. Die permanenten elektrischen Messungen erfolgten mit Hilfe miniaturisierter Bohrloch- und Oberflächenelektroden in einer räumlichen Aufstellung. Zur Bestimmung der optimalen Messkombinationen wurden alle gängigen Konfigurationen (ccpp, cpcp und cppc) untersucht. Zusätzliche Messungen mit flächenhaften Elektrodenaufstellungen sollen die Fließrichtung des Salzwassers im oberflächennahen Bereich berücksichtigen. Erste Analysen zeigen, dass selbst Konzentrationen von mehr als 100 g/l NaCl detektierbare Signalunterschiede im Labormaßstab liefern.

GE Geoelektrik/IP Poster**Geoelektrik/IP - GE-P.001 Poster**

Messungen der Temperaturabhängigkeit der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) zur Charakterisierung der Polarisationsmechanismen in Gesteinen

Bairlein K.¹, Hördt A.¹

(1) TU Braunschweig, Braunschweig, Deutschland

Zur physikalischen Beschreibung der komplexen elektrischen Leitfähigkeit in Gesteinen, die bei Messungen der Induzierten Polarisation (IP) bestimmt wird, existieren derzeit zwei verschiedene Theorien. Die Elektrochemische (EC-) Polarisation, welche auf ein Modell von Schwarz (1962) zurückgeht, erklärt die auftretenden Polarisationseffekte anhand der Verschiebung der Ionen der Stern-Schicht, die Teil der elektrischen Doppelschicht ist, beim Anlegen eines elektrischen Feldes. Die Membranpolarisation hingegen, basierend auf der Theorie von Marshall und Madden (1959), betrachtet die Porenkanäle im Gestein mit sich abwechselnden engen und weiten Poren, welche durch unterschiedliche Ionenmobilitäten in dem Modell berücksichtigt werden. Während die charakteristische Größe für den Relaxationsprozess bei der EC-Polarisation die Korngröße ist, ist bei der Membranpolarisation die Länge der Poren entscheidend.

Aus beiden Theorien gehen Hypothesen über die Abhängigkeit der Spektren von verschiedenen Parametern hervor. Diese Hypothesen können durch verschiedene Experimente und Simulationen überprüft werden. Unter anderem sind einige der für den IP-Effekt entscheidenden Parameter von der Temperatur und der Salinität der Flüssigkeit im Porenraum abhängig. Im Rahmen des Forschungsverbundes Geothermie und Hochleistungsbohrtechnik (gebo) wurden Messungen der Spektralen Induzierten Polarisation bei verschiedenen Temperaturen an mehreren Sand- und Kalksteinproben durchgeführt. Zusätzlich wurden die Salinitäten des Porenfluids variiert, um den Einfluss der Ionenkonzentration zu bestimmen. Die Messergebnisse werden mit den zu erwartenden Ergebnissen aus den Modellen verglichen.

Geoelektrik/IP - GE-P.002 Poster

*Modelluntersuchungen mit Spektraler Induzierter Polarisation an Mischungen von Sand und Aktivkohlen***Haegel F.-H.¹, Esser O.¹, Jablonowski N.D.², Zimmermann E.³, Linden A.¹, Huisman J.A.¹, Vereecken H.¹**

(1) Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften, IBG-3-Agrosphäre, Jülich, Deutschland

(2) Forschungszentrum Jülich, Institut für Bio- und Geowissenschaften, IBG-2 Pflanzenwissenschaften, Jülich, Deutschland

(3) Forschungszentrum Jülich, Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik, ZEA-2 Systeme der Elektronik, Jülich, Deutschland

Die Anwendung von Biokohlen als Mittel zur Bodenverbesserung und zur langfristigen Fixierung von Kohlenstoff im Boden ist seit einigen Jahren Gegenstand intensiver Forschung [1]. Die Spektrale Induzierte Polarisation und das darauf basierende bildgebende Verfahren der Elektrischen Impedanztomographie könnten als skalenübergreifende Methoden dazu beitragen, Biokohlen zu charakterisieren und zu lokalisieren sowie ihren Einfluss auf Prozesse im Boden zu untersuchen [2]. In diesem Beitrag werden systematische Messungen an Mischungen von Sand mit mehreren Aktivkohlen sowie vier Größenfraktionen einer kommerziellen Holzkohle vorgestellt. Während für die unterschiedlich großen Partikel aus dem gleichen Ausgangsmaterial eine Korrelation zwischen dem Partikeldurchmesser und der Lage des Maximums des Imaginärteils der Leitfähigkeit σ'' gefunden wurde, ist eine Systematik für die Partikelgrößen verschiedener Aktivkohlen nur eingeschränkt zu erkennen. Offensichtlich beeinflussen auch andere Eigenschaften der Kohle die Lage der maximalen Polarisation, die für die untersuchten Materialien im Frequenzbereich von 0,1 mHz bis 10 kHz liegt. Für eine der Aktivkohlen wurde auch die Mengenabhängigkeit bestimmt. Die Höhe des Maximums von σ'' ist im Wesentlichen proportional zum Massenanteil der Kohle, allerdings treten an den Rändern der Peaks zusätzliche Effekte auf, die zu starken Abweichungen von der Proportionalität führen. Gleichzeitig kommt es auch zu einer Frequenzverschiebung des Maximums von σ'' um mehr als eine Größenordnung für Kohlegehalte zwischen 1 und 8 Gewichts-%.

Literatur

[1] Gang Xu, Yingchun Lv, Junna Sun, Hongbo Shao, Linlin Wei. **Recent Advances in Biochar Applications in Agricultural Soils: Benefits and Environmental Implications.** *Clean - Soil, Air, Water* **2012**, 40(10), 1093-1098, DOI: 10.1002/clea.201100738

[2] Franz-Hubert Haegel, Egon Zimmermann, Nicolai D. Jablonowski, Odilia Esser, Johan A. Huisman, Harry Vereecken. **Application of Spectral Induced Polarization and Electrical Impedance Tomography on mixtures of Biochars and Active Carbons with Sand.** *Proc. Symp. Appl. Geophys. Eng. Environ. Probl.* **2012**, vol. 25, 198, DOI: 10.4133/1.4721883

Geoelektrik/IP - GE-P.003 Poster

Rock properties influencing impedance spectra (IS) studied by lab measurements on porous model systems

Volkman J.¹, Klitzsch N.¹, Mohnke O.¹, Schleifer N.²

(1) GGE, E.ON ERC, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland, (2) Wintershall, Barnstorf, Deutschland

Over the last decade significant progress has been made in the understanding of the mechanisms causing frequency dependent electrical impedances measured by IS (impedance spectroscopy, also known as SIP). However, integrated models involving different polarization processes at the micro-scale are still missing. Moreover, partly contradicting model approaches were proposed explaining the frequency behaviour of the electrical impedance. The validation of these models is hindered by the large number of parameters influencing the impedance spectra often not exactly known for natural rock samples.

Therefore, we study model systems to improve the understanding of the underlying mechanisms and to quantify the influencing parameters. The model systems consist of sintered porous silica beads of different sizes leading to samples with different pore sizes. The main advantage of these samples compared to natural rocks is their well-defined and uniform mineralogical composition and thus their uniform electrochemical surface property.

In order to distinguish pore geometry and fluid electrochemistry effects on the IS properties we measured the IS response of the fully water saturated model systems in a wide frequency range - from 1 mHz to 35 MHz - to capture different often overlapping polarization processes. With these measurements we study the influence of pore or grain size, fluid conductivity, and wettability (contact angle) on the impedance spectra. The influence of wettability was studied by modifying the originally hydrophilic inner surface into a hydrophobic state. The wettability change was verified by contact angle measurements. As results, we find pore size dependent relaxation times and salinity dependent chargeabilities for the hydrophilic samples in the low frequency range (<10 kHz), whereas for the hydrophobic samples chargeabilities close to zero are observed independent on pore size and water salinity. The experimental results are compared to the predictions of different mechanistic IS/SIP models.

Geoelektrik/IP - GE-P.004 Poster

Messung der Spektralen Induzierten Polarisierung und hydrologischer Parameter an Bodenproben - Vergleich einzelner Parameter

Nordsiek S.¹, Hördt A.¹, Durner W.², Diamantopoulos E.²

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

(2) TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Braunschweig, Deutschland

Um die Anwendbarkeit der Spektralen Induzierten Polarisierung (SIP) zur Abschätzung bodenhydrologischer Eigenschaften zu untersuchen, werden SIP-Messungen und hydrologische Untersuchungen an verschiedenen Bodenproben im Labor durchgeführt. Aus den gemessenen Amplituden- und Phasenwinkelspektren der SIP werden mit Hilfe der Debye-Zerlegung Parameter zur Beschreibung des jeweiligen Spektrums bestimmt. Die hydrologischen Untersuchungen in Form von Multi-Step-Outflow Experimenten liefern Kurven des Wassergehalts und der hydraulischen Leitfähigkeit in Abhängigkeit von dem an der Probe anliegenden Druck. Durch Anpassung etablierter Modelle wie der van Genuchten-Mualem Beziehung lassen sich daraus charakteristische hydrologische Parameter ableiten.

Sowohl die gemessenen SIP-Spektren als auch die hydrologischen Eigenschaften von Lockersedimentproben werden wesentlich durch die Geometrie des Porenraums beeinflusst. Durch diese Gemeinsamkeit ergeben sich Ansatzpunkte für die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Parametern, die sich aus den komplexen elektrischen und hydrologischen Messungen ableiten lassen. Als Beispiel sind die mittlere Relaxationszeit der Debye-Zerlegung und der van Genuchten-Mualem Parameter α zu nennen. Die mittlere Relaxationszeit lässt sich mit der charakteristischen Porengröße in Verbindung bringen. Der van Genuchten-Mualem Parameter α korreliert mit dem Inversen des Lufteintrittsdrucks von Böden und kann damit auch auf eine bestimmte Porengröße zurückgeführt werden.

Verschiedene Kombinationen von Parametern der Debye-Zerlegung und des van Genuchten-Mualem Modells werden vorgestellt und auf einen möglichen Zusammenhang hin überprüft. Die experimentelle Basis dieser Untersuchung bilden verschiedene Bodenproben, die mit einer Calciumchlorid-Lösung gesättigt wurden.

Geoelektrik/IP - GE-P.005 Poster

Imaging and characterization of crop root systems using electrical impedance tomography at the rhizotron scale

Weigand M.¹, Pfeifer J.², Nagel K.A.², Zimmermann E.³, Walter A.⁴, Kemna A.¹

(1) Universität Bonn, Angewandte Geophysik, Deutschland

(2) Forschungszentrum Jülich, Plant Sciences (IBG-2), Deutschland

(3) Forschungszentrum Jülich, Central Institute for Electronics (ZEL), Deutschland,

(4) ETH Zürich, Institute of Agricultural Sciences, Schweiz (Confoederation Helvetica)

A better understanding of root-soil interactions and associated processes is essential to achieve progress in crop breeding and management, prompting the need for high-resolution and non-destructive characterization methods. To date such methods are lacking, in particular for characterizing root growth and function in the field. A promising technique in this respect is electrical impedance tomography (EIT), which utilizes low-frequency electrical conduction and polarization properties of the subsurface in an imaging framework. We investigated the capability of EIT to image crop root systems in a series of laboratory rhizotron experiments. Multi-frequency (1 mHz - 45 kHz) EIT data were collected with the tomographic acquisition system EIT40, and EIT images were computed using a finite-element based tomographic complex resistivity inversion code. The electrical imaging results, including derived parameters describing the spectral response, show a good agreement with the plant development observed via photographs. Also, polarization effects characterized by the imaginary part of the complex electrical conductivity correlate with root length densities obtained by destructive sampling. The results demonstrate the non-invasive capability of EIT to image root systems at the rhizotron scale and suggest that EIT can be developed as a tool for imaging, characterizing and monitoring of crop roots at the field scale. The presented work is part of the subproject ImpTom funded by the DFG within the Research Unit FOR1320 "Crop Sequence and Nutrient Acquisition from the Subsoil".

Geoelektrik/IP - GE-P.006 Poster

Geoelectrical description of a tropical Vertisol for hydrological modeling

Mannschatz T.¹, Feger K.-H.², Dietrich P.¹

(1) Monitoring and Exploration Technologies, UFZ, Leipzig, Deutschland

(2) Institute of Soil Science and Site Ecology, Dresden University of Technology, Tharandt, Deutschland

Tropical forest plantations established on degraded soils may provide effective measures that help further mitigate soil degradation and erosion, subsequently leading to an improvement in soil fertility. Furthermore, they provide renewable biomass resources, which can be used for energy production or construction materials.

However, land use change (e.g. from grassland to forests) can have a crucial impact upon the water balance and thus on water availability - even in humid tropical climates, where water is not normally a limiting factor. Furthermore, climate change predictions for some humid tropical regions assume decreasing precipitations. This study considers the predicted decrease of mean annual precipitation of $\approx 40 - 60\%$ for low emission (B2) and high emission (A2) scenarios for the years 2071-2100 and compares this predicted decrease to actual results obtained between 1961-1990 (Marengo et. al, 2007).

This study evaluates the influence of a fast-growing bamboo plantation in semi-humid NE Brazil on the soil water balance. This is important, as it allows us to provide recommendations for future soil and forest management strategies. The 1D hydrological Coupmodel (Jansson and Karlberg, 2004) is used for soil water balance modeling. The model requires information about soil layering and soil hydraulic information. This information is derived from geoelectrical field measurements, which are based on several parallel profiles of different spatial resolution. This information is then used to establish soil homogeneity and soil layering. Furthermore, two infiltration tests were performed to investigate rates of water infiltration into the soil. Beside the infiltration ring, a probe with 10 electrodes was introduced into the soil (to a depth of about 1m) in order to simultaneously measure changes in resistivity. Geoelectrical results were verified by soil sampling up to 1m soil depth. First profile results show small differences in resistivity, therefore indicating relatively homogeneous soil. Even so, soil layers with generally decreasing resistivity with depth are distinguishable. The decrease in resistivity is assumed to be mainly due to increasing water content with depth.

Jansson; Karlberg(2004) *Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems*. Royal Institute of Technology, Stockholm

Marengo; Ambrizzi; Alves; Nobre; Pishnitchenko(2007). *Atlas de Cenários Climáticos Futuros para o Brasil*.(pp. 1-124). Cachoeira Paulista - SP: CPTEC.

Geoelektrik/IP - GE-P.007 Poster

Imaging patterns in soil hydraulic conductivity using electrical impedance tomography
Kelter M.¹, Huisman J.A.¹, Kemna A.², Zimmermann E.³, Vereecken H.¹

(1) Institut für Bio- und Geowissenschaften IBG-3: Agrosphäre, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Deutschland

(2) Steinmann Institut, Geodynamik und Geophysik, Universität Bonn, Bonn, Deutschland

(3) Zentralinstitut für Engineering, Elektronik und Analytik ZEA-2 - Systeme der Elektronik, Forschungszentrum Jülich, Jülich, Deutschland

Flow and transport processes in soils are governed by their hydraulic properties. Conventional methods for measuring soil hydraulic properties in the field are invasive and typically have a poor spatial resolution. Recent results of low-frequency electrical impedance spectroscopy measurements on a range of saturated and unsaturated soil samples suggest that spectral electrical properties can be related to hydraulic conductivity. In this poster, we present a project that aims to extend these spectroscopic results to electrical impedance tomography (EIT) in order to determine hydraulic conductivity patterns in laboratory soil columns, field soils and aquifers. In particular, a series of stationary flow, infiltration and drainage experiments will be performed on laboratory soil columns with different degrees of heterogeneity. Hydraulic-electrical relationships will be used to convert the resulting electrical images to hydraulic conductivity images. To validate the hydraulic property distributions derived by EIT, time lapse electrical resistivity tomography (ERT) data will be collected in addition to the EIT data. On the field scale, a field infiltration experiment is planned where water movement will be monitored using nuclear magnetic resonance, time-lapse surface EIT and ERT, time-domain reflectometry and ground-penetrating radar measurements. The validation procedure will include comparison of the EIT-derived hydraulic conductivity distributions with the hydraulic conductivity pattern obtained from coupled hydrogeophysical inversion of time-lapse geophysical measurements.

Geoelektrik/IP - GE-P.008 Poster

*Geoelektrisches Monitoring von Bodenfeuchteänderungen***Moritz D.¹, Berthold S.², Spitzer K.¹**

(1) Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Deutschland, (2) GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden, Deutschland

Um Feuchteänderungen in der ungesättigten Bodenzone fortwährend zu verfolgen und so z.B. die Neubildung von Grundwasser zu überwachen, wurde ein permanent messendes Geoelektrikprofil in der Nähe von FDR-Sonden (Messung der Dielektrizität), Tensiometern (Saugspannungsmessern) und einer Wetterstation installiert. Die Messdaten werden zweimal täglich automatisch erfasst und mittels Datenfernübertragung zur Auswertung bereitgestellt.

Um mit den großen Datenmengen umzugehen, wurde eine Validierungs- und Auswertestrategie für die geoelektrischen Messdaten entwickelt. Diese ermöglicht zunächst die schnelle Erfassung von Fehlmessungen und gegebenenfalls die Einleitung von Wartungsarbeiten (z. B. zur Behebung von Wildverbiss) und arbeitet im Ergebnis automatisch die Bodenbereiche mit den größten Feuchteänderungen heraus.

Die Ergebnisse der Strategie werden für zwei Verfahren vorgestellt: einem Verfahren zur Gewinnung eines schnellen Überblicks ohne Inversion und einem physikalisch begründeten Auswerteverfahren. Am Untersuchungsstandort konnte so das versickernde Niederschlagswasser auf seinem Weg durch die ungesättigte Bodenzone verfolgt werden.

Geoelektrik/IP - GE-P.009 Poster

*Geoelektrische Erkundung eines Löss-Körpers bei Remagen***Wichert S.¹, Tezkan B.¹, Fischer P.²**

(1) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität Köln, Köln, Deutschland

(2) Institut für Geographie, Universität Mainz, Mainz, Deutschland

Die Geoelektrik ist eine geophysikalische Methode zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes der Erde. Unter der Voraussetzung, dass unterschiedliche geologische und archäologische Materialien unterschiedliche elektrische Widerstände aufweisen, können aus der 2D/3D-Inversion geoelektrischer Daten die horizontalen und vertikalen Änderungen des spezifischen elektrischen Widerstands im Untergrund abgeleitet werden. Das Anwendungsspektrum reicht dabei von allgemeinen geologischen Fragestellungen wie der Erkundung von Schichtgrenzen im Untergrund über Aussagen zur Grundwassersituation bis hin zu archäologischen Fragestellungen.

Im Hinblick auf das hier betrachtete Untersuchungsgebiet am Schwalbenberg südlich von Remagen ist es Ziel der Arbeiten, die Mächtigkeiten des Löss-Körpers am westlichen Rande des Mittelrheintales mit Hilfe einer Multi-Elektroden-Geoelektrik in Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Universität Mainz zu erkunden. Die Löss-Paläoboden-Sequenz des Schwalbenberges gilt bislang als eines der vollständigsten terrestrischen Archive im Hinblick auf die Gliederung des

MIS 3 oder Interpleniglazials (zuletzt Schirmer 2012, Schirmer et al. 2012). Die untersuchten Profile zeigen eine Mächtigkeit der Löss-Paläoboden-Sequenz von etwa 13 Metern und beinhalten deutliche Anzeichen einer Sedimentverlagerung, so dass die vorgeschlagene hochauflösende Gliederung kritisch zu hinterfragen ist. Eine Bohrung zwischen diesem Aufschluss und der Wasserscheide zweier Trockentäler offenbarte mit 21 Metern eine deutlich höhere Löss-Mächtigkeit über fluvialen Terrassensedimenten (vgl. Fischer et al. 2012). Im Hinblick auf die Erfassung einer möglichst vollständigen Löss-Sequenz hat sich daher der Einsatz geophysikalischer Methoden angeboten. Diese werden zur Auswahl neuer Bohrpunkte herangezogen und tragen gleichzeitig zu einer flächenhaften Erfassung des Löss-Körpers und damit zu der Entwicklung von Akkumulations-Modellen bei. Zur genaueren Erkundung wurden mehrere parallele Profile mit einer Terrameter SAS 4000 Apparatur und jeweils 64 Elektroden gemessen. Erste 2D-Inversionen zeigen eine klare Abgrenzung zwischen Löss und Terrassensedimenten.

Geoelektrik/IP - GE-P.010 Poster

Study of groundwater contamination using geoelectrical resistivity techniques at Al-Zubair-Safwan area/Southern Iraq

AlSabbagh S.¹, Junge A.¹

(1) Institute of Geosciences, Johann-Wolfgang-Goethe University Johann-Wolfgang-Goethe University, Frankfurt am Main, Deutschland

2D & 3D Electrical Resistivity imaging surveys were carried out at Al-Zubair-Safwan/Southern Iraq. In this area a large saline water lagoon exists and thus the Dibdibba aquifer nearby changes from brackish to fresh water. Unplanned pumping processes may influence the natural equilibrium and thus increase the contaminated area.

The main goals of this study are to identify the groundwater contamination zones, their source(s) and geometry, to find unpolluted locations which are expected at the western part of the study area in order to avoid the area of contaminated water and to use the area of clean water for well drilling.

The ABEM Lund Imaging system with Terrameter LS was used for the data acquisition by multi-electrode techniques (Dipole-Dipole) with electrode spacing of 8 meters. The measurements were performed at four patches distributed in the study area near from the drilled boreholes, with two horizontal (East-West) and perpendicular (North-South) profiles respectively.

Data of overlapping pseudo-sections along the profiles were compared and served to investigate their reliability by applying various statistical methods. From the distribution of the differences between the logarithms of the data-which corresponds to the ratio of the resistivities - a general concept is derived to estimate the confidence limits for the data of each profile of respective patch. A Gauss -Newton inversion scheme was applied to the data using the DC2DInvRes software. The models indicate well-defined boundaries within the resistivity structures that can be used to define a lithological subsurface and to delineate the ground water contamination zones.

Geoelektrik/IP - GE-P.011 Poster

Development of a 2D modelling code for DC/IP and RMT data using finite elements with unstructured mesh: First results of an ore exploration survey in Turkey

Adrian J.¹, Tezkan B.¹, Candansayar M.E.², Seidel M.¹

(1) Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, Deutschland

(2) Ankara University, Faculty of Engineering, Department of Geophysical Engineering, Ankara, Türkei

This work is part of the BMBF-TÜBITAK project "Two-Dimensional joint interpretation of radiomagnetotelluric (RMT), direct current resistivity (DC) and induced polarization (IP) data; an example from an ore exploration". In general, a sulfidic ore body tends to have a higher conductivity and chargeability than the surrounding. Thus, the overall significance of the subsurface model derived from the electrical conductivity is expected to be increased by applying the RMT, DC and IP methods. The idea is to use the resulting resistivity model from the 2D DC/RMT joint inversion as a starting model for the 2D inversion of the IP chargeability data.

One part of the project is to develop a 2D DC/IP modelling code using the finite element method with unstructured mesh. Some test results of the algorithm just being developed will be shown on the poster. In addition, DC and RMT data were collected during an ore exploration survey in Western Turkey and interpreted by conventional 2D inversion software. The results of these modelling results will be presented and discussed on the poster.

Geoelektrik/IP - GE-P.012 Poster

Modelling of apparent resistivity tensors and Magnetotelluric phase tensors on anisotropic structures

Rödder A.¹, Junge A.¹

(1) Goethe Universität Frankfurt, Frankfurt, Deutschland

We want to analyse the effect of anisotropic structures on the data of DC and Magnetotelluric measurements. As the influence is different depending on the polarization mode in MT and the measurement direction in DC, phase tensors and apparent resistivity tensors were used to combine the directional information. Our forward models consist of two blocks, one always isotropic, the other one is either an isotropic good conductor or anisotropic in one direction. The combination of several bipole-quadripole arrays in DC with varying current source position shows a clear difference between the isotropic and anisotropic model. Besides this the effect of the anisotropic model can hardly be explained by isotropic models. The same models will be calculated for magnetotellurics. All models for this study are calculated with "Comsol Multiphysics 4.3".

Recognizing the effect of the anisotropic structures in apparent resistivity tensors and phase tensors will help to interpret the data and finding models. It might even be possible to include this information into inversion algorithms at least to find optimum start models.

Geoelektrik/IP - GE-P.013 Poster

Der scheinbare spezifische Widerstandstensor im Einflussbereich von Topographie und Leitfähigkeitsstruktur

Rödter A.¹, Junge A.¹

(1) Goethe Universität Frankfurt, Frankfurt, Deutschland

Modellierungen geoelektrischer Bipol-Quadrupol Messungen zeigen, dass anisotrope Leitfähigkeitsanomalien einen starken Einfluss auf die scheinbaren spezifischen Widerstandstensoren haben. Zum Test dieser Methode wurden im November 2012 Messungen in einem Basaltsteinbruch durchgeführt. Durch den Steinbruch verläuft eine bekannte Störung, in der eine anisotrope Leitfähigkeitsverteilung vermutet wird. Als Stromquelle diente eine Hochstromquelle, zur Spannungsmessung wurden elf Datenlogger "Geolore" (beides Entwicklungen der Goethe Universität) verwendet. Die Invarianten des Widerstandstensors einer Messkonfiguration werden durch die Hauptachsen einer Ellipse dargestellt. Es zeigt sich zunächst ein deutlicher Anstieg des scheinbaren spezifischen Widerstands entlang des Profils. Weiterhin deutet die starke Elliptizität auf eine Richtungsabhängigkeit der Widerstände hin. Schließlich sind die Ellipsen sukzessiv entlang des Profils um bis zu ca. 45° gegenüber der Profilrichtung gedreht. Mit dem FE-Programmpaket "ComsolMultiphysics 4.3" wurde eine Modellstudie durchgeführt, um die beschriebenen Phänomene, den Einfluss der Topographie des Steinbruchs sowie der vermuteten Störung zu untersuchen.

Geoelektrik/IP - GE-P.014 Poster

Optimized crosshole resistivity monitoring strategies for geological carbon dioxide storage reservoirs

Wagner F.M.¹, Günther T.², Schmidt-Hattenberger C.¹, Maurer H.³

(1) Helmholtz Centre Potsdam, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland

(2) Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Deutschland

(3) ETH Zurich, Institute of Geophysics, Deutschland

Given the potential environmental impacts, effective reservoir surveillance techniques play a major preventive role in the context of geological carbon dioxide storage. Geoelectrical monitoring is particularly suited for saline storage reservoirs, as the electrical properties of the medium are directly sensitive to compositional changes in the pore filling fluid. With regard to the monitoring responsibility of site operators and the substantial expenses associated with permanent downhole electrode installations, optimized survey design gains particular importance. Based on synthetic experiments considering a two-dimensional crosshole scenario, we appraise the formal model resolution matrices and the goodness of the respective inversion results for different plume migration scenarios, electrode locations and measurement configurations. Our results indicate that a sparse, but well-chosen subset of electrode locations can provide a large part of the information content offered by dense distributions of electrodes along the borehole trajectories. Iterative estimation of these favorable electrode setups allows to design cost-efficient downhole resistivity arrays for quantitative reservoir monitoring.

Geoelektrik/IP - GE-P.015 Poster

Large-scale DC geoelectric measurements for CO₂ monitoring at the Ketzin pilot site
**Just A.¹, Bergmann P.², Schmidt A.¹, Flechsig C.¹, Voigt R.¹, Labitzke T.²,
Schmidt-Hattenberger C.²**

(1) Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Leipzig, Deutschland

(2) Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

The geophysical monitoring program at the Ketzin pilot site comprises DC geoelectric measurements in crosshole, 2D/3D surface-surface (s-s) and surface-downhole (s-d) setups. The s-s and s-d setups are performed as dipole-dipole measurements on crossed profiles (length 4.8 km) as well as two rings centered around the injection well. They use a permanent electrode installation (VERA-vertical resistivity array) with 45 electrodes deployed in the three Ketzin wells to monitor subsurface resistivity changes associated with the migration of the CO₂.

Regarding the 3D s-d measurements, two baseline (before CO₂ injection) and five repeat surveys (June 2008 until 2012) have been acquired. An extensive data base is available for analysis of CO₂-induced resistivity changes as well as of degradation that affects the permanent VERA installation and the s-d setups. The 3D s-d measurements imaged a resistivity increase at the CO₂ injector, which is consistent with observations from the crosshole measurements. Based on that, reasonable estimates on CO₂ saturations in the vicinity of the wells were drawn. The 2D surveys aimed at the exploration of the geological structure surrounding the wells and their influence on the crosshole and 3D s-d measurements. They have been carried out three times (2009, 2011 and 2012) exclusively in the CO₂ injection phase without a baseline survey. The results reveal a complex structure due to the Ketzin anticline including disturbed zones and the former gas storage zone above the CO₂ reservoir. A good repeatability from the first to the following surveys is shown. In the later surveys a better spatial resolution is reached by an enhanced data acquisition scheme including adaptive current injection and improved potential registration. A full 3D inversion of the whole dataset was conducted following the single 2D inversions. Both surveying types were found useful in combination: the 3D setup is focused on monitoring of resistivity changes in the reservoir near the VERA installation, whereas the 2D setup allows for imaging of geological structures and resistivity variations on a larger scale up to a depth of some hundreds of meters.

Geoelektrik/IP - GE-P.016 Poster

Langelektrodengeoelektrik - Modellierungen und Sensitivitätsstudien

Ronczka M.¹, Günther T.¹, Rücker C.²

(1) LIAG, Hannover, Deutschland

(2) Angew. Geowissenschaften, TU Berlin, Berlin, Deutschland

Oberflächennahe, als Trinkwasserreservoir genutzte, Grundwasserleiter sind in einigen Gebieten aufgrund der geologischen Situation durch Salzwasserintrusionen gefährdet. Da Bohrlochmessungen als punktuelle Informationsquelle unzureichend für Beobachtungen von Salzwasserbewegungen sind, wird ein Monitoring-System entwickelt, das die Bohrlöcher als Elektroden für Geoelektrikmessungen mit einbindet.

Der erste Schritt in diesem Projekt beinhaltet ausführliche Finite Elemente Modellierungen. Um Bohrlöcher als Elektroden zu simulieren, wurde das Complete Electrode Model (CEM) verwendet, das beliebig geformte Elektroden erlaubt. Stromdichte und Stromrichtung von 4-Punkt-Anordnungen im homogenen Halbraum zeigen im Tiefenbereich der Bohrlöcher einen horizontalen Stromverlauf mit der größten Stromdichte entlang der Bohrlochverrohrung. In Mehrschichtfällen konzentriert sich die hohe Stromdichte hingegen in der elektrisch leitfähigsten Schicht, welche in Kontakt mit dem Bohrloch steht. Zudem zeigen die Modellierungen eine konstante Sensitivität im Tiefenbereich der Bohrlöcher. Geoelektrikmessungen bei denen ausschließlich Bohrlöcher verwendet werden, haben demnach kein vertikales Auflösungsvermögen im Bohrlochbereich. Durch Hinzunahme von Oberflächenelektroden kann zumindest eine geringe aber vorhandene vertikale Auflösung erreicht werden.

Effekte einer aufsteigenden elektrisch leitfähigen Schicht auf den scheinbaren Widerstand einer 4-Punktmessung wurden modelliert und untersucht. Es zeigt sich, dass der Effekt verschieden langer Bohrlöcher auf den Verlauf des scheinbaren Widerstandes größer ist, als der durch unterschiedliche Konfigurationen. Weiterhin wurde ein laterales Eindringen einer elektrisch leitfähigen Fahne simuliert. Die Inversionen dieser synthetischen Daten als Multielektrodenaufbau mit 12 Bohrlochern und 7 Oberflächenelektroden (benutzt wurden reale Bohrlochpositionen des Testfeldes Müllrose) zeigen, dass einfache Leitfähigkeitsverteilungen bei statischer Leitfähigkeitsverteilung reproduzierbar sind.

Geoelektrik/IP - GE-P.017 Poster

Time-Lapse Inversion of a daily measured Electrical Resistivity Tomography (ERT) over a period of eight weeks at the Super-Sauze landslide

Santoyo Campos J.C.¹, Rothmund S.¹, Schwaderer U.¹, Joswig M.¹

(1) Institut für Geophysik, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

The Electrical Resistivity Tomography (ERT) can be used to monitor the variation of the water content and water flow at landslides. Understanding the spatially and temporally changes of the water content and the preferential flow paths is of great interest, because hydrology is an important triggering factor for landslide dynamic processes. We carried out daily ERT-measurements arranged in a Wenner-Schlumberger configuration over a period of eight weeks at the clay-rich Super-Sauze landslide (South French Alps) to identify these temporal and spatial variations of the water content. This method is part of a field experiment at the Super-Sauze landslide with the objective to characterize the existing relationship between small fracture processes and slope movement, fissure development and pore pressure build-up. The investigated area shows the highest dynamics of the landslide with average displacements greater than 0.01m/day. One of the studied profiles is 100 m in length with electrode spacing of 1 m, whereas the other two are both of 12.5 m in length with electrode separations of 0.5 m. To analyse the collected electrical resistivity data, we used the time-lapse inversion method which is implemented in the RES2DINV software. In the monitored period heavy rainfall events occurred, which are clearly observable in the ERT results. The preliminary results are presented.

Geoelektrik/IP - GE-P.018 Poster

Geoelektrische und magnetische Kartierung zur Charakterisierung einer archäologischen Verdachtsfläche in der Eifel

Haaf N.¹, Gurk M.¹, Tezkan B.¹

(1) Angewandte Geophysik, Köln, Deutschland

Die römische Wasserleitung nach Köln hat ihren Ursprung in der Gegend von Nettersheim im Flusstal der Urft. Diese Leitung wurde zum Teil auch über Hochbauten wie z.B. Bogenbrücken geführt. Reste einer Aquäduktbrücke über die Urft werden nördlich von Nettersheim vermutet. Eine erste magnetische Kartierung der Totalintensität des Magnetfeldes auf der Urfterrasse zeigte eine erhöhte Magnetisierung auf einer ca. 4x6 m großen Fläche, die von ihren Ausmaßen und Lage mit einem möglichen Brückenpfeiler des antiken Bauwerks in Verbindung gebracht werden kann.

Ziel dieser Untersuchung ist die geophysikalische Untersuchung eines 20x20m großen Planums um die oben gemachte Vermutung zu bestätigen oder zu verwerfen. Zum Einsatz kommen unter anderem Kartierungsverfahren mit einer Flächenauflösung von 1x1 m:

- 1) Kartierung des Vertikalgradienten der Totalintensität des Magnetfeldes
- 2) Geoelektrische Pol-Pol Kartierung
- 3) 2D Geoelektrik normal und im Streichen zur Urft
- 4) Pürckhauer Bodenentnahme innerhalb und ausserhalb der Magnetfeldanomalie
- 5) Suszeptibilitätsmessungen an den Bodenproben.

GO Geophysik in der Öffentlichkeit/Outreach**Geophysik in der Öffentlichkeit/Outreach - GO-P.001 Poster**

Student Geoscientific Society - Leadership, Community, Networking

Röser A.¹

(1) Freie Universität Berlin, Fachrichtung Geophysik, Berlin, Deutschland

The Student Geoscientific Society e.V. was incorporated under German law in May 2012. As a nonprofit society, SGS promotes knowledge about geoscientific topics and encourages close collaboration among students and professionals of the various geoscientific disciplines and adjacent fields of science.

The activities of SGS are based on the dedication of undergraduate and graduate students to the geosciences. Strong partnerships with Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (DGG), the Society of Exploration Geophysicists (SEG), the European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE), the American Association of Petroleum Geologists (AAPG), the geoscientific coordination platform Geo.X as well as best relations to national and international contacts from industry and academia provide an excellent scientific and organizational framework for our projects.

With the support of their faculty advisor and dean of the Department of Earth Sciences of Freie Universität Berlin, Prof. Dr. Serge Shapiro, the students of SGS in Berlin and Potsdam pioneer in operating the first SEG, EAGE, and AAPG Student Chapters in Germany. SGS supports them in coordinating student trips to national and international conferences, exhibitions and networking events to foster career opportunities and strong networks with other students, young professionals and experienced geoscientists from all over the world.

Last year, SGS student members shared our three guiding principles of leadership, community, and networking at recruitment events, conferences, workshops, short courses, student competitions, and field trips in Germany, Serbia, Denmark, Turkey, Indonesia, and the United States. In August 2012, five SGS student members and 15 students from the University of Indonesia organized a joint archaeo-geophysical field camp on Java, Indonesia. Their measurements on ancient temple structures provided important findings for further research by Indonesian archaeologists. In November 2012, two SGS student members represented our society and Germany at the SEG Challenge Bowl World Finals in Las Vegas against eleven other teams from prestigious universities from all continents.

GT Geothermie/Radiometrie**Geothermie/Radiometrie - GT-1.001**

Elektromagnetik in der geothermischen Erkundung Norddeutschlands - Zusammenstellung geologisch relevanter Informationen für Simulationsmodelle

Schaumann G.¹, Grinat M.¹, Binot F.¹, Agemar T.¹, Gabriel G.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

Im Rahmen des Forschungsverbundes "Geothermie und Hochleistungsbohrtechnik" (gebo) werden elektrische und elektromagnetische Methoden auf ihre Eignung zur Erkundung von geologischen Störungszonen im Hinblick auf geothermische Anwendungen untersucht. Für großskalige geologische Strukturen mit Tiefen von einigen Kilometern kann die elektrische Leitfähigkeit ein wichtiger Parameter zur Charakterisierung sein. Hohe elektrische Leitfähigkeiten liefern Hinweise auf Minerale oder Salzlauge in Klüften bzw. hydrothermale Fluide. Numerische und praktische Untersuchungen sollen die Möglichkeiten und Einschränkungen der angewandten Methoden feststellen.

Bereits vorhandene, für geothermische Fragestellungen relevante Informationen und Parameter (z.B. Temperaturen, Bouguer-Anomalien, Strukturinformationen) von Norddeutschland, insbesondere von Niedersachsen, werden recherchiert und aus verschiedenen Datenbanken des Leibniz-Institutes für Angewandte Geophysik (Geothermisches Informationssystem GeotIS, Fachinformationssystem (FIS) Geophysik), des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (NIBIS-Kartenserver) und des Southern Permian Basin Atlas (Doornenbal & Stevenson 2010) mit dem Ziel zusammengestellt, Übersichtskarten zu erstellen und dabei verschiedene Informationen miteinander zu verschneiden. Dies soll in die Modellierungen, insbesondere für die Magnetotellurik, eingehen.

Referenzen

Agemar et al. 2012. Subsurface temperature distribution in Germany. *Geothermics* 44, 65-77.

Doornenbal, J.C. & Stevenson, A.G. 2010. *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*. EAGE Publications bv (Houten).

Geothermie/Radiometrie - GT-1.002

*Numerical Simulations of Pore Pressure Diffusion in Hydraulically Heterogeneous Media***Galindo Guerreros J.¹, Dinske C.¹, Langenbruch C.¹, Shapiro S.A.¹**

(1) Geophysik, Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland

The importance of estimating hydraulic transport properties, such as diffusivity and permeability is widely recognized in the area of geothermal and/or hydrocarbon reservoir characterisation. Especially, the ability of predicting the fracture behaviour of the medium during fluid injection experiments, which is linked to seismicity, plays a crucial role for the field production optimization as well as risk estimation. If seismicity is triggered by the change in pore pressure, than the generation of new fractures or the reactivation of pre-existing fractures is related to diffusion processes.

In this work we analyse the influence of log-normal distributed heterogeneous fractal random media on pore pressure diffusion. Therefore, time dependent numerical simulations of fluid injection were computed inside a reservoir rock described as a two-dimensional fractal random media using Comsol, a finite element solver. In order to consider every generated point during the calculation of the pore pressure diffusion a regular FEM mesh with spatial resolution equal to the resolution of the random media consisting of neighbouring triangles is created separately. The fluid injection source is approximated by a circular pressure perturbation source implemented into the center of the model with a constant amplitude of 10 Pa. The model dimension is 400 x 400 element steps incorporating 800 x 800 mesh elements.

The diffusivities of the models are characterized by the same mean value and the same standard deviation of the log-normal distribution. The only difference between all models is the fractal Dimension $D_{(f)}$ varying from 2.1 to 2.9. The simulation times were 604800 seconds corresponding to 7 days.

A general finding of this study is that a varying complexity of heterogeneity with increasing fractal dimension does not significantly influence the average distribution of pore pressure concentration in the medium. However, if we compare the maximum decay of concentrations for all times with the concentrations in a homogeneous medium with an effective diffusivity D equal to the mean of the log-normal distribution, then we observe that the concentrations in the fractal models are decreased.

GT Geothermie/Radiometrie Poster**Geothermie/Radiometrie - GT-P.001 Poster**

Geophysikalische Sonde zur Messung der in-situ Wärmeleitfähigkeit nach dem TCS-Verfahren (Thermal Conductivity Scanning)

Sauer D.¹, Amro M.M.¹, Wagner S.¹, Rose F.¹, Schöffel W.², Pfeiffer J.², Hesse G.³, Marke S.⁴

(1) Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(2) ENVISYS GmbH & Co. KG, Weimar/Thüringen, Deutschland

(3) JENA-GEOS - Ingenieurbüro GmbH, Jena, Deutschland

(4) IFU DIAGNOSTIC SYSTEMS GmbH, Lichtenau, Deutschland

Die Effizienz von geothermischen Sonden zur Gewinnung von thermischer Energie aus dem Untergrund hängt stark von den geothermischen Eigenschaften des Untergrundes ab. Es ist deshalb wichtig, geothermische Bohrungen genauestens auszulegen. Dabei ist die effektive Wärmeleitfähigkeit des Gebirges von entscheidender Bedeutung. Zur Bestimmung dieses Parameters werden vorzugsweise in-situ-Messverfahren verwendet. Diese Verfahren haben den Laborverfahren gegenüber den Vorteil, dass sie unveränderte Wärmeleitfähigkeiten bestimmen, die direkt für die Leistungsberechnung von geothermischen Sonden verwendet werden können. Nachteile bei diesen Verfahren sind jedoch eine geringere Messgenauigkeit und eine lange Messzeit.

Das vom BMWi geförderte ZIM-Projekt GEOGROUND hat sich zum Ziel gesetzt, eine Sonde zu entwickeln, welche die Wärmeleitfähigkeit im Bohrloch innerhalb von kurzen Zeiten, ortsdiskret bestimmen kann und dabei auch laterale Inhomogenitäten, sowie Anisotropien des im Bohrloch anstehenden Untergrundes berücksichtigt. Dafür wird das Prinzip des Thermal Conductivity Scannings (TCS) nach Yuri A. Popov genutzt. Bei diesem Laborverfahren zur Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von Gesteinen ist es notwendig, dass Gesteinsproben an die Oberfläche geholt werden. Die Proben werden an einer Fläche mit einer fokussierten Wärmequelle bestrahlt, während parallel eine kontaktlose Temperaturmessung mittels Infrarot-Thermosensoren durchgeführt wird. Bei der Messung wird der fokussierte, mobile und kontinuierlich arbeitende Laser mit konstanter Geschwindigkeit über die Probe hinweg bewegt. Laser und Sensor stehen dabei in festem, bekanntem Abstand zueinander. Die übertragene Wärme breitet sich in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit in der Probe aus.

Beim Übertragen des TCS-Verfahrens vom Labor in das Bohrloch müssen Störeinflüsse berücksichtigt werden, die bei der Labormessung nicht vorkommen. Zu diesen zählen die Lichtabsorption des Bohrlochfluides (Wasser), Druck und Temperatur im Bohrloch, das Bohrlochdesign, Temperaturdrift im Bohrloch, unterschiedliche Reflexions-/ Emissionseigenschaften und die Neigung der Bohrlochwand sowie der kaliberbedingte Messabstand der Bohrlochwand zu den Sensoren. Um diese Störeinflüsse zu berücksichtigen, werden sowohl zusätzliche Module für die Messungen eingeplant, als auch eine erweiterte Datenauswertung. Für die Bewältigung dieser Aufgaben muss die theoretische Grundlage des TCS-Verfahrens erweitert werden.

Geothermie/Radiometrie - GT-P.002 Poster

Charakterisierung geothermischer Reservoire durch Korrelation seismischen Rauschens

Vasterling M.¹, Wegler U.¹

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

Im Rahmen des Projekts "gebo - Forschungsverbund Geothermie und Hochleistungsbohrtechnik" werden im Schwerpunkt "Geosystem" die geowissenschaftlichen Aspekte der Erkundung, Erschließung, Charakterisierung und Modellierung eines geothermischen Systems untersucht. Das Teilprojekt G4 beschäftigt sich mit der Charakterisierung des stimulierten geothermischen Reservoirs basierend auf kontinuierlichen seismischen Registrierungen. Bekannte seismologische Methoden wie Passive Image Interferometrie (PII) werden auf hydraulische Stimulationsexperimente übertragen. Dabei wird Wasser mit hohem Druck in den Untergrund injiziert (hydraulische Stimulation) und so Risse geöffnet, um Wegsamkeiten im Untergrund zu schaffen oder zu verbessern. Mit PII können zeitliche Änderung im Untergrund bestimmt werden. Hierzu wird aus der gemessenen Bodenunruhe die Greensche Funktion (GF) für jedes Stationspaar und jeden Tag berechnet und bezüglich der Geschwindigkeitsänderung invertiert.

Die Datensätze von KTB (Oberpfalz) und GeneSys (Hannover) werden analysiert. Bei der Stimulation der KTB (2000) wurden über einen Zeitraum von 60 Tagen rund 4.000 m³ Wasser injiziert und mit einem Oberflächennetz von rund 30 Stationen registriert. Aufgrund der Beschränkung der Zeitreihe auf nur rund 10 Tagen vor der Injektion ist ein Vergleich mit dem ungestörten Zustand vor Injektionsbeginn daher schwierig. Der zweite untersuchte Datensatz umfasst die Registrierungen von Oberflächen- und Bohrlochstationen aus dem GeneSys-Projekt der BGR. Analysiert wird das ganze Jahr 2011, in dem die Stimulation (Injektion von 20.000 m³ Wasser innerhalb von einer Woche) stattfand. Während beim KTB-Experiment Mikroseismizität registriert wurde, konnten bei GeneSys keine seismischen Ereignisse aus dem Reservoir beobachtet werden. Für beide Datensätze kann keine eindeutige Änderung der seismischen Geschwindigkeit mit der Stimulation festgestellt werden. Dies passt mit der Annahme zusammen, dass PII sensitiv gegenüber großräumigen Änderungen im Untergrund ist. Die bei den Stimulationen von KTB und GeneSys verursachten Änderungen sind räumlich auf das stimulierte Reservoir beschränkt, so dass keine mit PII plausibel darstellbare Geschwindigkeitsänderung verursacht wird. Aktuell entwickeln wir PII weiter, um auch lokal begrenzte zeitliche Änderungen im Untergrund zu detektieren.

Geothermie/Radiometrie - GT-P.003 Poster

Time-dependent b-value in a geothermal reservoir

Specht S.¹

(1) GFZ, Potsdam, Deutschland

The role of geothermal energy, due to fluid injection into hot dry rock, in the future energy supply is increasing. However, fluid injection into rock can cause damages due to induced seismicity. Therefore, assessing the seismic hazard of induced seismicity, due to geothermal activities, has been becoming an important issue. One crucial parameter for the hazard assessment is the b-value of the Gutenberg-Richter relation. The b-value describes the relative earthquake magnitude frequencies. The b-value is considered constant in classic seismic hazard assessment. However, in case of a geothermal reservoir the b-value can change with time since the fluid injection changes the stress field and rock properties of the reservoir. The current study is dealing with a statistical approach to estimate a time-dependent b-value. This approach is based on an exponentially modified Kolmogorov-Smirnov test (also known as Lilliefors Test) and a Maximum Likelihood Estimator (MLE) in order to optimally estimate the b-value for different time intervals. Moreover, the coefficient of variation of the estimated b-values is calculated to control the size of the time intervals. Uncertainties of the estimated time-dependent b-value are obtained using a bootstrap approach. The method is applied to synthetic induced seismicity catalogues, which are produced by discrete element models of a geothermal reservoir, as well as two real induced seismicity catalogues from Soultz-sous-Forêts in France and Cooper Basin in Australia. The results show a significant correlation between the temporal changes in seismicity in the reservoir and the temporal changes of the b-value.

An extension of the method, including a time-dependent magnitude of completeness (M_c), is also proposed.

GR Gravimetrie**Gravimetrie - GR-1.001**

Analyse von Gezeitenregistrierungen des supraleitenden Gravimeters SG056

Schroth E.¹, Forbriger T.¹, Westerhaus M.²

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

(2) Geodätisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Anhand der Varianzreduktion in Gezeitenresiduen weisen wir hydrologisch verursachte Schwerevariationen in den Messdaten des supraleitenden Gravimeters SG056 nach, das am Geowissenschaftlichen Gemeinschaftsobservatorium des Karlsruher Instituts für Technologie und der Universität Stuttgart (BFO) seit September 2009 betrieben wird.

Der Standort wurde unter der Annahme gewählt, dass durch die günstigen Bedingungen dort eine gute Datenqualität erreicht werden kann und nur geringe Beeinflussung durch äußere Effekte, speziell der Hydrologie, besteht. Mit Gezeitenanalysen eines gut zwei Jahre langen Datensatzes aus 2010 und 2011, die wir mit dem Programm Eterna durchführen, soll dies überprüft werden.

Dazu werden zunächst die Gezeitensignale und die Schwerewirkungen des lokal gemessenen Luftdrucks, der Drift und der Polbewegung in einem gemeinsamen Ausgleichungsansatz aus den Daten entfernt, was ein RMS-Residuum von ca. 9.8 nm/s² liefert. Weitere Korrekturen, die Schwereänderungen durch atmosphärische, ozeanische und hydrologische Effekte am BFO beschreiben, werden durch Modelle vom atmaccs-Service des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie und vom Global Geodynamics Project (GGP) berücksichtigt und vor der Analyse angebracht. Alternativ dazu berechnen wir die Schwerewirkung des lokal gemessenen Regens über eine Faltung mit zwei Exponentialfunktionen, die das Eindringen des Wasser in und sein Abfließen aus dem Untergrund beschreiben sollen. Die Kurve wird, wie der lokal gemessene Luftdruck, durch eine Regression an die Messdaten angepasst.

Diese beiden hydrologischen Ansätze führen jeweils zu einer signifikanten Reduktion des RMS-Residuums auf ca. 6.8 nm/s² (GGP) bzw. ca. 6.5 nm/s² (lokaler Regen). Die Maximalamplituden, die nach der Berechnung und Subtraktion der Gezeiten und der Polbewegung sowie der Schwereänderungen durch den Luftdruck und die Drift übrigbleiben, betragen ca. 30 nm/s². In der Literatur veröffentlichte Werte für andere GGP-Stationen liegen in der selben Größenordnung.

Um das zeitliche Verhalten der Gravimeterfaktoren zu untersuchen, werden gleitende Analysen mit einem Zeitfenster von 90 Tagen in einem Abstand von 2 Tagen durchgeführt. Dabei zeigen sich zeitliche Änderungen in einer Größenordnung von 10⁻⁴ für O1 und M2, was man z.T. auf Störungen durch das Füllen von Lücken (z.B. Übersteuerung durch Erdbeben) in den Daten zurückführen kann.

Gravimetrie - GR-1.002

*3D density model of the Southern Central Andes***Schaller T.¹, Götze H.-J.¹, Sobiesiak M.¹**

(1) Institute of Geosciences, Geophysics, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland

The area of Northern Chile comprises a large seismic gap. At the moment it is supposed to be the last one capable to produce an earthquake larger M8 in Chile. Structural heterogeneities in the subduction environment of the Chile convergent plate margin could play a key role in generating such large rupture processes and in more detail show the areas where high energy release can be expected. To resolve form and nature of heterogeneous structures in the overriding plate, the subduction interface or the downgoing plate, density models achieved from gravity data can contribute.

Therefore, we developed a 3D density model of the South Central Andes for an area limited by 74° and 64° W and 19° and 24° S using forward modelling of the Bouguer anomaly. Model structures include the crust and upper mantle of the downgoing oceanic plate and continental crust and mantle to a depth of 220 km. The crustal bodies and the dipping angle of the slab are constraint by seismic data and hypocentre locations of local earthquakes. The modelled Moho is based on a Vening-Meinesz isostatic model. In contrast to previous density models, the new model shows a greater detail and a higher resolution, focusing on the forearc and volcanic arc area.

For an interdisciplinary interpretation of our results on i.e. continental crustal structures we use information from seismological studies and correlate them with the local earthquake distributions; our aims in identification of asperity structures. In this way we expect to contribute to a more detailed seismic hazard assessment which plays a vital role in this area.

Gravimetrie - GR-1.003

Satellite gravity gradients: a new tool to improve the resolution of upper mantle seismic tomography

Ebbing J.¹, Bouman J.², Fuchs M.², Gradmann S.¹, Haagmans R.³, Lieb V.², Schmidt M.²

(1) Geological Survey of Norway, Trondheim, Norwegen, (2) DGFI, Munich, Deutschland, (3) ESA-ESTEC, Noordwijk, Niederlande

For studies of the upper mantle, mostly seismic tomographic and electromagnetic methods are used. Seismic tomography has relatively low resolution above 100 km depth, where deep electromagnetic methods are likewise relatively insensitive. Hence, new methods or data are needed to link upper mantle to crustal studies. We will show that satellite gravity gradients, which are now available, can assist in this link. The ongoing GOCE satellite mission measures gravity gradients at a perigee height of 255 km. These new data can provide a global gravity field with increased resolution of 80 km. Furthermore, GOCE provides gravity gradients in addition to the vertical gravity component. The use of gravity gradients increases the sensitivity to the shape and orientation of large-scale density structures. Especially the horizontal components are helpful to delineate different density domains, and can be used to complement other imaging methods like seismological imaging. The main reason for this is that the satellite gradients are very sensitive to the density structure from 150 km depth to the Moho level, but not very sensitive to the upper crustal or the sub-lithospheric density distribution. We demonstrate this by examples from the North Atlantic, where different upper mantle density distributions have been defined. We integrate modelling of mantle composition, upper mantle velocities and gravity and gravity gradients to show how the lateral varying upper mantle architecture can be better resolved when incorporating satellite gravity gradients.

GR Gravimetrie Poster**Gravimetrie - GR-P.001 Poster**

3D Dichte-Modellierung der Region Geesthacht unter Verwendung eines geologischen 3D Untergrundmodells

Altenbrunn K.¹, Götze H.-J.¹, Schmidt S.¹

(1) Institut für Geowissenschaften / Abteilung Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

In dieser Untersuchung wird ein geophysikalisches 3D Modell der Region Geesthacht, die im Süden von Schleswig-Holstein und östlich von Hamburg im Hamburger Trog liegt und den Salzstock Geesthacht als zentrales Element aufweist, entwickelt. Charakterisiert wird dieses Gebiet neben dem Salzstock Geesthacht und seinen Überhängen vom nordwestlichen Ausläufer des Salzstocks Juliusburg-Lauenburg sowie Störungen. Für die Erstellung des 3D Dichtemodells wird ein geologisches 3D Geometriemodell verwendet, das mittels der Gocad-Software erstellt wurde. Das Geometriemodell stellte das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein zur Verfügung, die gravimetrischen Messdaten das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover. Entsprechend des Workflows erfolgte eine Extraktion der Punktdaten der geologischen Schichten aus dem Gocad Modell und der Import in das Modellierprogramm IGMAS+ (Interactive **G**eophysical **M**odelling **A**pplication **S**ystem). Das Modell erreicht eine Tiefe von ca. 5500 Meter und wird aus 13 geologischen Schichten aufgebaut, u.a. aus zwei Speicherschichten (Dogger und Rhät) und zwei Barrierschichten (Unterkreide und Lias), welche z.B. für Speicherungen im Untergrund geeignet sind. Nach Überarbeitung der geologischen Schichten erfolgte die Modellierung der Salzstöcke/-kissen. Dabei wurden zunächst die Geometrieinformationen aus dem geologischen 3D Modell als Basis verwendet, um eine möglichst genaue Anpassung an das "originale" geologische Modell zu erreichen. Die anschließende 3D-Modellierung ergab teilweise erhebliche Abweichungen zwischen den modellierten und gemessenen Schwerfeldern. Daraufhin erfolgte eine iterative Anpassung an die gemessenen Schweredaten, durch die Modifikationen der Geometrie sowie die Änderung der Dichtewerte. Die größten Modellmodifikationen waren überwiegend in den tiefer gelegenen Schichten sowie im Bereich der Salzablagerungen nötig. Dies wird damit begründet, dass in diesen Teilen des geologischen (Geometrie-) Modells die größten Unsicherheiten lagen.

Wir bedanken uns bei F. Hese für die Bereitstellung der geologischen Daten.

Gravimetrie - GR-P.002 Poster

Brachyantiklinalen im Thüringer Becken - Eingrenzung der Tiefenstruktur aus der Modellierung von Schweredaten

Oberender T.^{1,2}, **Jahr T.**², **Kley J.**³

(1) Angewandte Geophysik, Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

(3) Geowissenschaftliches Zentrum, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen, Deutschland

Im Zeichen der stetig wachsenden globalen Energieprobleme verfügen Sedimentbecken über ein großes Potenzial als regenerative Energielieferanten und Speicher für Fluide oder Wärme. Im Rahmen des Großprojektes INFLUINS (INtegierte FLUiddynamik IN Sedimentbecken) soll das Thüringer Becken näher untersucht werden. Ein Teilprojekt beschäftigt sich mit dem Aufbau und der Entstehung dreier ovaler Strukturen, dem Tannrodaer Gewölbe, der Fahner Höhe und dem Ettersberg. Mit Hilfe einer dreidimensionalen Modellierung soll dabei im Einzelnen die Fragestellung geklärt werden, ob diese Gebiete durch die Aufwölbung der Zechsteinsalze, oder durch die Aufschiebung des Grundgebirges entstanden sind.

Anhand von Schweredaten wurde ein digitales Modell des Untergrundes des Tannrodaer Gewölbes erstellt. Mit dem Programm IGMAS+ war es möglich, eine Simulation der vorherrschenden Zustände im Untergrund darzustellen. Das Untersuchungsgebiet hat eine Länge von 16 km und eine Breite von 25,5 km. Die Modellierung erfolgte bis in eine Tiefe von 2 km. Insgesamt fünf geologische Einheiten aus der Trias und dem Perm wurden im Modell einbezogen. Während der Modellierung wurde eine tiefpassgefilterte Karte benutzt, um einen regionalen Trend zu entfernen und detailliertere Strukturen besser sichtbar zu machen. Das Endmodell zeigt, dass keiner der beiden, anfänglichen Vorstellungen zur Aufwölbung, zutrifft. Vielmehr hat eine Kombination der beiden Faktoren die Hebung der Schichten bewirkt. Die Bewegung des Salzes wurde im Zuge der Grundgebirgshebung aktiviert und es bildete sich eine diapirartige Form. Dabei verdrängte das Salz die jüngeren Schichten nach oben. Die Güte der Residuen zeigt, dass die beiden Schwere-Kurven sehr gut übereinstimmen. In Zukunft sollte eine Modellierung der anderen beiden Gebiete durchgeführt werden, um eine Korrelation aller drei Gebiete zu erzielen und die Ursache der Aufwölbung zu finden.

Gravimetrie - GR-P.003 Poster

*Erste Ergebnisse der Aerogravimetrie der GEOHALO Mission über Italien***Heyde I.¹, Scheinert M.², Barthelmes F.³**

(1) BGR Hannover, Deutschland

(2) TU Dresden, Deutschland

(3) GFZ Potsdam, Deutschland

Im Juni 2012 fand die erste wissenschaftliche Mission mit dem Forschungsflugzeug HALO (High Altitude and Long Range Research Aircraft) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) statt. Bei dieser als GEOHALO bezeichneten geowissenschaftlichen Befliegung wurden an vier Flugtagen insgesamt 16.150 Kilometer zurückgelegt. Die Flüge mit einer jeweiligen Dauer von bis zu 10 Stunden erfolgten von Oberpfaffenhofen. Die BGR als Mitglied der HALO-Nutzergruppe Geowissenschaften hat dabei ihr neu umgestaltetes KSS32M Aerogravimetriesystem eingesetzt. Die Instrumentierung der Partner bestand aus einem weiteren Gravimeter, Vektor- und Skalarmagnetometern, GNSS-Empfängern (mit nadir-, seitwärts- und zenit-gerichteten Antennen) sowie einem Laseraltimeter.

Bei GEOHALO wurden acht parallele Fluglinien über Italien in einer Höhe von ca. 3500 Metern geflogen. Die Länge der Profile betrug gut 1000 Kilometer bei einem Abstand von 40 Kilometern. Die Fluggeschwindigkeit auf den Messprofilen lag bei etwa 450 km/h. Ergänzt wurde die Befliegung durch vier Kreuzungslinien von etwa 300 Kilometern Länge und einem Profil in ca. 10500 Metern Höhe, welches genau einer Linie in der geringeren Höhe gefolgt ist. Die ersten Ergebnisse der BGR Aerogravimetrie werden vorgestellt.

Zur Bestimmung der Freiluftschwereanomalien müssen etliche Reduktionen und Korrekturen bestimmt werden. Für diese sind hochgenaue Positionen und Geschwindigkeiten notwendig. Die kinematischen GPS Daten wurden mit einer INS Einheit gekoppelt. Zusätzlich zu den Daten einer eigenen GPS Basisstationen in Oberpfaffenhofen wurden Daten italienischer GNSS Stationen für die Verbesserung der Bestimmung der Flugtrajektorie durch Differential GPS berücksichtigt. Die korrigierten und reduzierten Schweredaten werden mit den entsprechenden Daten aus globalen Schwerefeldmodellen verglichen.

Insgesamt sind die Erfahrungen der GEOHALO Mission wichtig für weitere geplante geowissenschaftliche Flugkampagnen mit HALO (z.B. in der Antarktis).

Gravimetrie - GR-P.004 Poster

The "Triasscholle" near Greiz, E Germany - A volcanic origin?

Nickschick T.¹, Kämpf H.¹, Jahr T.²

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 4.3 Organische Geochemie, Potsdam, Deutschland, (2) Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Geowissenschaften, Jena, Deutschland

Near the city of Greiz in Eastern Thuringia, Germany, there is a stratigraphically non-coherent breccia bedded in shales from the Lower Carboniferous, which includes larger blocks of Triassic sediments, the so-called "Triasscholle". The formation's origination has previously been interpreted tectonically.

The two geophysical methods of the geomagnetics and the gravimetry have recently been applied to the area. We found out, that the formation is characterized by no noteworthy magnetic but a distinct, spatially small gravity anomaly of about -2 mGal and whose shape hints for a structure roughly twice the previously suggested size. Most of the information available is derived from older drillings located in the SW part but not near the gravity low. In addition, SEM investigations on drill core samples from breccia of different depths show a cataclastic deformation in the upper parts, while we find indications for a plastic deformation below 95 m depth both on macroscopic and microscopic scales, indicating an anomalous increase of heat with depth. Judging from the gravimetric minimum and the SEM investigations on the breccia samples we assume the Triasscholle near Greiz to be a deeply eroded maar-diatreme-volcano, similar to the one near Ebersbrunn, Saxony, Germany. Most interesting however, are blocks of several meters in diameter of Middle Triassic limestone encountered in the drillings, which we interpret as crater wall slides at the diatreme's edge.

Due to the results from pollen analyses on sedimentary remnants the formation can be considered to have Santonian age (<85 Ma), wherein little is known about Upper Cretaceous volcanism in Central Europe, aside from the Delitzsch Complex, which was also dated to be of Late Cretaceous age.

MA Magnetik/Erdmagnetismus Poster**Magnetik/Erdmagnetismus - MA-P.001 Poster**

Processing and Calibration of SQUID FTMG measurement data

Schiffler M.¹, Queitsch M.¹, Krech W.², Stolz R.², Meyer H.-G.², Meyer M.³, Kukowski N.¹

(1) Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

(2) Institut für Photonische Technologien, Jena, Deutschland

(3) Supracon AG, Jena, Deutschland

Elaborate system calibration and data processing schemes are necessary for ultra-sensitive magnetic measurements using the Full Tensor Magnetic Gradiometer (FTMG) system developed at the Institute of Photonic Technology and Supracon in Jena. The instrument consists of an array of six extremely sensitive gradiometers and a triple of magnetometers which are based on low-temperature Superconducting Quantum Interference Devices (SQUIDs). The aim of the presented work is the development of semiautomatic data processing software which takes care of different processing steps. One major process is the fast calibration of the magnetometer signals which compensates for scaling errors, misalignment, and also for arbitrary offsets introduced by the SQUID the read-out electronics.

In the second step the parasitic magnetometer areas of the gradiometers leading to huge motion noise have to be compensated. The process is called balancing. Subsequently, the magnetic data have to be transformed from a local frame into an Earth-Centered, Earth-Fixed coordinate system.

Besides these processing steps we will introduce a new set of further conversions between the magnetic signals. Here, Hilbert and Hilbert-like transforms will be used which allow for conversion between gradient tensor components, magnetic field vector components and total magnetic intensity (TMI). Besides the improvement of magnetic resolution the mentioned transforms are used for calibration of the system components to and for comparison with data from other surveys. Some example data are shown.

Magnetik/Erdmagnetismus - MA-P.002 Poster

First airborne full tensor magnetic gradiometry surveys in Thuringia/ Germany

Queitsch M.¹, Schiffler M.¹, Stolz R.², Meyer U.³, Siemon B.³, Meyer M.⁴, Meyer H.-G.², Kukowski N.¹

(1) Institut für Geowissenschaften, Jena, Deutschland

(2) Institut für Photonische Technologien, Jena, Deutschland

(3) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Deutschland

(4) Supracon AG, Jena, Deutschland

As part of the multidisciplinary project INFLUINS, we conducted airborne full tensor magnetic gradiometry surveys (FTMG) in Thuringia. Our main object was to map fault- and contact zones in a sedimentary basin. The used FTMG system is based on superconducting quantum interference devices (SQUID) developed by the Institute of Photonic Technology (IPHT) Jena. Each individual sensor is a planar type gradiometer of first order, which measures one magnetic gradient component. The system enables to measure the full tensor of the Earth's magnetic field gradient as well as three orthogonal magnetic field components.

The FTMG system is mounted in a new horizontally balanced nonmagnetic body which reduces motion noise by means of its aerodynamic shape and a high drag element. The bird is towed with a 30 m long rope by a helicopter approximately 30 m above ground. The ground clearance was measured by using a radar altimeter with high accuracy below 100 m. Mapping was done along profiles with a spacing of 50 m or 100 m for high and low spatial resolution, respectively.

Here we present the new system and its first acquisition campaign in a sedimentary basin in Germany with the new developed towed body. With a sensor noise (in flight) of 60 pT/m_{pp} we can gather signals from shallow sources down to a depth of approximately 200m depth depending on magnetic properties of the underlying rocks. We present the results of measurements performed in three areas within the Thuringian basin and around the Thuringian Forest.

Magnetik/Erdmagnetismus - MA-P.003 Poster

Magnetikmessungen zur Detektion von Spuren des Altbergbaus in der Eifel bei Nettersheim

Dorn A.¹, Gurk M.¹

(1) Institut für Geophysik, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Die Gemeinde Nettersheim ist ein Teil des Deutsch-Belgischen Naturparks Nordeifel und weist eine Vielfalt an geologischen, biologischen und archäologischen Gegebenheiten auf, wie z.B. die archäologischen Ausgrabungen an der Görresburg, einem römischen Tempelbezirk.

Während der Ausgrabungen wurden auch Hinweise auf Verhüttung von Eisenerz gefunden. Die Landschaft lässt außerdem auch auf Spuren von Altbergbau schließen. In Kooperation mit dem Archäologischem Institut der Universität zu Köln und der Gemeinde Nettersheim / Eifel wurde dort im August 2012 eine Messung des Totalfeldes sowie dessen Gradient durchgeführt mit dem Ziel Verdachtsflächen (z.B. Pingenfelder) zu finden sowie das Erkunden von Lagerstätten und Verhüttungsplätzen.

Gemessen wurde mit einem Overhauser GSM-19T sowie einem PPM GSM-19T. Zusätzlich wurden Suszeptibilitäten mit dem Kappameter SM-30 der Firma ZH Instruments gemessen sowie eine lokale Basisstation aufgebaut um den Tagesgang zu korrigieren. Erste Ergebnisse lassen auf verschiedene Übereinstimmungen der Verdachtsflächen mit geologischen Karten der Gegend schließen.

Magnetik/Erdmagnetismus - MA-P.004 Poster

Aeromagnetische Messungen mit Hilfe eines unbemannten Luftschiffes
Petzke M.¹, Hofmeister P.¹, Auster H.-U.¹, Glaßmeier K.-H.¹, Hördt A.¹
(1) TU Braunschweig, IGEP, Braunschweig, Deutschland

Magnetische Kartierungen sind eine etablierte Methode, um Störkörper in oberflächennahen Erdschichten zu untersuchen. Die Magnetik ist im Besonderen dann geeignet, wenn es sich bei diesen Störkörpern um anthropogene Spuren handelt, zum Beispiel Reste von Kampfmitteln, metallische Versorgungsleitungen oder archäologische Strukturen.

Wir benutzen als Messplattform ein unbemanntes Luftschiff, mit dem räumlich hochauflösende Kartierungen in geringer Flughöhe geflogen werden können. Durch die Wahl einer fliegenden Plattform lassen sich auch schwer zugängliche oder von Kampfmittel verseuchte Gebiete vermessen. Im Vergleich zu Helikoptern oder Gyrokoptern hat das Luftschiff den Vorteil, dass bei möglichen Abstürzen kaum Schäden an der Umwelt oder am Fluggerät selbst entstehen. Des Weiteren ist im Vergleich zum Gyrokopter der Energieverbrauch geringer, so dass längere Flugzeiten möglich sind.

Das Luftschiff lässt sich dank starker Motorisierung bei moderaten Windgeschwindigkeiten (bis zu 3 m/s) einsetzen, jedoch gleicht der Flugweg keinem normalen Messraster, sondern ähnelt einem Random Walk: Durch Windeinflüsse und Flugeigenschaften des Luftschiffes kann die Höhe des Magnetfeldsensors und die Dichte der Datenpunkte in dem Messgebiet signifikant variieren. Dadurch ergeben sich Besonderheiten bei der Datenauswertung gegenüber herkömmlichen Aeromagnetik-Messungen. Beispielsweise treten in Bereichen geringer Messdichte Aliasing oder Artefakte bei der direkten Darstellung der Messergebnisse mit Hilfe von Interpolationsmethoden auf.

In diesem Beitrag zeigen wir potentielle Anwendungsmöglichkeiten, erste Testflüge, die die Machbarkeit der luftschiffgestützten Magnetfeldmessungen zeigen, und Inversionsergebnisse der Messdaten.

MG Marine Geophysik

MG Marine Geophysik**Marine Geophysik - MG-1.001**

Mass wasting along Atlantic continental margins: a comparison between NW-Africa and the de la Plata River region (northern Argentina and Uruguay)

Krastel S.¹, Lehr J.¹, Winkelmann D.², Schwenk T.³, Wynn R.⁴, Georgiopoulou A.⁵, Strasser M.⁶, Hanebuth T.⁷

(1) Institut für Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

(2) Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel (GEOMAR), Kiel, Deutschland

(3) Institut für Geowissenschaften, Universität Bremen, Bremen, Deutschland

(4) National Oceanography Centre Southampton, Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland, (5) UCD School of Geological Sciences, University College Dublin, Irland,

(6) ETH Zürich, Schweiz (Confoederation Helvetica)

(7) MARUM, Universität Bremen, Deutschland

The passive continental margins of the Atlantic Ocean are characterized by thick sedimentary successions, which might become unstable resulting in landslides of various sizes. The type of mass-wasting differs between individual margin sections but the reasons for these differences are not well understood. The NW-African continental margin is characterized by several large-scale but infrequent landslides, while the continental margin in the de la Plata River region (northern Argentina and Uruguay) shows widespread small-scale mass transport deposits (volume < 2km³). These different styles of mass wasting can be explained by different oceanographic and sedimentary settings. The margin off Northwest Africa is characterized by low sediment supply by rivers, even during glacial times, but high primary productivity caused by oceanic upwelling as well as locally focused aeolian input result in relatively high sedimentation rates, which in turn leads to sediment instabilities arising primarily from underconsolidation of deposited sediments and widespread weak layers. In contrast, the modern ocean margin off Uruguay and northern Argentina is characterized by strong contour currents and a high amount of fluvial sediment input by the de la Plata River and other rivers resulting in widespread contouritic deposits. These contourites are potentially unstable especially as a result of local excess pore pressure that may develop within sand and silt layers sandwiched between impermeable clay horizons. This setting leads to smaller but more frequent landslides.

The current risk for landslide-triggered tsunamis is small for both margins but for different reasons. The landslides in the de la Plata River region are too small and they occur at relatively large water depth. The landslides off NW-Africa do have a tsunami potential but they occur during periods of low or rising sea level. Hence, the risk of future large-scale slope failures during the current sea level highstand is considered to be low.

Marine Geophysik - MG-1.002

The influence of deep ocean currents in shaping the Argentine continental slope during the Neogene

Gruetzner J.¹, Uenzelmann-Neben G.¹, Franke D.²

(1) Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven, Deutschland

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

A complex history of sediment deposition at the Argentine continental margin during the Plio-Pleistocene is indicated by the presence of a canyon system, submarine channels and sediment drifts. We use a dense grid of seismic reflection profiles together with bathymetric data to identify sedimentary units, map depocenter geometries, separate along-slope from down-slope processes and relate depositional stages to past changes in climate, oceanography and tectonics.

The topmost seismic unit in the working area (40 to 48°S) exhibits a variety of co-occurring seismic and morphological features that are diagnostic for both down-slope and along-slope sediment redistribution. In general, current controlled sedimentation is more obvious south of 45°S ("terraces sector") while in the northern part ("canyons sector") of the working area contouritic features are reshaped by cross-slope erosion through canyons. Within the canyons sector a slope plastered drift occurs in ~3000 m water depth seaward of the 3000 m isobath. The drift has a thickness of ~400 - 600 m and a width of ~10 - 20 km and can be traced for ~100 km within the working area. The feature likely is a northward extension of a current derived unit identified in the terraces sector and indicates that during the Plio-Pleistocene strong current controlled sedimentation occurred close to the interface between Lower Circumpolar Deep Water (LCDW) and Antarctic Bottom Water (AABW).

Erosion via slope cutting canyons is most extensive in ~3000 m water depth at the central Argentine margin (43.5°S, 57.5°W) where multiple branches of the Ameghino canyon system join. None of the canyons in the working area cut into reflectors AR5/AR6 (~14 - 17 Ma), and only the main branches of the Ameghino canyon cut into reflector AR7 (~6 Ma) on the upper slope. Together with the fact that no buried canyons are observed this suggests that canyon development most likely occurred during the late Neogene possibly due to the buildup of slope instabilities caused by vigorous bottom current circulation. Such intensification during the Pliocene is evident in the terraces sector and may be related to stronger production of North Atlantic Deep Water (NADW) commencing around 6 Ma as well as an enhanced flow of NADW into the South Atlantic following the restriction of the Panamanian Isthmus at ~5 Ma.

Marine Geophysik - MG-1.003

The transition from continental to oceanic crust in North Baffin Bay off West Greenland

Kuhlmann C.¹, Breuer S.¹, Block M.¹, Damm V.¹, Heyde I.¹

(1) BGR, Hannover, Deutschland

Baffin Bay is a deep ocean basin located between Canada and Greenland. It is filled with sediments of up to 6 km thickness in the central part. Up to now, the nature of the underlying crust in Baffin Bay is still a matter of debate. Oceanic crust in Baffin Bay was for the first time described by Keen & Barrett (1972), who studied seismic refraction data. Reid & Jackson (1996) did not confirm their conclusions. They suggested an amagmatic, continental rifting and an ultra-slow spreading ridge. Seaward dipping reflectors were found by Skaarup et al. (2006) at the Canadian side of southern Baffin Bay. This finding gave reason to the assumption that Baffin Bay is underlain by oceanic crust and that the Canadian margin is at least partly of volcanic passive type. Although, magnetic spreading anomalies were not identified in this region.

A multidisciplinary expedition with the German research vessel POLARSTERN was conducted by the BGR Hannover in cooperation with the AWI Bremerhaven in summer 2010. During this expedition about 4000 km of reflection seismic data was acquired covering an area of the suspected continent-ocean transition zone along the West Greenland margin in northern Baffin Bay. The database includes the thick sediment filled inner parts of the Baffin Bay and the adjacent shallower parts of the West Greenland shelf.

The continent ocean transition zone (COT) along the West Greenland margin was derived based on the multi-channel seismic data and complemented by gravity and magnetic data. Our presentation illustrates the characteristics of the COT in the area. Our findings will be discussed and related to results of previous studies. The oceanic and continental crust show a typical pattern in the seismic reflection data and can be described on the basis of these different patterns. Oceanic crust demonstrates itself by a high amplitude, low frequency pattern and shows a hummocky surface. Continental crust shows a smoother surface, lower amplitudes and is distinguished by block faulting along the West Greenland margin.

Free air gravity anomalies show low amplitudes in the central part of Baffin Bay and higher amplitudes with shorter wave length towards the margin of West Greenland. Based on reflection seismic data a density model for two profiles was calculated by Heyde (2012).

The extent of oceanic crust in Baffin Bay derived by Harrison et al. (2011) widely coincides with our interpreted location of the COT.

Marine Geophysik - MG-1.004

Sedimentary patterns on the western East Pacific Rise flank in the Central South Pacific

Horn M.¹, Uenzelmann-Neben G.¹

(1) Alfred-Wegener-Institut fuer Polar- und Meeresforschung, Geophysik, Bremerhaven, Deutschland

Depositional patterns near mid ocean ridges (MOR) have scarcely been the focus of seismic and geological studies although they provide valuable information about sedimentation processes and oceanic circulation without the influence of upwelling or terrigenous material input. New high-resolution seismic reflection data at the western flank of the East Pacific Rise (EPR) provide insights in sedimentation distribution at a flank of a MOR. Observations reveal two different zones of sedimentation with a constant sediment thickness inside Zone 1 (age between 4 and 9 Ma) and a decreasing sedimentary cover inside Zone 2 (age between 9 and 18.5 Ma). The results are not in agreement with existing models for deposition at MORs. An empirical model developed in 1967 predicts increasing sediment thickness in Zone 1 and a constant cover inside Zone 2. The assumptions of a numerical model developed for the Atlantic Ocean could only explain the decrease in sediment thickness. Variations of the carbonate compensation depth (CCD) exist in the Pacific but the palaeo-CCD is not as shallow as in the Atlantic. It is not certain whether it really has affected the sediments during the Middle Miocene. To explain the observed pattern we consider another approach attributing the differences to bottom current activity. Bottom current flow and a decreased sedimentation rate since the Miocene-Pliocene boundary can explain the low sediment accumulation and the constant sedimentary cover inside Zone 1 as well as the decreasing cover thickness inside Zone 2. The onset of the proposed bottom current activity fits modifications in global oceanic circulation due to renewed cooling following the Mid Miocene Climatic Optimum. This signal is documented our data via the formation of the two zones of sedimentary thickness.

Marine Geophysik MG-2.001

Das westliche Levantebecken im Einfluss von Kollision und Subduktion

Klimke J.¹, Ehrhardt A.¹

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

Die tektonische Situation im östlichen Mittelmeerraum wird durch ein komplexes Muster aus Subduktion, Obduktion und Kollision geprägt. Dort trifft die Sinai-Afrikanische Platte auf die Anatolisch-Eurasische Platte, wobei die ozeanische Kruste der Neo-Tethys subduziert wird. Im Pliozän wurde dieses tektonische Regime durch den Eintritt des Eratosthenes Seamount (ESM) in die Subduktionszone des Zypernbogens stark beeinflusst. Beim ESM handelt es sich vorraussichtlich um ein kontinentales Fragment der Afrikanisch-Nubischen Platte, das während der Öffnung der Neo-Tethys an diese Position geriftet wurde und jetzt den Übergang von Subduktion zu Kollision markiert. Das Levantebecken wird im Westen vom ESM begrenzt. Hier wird der Verlauf der Baltim Hecateaus Störung (BHS), eines

Mesozoischen tektonischen Lineaments, hervorgerufen durch die Entstehung der Neo-Tethys, vermutet. Durch den Eintritt des ESM in die Subduktionszone besteht die Möglichkeit einer Relativbewegung des Levantebeckens zum ESM. Es wird diskutiert, dass die BHS als Transformstörung reaktiviert wurde und diese kompensiert. Im Norden wird das Levantebecken vom Zypernbogen begrenzt, wo sich eventuell subduktionsbedingte Deformation nachweisen lässt. Wir präsentieren neue 2D-seismische Daten, die 2010 mit der FS Maria S Merian akquiriert wurden und aus einem dichten Netz von NW-SE und NNE-SSW streichenden Profilen bestehen, die den ESM und den westlichen Teil des Levantebeckens abdecken. Wir zeigen erste Resultate der Profile, die bis zur Pre-Stack Tiefen Migration prozessiert wurden. Basierend auf dem dichten Profilnetz mit Abständen von nicht mehr als 5 nautischen Meilen wurden die Schlüsselhorizonte im Levantebecken gepickt und belastbare 3D-Grids der Horizonte erstellt. Mit dem dichten Profilnetz war es möglich, den Verlauf der BHS auf jedem NW-SE und NNE-SSW streichenden Profil und sogar nördlich und südlich des ESM zu verfolgen. Mit unseren Daten können wir zeigen, dass die westliche Begrenzung des Levantebeckens nicht mit einer linearen, sinistralen Blattverschiebung beschrieben werden kann, sondern eine Abschiebung mit einem mäandrierenden NNE-SSW streichenden Verlauf ist. Weiterhin sehen wir nach dem Eozän keine subduktionsbedingte Deformation im Levantebecken sondern eine gleichmäßige Verfüllung des Beckens mit miozänen bis pleistozänen Sedimenten.

Marine Geophysik - MG-2.002

Reflexionsseismische Messung zur Untersuchung des Ablagerungsraumes des Rockall Bank Mass Flows (Nord Atlantik)

Trappe K.¹, Krastel S.¹, Georgiopoulou A.², Quer L.¹

(1) Institut für Geowissenschaften/ Abteilung Geophysik, Christian Albrechts Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

(2) School Of Geological Sciences, University College Dublin, Dublin, Irland

Der Rockall Trough und seine angrenzenden Hänge vor der Westküste Irlands stellen ein wertvolles natürliches Laboratorium dar, in dem Hangstabilität, Sedimenttransport, Bodenströmungen sowie die glaziale/interglaziale Geschichte hervorragend untersucht werden können. Bereits in den 1970er Jahren wurde an der Ostflanke der Rockall Bank eine sehr große Rutschung identifiziert, der Rockall Bank Mass Flow (RBMF). Bisher existierten aber wenige Informationen über die Verteilung der Ablagerungen dieser großen Rutschung. Im Zuge der Ausfahrt CE11011 im September 2011 wurden mehrere reflexionsseismische Profile aufgezeichnet, um die Verteilung der Rutschungsmassen des RBMFs genauer zu untersuchen.

Der Rockall Trough ist Teil des Kontinentalhanges von Großbritannien. Im Zuge des kontinentalen Rifting im späten Mesozoikum- frühen Känozoikum entstand eine Becken- und Plattformmorphologie. Die im späten Eozän bis frühen Oligozän einsetzende Meeresströmung führte zu Erosion am östlichen Rand des Rockall Troughs und zur Akkumulation sowie Sedimentumlagerung am westlichen Rand.

Mit Hilfe der neuen seismischen Profile konnten mehrere separate Rutschungsmassen unterschiedlichen Alters erkannt werden. Auf dieser Grundlage können Vermutungen hinsichtlich der Entstehung des Ablagerungsbereiches getroffen werden. Ein zusammenhängendes Sedimentwellenband wurde durch

mehrere Rutschungsereignisse unterbrochen. Das jüngste Ereignis fand vermutlich vor ca. 175ka statt. Die Sedimentwellen sind Teil eines Konturites. Das Vorhandensein von Konturiten im Bereich des RBMF stellt vermutlich die wichtigste Vorbedingung für die Rutschung dar, da Konturite potentiell instabil sind. Die Volumina der einzelnen Rutschungskörper liegen zwischen 126km³ und 256km³. Ein Vergleich mit Durchschnittswerten für den östlichen Bereich des Atlantiks zeigt, dass es sich um sehr große Rutschkörper handelt.

Marine Geophysik - MG-2.003

Magnetische Anomalien im zentralen Pazifik zwischen der Clarion- und Galapagos-Fracture Zone

Bagge M.¹, Barckhausen U.²

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

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

Die magnetischen Anomalien in den äquatorialen Bereichen des Pazifiks haben eine ungefähr N-S ausgerichtete Streichrichtung, da sie als Seafloor Spreading Anomalien ihren Ursprung am ebenfalls etwa N-S ausgerichteten Ostpazifischen Rücken haben. Im horizontal ausgerichteten Erdmagnetfeld im Bereich des magnetischen Äquators haben diese Anomalien nur sehr geringe Amplituden im Totalfeld und sind deshalb mit den üblichen schiffsgebundenen Messungen mit Protonenmagnetometern schwierig zu identifizieren. Hinzu kommt, dass die erdmagnetischen Variationen in dieser Region durch den Äquatorialen Elektrojet besonders ausgeprägt sind und häufig im Totalfeld eine tagesperiodische Amplitude haben, die größer ist als diejenige der magnetischen Krustenanomalien. Diese Umstände machen es bis heute in großen Teilen des Ostpazifiks schwierig, Seafloor Spreading Anomalien zuverlässig zu identifizieren. Entsprechend unsicher sind auch die Altersdaten für die ozeanische Kruste, was erhebliche Auswirkungen auf plattentektonische Rekonstruktionen im regionalen und globalen Maßstab hat.

Mit modernen Magnetometern können die oben dargestellten Probleme überwunden werden. Gradientenmagnetometer messen variationsfreie Totalfelddaten in hoher Qualität und mit Vektormagnetometern kann insbesondere die Vertikalkomponente gemessen werden, in der die Anomalien unter den Bedingungen des zentralen Pazifiks eine etwa doppelt so große Amplitude haben wie im Totalfeld. Neue Daten, die in den letzten Jahren mit diesen Magnetometern gemessen wurden, erlauben einige sichere Identifikationen von Seafloor Spreading Anomalien in Schlüsselregionen des zentralen Pazifiks. Zusammen mit neu prozessierten Altdaten können damit für ein großes Gebiet zwischen der Clarion- und der Galapagos-Fracture Zone sicher Altersdaten der ozeanischen Kruste angegeben werden und diese auf plattentektonische Rekonstruktionen angewendet werden. Ein Beispiel dafür ist die rekonstruierte Wanderungsbewegung der deutschen Manganknollen-Lizenzgebiete durch den zentralen Pazifik seit ihrer Entstehung.

Marine Geophysik - MG-2.004

*Oberflächennahes Gas in der deutschen Nordsee: Aktuelle Untersuchungen anhand seismischer Daten***Trampe A.F.¹, Lutz R.¹, Franke D.¹**

(1) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Geologie der Energierohstoffe, Polargeologie, Hannover, Deutschland

Oberflächennahes Gas (0-1000 m) wird im deutschen Nordseesektor aus mehreren Gründen untersucht. Die Gründungstiefen von Offshore-Windenergieanlagen betragen, in Abhängigkeit von den Sedimenteigenschaften, 25-60 m. Zur Stabilität der Anlagen ist die Kenntnis der Verbreitung von oberflächennahem Gas ein wichtiger Faktor, da Gas im Porenraum die Gründungseigenschaften beeinflusst. Zum anderen könnten größere Vorkommen, wie im niederländischen Nordseesektor, kommerziell gefördert werden. Darüber hinaus könnten oberflächennahe Gasvorkommen, die aufgrund geringer Volumina für eine konventionelle Förderung mit entsprechender großräumiger Infrastruktur nicht in Frage kommen, als Energierohstoff in Offshore-Windparks genutzt werden. Die Nutzung der Gasvorkommen könnte den wetterbedingte Ausfall der Energieerzeugung während Flautephasen abfedern und so zu der kontinuierlichen Stromversorgung aus Windparkgebieten beitragen.

Amplitudenanomalien in seismischen Daten sind erste Anzeichen auf mögliches Gas im Porenraum. Diese Anomalien lassen sich durch die Veränderung der physikalischen Parameter (Dichte und seismische Geschwindigkeit) und durch Veränderung des Sedimentgefüges durch Fluidmigration erklären. Für eine Kartierung solcher Amplitudenanomalien wurden ~30.000 km² 2D-seismische Daten und ~4000 km² 3D-seismische Daten aus der deutschen Nordsee ausgewertet. Die Amplitudenanomalien können, neben Gas im Porenraum, auch durch Erdöl oder Lithologiewechsel verursacht werden. Hierzu gehören z.B. das Auftreten von Kohle, Torf oder Ton. Um die Ursache der Amplitudenanomalien qualitativ bewerten zu können, wurden an ausgewählten 2D Profilen, nach einem amplitudenerhaltenden Prozessing, AVO-Analysen (Amplitudenvariation mit dem Offset) durchgeführt. Die Ergebnisse der Kartierung und der AVO-Analysen werden für eine erste Volumenabschätzung von oberflächennahem Gas im deutschen Nordseesektor verwendet.

Marine Geophysik - MG-2.005

Sedimentäre Entwicklung des Van Sees (Ost-Türkei): Eine kombinierte Interpretation von seismischen und Bohrloch Daten

Quer L.¹, Cukur D.², Krastel S.¹, Gökdere Meydan A.F.³, Damci E.⁴, Schmincke H.-U.², Sumita M.²

(1) Institut für Geowissenschaften/Abteilung Geophysik, Christian Albrechts Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

(2) GEOMAR - Helmholtzzentrum für Ozeanforschung Kiel, Dynamik des Ozeanbodens, Kiel, Deutschland

(3) Paleolimnoloji, Limnojeoloji, Yuzuncu Yil University, Van, Türkei

(4) Eurasia Institute of Earth Sciences, Istanbul Teknik Üniversitesi, Istanbul, Türkei

Der Vansee in Ostanatolien, Türkei, ist mit einer Größe von 3.574 km², einem Wasservolumen von 607 km³, einer Tiefe von 450 m und einer maximalen Ausdehnung von 130 km in Richtung WSW-ONO der 4. größte Endsee der Welt. Mehr als 1500 km mehrkanaligen reflexionsseismischer Profile kombiniert mit ICDP Bohrungen und bathymetrischen Daten des Vansees ermöglichen eine Rekonstruktion der stratigraphischen Entwicklung des Seebeckens. Drei große Becken (Tatvan, Deveboyunu und das Northern Basin) werden durch den Ahlat Ridge und den Northern Ridge getrennt. Die kombinierte Analyse der seismischen und Bohrloch Daten ermöglichte die Einteilung in fünf Fazies-Klassen: (a) stratifizierte lakustrische Ablagerungen (Wechselagerung organischer Schlämme, feinkörniger Turbidite und Tephren) charakterisieren die tieferen Bereiche der Becken und wurden zu Zeiten konstanter Seespiegel abgelagert. (b) chaotische Sedimente charakterisieren den südlichen Teil des Sees. Sie repräsentieren Hangrutschungen ausgelöst durch anhaltende tektonische Aktivität entlang des Seeufers. (c) `Delta-` Ablagerungen auf dem östlichen/südöstlichen Schelf und Hang, die wahrscheinlich durch Ablagerungen großer Volumen von klastischen Materialien aus den nahe Flüssen stammen. (d) fluviatile Ablagerungen auf den Schelfen, die insbesondere zu Zeiten von Seespiegel-Niedrigständen abgelagert wurden, als die Schelf-Gebiete trocken lagen. (e) chaotische vulkaniklastische Ablagerungen, die sich vor allem in Northern Basin befinden.

Die sedimentäre Entwicklung des Sees kann in 19 Phasen unterteilt werden, die die Änderungen im Ablagerungsmuster als Folge der klimatischen und tektonischen Entwicklung des Sees widerspiegeln. Dabei handelt es sich um fünf regressive und 14 transgressive Phasen. Fünf Phasen von niedrigem Seespiegel konnten folgendermaßen identifiziert werden: Phase 1 ~ 580 ka; Phase 5 ~ 355-341 ka; Phase 7 ~ 320-210 ka; Phase 12 ~ 170-140 ka und Phase 18 ~ 30-16 ka. Abgeschätzte Seespiegel unterhalb des heutigen am Ende jeweiliger Phasen waren: 610 m in Phase 1; 560 m in Phase 5; 470 m in Phase 7, 310 m in Phase 12 und 210 m in Phase 18. Seespiegelschwankungen, die in den seismischen Daten als Vorschüttungskörper dokumentiert sind, lassen sich ebenfalls in morphologischen Strukturen (Canyons und Terrassen) in bathymetrischen Daten finden. Zusammengefasst zeigen unsere Daten, dass die Sedimentation der Becken hauptsächlich durch tektonische, klimatische und vulkanische Faktoren gesteuert wurden.

MG Marine Geophysik Poster**Marine Geophysik - MG-P.001 Poster**

Marine Magnetik der Forschungsfahrt M81/2 CLIP: Vergleich von geschleppten und schiffsfesten Vektordaten

Engels U.¹, Barckhausen U.¹

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

Während der METEOR-Forschungsfahrt M81/2 CLIP vom 10.3-22.4.2010 in die Zentralkaribik wurden Magnetikmessungen mit bis zu sechs gleichzeitig eingesetzten Magnetiksensoren durchgeführt. Diese Datensätze werden mit dem Ziel ausgewertet, Aussagen über Lage und Streichrichtungen magnetischer Anomalien zu treffen und damit einen Beitrag zum Verständnis der Entstehung der Caribbean Large Igneous Province (CLIP) zu leisten.

Mit den folgenden Magnetometerkonfigurationen wurden Datensätze gewonnen:

- i) geschlepptes Gradiometer, bestehend aus zwei Totfeldsensoren (Overhauser)
- ii) zwei geschleppte orientierte Vektormagnetometer (Fluxgates)
- iii) zwei schiffsfeste orientierte Vektormagnetometer (Fluxgates)

Die Gradiometerauswertung erlaubt die Eliminierung zeitlicher Variationen. Die Komponenten der Vektormagnetometer können mit verschiedenen Analysemethoden im Zeit-Orts- bzw. im Frequenz-Wellenzahlbereich ausgewertet werden. Während bei den geschleppten Vektordaten die Lagekontrolle die Herausforderung darstellt, muss bei den schiffsfesten Vektordaten das Schiffsfeld kompensiert werden. Zusätzlich werden Fremddaten neu prozessiert und in die Auswertung einbezogen. Diese einmaligen Datensätze ermöglichen einen methodischen Vergleich.

Marine Geophysik - MG-P.002 Poster

Structural and magnetic investigations of the spreading systems north and south of the Rodriguez Triple Junction (Indian Ocean)

Bartsch C.¹, Barckhausen U.¹, Shipboard Scientific Party S.¹

(1) Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover, Deutschland

In the years 2011 and 2012 the BGR started to investigate the active ridge systems of the southern Central Indian Ridge (CIR) and the northern Southeast Indian Ridge (SEIR) in the Indian Ocean at the Rodriguez Triple Junction (RTJ). The poster shows the first results of the cruises INDEX 2011/2012 with respect to bathymetry and magnetics.

The active slow-spreading rift axis of the CIR strikes approximately north-south. The ridge was mapped over six sections separated by discontinuities and one transform fault. The rift valley is asymmetrical with steep slopes in the east and shallower slopes in the western part. The center of magnetic Anomaly 1 follows the most prominent structural features like an overlapping spreading center and bending,

along axis updoming, and an oceanic core complex. With a look at the whole mapped area a discrepancy between the center of the magnetic anomaly and the bathymetric expression of the spreading center can be noticed in many places. The active spreading axis lies west of the center of magnetic Anomaly 1 in the northwestern part of the working area whereas in the southeastern part indications for a recent ridge jump to the east are observed. An analysis of the spreading velocities from NW to SE illustrates a decrease from 47 mm/a to 45 mm/a at the RTJ. The SEIR is an intermediate-spreading ridge. Six sections separated by offsets or discontinuities were mapped. In three sections the normal faults and older ridge segments are striking parallel to the rift valley axis. The other two sections were interpreted as accommodation zones. In general the SEIR is displaced with right-lateral offsets. Characteristic structural features are an overlapping spreading center, two oceanic core complexes, several extensional basins, and thinned areas probably representing former discontinuities. From the magnetic data a general tendency is observed that the spreading rates close to the discontinuities increase to 61 mm/a as opposed to the 56-57 mm/a of the undisturbed areas. That is also applicable to the areas of the former discontinuities. Contrary to the CIR the SEIR shows asymmetric spreading rates.

Marine Geophysik - MG-P.003 Poster

Gravimetrische und Magnetische Messungen während der Poseidon-Fahrt 431 vor Portugal

Dehghani A.¹

(1) Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Hamburg, Deutschland

Während der Poseidon-Fahrt 431 im April 2012 wurden gravimetrischen und magnetischen Daten entlang mehrerer Profile zwischen Portimoa, Gloriaverwerfung und Lissabon aufgenommen. Die gravimetrischen Messungen wurden mit Hilfe des modernen Seegravimeter KSS31M und die magnetischen Messungen an Hand eines Gradiometers (SeaSpy, mit 2 horizontal hintereinander geschleppten Sensoren) durchgeführt. Diese Potenzialdaten werden mit allen vorhandenen Schwere- und Magnetik-Daten (u. a. Daten aus GEODAS und USGS Datenbanken) kombiniert und als Freiluft-, Bouguer- und Magnetik-Anomaliekarten präsentiert und interpretiert. Unmittelbar nach der Akquisition der Schwere- und Magnetik-Daten wurde eine erste Auswertung der Daten an Bord des Schiffes vorgenommen. Die Auswertung zeigt interessante Anomalien und Strukturen im Untersuchungsgebiet.

Marine Geophysik - MG-P.004 Poster

Palaeocirculation of the Western Boundary Undercurrent (WBUC) at the Eirik Drift
Mueller-Michaelis A.¹, Uenzelmann-Neben G.¹

(1) Alfred Wegener Institute, Geophysics, Bremerhaven, Deutschland

Growing interest in climate research and the coupled ocean-atmosphere interactions has led to numerous studies of the modern and ancient global ocean Thermohaline Circulation (THC). In the North Atlantic the Western Boundary Undercurrent (WBUC) forms the deep branch of the THC. The Eirik Drift, which lies on the slope south of Greenland, has been formed under the influence of this WBUC. The sediment record at the Eirik Drift thus documents changes in pathways and intensity of the WBUC and bears information about modifications of the North Atlantic THC in a changing climate. A study of the sedimentation history of the Eirik Drift will hence allow a deciphering of climate development and modifications in the Neogene. High resolution seismic reflection data collected during RV Maria S. Merian cruise MSM 12/2 were incorporated with geological information from ODP Leg 105 and IODP Expedition 303 Sites and led to a seismostratigraphic analysis of sedimentary structures. For the first time a detailed reconstruction of the palaeocirculation of the WBUC at the Eirik Drift since the Micoene is conducted. We date the onset of drift building under the influence of an intense WBUC at ~19 Ma. The WBUC remains strong from 19 to 10 Ma. Then it weakens and shallows gradually until 5.6 Ma. A separation of the WBUC into two branches at different core depths along with a renewed intensification is observed at 5.6 Ma. These two branches presumably transport Denmark Strait Overflow Water (lower branch) and Iceland Scotland Overflow Water (upper branch). The WBUC remains strong until ~2.5 Ma with a peak intensity at 4.5 Ma. We observe a gradual weakening and shallowing of the WBUC after 2.5 Ma. Thus, we observe a strong WBUC during warm phases (Miocene warm phase 20-15 Ma; Pliocene warm phase 5-3.6 Ma) as well as in the following cooling phases until pronounced ice-sheets are re-established (15-10 Ma; 3.6-2.75 Ma). The weakening of the WBUC takes place in the cooling phases after pronounced ice-sheets are re-established (10-5.6 Ma; < 2.5 Ma). Erosional unconformities are found at 19 Ma and 4.5 Ma close to the reversals of cooling to global warming phases (20 Ma and 5 Ma, respectively). The conjunction of warmer climate with an intensified NCW flow is ambiguous, as an intensified NCW circulation is a result of enhanced NCW production, which usually needs a colder environment.

Marine Geophysik - MG-P.005 Poster

*Structural and seismological segmentation of active convergent margins***Kopp H.¹**

(1) GEOMAR, Kiel, Deutschland

Convergent plate boundaries around the globe show a high degree of structural complexity and variability in site-specific geometry and mass flux. The heterogeneity in the structural evolution, the interior regime as well as external architecture of individual margins is reflected in their seismic character, resulting in a segmentation along-strike as well as along-dip. Subduction zones generate more than 80 percent of global earthquakes above magnitude 8.0, but rupture characteristics are highly individual and linked to margin specific geometrical conditions. Major segments of subduction zones are commonly submerged in deep water and difficult to access at the majority of margins. Marine geophysical techniques, which are able to image the complex structures in these settings with sufficient coherency and depth penetration, have proven crucial to improve our knowledge on the geological framework of the different types of subduction zones. Field data from different margins around the globe deliver images of the seafloor and subsurface in unprecedented resolution, which show segmentation to be far more complex than previously inferred. Along-strike segmentation results in accretionary segments contiguous to erosive segments along a single margin. Modes of mass transfer must hence be viewed as transient processes dependent on sediment supply and lower plate structure. Along-strike segment boundaries commonly correlate with underthrusting lower plate relief that controls the deep deformation of a subduction zone and the spatial and temporal variation in slip behavior. Examples of underthrusting oceanic basement relief at different stages of subduction elucidate their impact on the inner geometry of the margin. Lower plate heterogeneities occur at subduction zones worldwide and thus pose a common phenomenon, whose role as barriers to seismic rupture constitute a central control on subduction zone seismicity and segmentation.

Marine Geophysik - MG-P.006 Poster

*Interferometrie seismischen Rauschens in der westlichen Barentssee***Schmidt A.¹, Arlt T.², Krüger F.²**

(1) Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

(2) Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

Die Interferometrie seismischen Rauschens ist, neben den klassischen Methoden der Seismologie, ein zuverlässiges Verfahren mittels Analyse des Oberflächenwellen-Anteils der Greenschen Funktion auf die physikalischen Gegebenheiten der Kruste und des oberen Mantels zu schließen. Eine entsprechende Anwendung auf Netzwerke aus Landstationen wurde bereits sowohl theoretisch als auch praktisch in vielen Studien dokumentiert. Jedoch fand die Methode aufgrund des Auftretens zusätzlicher einflussgebender Signale bisher nur wenig Gebrauch in der Verwendung von am Meeresboden installierten Systemen. In dieser Studie wurden die kontinuierlichen Daten von 12 OBS-Breitbandstationen

verwendet, welche 2007 zwischen dem Knipovich-Rücken und der Bäreninsel (Bjørnøya, Norwegen) in der westlichen Barentssee ausgesetzt und nach durchschnittlich 330 Tagen wieder geborgen wurden. Aufgrund der sehr verschiedenen Operationstiefen der Stationen von etwa 300 m bis hin zu 2600 m sind die Hauptursachen für Rauschsignale auf den seismischen Aufzeichnungen unterschiedlich, was sich stark auf die Kohärenz der zu korrelierenden Daten auswirkt. Eine diesbezügliche Identifizierung der dominierenden Rauschquellen ist daher angebracht. Weiterhin liefert die Barentssee selbst ein Medium für die Übertragung starker akustischer Signale, die zusätzlich das eigentlich zu extrahierende Signal der Oberflächenwellen überlagern. Ein besonderer Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf der Verwendung der vertikalen Komponente der seismischen Daten, da hier, ohne zusätzliche Annahmen und unter Berücksichtigung etwaiger Tilt-Effekte, direkt auf den Rayleigh-Wellenanteil der Greenschen Funktion von Signallaufwegen zwischen jeweils zwei Stationen geschlossen werden kann.

Marine Geophysik - MG-P.007 Poster

Messungen zum Verständnis des Schalleintrags seismischer Wellen bei Rammungen von Offshore-Windenergieanlagen - Geophysikalisches Teilprojekt im Vorhaben "BORA - Berechnung von Offshore-Rammschall"

Podolski C.¹, Wilken D.¹, Rabbel W.¹

(1) Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

Die Entscheidung der Bundesregierung, bis 2050 den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtstromverbrauch stark anzuheben, hat erheblichen Einfluss auf die Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) in Nord- und Ostsee. Bei der Rammung von Gründungspfählen wird ohne und häufig auch mit Schallschutz der vorgegebene Richtwert für Schallimmission in die Meeresumwelt überschritten. Diese Immissionen sind von verschiedenen Parametern wie Boden, Pfahlart, Rammenergie und Schallminderungsmaßnahme abhängig. Ziel des Projektes BORA ist die Vorhersage von Rammschall bei Rammarbeiten anhand eines Berechnungsmodells unter Einbeziehung dieser Parameter. Im Rahmen von drei Offshore-Messkampagnen sollen rambbegleitend Immissionswerte bestimmt werden, um das Berechnungsmodell zu verifizieren.

Im geophysikalischen Teilprojekt von BORA sollen seismische Untersuchungen vor und während der Rammarbeiten Rahmenbedingungen für das Vorhersagemodell liefern. Dazu gehören die Erfassung der Sedimentstruktur mittels hochauflösender Reflexionsseismik sowie die Abschätzung der seismischen Geschwindigkeiten und der Dämpfung mittels Weitwinkelseismik und Scholtewellenseismik im Vorfeld der Bauarbeiten. Während des Rammvorgangs eingesetzte Ozeanbodenseismometer zeichnen die Bodenbewegungen im Fernfeld auf. Somit können der Schalleintrag seismischer Wellen bestimmt und Voraussagen über Abhängigkeiten der Körperschallausbreitung von der geologischen Struktur getroffen werden. Dieser Beitrag stellt neben dem Projekt die bisher durchgeführten Messungen vor und zeigt erste Ergebnisse hinsichtlich der geologischen Struktur sowie der Bodenbewegungsmessungen. Am Beispiel der ersten Testlokation im Baufeld BARD Offshore 1 in der Nordsee wird das erhaltene Strukturmodell aus den reflexionsseismischen Ergebnissen diskutiert. Erste Analysen von während der ersten Testrammung aufgenommenen, relativen Amplituden seismischer Wellen und Wasserschall zeigen einen signifikanten Energieeintrag von Kopfwellen in die Wassersäule.

MI Modellierung und Imaging**Modellierung und Imaging - MI-1.001**

Parameterabhängiges unregelmäßiges Resampling für hochaufgelöste geowissenschaftliche Datensätze

Menzel P.¹, Schmidt S.¹

(1) Institut für Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

In den modernen Geowissenschaften werden in immer stärkerem Maße extrem hoch aufgelöste Datensätze aus unterschiedlichsten Quellen verwendet. Die große Datenmenge, die in solchen Datensätzen anfällt, macht es oft unmöglich, sie komplett und effizient zu verarbeiten. Deshalb ist es notwendig, die Punktdichte solcher Datensätze durch Resampling zu verringern. Es kommt dabei in vielen Fällen weniger auf eine regelmäßige Verteilung der Datenpunkte, sondern auf eine möglichst gute Abbildung der Parameterverteilung durch die Punktverteilung an. Weiterhin muss eine gute Reproduzierbarkeit der ausgedünnten Datensätze gewährleistet werden. Um dies zu erreichen, kann ausgenutzt werden, dass die ursprüngliche Verteilung der Datenpunkte lokal meist nicht der Verteilung des gewünschten Parameters entspricht, sondern die Parameterverteilung zu hoch auflöst wird.

So ist es das Ziel dieser Arbeit, zu hoch aufgelöste Bereiche in den soeben beschriebenen Datensätzen zu identifizieren und die dort vorhandene Punktdichte an die Parameterverteilung anzupassen. Das hier vorgestellte neue Verfahren zum unregelmäßigen Resampling dünnt die Daten anhand der Variationen im vorgegebenen Datenparameter aus. Regionen mit starken lokalen Parameteränderungen unterliegen einer nur schwachen Reduktion der Punktdichte. Im Gegensatz dazu werden Gebiete mit "glatter" Parameterverteilung geringer aufgelöst, ohne zu große Fehler bei der Rekonstruktion in Kauf nehmen zu müssen. Der verwendete Algorithmus gewichtet alle Datenpunkte gemäß der Parametervariation in Bezug zu den Nachbarn. Alle hoch-gewichteten Bereiche im Originaldatensatz werden in den reduzierten Datensatz übernommen. Nach dieser Auswahl kann für jeden nicht übernommenen Punkt abgeschätzt werden, wie groß der Fehler bei der Rekonstruktion dieses Punktes durch verschiedene Interpolationsverfahren ausfallen würde.

Das beschriebene Verfahren arbeitet sowohl auf der Basis von Gitterdaten, als auch auf 3D Punktwolken; auch können die Punktgewichte aufgrund von mehreren Datenparametern berechnet werden. Auf die Anwendung und die Analyse des beschriebenen Verfahrens wird auf dem Poster "Application and validation of a parameter-constrained irregular resampling-framework for highly resolved data sets" (P. Menzel) eingegangen.

Modellierung und Imaging - MI-1.002

Eine gitterfreie Methode zur zweidimensionalen Vorwärtsmodellierung magnetotellurischer Felder

Wittke J.¹, Tezkan B.¹

(1) Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln, Köln, Deutschland

Gitterfreie Methoden stellen eine erweiterte Methode zur Lösung partieller Differentialgleichungen dar. In dieser Arbeit wird die Lösung des MT-Induktionsproblems mit Hilfe dieser Methoden erläutert und diskutiert. Vorgestellt wird ein Verfahren welches auf der "meshfree local Petrov-Galerkin" - Methode basiert. Es wird dabei ein Ansatz verwendet, welcher die partiellen differentialgleichungen durch eine lokale schwache Formulierung in Kombination mit radialen Basisfunktionen löst. In dem Vortrag wird die Anwendung des Verfahrens auf das MT-Problem dargestellt und diskutiert.

Da dieses Verfahren zwar durch die Abwesenheit eines Diskretisierungsgitter komplexe Geometrien besser beschreiben kann, müssen erhöhte Rechenlaufzeiten in Kauf genommen werden. Aktuelle Entwicklungen in den gitterfreien Verfahren versprechen allerdings dabei geringere Rechenzeiten und gesteigerte Genauigkeit der Lösungen. Weiterhin werden in diesem Vortrag die Implementation sowie auch die theoretische Vorgehensweise angesprochen.

TE- und TM-Response ausgewählter Leitfähigkeitsmodelle werden mit dem neuen gitterfreien Algorithmus berechnet und die Ergebnisse mit den klassischen finite Elemente und finite Differenzen Verfahren verglichen.

Modellierung und Imaging - MI-1.003

Importance of topographic effects on the modeling of magmatic and tectonic displacements

Nikkhoo M.¹, Walter T.¹, Acocella V.²

(1) GFZ Potsdam, 2.1: Earthquake risk and early warning, Potsdam, Deutschland

(2) Dip. Sc. Geologiche, Universita Roma Tre, Rome, Italien

Surface deformation due to a pressurized magma-body in a volcanic area or due to an earthquake in a tectonically active region is influenced by topography. This is particularly relevant if the magmatic or the tectonic sources are shallow. Even though, most of the related modeling approaches still rely on a flat free surface (half-space) and ignore feedback related mechanisms. To include these topographic effects in models, we develop a boundary element method (BEM) code based on the concept of triangular dislocation element (TDE). TDEs have similar accuracies as their rectangular counterparts, however, are much more flexible during discretization of complex surfaces (magmatic sources and topography). We apply this code to study topographic effects during magmatic processes and/or fault displacements. In systematic tests, we explore the mutual interaction of the topography and the source, illustrated in two synthetic cases: a spherical magma body beneath an idealized volcano morphology, and a thrust fault beneath a morphologic fault scarp. We further examine the influence of deep craters and rifted valleys, both of which strongly affect the geometric and physical properties of the magma chamber, and the fault source

parameters, respectively, as well as their corresponding surface deformation. By comparison to half-space solutions we demonstrate that topographic effects and the interactions with the sources have an important contribution to the signals and proper interpretation of InSAR and GPS data.

Modellierung und Imaging - MI-1.004

Modellstudie zur Abbildung von Klüftigkeiten in der Nähe von Bohrlöchern mit Reflexionsseismik und Georadar

Linke M.¹, Hellwig O.¹, Buske S.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik, Freiberg, Deutschland

Ausgeprägte Kluft- bzw. Störungszonen im Gestein spielen in einigen Gebieten der Geophysik eine bedeutende Rolle, so z.B. in der Kohlenwasserstoffexploration oder der geothermischen Reservoircharakterisierung. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Abschätzung von Kluftparametern wie Länge, Orientierung, Fluidfüllung und insbesondere der Kluftdichte. Da von der Erdoberfläche meist jedoch keine detaillierte Untersuchung tief liegender Kluftsysteme möglich ist, werden Bohrlochmessungen durchgeführt, um diese Parameter bestimmen zu können.

Die computergestützte Simulation hochfrequenter elektromagnetischer Felder und seismischer Wellen sowie die anschließende Migration der Modelldaten können einen Hinweis darauf liefern, unter welchen Voraussetzungen Klüfte mit den beiden Verfahren abgebildet werden können und inwieweit sich die Ausprägung der Klüfte aus diesen Daten ableiten lässt. Außerdem kann damit eine geeignete Messkonfiguration für reale Feldmessungen definiert werden.

Die hier durchgeführte Modellstudie vergleicht die Möglichkeiten des Bohrlochgeoradars und der hochfrequenten Bohrlochseismik zur Erkundung der unmittelbaren Bohrlochumgebung. Sie basiert auf 2-D-Simulationsrechnungen, die mit Hilfe einer parallelisierten Finite-Differenzen-Software im Zeitbereich durchgeführt wurden. Die Klüfte werden im Modell durch einfache Liniensegmente approximiert. Eine anschließende Prestack-Tiefenmigration der erzeugten Seismogramme bzw. Radargramme liefert Strukturabbilder der Bohrlochumgebung, welche Aufschluss über die Abbildungsgüte der Kluftzonen in Abhängigkeit von Kluftparametern wie Länge, Orientierung sowie Kluftfüllung geben.

Erste Ergebnisse zeigen, dass mit Hilfe beider Verfahren eine gute Abbildung der Kluftzonen erzielt werden kann. Da das seismische Wellenfeld durch Konversion zwischen P- und S-Wellen mit jeweils unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten relativ kompliziert gegenüber dem Georadar-Wellenfeld ausgeprägt ist, erfordert es allerdings eine aufwendigere Datenbearbeitung vor der Migration. Deshalb liefert das Georadar-Verfahren bei ähnlicher Wellenlänge generell ein deutlicheres Abbild mit weniger Artefakten.

Modellierung und Imaging - MI-2.001

Semi-Automated Geometry Optimization of Voxelized Triangle Models by means of Covariance-Matrix-Adoption Evolution-Strategies and User Interaction

Alvers M.R.¹, Plonka C.¹, Schmidt S.², Barrio-Alvers L.¹

(1) Transinsight GmbH, Dresden, Deutschland

(2) Institut fuer Geowissenschaften, Abtlg. Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

A strong and flexible optimization technique is the covariance-matrix-adoption-evolution-strategy (CMA-ES). CMA-ES is strong in terms of global convergence and flexible in terms of adoption to the local quality function. This is achieved by learning a mutation or variation distribution on the fly. The method can deal with high-dimensional highly scaled parameter spaces and fast convergence is achieved on a variety of test cases. The only drawback of this method is the fact that constraints are handled in a way that incorrect solutions created by CMA-ES can only be dismissed. The strategy is learning only indirect, that the solution provided did not lead to success. Therefore the evolutionary process does not get any positive feedback. Positive re-enforcement is desirable.

In realistic geophysical models the number of geometry describing triangles is huge (in the order of several thousands). If triangles get small (e.g. by a changed geometry during optimization) the probability of (incorrect) cross-overs increases with time. Such solutions have to be rejected due to incorrect and inconsistent geometry. This leads to an under-representation of good solutions and CMA-ES can not learn the (local) quality function correctly. The optimization process slows down and often stops completely.

There are two solution to the problem. The first solution is "re-injection" where the strategy can actively be taught what a correct solution is (e.g. the parameter is set to - or short before - the border of the constraining limit of the parameter). The second solution is to avoid false solutions in the first place. This leads to the challenge to keep topology of a given model intrinsically. One idea to achieve topology conservation is to manipulate the space - which hosts the model - instead of the model itself. Thereby it is important to keep the topology of the space itself in order to keep the topology of the (contained) model. This can be achieved by self-organizing maps or neural-gas methods where topology is conserved if a projection is applied from one space to another space with both having the same dimension (e.g 3 in geophysics). Through magnification space changes can be achieved.

We demonstrate a method capable of combining interactive (space) modelling with automated CMA-ES geometry optimization. We'll show different concepts of space manipulations with different resolutions combined in a constrains environment. The aspect of user-interaction will be emphasized.

Modellierung und Imaging - MI-2.002

Non-linear joint inversion of tomographic data using swarm intelligence: appraisal of different strategies

Paasche H.¹, Tronicke J.²

(1) Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ Leipzig, Department Monitoring und Erkundungstechnologien, Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

(2) Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Deutschland

Geophysical techniques offer the potential to image subsurface structures and physical parameter variations in two or three dimensions. To obtain 2D or 3D models of physical parameters the observed geophysical data have to be inverted. Due to a limited number of observations and limited data accuracy, model generation by inversion suffers ambiguity. Linking the model generation process of disparate data by jointly inverting two or more data sets allows for an improved model reconstruction.

Non-linear inversion using optimization techniques allow for a quantitative assessment of the ambiguity inherent to the model reconstruction. We employ two different multi-objective particle swarm optimization approaches to invert synthetic crosshole tomographic data sets comprising GPR and P-wave traveltimes. Building on the results of a rapid zonal cooperative inversion of both data sets, we set up an efficient model parameterization allowing for adequate model complexity. Beginning with a non-linear joint inversion founded on the principle of Pareto optimality and game theoretic concepts, we obtain a set of Pareto-optimal solutions comprising commonly structured GPR and P-wave velocity models for very low computational costs. This approach offers outstanding convergence. However, it goes along with some risk of achieving a final model ensemble not adequately illustrating the ambiguity inherent to the model reconstruction process.

Alternatively, we re-invert the database using a different non-linear joint inversion approach reducing the multi-objective optimization problem to a single objective one by linear aggregation of the different objectives. Computational costs are significantly higher but the final models are obtained mutually independent always allowing for objective appraisal of model parameter determination. Despite the high computational effort, the approach is found to be an efficient non-linear joint inversion formulation compared to what could be extracted from individual non-linear inversions of both data sets. However, to be successful, either some a priori knowledge about the mean noise level of all considered data sets is required or some information about the shape of the Pareto front formed by the set of Pareto optimal solutions compromising all objectives must be known in advance. The latter could be gained for low cost by running the efficient non-linear joint inversion building on game theoretic ideas prior to the second approach.

Modellierung und Imaging - MI-2.003

Abbildung von Strukturen unter Salzkörpern mithilfe von Wellenform-Tomographie **Thiel N.¹, Przebindowska A.¹, Bohlen T.¹**

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland

Klassische Abbildungsverfahren sind eher ungeeignet, um Strukturen unter Salzkörpern abzubilden. Das ist vor allem auf die Komplexität der Wellenausbreitung durch das Salz zurückzuführen. Anders als konventionelle Verfahren verwendet die Wellenform-Tomographie das gesamte Wellenfeld für die Erstellung eines Abbildes. Somit kann diese Methode zu einer deutlichen Verbesserung des Untergrund-Abbildes führen, vor allem in den Bereichen unter dem Salzkörper.

Für eine Untersuchung der Methode werden wir eine akustische 2D-Wellenform-Tomographie auf synthetische marine Daten anwenden. In unseren Analysen wird ein veränderter Ausschnitt des Sigsbee2A-Modells verwendet.

Für die Wellenform-Tomographie werden Startmodelle benötigt, die das wahre Untergrundmodell schon möglichst gut beschreiben. So sind vor allem A-Priori-Informationen, wie ein Gradient im Geschwindigkeitsmodell oder die richtige Lage eines Salzkörpers wichtig für eine erfolgreiche Wellenform-Tomographie. Bei schlechten Startmodellen können Wellenformen falsch angepasst werden, was zum sogenannten "Cycle-Skipping-Effekt" führen kann. Dies wurde im Bezug auf eine falsche Platzierung des Salzkörpers im Startmodell untersucht. Für eine Verbesserung wurde auch die sogenannte "Flooding-Technik" untersucht. Hierbei handelt es sich um eine Inversions-Technik, bei der aus einem einfachen Startmodell der Salzkörper und der Bereich unter dem Salzkörper in mehreren Stufen konstruiert wird.

Modellierung und Imaging - MI-2.004

Rupture Propagation Imaging on Microseismic Scale **Folesky J.¹, Kummerow J.¹, Shapiro S.A.¹**

(1) Geophysik, FU-Berlin, Berlin, Deutschland

A number of recent publications in global seismology deal with the tracking of the rupture front of large ($M > 7$) to megathrust ($M > 8$) earthquakes. Applications were e.g. the Sumatra-Andaman earthquake 2004 or the Tohoku, Japan earthquake 2011. One technique is to back project the seismograms recorded at an array or at a seismic network to a grid of possible source locations. This method is called Back Projection Imaging and it can provide information on the energy distribution as well as estimates of rupture properties like direction, speed or duration. A different approach is to use P-wave polarity estimates for moving time windows e.g. P-wave Polarization Analysis to map the zone of maximum energy release.

We adopt these two techniques for imaging the rupture process of a synthetic rupture within a reservoir model of microseismic scale. Our motivation is the occurrence of relatively large, induced seismic events at a number of stimulated geothermal reservoirs or waste disposal sites, having a magnitude $M \geq 3.4$ and yielding rupture lengths of several hundred meters. We use the configuration of the seismic network

and reservoir properties of the Basel Geothermal Site to build a synthetic model of a rupture by modeling the wave field of multiple spatio-temporal separated single sources, using Finite-Difference modeling.

We then apply the Back Projection Imaging and P-wave Polarization Analysis techniques and show the feasibility of our methodology to retrieve rupture properties like orientation, length and speed with good accuracy for complete azimuthal coverage and a 200m unilateral rupture. For another reservoir model, using six irregular distributed downhole receivers, resolution is significantly poorer, but we still recover reasonable estimates for rupture orientation and direction.

Modellierung und Imaging - MI-2.005

Smoothed Particle Method für die Modellierung von Bruchprozessen in Hangkörpern
Eisermann A.¹, Joswig M.¹

(1) Universität Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, Deutschland

Im letzten Jahrzehnt gewannen Partikelmethode für die Modellierung der mechanischen Eigenschaften von Geomaterialien stark an Bedeutung. Insbesondere im Falle stark dynamischer Prozesse mit großen Dislokationen finden sie vermehrt Anwendung, da sie im Gegensatz zur weitverbreiteten Finiten Element Methode gitterlos arbeiten. Die hier vorgestellte Smoothed Particle Method (SPM) bietet eine optimale Grundlage zur Beschreibung großskaliger Objekte und Prozesse, da sie auf makroskopischen Beschreibungsgrößen und kontinuumsmechanischer Formulierung basiert. Objekte werden in SPM in eine Menge von radial ausblendenden Stützpunkten diskretisiert, an welchen die jeweiligen Differentialgleichungen gelöst werden.

Die Methode konnte in den letzten Jahren erfolgreich auf die Beschreibung von Versagensprozessen an Hängen angewandt werden, von der Ausbildung der Schwächungszonen, bis hin zur Dynamik des vollständigen Hangabgangs. In dem Hangkörper selbst finden jedoch kleinste, seismische Energie freisetzende, Bruchprozesse statt, welche durch "Nanoseismic Monitoring" mit einer unteren Magnitudenschranke von MI-3 registriert und geortet werden können. Um das Verständnis der Prozesse hinter diesen gemessenen Ereignissen zu verbessern, musste SPM um die Analyse von Bruchprozessen erweitert werden. Als konstitutives Modell für die Bodendynamik wird das Drucker-Prager Modell mit assoziierter Fließregel und Erweichungseffekten herangezogen. Für die Boden-Wasser-Interaktion wird ein dual gekoppeltes Zwei-Phasen-Modell genutzt; Eine parallele SPH Schicht beschreibt freie Wasserströmungen nach Navier-Stokes, ein Donor-Acceptor Schema die Berechnung von Grundwasserströmungen nach Darcy. Dies liefert wichtige Stabilitätsfaktoren wie Porenwasserdruck und erlaubt die Nutzung von Bodenparametern in Abhängigkeit von der Bodenwassersättigung. Die neue Formulierung erlaubt nun die Identifizierung jener Versagenszonen, die registrierbare seismische Ereignisse erzeugen. Als gitterfreie Methode erlaubt SPM, diese Versagensprozesse von ihrer Nukleation bis zur vollständigen Ausbildung zu untersuchen, wie z.B die Vergrößerung bestehender Schwächungszonen durch seismische Reaktivierung oder zyklische Belastung bis hin zum vollständigen Hangversagen. Verschiedene synthetische Hanggeometrien und -szenarien werden auf Zonen seismischer Aktivität untersucht um das Verständnis der die Hangdynamik bestimmenden Prozesse zu verbessern.

MI Modellierung und Imaging Poster

Modellierung und Imaging - MI-P.001 Poster

3D-Modellierung von Schwere- und Magnetfeld-Daten in Nord-Viktorialand (Antarktis): Neue Erkenntnisse über das Auseinanderbrechen Gondwanas

Schindler P.¹, Jahr T.¹, Jentzsch G.¹, Läufer A.², Damaske D.²

(1) Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Deutschland

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

Auf der Basis verschiedener geophysikalischer Daten ist es möglich, die Struktur des Untergrunds auf verschiedensten Skalen zu untersuchen. Ein Beispiel hierfür ist die 3D-Modellierung von Schwerefelddaten. In Nord-Viktorialand (Antarktis) sind gravimetrische Daten aus verschiedenen Quellen verfügbar (terrestrisch, Schiffsgravimetrie, Satellitendaten), die zur Modellierung mit dem Programm IGMAS+ genutzt werden können. Dieses Programm bietet die Möglichkeit, gemeinsam mit gravimetrischen Daten auch Magnetfelddaten zu modellieren; die entsprechenden Daten sind aus aeromagnetischen Messungen vorhanden. Ziel der Modellierung ist es, einen Beitrag zur Klärung der Entwicklungsgeschichte der Region zu liefern, insbesondere hinsichtlich des Auseinanderbrechens des Großkontinents Gondwana. Erweiterte Erkenntnisse zur Struktur der Kruste können dazu Anhaltspunkte liefern. Nach der Zusammenstellung und einer ersten Evaluierung der Daten ist es möglich, Modelle zu entwickeln, die, ausgehend von allen bekannten geologischen und geophysikalischen Informationen (z.B. geologische Grenzen, Störungen, Dichten und krusteninterne Strukturen), für einzelne Bereiche der Region die geophysikalischen Anomaliefelder bestmöglich erklären.

Modellierung und Imaging - MI-P.002 Poster

Geostatistical Inversion under Transient Flow Conditions

Klein O.¹, Cirpka O.A.², Ippisch O.¹

(1) Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR), Universität Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

(2) Zentrum für Angewandte Geowissenschaften, Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland

The **assessment of hydraulic aquifer parameters** is important for the evaluation of anthropogenic impacts on groundwater resources. The distribution of these parameters determines flow paths and solute travel times and is therefore critical for the successful design and deployment of remediation schemes at contaminated sites.

The geostatistical approach characterizes these hydraulic parameters without predetermined zonation. We present an extension of the existing inversion methods to **instationary flow regimes**, using adjoint equations to efficiently estimate the hydraulic parameters. This facilitates the treatment of applications with variable boundary conditions (nearby rivers, precipitation). As the computing time of our approach is largely independent of the number of measurements used for inversion, the presented method can be applied to **large data sets**, e.g.~high-resolution time series.

We integrate the geostatistical inversion method into the software framework DUNE, enabling the use of **high-performance-computing techniques and full parallelization**. The method is implemented as a flexible framework, allowing for easy addition of measurement variables and their governing equations. As a proof of concept the method is applied to pregenerated random parameter fields by computing the data an experiment would yield and using these values as input, resulting in an approximation of the original parameter field. A comparison of the new method with existing geostatistical inversion approaches highlights its advantages and drawbacks and demonstrates scenarios in which our scheme can be beneficial.

SE Seismik**Seismik - SE-1.001**

Seismic site characterization for the ICDP Deep-Fault-Drilling-Project Alpine Fault (New Zealand)

Glomb V.¹, Buske S.¹, Kovacs A.², Gorman A.²

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

(2) Otago University, Neuseeland

The Alpine Fault in New Zealand (South Island) is one of the largest active plate-bounding continental fault zones on earth with earthquakes of magnitude 7.9 occurring every 200-400 years. Due to the surface exposure and the shallow depth of mechanical and chemical transitions it is a globally significant natural laboratory. Within the ICDP Deep-Fault-Drilling-Project Alpine Fault (DFDP-AF; <https://wiki.gns.cri.nz/DFDP>) a drill hole shall give insight into the geological structure of the fault zone and its evolution to understand the related deformation and earthquake processes.

With the help of advanced seismic imaging techniques the shallow structure of the Alpine Fault is imaged to find the most suitable drill site location. A new seismic reflection profile has been acquired in 2011 by the WhataDUSIE project team consisting of partners from the University of Otago (New Zealand), TU Bergakademie Freiberg (Germany) and the University of Alberta (Canada). The reflection profile, located in the Whataroa river valley, has a total length of about 5 km. Up to 643 geophones with spacings between 4-8 m recorded the approximately 100 shot points along the profile line. Single shot gathers as well as preliminary imaging results will be presented. The high-quality data show various indicators of the Alpine Fault such as strong reflections and distorted first-arrival wavefields which are clearly visible already in single shot gathers. With the help of high resolution seismic images we can study the shallow structures of the subsurface thus gaining information about the location and dip of reflectors. Further detailed processing and intensive interpretative work will enable a seismic site characterization providing important information for the selection of the borehole location. Additionally the high resolution seismic images themselves allow a better understanding of the tectonic and geodynamic settings.

Seismik - SE-1.002

Prestack-Tiefenmigration des ANCORP'96 Datensatzes (N-Chile) mit Fokus auf vertikale Störungszonen

Wenske I.¹, Schmelzbach C.², Hellwig O.¹, Buske S.¹, Kummerow J.³, Wigger P.³, Shapiro S.³

(1) Geophysik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(2) Institute of Geophysics, ETH Zürich, Zürich, Schweiz (Confoederation Helvetica)

(3) Geophysik, FU Berlin, Berlin, Deutschland

Im Forearc der Chilenischen Subduktionszone sind die Tiefenstrukturen der tausende Kilometer langen Störungszonen weitgehend unklar. Auch deren Wechselwirkung mit transienten Vorgängen im Erdbebenzyklus der Subduktionszone ist Gegenstand aktueller Forschung. Diese Tiefenstrukturen wollen wir abbilden und charakterisieren, indem wir seismische und seismologische Daten analysieren und kombinieren. Die seismischen Daten sollen ein Abbild der Störungszonen in der Tiefe liefern. Die Korrelation dieser mit der Verteilung der Seismizität in den entsprechenden Bereichen gibt möglicherweise einen Hinweis auf die rezenten geodynamischen und insbesondere seismogenen Prozesse, die mit den Störungszonen in Zusammenhang stehen. Des Weiteren sollen sekundäre Reflexionen aus passiven seismologischen Wellenformdaten extrahiert werden, deren Abbildung das aktive reflektionsseismische Imaging ergänzen soll.

1996 wurde ein etwa 350 km langes reflexionsseismisches Profil aufgenommen, das, beginnend an der Küste, bei etwa 21 Grad Süd in West-Ost Richtung verläuft (ANCORP). Die ursprünglichen Ergebnisse, die mittels Kirchhoff Prestack Tiefenmigration erzeugt wurden, liefern wenig Informationen über den oberen Teil der Kruste. Bei unserer derzeitigen erneuten Überarbeitung des Datensatzes soll eine verbesserte Abbildung der oberen und mittleren Kruste erlangt werden durch eine Anpassung der Störsignalunterdrückung und Verwendung verschiedener fokussierender Prestack Tiefenmigrationen (Fresnel-Volumen- und Kohärenzmigration). Hauptanliegen ist dabei, die oberflächennahen und potentiell steil einfallenden Segmente der Hauptstörungszonen aufzulösen.

Erste Migrationsergebnisse zeigen deutlich mehr Informationen in der oberen und mittleren Kruste (1 - 20 km Tiefe). Einige interessante Strukturen konnten aufgelöst werden, jedoch noch keine steil stehenden Störungen. Um ergänzende Strukturbilder der oberen Kruste zu erhalten, haben wir Reflexionsinformationen aus seismologischen Wellenformdaten prozessiert, die im Bereich der West-Fissure Störungszone nahe des ANCORP-Profiles aufgezeichnet wurden. Der Vergleich beider Abbilder zusammen mit der Verteilung von Seismizität zeigt tendenziell westwärts abtauchende Strukturen in der Kruste oberhalb der subduzierten Platte, was wichtige Implikationen bezüglich der Interpretation der tektonischen Prozesse liefert.

Seismik - SE-1.003

Kohärenzbasierte Prestack-Tiefen-Migration - Parameterstudie anhand des Instruct-93-Datensatzes (KTB)

Hellwig O.¹, Hlousek F.¹, Buske S.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

Die kohärenzbasierte Prestack-Tiefen-Migration (KBM) ist eine Kirchhoff-Migration mit einem zusätzlichen Wichtungsfaktor zur Beschränkung des Migrationsoperators, so dass das Abbild einer Reflexion bzw. Diffraktion auf den Bereich der Zweiwegelaufzeit-Isochrone beschränkt wird, von dem die Reflexion bzw. Diffraktion herrührt. Damit lassen sich auch für Datensätze mit einer geringen Anzahl von Schüssen und Empfängern artefaktarme Abbilder erzeugen.

Der Wichtungsfaktor wird aus einem Kohärenzmaß über benachbarte Spuren und einem Zeitfenster um den abzubildenden Amplitudenwert abgeleitet. Dieses Kohärenzmaß wird dann maximal, wenn die an der Empfängergruppe beobachteten Laufzeitunterschiede eines Einsatzes für einen bestimmten Punkt in der Tiefe gerade durch die zugehörigen Laufzeiten zwischen Quelle, Reflexionspunkt und den einzelnen Empfängerpunkten erklärt werden können.

Um den Einfluss von Migrationsparametern wie Länge des Zeitfensters und Wahl der Spuren für die Bestimmung des Wichtungsfaktors auf das Ergebnis und die Rechenzeit zu untersuchen, wurde die KBM auf einen Einzelschuss des Instruct-93-Datensatzes angewendet. Dieser Datensatz stammt von einem seismischen Experiment in der Nähe der Kontinentalen Tiefbohrung (KTB) bei Windischeschenbach in der Oberpfalz, das darauf ausgerichtet war, den aus vorangegangenen Seismikmessungen bekannten SE1-Reflektor in ca. 8 bis 9 km Tiefe kontrolliert zu beleuchten. Sowohl der Schusspunkt als auch die 120 Empfänger befinden sich ca. 10 km vom Bohransatzpunkt entfernt. Mit der KBM gelingt es trotz der begrenzten Apertur und der geringen Anzahl der verwendeten Spuren, den SE1-Reflektor abzubilden.

Ein Vergleich mit der Fresnel-Volumen-Migration (FVM) zeigt zudem, dass die KBM bei geeigneter Wahl der Parameter in der Lage ist, ähnlich gute Migrationsabbilder zu liefern. Die FVM nutzt den Einfallswinkel der seismischen Wellen an den Empfängern, um die Strahlenwege mittels Ray-Tracing zurück in die Tiefe zu verfolgen und das Abbild auf das zugehörige Fresnelvolumen um den Strahl zu beschränken. Im Gegensatz dazu kommt die KBM mit deutlich geringerem Rechenaufwand aus, da der Wichtungsfaktor als Kohärenzmaß ohne Ray-Tracing direkt aus den Daten abgeleitet werden kann.

Seismik - SE-1.004

*3D seismische Messungen zur Charakterisierung eines tiefergeothermischen Reservoirs bei Schneeberg - "Seismik im Kristallin Sachsen"***Hlousek F.¹, Buske S.¹, Hellwig O.¹**

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

Im Rahmen der vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanzierten Erforschung und Erschließung alternativer Energieträger wird derzeit ein Verbundprojekt zur seismischen Erkundung eines geothermischen Reservoirs im Kristallin des West-Erzgebirges bei Schneeberg durchgeführt. Ziel der Arbeiten ist die Abbildung und Charakterisierung von steil stehenden Störungen des Gera-Jáchymov-Störungssystems im Bereich Aue-Schwarzenberg-Zwickau, da in diesem Gebiet der Untergrund aufgrund der bergbaulichen Tätigkeiten der Vergangenheit besonders gut bekannt ist. Die Zieltiefe beträgt 5 bis 6 km. In dieser Tiefe ist mit einer Gesteinstemperatur von ca. 160-180°C zu rechnen. Die gegebenenfalls vorhandene Klüftigkeit könnte als Wärmetauscherfläche für ein zukünftiges Geothermiekraftwerk genutzt werden. Die durch den Bergbau vorliegenden Informationen reichen allerdings nur bis in vergleichbar geringe Tiefen, was die seismische Vorerkundung erforderlich macht. Die Ergebnisse fließen direkt in die Planung einer Forschungsbohrung bei Schneeberg ein.

Im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes wurde im Herbst 2012 auf einer Fläche von etwa 10 km x 13 km eine hochauflösende 3D-Vibroseis-Messung mit über 5300 Anregungspunkten und ca. 8000 Geophonpunkten durchgeführt. Neben dieser 3D Vibroseis-Messung wurde zusätzlich eine radial angelegte Sprengseismik mit 21 Schusspunkten in etwa 15 km Entfernung vom geplanten Bohrpunkt durchgeführt. Die 3D Messfläche ist so angelegt, dass der sogenannte "Rote Kamm", die NW-SO streichende und steil nach NO einfallende tektonische Hauptstruktur des Gera-Jáchymov-Störungssystems in diesem Abschnitt, im zentralen Bereich der 3D Seismik liegt. Neben dieser Hauptstruktur gibt es zahlreiche weitere steil nach SW einfallende Nebenstörungen. Aufgrund des steilen Einfallens dieser Störungen im kristallinen Gestein eignen sich besonders Prestack-Migrationsverfahren für deren seismische Abbildung. Insbesondere die Verwendung der Prestack-Kirchhoff-Tiefenmigration sowie auf dieser basierende fokussierende Migrationsverfahren ermöglichen ein gutes Abbild dieser Strukturen und somit eine verlässliche Charakterisierung des potentiellen geothermischen Reservoirs.

Seismik - SE-1.005

*3D-seismische Messungen für ein petrothermales Projekt im Erzgebirge***Lüschen E.¹, von Hartmann H.¹, Thomas R.¹, Schulz R.¹**

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, Deutschland

3D-seismische Messungen werden verstärkt durchgeführt, um tiefe geothermische Reservoirs zu erkunden. Eine solche Messung wurde im kristallinen Grundgebirge im westlichen Erzgebirge innerhalb der Gera-Jachymov-Verwerfungszone durchgeführt mit dem Hauptziel, steilstehende Störungen mit ihrer möglichen Wasserwegsamkeit abzubilden und zu charakterisieren.

Im Forschungsverbund Tiefengeothermie Sachsen hat das Leibniz Institut für Angewandte Geophysik die Aufgabe übernommen, in einem 10 km x 10 km großen Areal um Schneeberg-Bad Schlema mit 3D-seismischen Messungen die Voraussetzungen für ein petrothermales Forschungsprojekt mit Zieltiefen von 5-6 km zu prüfen. Dieses Gebiet ist geprägt durch einen großen Granit-Körper, durch umgebende Gneise und Phyllite variszischen und prä-variszischen Alters, die an der Oberfläche anstehen, sowie durch ein steilstehendes Verwerfungssystem, das bis in Tiefen von 1.5-2 km durch Bergbauaktivitäten recht genau bekannt ist. Von besonderem Interesse ist die mit ca. 70° einfallende Verwerfung "Roter Kamm", deren mögliche Kluftporositäten die für ein petrothermales Modell erforderlichen Transmissivitäten aufweisen könnte.

Die zwei-monatige Messkampagne wurde neben den Begleitarbeiten in der Zeit von Juli bis November 2012 von der Firma DMT GmbH & Co. KG, Essen, mit der Vibroseis-Technik zusammen mit der Fa. IPS GmbH, Celle, für das Permit durchgeführt. Ein sprengseismisches Spezialexperiment wurde integriert, ausgeführt von der Fa. DMT mit der Fa. Celler Brunnenbau GmbH & Co. KG sowie dem Geophysik-Institut der TU Bergakademie Freiberg. Schon erste Brute-Stacks und Migrationen, die im Rahmen der Qualitätskontrolle durchgeführt wurden, zeigen eine deutliche Strukturierung des Granitkörpers sowie eine Abfolge von steilstehenden, tiefreichenden Reflexionsbahnen. Die weitere Datenbearbeitung und die Interpretationen finden am LIAG mit seinen Partnerinstituten statt.

Ungewöhnliche, erstmalig in dieser Form aufgetretene bürokratische Hemmnisse zwangen zu häufigen Planungsänderungen während der Messungen und zu einer unkonventionellen Feldgeometrie. Unkonventionelle Methoden sind wegen des kristallinen Untergrunds insbesondere auch beim Datenprozessing gefordert. Die Geophysik-Institute der Universität Hamburg und der TU Bergakademie Freiberg tragen hierzu mit experimentellen und neu entwickelten Imaging-Methoden innerhalb dieses Verbundprojekts bei, das vom Bundesumweltministerium gefördert wird (FKZ 0325363A).

Seismik - SE-2.001

Reflection seismic investigation of the geodynamically active West-Bohemia/Vogtland region

Mullick N.¹, Buske S.¹, Shapiro S.², Wigger P.²

(1) Institute for Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(2) Institute of Geological Sciences, FU Berlin, Berlin, Deutschland

The West Bohemia-Vogtland region in central Europe attracts much scientific interest due to recurrent earthquake swarms and continuous exhalation of CO₂ dominated fluid from the subsurface. Seismological and geochemical studies reveal 1) significant upper mantle derived content of the emitted fluid, 2) an updoming of the MOHO below that area 3) possible existence of a magmatic fluid reservoir in the upper mantle and 4) fluid activity as a possible trigger for the swarm earthquakes. In this study the subsurface structure beneath the region is investigated by reprocessing the deep reflection seismic profile 9HR, which runs almost directly across the swarm area. The migrated image confirms the upwelling of the MOHO known from receiver function studies. Directly below one of the major gas escape centres, channel like fault structures are observed which seem to have their roots at the MOHO. They may represent deep reaching degassing channels that allow direct transport of mantle-derived fluid. The middle and lower crust appears highly fractured below the swarm area. This may result in mantle fluid ascending through the crust and then getting blocked in the crust. Such blockage could result in building up of an over-pressured fluid zone at the bottom of near surface rocks. After a critical state is reached, the over-pressured fluid may have sufficient energy to force its way above into near surface rocks and to trigger seismicity. Since the swarm seismicity is found to be restricted along a plane only, such intrusion might have taken place along a semi-permeable zone that extends from the fractured lower crust into the near surface rocks. A comparison of the spatio-temporal evolution of the recent swarms in the years 2000 and 2008 with the subsurface reflectivity shows that in both cases the swarm activity initiates at the upper edge of a highly diffuse reflectivity zone, moves upward, bends at a bright spot above and finally stops after travelling a few kilometers along the bright spot. This correlation indeed resembles movement of an overpressured trapped fluid forcing its way into a less permeable volume above it and thereby generating a swarm of earthquakes. These observations and in particular their joint interpretation give new insight into the causes and driving mechanisms of the West Bohemia-Vogtland earthquake swarms.

Seismik - SE-2.002

*Time-lapse offset and zero-offset VSP data processing and imaging for monitoring CO₂ injection***Götz J.¹, Lüth S.¹, Krawczyk C.M.², Cosma C.³**

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

(2) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

(3) Vibrometric Oy, Perttula, Finnland

As part of the seismic monitoring at the Ketzin CO₂ storage site, time-lapse VSP data were acquired. The purpose of the VSP experiment was to complement 3D surface seismic data with higher spatial resolution in close vicinity to the injection well.

More than 45 kt of CO₂ were injected between the baseline and repeat VSP surveys. For each VSP survey, data were measured at one zero-offset and seven offset source locations around the injection site with offsets varying between 282 m and 907 m. The VSP was recorded in a vertical well using an 80 level 3C geophone string extending 325 - 720 m below ground level, with an interval of 5 m between the levels. The CO₂ was injected into a saline sandstone reservoir in 630 - 650 m depth. The injection well has a distance of 112 m to the recording well.

Processing and interpretation of the offset VSP data comprises the following steps:

(1) Seismic elastic FD modelling based on well log data. (2) Time-lapse processing of the modelled and measured data (application of a shaping filter on the repeat data to match the traces of the baseline data, removal of downgoing waves by fk-filtering). (3) Imaging of the data with 2D Kirchhoff and 2D Fresnel migration. (4) Comparison of the VSP with 3D surface seismic data.

Processing and interpretation of the zero-offset VSP comprises the following steps:

(1) Seismic elastic FD modelling based on well log data and results of band limited impedance inversions. (2) Processing of the modelled and measured data (removal of downgoing and enhancement of upgoing waves by median filtering, application of an outside corridor to account for propagation effects of upgoing waves, such as multiples). (3) Band limited impedance inversion of the measured, modelled and 3D surface seismic data. (4) Comparison of the VSP with 3D surface seismic data.

The offset VSP is comparable to the 3D surface seismic for both imaging methods, the 2D Kirchhoff and the 2D Fresnel migration. The time-lapse data show the CO₂ signature in the depth range of the reservoir for those imaging planes crossing the CO₂ plume. The zero-offset VSP time-lapse data show strong amplitudes in the depth range of the reservoir caused by the injection of CO₂. The time-lapse amplitude of the modelled data is weaker than that of the measured data. Seismic velocities derived from the impedances indicate a velocity reduction of 30 %. Thus, time-lapse VSP imaging at Ketzin shows that monitoring of small injection amounts is feasible.

Seismik - SE-2.003

Seismic monitoring of CO₂ storage in a saline aquifer - the second 3D repeat observation at Ketzin (Germany)

Lüth S.¹, Juhlin C.², Ivandic M.²

(1) Zentrum für CO₂-Speicherung, GeoForschungsZentrum, Potsdam, Deutschland

(2) Dept. of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Schweden

The Ketzin pilot site is Europe's oldest operating site onshore where carbon dioxide is stored in the underground. To date, ~61.000 tons of CO₂ have been injected since June 2008. The injection reservoir is the Triassic Stuttgart Formation at 630-650 m depth. A comprehensive monitoring programme is executed at the Ketzin site comprising geophysical, geochemical and microbial methods. One of the geophysical methods is 3D time-lapse seismics (4D). After a baseline survey acquired in autumn 2005, one repeat was acquired in 2009, and one repeat in autumn 2012. The first repeat, acquired after the injection of approximately 20.000 tons of CO₂ was able to show the lateral extension of the CO₂ plume in the reservoir at high resolution, in spite of a challenging data quality due to strong non-repeatability of the acquired data 2009 vs. 2005.

Even though the 2005, 2009, and 2012 surveys were performed in the same season (late summer, early autumn), varying weather conditions and changes in the acquisition geometry caused strong non-repeatability noise in the data which in particular resulted in different residual statics for the different data sets and also different frequency characteristics of the data sets. Results of the seismic surveys are compared to reservoir simulations and used for predicting the evolution of the storage site towards the following monitoring surveys. Preliminary results of the latest seismic survey will be compared to reservoir simulation scenarios.

Seismik - SE-2.004

*Hochauflösende seismische und Ultraschall-Methoden in der Endlagerforschung***Schuster K.¹, Schulte F.¹, Tietz T.¹**

(1) BGR, Hannover, Deutschland

Zur gebirgsmechanischen Charakterisierung untertägiger Endlagerbauwerke kann der Einsatz seismischer Methoden wichtige Beiträge liefern. Die BGR setzt in verschiedenen nationalen und internationalen Untertagelaboratorien bzw. Erkundungsbergwerken hochauflösende seismische und Ultraschall-Methoden ein, wobei der Frequenzgehalt der Sendesignale typischerweise zwischen einigen kHz und 100 kHz liegt. Dabei werden Bohrlöcher und Stöße sowie eine Kombination beider Varianten für das Senden und den Empfang der Signale genutzt.

Entsprechende Untersuchungen werden in den für die europäische Endlagerforschung relevanten Tongesteinen, im Steinsalz sowie im Kristallin durchgeführt. Mit den dabei abgeleiteten kinematischen und dynamisch-elastischen in-situ-Gesteinsparametern können insbesondere Beiträge zu folgenden Fragestellungen geleistet werden:

- Grad, Ausdehnung sowie zeitliche Entwicklung von Auflockerungszonen (geschädigter/gestörter Bereich)
- Gestörte Bohrlochwandbereiche
- Detektion von kleinskaligen Heterogenitäten sowie Rissen und Störungen
- Seismische Anisotropie (spannungsinduziert und/oder durch Lithologie bedingt)

Im Beitrag werden entsprechende Ergebnisse aus dem Felslabor Mont Terri (Schweiz), dem Untertage Forschungslabor Meuse/Haute-Marne (Frankreich) und dem Äspö Hard Rock Laboratory (Schweden) vorgestellt.

Seismik - SE-3.001

*Untersuchung sedimentärer Strukturen im Bolsenasee (Italien) anhand hochauflösender Reflexionsseismik***Schürer A.¹, Lindhorst K.¹, Krastel S.¹, Wehner I.¹**

(1) Institut für Geowissenschaften/ Abt. Geophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Deutschland

Der Bolsenasee, etwa 130 km nördlich von Rom gelegen, ist Teil des Vulsini Volcanic Complexes, und bildet den nördlichen Bereich der römisch magmatischen Provinz. Die vulkanische Aktivität in diesem Gebiet begann im Pleistozän vor etwa 600 ka. Explosive Eruptionen begannen wahrscheinlich im östlichen Teil der Hauptcaldera Bolsena. Zwei weitere Calderastrukturen, die Latera and Montefiascone Calderen, lassen sich im westlichen sowie im südöstlichen Teil des vulkanischen Komplexes erkennen. Die Lage des Sees innerhalb des Radicofanigrabens deutet auf eine tektonische Beeinflussung als Folge einer Ost-West Extension seit dem Miozän hin. Die sedimentäre Abfolge spiegelt daher die vulkanische-tektonische Entwicklung des gesamten Vulsini Volcanic Complexes wieder.

Während die Geologie des umliegenden Gebietes bereits ausführlich erforscht wurde, ist noch wenig über die interne Struktur des Sees bekannt. Das Ziel einer reflexionsseismischen Messfahrt im Sept. 2012 war es, eine erste Klassifizierung der Seesedimente vorzunehmen. Mit Hilfe eines Schlauch- und Ruderbootes wurde eine Mehrkanalseismik durchgeführt. Hier präsentieren wir erste Ergebnisse, die Hinweise auf die sedimentäre Geschichte des Bolsenasees geben. Im zentralen Becken befinden sich mächtige Ablagerungen, die auf Ingnimbrite hindeuten und auf Eruptionen der angrenzenden Calderen Latera und Montefiascone zurückzuführen sind. Den Großteil der Sedimente bilden allerdings Ablagerungen, die eine wechselnde Schichtung von kontinuierlichen Reflektoren mit hohen Amplituden und chaotischen Ablagerungen niedriger Amplitude aufweisen. Dies deutet darauf hin, dass der See über einen langen Zeitraum mit Material aus unterseeischen Eruptionen der Bolsena Caldera sowie mit Aschelagen der Latera Caldera und lakustrinen Sedimente gefüllt wurde. Weitere Hinweise auf unterseeische Aktivitäten sind Moundstrukturen. Es lässt sich daher vermuten, dass die vulkanische Aktivität wahrscheinlich nicht schon vor 130 ka endete sondern noch länger anhielt oder sogar noch immer anhält. Die jüngsten Ablagerungen bilden kontinuierliche Reflektoren mit hohen Amplituden, die sich im gesamten tieferen Bereich des Sees finden lassen, mit Ausnahme vereinzelt auftretenden Hügel, und holozäne Sedimente darstellen. Die Ergebnisse zeigen, dass wir mit Hilfe hochauflösender Seismik die Strukturen im Untergrund des Bolsenasees gut abbilden können und damit zum generellen Verständnis über die vulkanisch-tektonische Geschichte beitragen.

Seismik - SE-3.002

Seismic properties of black shales studied by body wave tomography, surface wave inversion and laboratory analysis

Baumann-Wilke M.¹, Bauer K.¹, Schovsbo N.², Stiller M.¹

(1) GeoForschungsZentrum Potsdam, Deutschland

(2) GEUS Denmark, Dänemark

Black shales are sedimentary rocks with a high content of organic material, which leads to a dark grayish to black color. Because of their potential to contain oil or gas, black shales are of great interest for the support of the worldwide energy supply. The aim of our work was to localize the Alum black shale layer at the Danish island Bornholm and to characterize this layer seismically. We were especially interested in the compressional to shear velocity ratio of the shallow-lying black shale. The velocity ratio is an indicator for the possible content of oil or gas. Two active seismic experiments were carried out in October 2010 and June 2012 at three crossing profiles using two types of sources (weight drop, mini-vibrois). All profiles were located as near as possible to an existing scientific borehole leading to correlation possibilities. Additionally, borehole samples were available for the velocity analysis at a laboratory scale. The high quality data of the weight drop experiments were used for a travelttime tomography to obtain P-wave velocity models. The final tomography models are in good correlation to each other, although they have been obtained independently. The Alum black shale layer appears as a low velocity layer between limestone on top and a sandstone layer beneath the black shale. The comparison with the borehole information at the study area gave a good agreement of sonic log velocities and tomographic models. The mini-vibrois data are influenced by strong occurrence of surface waves. We analyzed the Love waves of the SH recordings of one seismic profile to estimate the S-wave velocity model and to calculate the velocity ratio. In the laboratory studies, the black shale samples appeared to be highly anisotropic, especially the P-wave velocity and the v_P/v_S velocity ratio.

Seismik - SE-3.003

*Forward and inverse modeling of seismic waves for reconnaissance in mechanized tunneling***Lambrecht L.¹, Friederich W.²**

(1) Ruhr-Universität Bochum, Geophysik, Bochum, Deutschland

(2) Universität Bochum, Bochum, Deutschland

For tunnel excavation, it is important to predict the geological environment and the underlying geotechnical parameters, because the soil conditions are influencing the safety of the construction site, the speed of excavation, the wearing of tools and with supporting measurements, the surface settlements. To get information on the ground along the tunnel track, especially during construction, one can use seismic imaging. But interpreting the data can be difficult, because measurements are usually taken inside the tunnel.

For a deeper understanding of seismic wave propagation in a tunnel environment, numerical simulations using the Spectral Element Method (SEM) and the Nodal Discontinuous Galerkin Method (NDG) are used. The methods are based on the finite element method but are using high order polynomials to reconstruct the wave field inside the elements leading to high order elastodynamic simulations. The SEM is a fast and widely used method in the seismic community, but its biggest drawback is the limitation to hexahedral elements. For complex heterogeneous models with a tunnel included, it could be more convenient to use the NDG, which require more computation time but can be adapted to tetrahedral elements without the need to invert global matrices. Using the two techniques, high resolution massively parallel simulations of seismic waves initialized by a single force acting either on the front face or the side face of the tunnel are carried out. This produces waves that travel mainly in the direction of the tunnel track. The task is to get as much information as possible from the backscattered part of the wave field. For a 2D tunnel setting an inversion is calculated with the SEM and a non-linear conjugate gradient method. The adjoint kernels, which are the gradient of the misfit function between synthetic data and the numerical test model are used for this purpose. As a preliminary result, it is possible to image at least interfaces of scatterers in the model.

SE Seismik Poster

Seismik - SE-P.001 Poster

Re-Processing of seismic reflection data in the area of the Saxo-Thuringian Zone

Bubner M.¹, Klemt C.¹, Schimschal S.¹, Buske S.¹

(1) Geophysik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

During the last decades several deep seismic reflection surveys were performed in the area of the Saxo-Thuringian Zone and its adjacent structures, partly within the German Continental Reflection Seismic Program (DEKORP). The development of advanced seismic processing and imaging schemes as well as the increase in computing capacity in recent years offers the possibility to re-process these data sets to obtain an improved image of the crust and upper mantle in that area.

We have selected three data sets: the FB01-EV05 and the GRANU9501/2 profiles which cross the Saxonian Granulite Massif and the Erzgebirge area in northwest-southeast direction, and the MVE-90 profile which runs mainly in east-west direction across the Vogtland and Erzgebirge area.

We have re-processed these data sets and applied Kirchhoff prestack depth migration as well as Fresnel-Volume-Migration imaging schemes. The results are compared to existing images and a pseudo-3D image has been compiled together with additional geophysical and geological information. The resulting model serves as the basis for a re-interpretation of the geological situation and the tectonic evolution of the Saxo-Thuringian Zone.

Seismik - SE-P.002 Poster

A 2.5D seismic velocity model for the Thuringian Basin based on first arrival times from a reflection seismic data set

Krause M.¹, Goepel A.¹, Bleibinhaus F.¹, Kukowski N.¹

(1) Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geowissenschaften, Jena, Deutschland

In order to investigate the structure of the Thuringian Basin, a reflection seismic experiment was conducted in 2011 as part of the multidisciplinary project INFLUINS. Three reflection seismic profiles were recorded with a total length of 76 km. In addition, the VibroSeis sources used for reflection profiling were recorded by a small network of ten 1-component stations in the vicinity of the profiles. These wide-angle data, and the data acquired along the reflection seismic profiles, will be used in a joint 3D travelttime tomography.

Here, we present first results from a 2.5D inversion of the first arrival times along the three reflection seismic profiles. The initial model for the inversion was constructed from an existing 3D structural model of the subsurface in the investigation area as well as velocity information obtained from vertical seismic experiments at surrounding drill hole sites. The focus of our presentation lies in the interpretation of the inverted velocities with respect to the near surface features of the present structural model.

Seismik - SE-P.003 Poster

Scherwellen-Reflexionsseismik zur Erkundung des oberflächennahen quartären Untergrundes im Raum Nörten-Hardenberg

Bagge M.¹, Polom U.¹, Brandes C.², Winsemann J.²

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland, (2) Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland

In Hevensen-Wolbrechtshausen, einer Ortschaft in der Nähe von Nörten-Hardenberg, wurden im Zeitraum vom April 2010 bis Juli 2012 reflexionsseismische Scherwellenprofile aufgenommen. Ziele waren, i) Verfahren zur Überprüfung der Funktionsweise der seismischen Quelle zu entwickeln sowie ii) die Architektur des oberflächennahen quartären Untergrundes detailliert abzubilden. Diese Messungen und Auswertungen der Nörten-Hardenberg-Profile wurden vom Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover durchgeführt.

Die aufgenommenen Profilabschnitte wurden im Laufe der Zeit sukzessiv erweitert, sodass sich die Datenakquisition über einen Zeitraum von mehr als zwei Jahren erstreckte. Bisher liegen neun Einzelprofile vor, welche insgesamt ca. 3000 Profilmeter abdecken. Fünf der neun Einzelprofile lassen sich bei der Prozessierung zu einem von West nach Ost ausgerichteten Längsprofil zusammenfassen. Im Zentralbereich dieses Profils bildet sich ein etwa 60-80 m tiefes Depozentrum ab, dessen Genese noch unklar ist. Weitere zwei Einzelprofile bilden dazu Querprofile, um die Raumlage dieser Struktur besser zu erfassen. Zwei der neun Profilaufnahmen waren fehlerhaft und mussten wiederholt werden, da sie mit einer defekten Quelle aufgenommen wurden. Zur Anregung wurde der Mikrovibrator ELVIS, hier als Scherwellenquelle, eingesetzt. Als Empfänger dienten Horizontalgeophone, welche an einem 120 m langen Landstreamer in 1 m-Abständen befestigt sind.

Seismik - SE-P.004 Poster

Vergleich von P- und SH-Wellenmessungen an einem Störungssystem im Leinetalgraben

Wawrzinek B.¹, Musmann P.², Polom U.¹, Buness H.¹, Thomas R.¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover, Deutschland

(2) jetzt: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Deutschland

Das LIAG analysiert in einem Teilprojekt des Forschungsverbundes Geothermie und Hochleistungsbohrtechnik (gebo), der vom Niedersächsischen MWK und Baker Hughes gefördert wird, Methoden zur seismischen Erkundung von tief liegenden geologischen Störungszonen, um diese im Hinblick auf ihr geothermisches Potenzial seismisch zu charakterisieren. Dazu wird im ersten Schritt ein für das Norddeutsche Becken charakteristisches, oberflächennahes und teilweise aufgeschlossenes Störungssystem seismisch erkundet, um im zweiten Schritt die daraus resultierenden Untersuchungsergebnisse auf tiefer liegende Störungssysteme im Norddeutschen Becken übertragen zu können.

Dabei dient ein bei Northeim (Süd-Niedersachsen) an der östlichen Grabenschulter des Leinetalgrabens gelegenes Störungssystem als exemplarisches Untersuchungsgebiet. Das LIAG führte in den Jahren 2010 und 2012 reflexionsseismische P- und SH-Wellenmessungen durch. Die P-Wellenmessungen waren mit Sweep-Frequenzen von 20-160 Hz bei 16 s Dauer angelegt, während die SH-Wellenmessungen mit Sweep-Frequenzen von 10-60 Hz bei 32 s Dauer durchgeführt wurden. Durch diese niederfrequente Anregung der SH-Wellen ist es möglich, den Untergrund bis in etwa 600-700 m abzubilden. Eine vorangehende SH-Wellenmessung mit Sweep-Frequenzen bis 100 Hz bei 16 s Dauer bildete dagegen nur den oberflächennahen Untergrund bis etwa 150 m Tiefe ab.

Ein erster Vergleich des reflexionsseismischen Abbilds der P- und SH-Wellenmessungen zeigt im Bereich von 300-550 m Tiefe ein deutlich unterschiedliches Reflexionsverhalten auf: Die P-Wellenseismik weist einen deutlichen, von Ost nach West abtauchenden Reflektor auf, während an dieser Stelle in der SH-Wellenseismik nur diffuse Reflexionen beobachtet werden. Ob dieses Phänomen auf die Wassersättigung in der Störungszone zurückzuführen ist, ist Gegenstand der weiteren Untersuchungen.

Seismik - SE-P.005 Poster

A comparison of high-resolution P- and SH-wave reflection seismic data in alluvial and pyroclastic deposits - a case study in Indonesia regions

Wiyono W.¹, Polom U.¹, Krawczyk C.¹

(1) Leibniz-Institute for Applied Geophysics (LIAG), Hannover, Deutschland

Seismic reflection is one of the stable methods to investigate subsurface conditions. However, there are still many unresolved issues, especially for areas with specific and complex geological environments. Here, each location has an own characteristic due to material compounds and the geological structure.

We acquired high-resolution, P-and SH-wave seismic reflection profiles at two different locations in Indonesia. The first location was in Semarang(Central Java) and the second one was in Tiris (East Java). The first region is located on an alluvial plain with thick alluvial deposits of more than 100 m estimated thickness, and the second location was located on pyroclastic deposit material. The seismic measurements for both locations were carried out using a 48-channel recording system (14-Hz P-wave, 10-Hz SH-wave geophones) with geophone intervals of 5 m (P-waves) and 1 m (SH-waves), respectively. The seismic source for the P-wave was a ca. 4 kg sledge hammer which generated a seismic signal by hitting on an aluminum plate of 30x30 cm, whereas the SH-wave source was a mini-vibrator ELVIS (Electrodynamics Vibrators System), version 3. Thirteen seismic profiles at Semarang and eighth profiles at Tiris were acquired.

The results of seismic data in Semarang show fair to good seismic records for both P-and SH-waves. The raw data contain high signal-to-noise-ratio. Many clear reflectors can be detected. The P-wave data shows reflectors down to 250 ms two-way time while the SH-wave records show seismic events up to 500 ms two-way time. This result is in strong contrast to the seismic data result from the Tiris region. The P-wave data show very low signal to noise ratio, there is no reflection signal visible, only the surface waves and the ambient noise from the surrounding area are visible. The SH-waves give a fair to good result which enables reflector detection down to 300 ms two-way time.

The results from the two seismic campaigns show that SH-wave reflection seismic seems to be the suitable method, which could be applied in Indonesia mainly in both alluvial and pyroclastic regions. In contrast P-wave energy in the pyroclastic area, is strongly attenuated and scattered within the uppermost layer. This prevented that the P-wave seismic signal reaches deeper reflectors, wherefore seismic P-wave records contain only noise from surface waves and ambient noise from the surrounding area, without any reflection signal.

Seismik - SE-P.006 Poster

*Seismic imaging of the earth's crust in the vicinity of the ICDP-COSC borehole***Simon H.¹, Buske S.¹**

(1) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

The Scandinavian Caledonides today yield excellent possibilities for understanding Himalayan-type geodynamics due to the deep level of erosion. The orogenesis of the Caledonides around the North Atlantic started during the early Ordovician with subduction along the margins of the Iapetus ocean and ended with the collision of Laurentia and Baltica in the Silurian to Devonian.

The ICDP project COSC (Collisional Orogeny in the Scandinavian Caledonides) plans to drill two boreholes through the sequence of different allochthons down into the basement. Both boreholes are located in Jamtland, Central Sweden, and the first one will be probably drilled in 2013.

Between 1988 and 1992, a 160 km long reflection seismic profile (JAMT) was acquired across the Swedish part of the Central Scandinavian Caledonides, consisting of explosive shots in 1988 and vibroseis sources in 1990 and 1992. The geometry and fold of the JAMT profile is highly irregular.

We have re-processed these data using advanced seismic imaging techniques to recover the structure of the crust near the planned COSC borehole(s). Each part of the profile is processed separately, with slightly different methods and parameters for the vibroseis and the explosive sources. After a standard pre-processing procedure, including filtering, gain, trace equalization and muting of the refracted waves, the shots are prestack migrated. Two migration approaches have been used. The first one is Kirchhoff prestack depth migration. After migration of every single shot, the ensembles are stacked together to obtain an image of the reflectivity of the subsurface. The second migration method used is Fresnel-Volume-Migration. This method uses the Fresnel volume of a ray to limit the smearing along the two-way-traveltime isochrone to the actual reflection/diffraction point in the subsurface. Consequently less migration artefacts occur in the migrated section and it is also possible to image steeply dipping reflectors.

The velocity model used for depth migration is mainly based on the wide-angle seismic refraction profile FENNOLORA. For the uppermost 3 km a first arrival tomography has been performed using the program FAST. Both velocity models have been merged to obtain a reliable macro model for migration. The results of the velocity inversion as well as the two migration approaches are presented in comparison with earlier poststack results of the JAMT data set and the results of other geophysical and geological studies in this area.

Seismik - SE-P.007 Poster

Focused illumination and imaging of a major fault zone at the German Continental Deep Drilling Site (KTB)

Hlousek F.¹, Hellwig O.¹, Buske S.¹

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

The German continental deep drilling program (KTB) in south-east Germany was designed to study the properties and processes within the continental crust. In addition to two boreholes with depths of approximately 4 km and 9 km, some seismic experiments have been undertaken in the investigation area, e.g. the ISO89-3D seismic survey as well as a couple of longer 2D lines crossing that area. From these seismic data it is known that a north-east dipping reflector with high reflectivity exists in this area, with an outcrop at the surface known as the Franconian Lineament. This reflector, the so called "SE1 reflector", is the most prominent and interesting seismic event in the investigation area. The borehole penetrated this SE1 reflector at a depth of about 7 km, hence its position is well known. In 1993 the INSTRUCT experiment took place with the purpose to directly illuminate this reflector with only a few shots and a couple of short 2D receiver lines. We have processed this data set using advanced beam-type migration algorithms to obtain a clear as possible image of the SE1 reflector and its crustal environment.

Firstly, we were able to image the SE1 reflector by applying standard 3D Kirchhoff prestack depth migration (KPDM) to single shot gathers. Due to the limited aperture and the number of shots, the amplitudes are smeared throughout the whole depth section and the SE1 reflector does not appear well-focused. To enhance the quality of the migrated section and to focus the image of the reflector we secondly used Fresnel volume migration (FVM) on the one hand and coherence-based migration (CBM) on the other hand. FVM uses the emergent angle at the receivers as the direction to propagate rays back into the subsurface along which the Fresnel volume is calculated and the migration operator is restricted, whereas CBM employs a coherence measure to calculate a weighting factor for restricting the migration operator. In both cases the restriction of the migration operator yields a better focused image and significantly less migration artifacts than KPSDM.

We show the imaging results for the different methods and discuss its differences and characteristics, as well as a comparison to previous results obtained from the ISO89-3D data set. Especially the latter shows that we are able to image such a prominent fault zone clearly and in great detail with only a few shots and receivers lines.

Seismik - SE-P.008 Poster

Statistical wavelet estimation for the post-stack inversion of 3D time-lapse seismic data at the Ketzin CO₂ storage site

Gil M.¹, Ivanova A.¹, Juhlin C.², Herrera R.H.³, Lüth S.¹, Medina A.³, van der Baan M.³, Yang C.², Krawczyk C.M.⁴

(1) GFZ - Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Deutschland

(2) Uppsala University, Schweden

(3) University of Alberta, Edmonton, Kanada

(4) Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Deutschland

The Ketzin test site is Europe's longest-operating on-shore CO₂ storage site. As of December 2012, more than 60,000 tons of food grade CO₂ have been injected since June 2008 in an anticlinal structure of the Northeast German Basin. The target reservoir is a sandstone aquifer at approximately 630 to 650 m depth. In order to enhance the understanding of the structural geometry of the site, and to investigate the extension of the CO₂ plume, several geophysical monitoring methods are applied at Ketzin. Among these are 4D reflection seismic surveys, which allow the time-lapse signature of the injected CO₂ to be imaged.

The baseline 3D survey was acquired in 2005 and the first repeat measurements were performed in 2009 after injection of about 22,000 tons of CO₂. The time-lapse amplitude variation attributed to the injected CO₂ in the reservoir matches the expected distribution of the CO₂ plume derived from reservoir simulations, considering detection limits of seismic surface measurements.

Previous attempts towards a quantitative interpretation were based on integrative considerations of different types of geophysical measurements using strict assumptions. In order to increase the resolution and reliability of the data and to improve estimation of rock properties and especially to enhance the imaging resolution of the CO₂ plume, the time-lapse 3D seismic data have now been inverted for seismic impedances with different methods, which is the focus of this presentation.

Seismic impedance inversions require specification of a seismic wavelet. In the conventional approach this wavelet is estimated by correlating the observed seismic data to synthetic seismograms produced from well logs. Our challenge is that well logs are only available from three wells in the area and that generally each well produces a different estimate for the seismic wavelet. This renders the wavelet estimation therefore less reliable. On the other hand, statistical wavelet-estimation techniques exist that do not require well logs but estimate the wavelet directly from the observed data. Thus, two statistical approaches, the short-time homomorphic wavelet estimation and the kurtosis-based phase estimation were applied to the data. In this presentation we compare the inversion results obtained using the statistical wavelet estimation methods with the results of previous approaches to investigate the sensitivity of the time-lapse impedance estimates to wavelet uncertainty.

Seismik - SE-P.009 Poster

*Seismische Erkundung eines tiefergeothermischen Reservoirs bei Schneeberg - Das Verbundprojekt "Seismik im Kristallin Sachsen"***Hellwig O.¹, Hlousek F.¹, Buske S.¹**

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

Im Rahmen der vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanzierten Erforschung und Erschließung alternativer Energieträger wird derzeit ein Verbundprojekt zur seismischen Erkundung eines geothermischen Reservoirs im Kristallin des West-Erzgebirges bei Schneeberg durchgeführt. Ziel der Arbeiten ist die Abbildung und Charakterisierung von steilstehenden Störungen des Gera-Jáchymov-Störungssystems in einer Zieltiefe von 5 bis 6 km. In dieser Tiefe ist mit einer Gesteinstemperatur von ca. 160-180°C zu rechnen. Die gegebenenfalls vorhandene Klüftigkeit könnte als Wärmetauscherfläche für ein zukünftiges Geothermiekraftwerk genutzt werden. Die Ergebnisse dieser seismischen Vorerkundungen fließen direkt in die Planung einer Forschungsbohrung bei Schneeberg ein.

Im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes wurde im Herbst 2012 auf einer Fläche von etwa 10 km x 13 km eine hochauflösende 3D-Vibroiseis-Messung mit über 5300 Anregungspunkten und ca. 8000 Geophonpunkten durchgeführt. Gleichzeitig erfolgte ein "Sternexperiment" mit zwölf ca. 30 km langen Profilen, die radial um den potentiellen Bohransatzpunkt angeordnet waren und bei denen jeweils am Ende jedes Profils Sprenganregungen stattfanden. Damit soll vor allem der tiefe Teil der steilstehenden Störungen aus unterschiedlichen Richtungen beleuchtet werden. Die Aufzeichnung der Sprengungen erfolgte sowohl entlang des jeweiligen Profils mit ca. 60 Dreikomponentengeophonen und Geophon-Arrays in der Nähe der Sprengpunkte, als auch durch die permanent installierte 3D-Geophonauslage des Vibroseis-Experimentes. Diese Anordnung ermöglicht einerseits die Bestimmung eines regionalen Geschwindigkeitsmodells in den entsprechenden Zieltiefen durch Ersteinsatztomographie entlang der Profile sowie die gezielte Abbildung der geologischen Strukturen mittels fokussierender Migrationsverfahren. Desweiteren lassen sich durch die sternförmige Anordnung der Profile richtungsabhängige Effekte (Anisotropie, etc.) analysieren, die gegebenenfalls zur besseren Charakterisierung der Störungszonen hinsichtlich Klüftigkeit und Kluftausprägung beitragen können.

Neben einer Beschreibung der Zielstellung und der allgemeinen geologischen Situation werden vor allem die Akquisitionsgeometrien sowie erste Datenbeispiele und Prozessierungsergebnisse vorgestellt.

Seismik - SE-P.010 Poster

Investigation on the applicability of passive seismic data analysis on an engineering scale

Köllner F.¹, Pomponi E.², Sens-Schönfelder C.³, Schuck A.¹

(1) GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, Leipzig, Deutschland

(2) Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

(3) Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

Embedded in the MIIC project, which is part of the GEOTECHNOLOGIEN Program "Tomography of the Earth's Crust - From Geophysical Sounding to Real-Time Monitoring", we will present investigations and first results of passive seismic data analysis based on interferometric concepts. In fact, the applicability of those concepts is well studied for seismological questions. Our aim is to provide a strategy which allows the processing of scattered waves and ambient noise for [downscaled] engineering purposes, i.e. on geotechnical scales implying areas from a few to tens of meters. To maintain a monitoring and imaging of passive seismic data could be a powerful analysis tool for geotechnical sites which are vulnerable for temporal changes leading to structural instabilities and potential damage.

Crossing the gap between active and passive seismics in those small scale applications we investigated two test sites: The first field case describes a continuous measurement of ambient noise in the Water Reservoir Dam "Talsperre Eibenstock" in Saxony where small changes in the dam building are assumed due to temperature variations. For the second test active and passive seismic investigations were combined to estimate structural changes in a railroad embankment which has been built up on a soft peat clay layer in the North of Germany. The underlying idea of this test is to analyze temporal changes inside the embankment due to forces induced by a passing train. Measurements were made in periods of silence and in particular time steps after a train passed the test site. In either of the test cases the acquisition was done using conventional vertical and three component geophones. The analysis of the data is realized using the MIIC Application which is developed and provided within the project by the University of Leipzig.

Seismik - SE-P.011 Poster

Finite-Difference Modelling of P and S Waves to Support Fieldwork Planning
Beilecke T.¹, Krawczyk C.M.¹, Tanner D.C.¹, Ziesch J.¹, PROTECT Research Group -¹

(1) Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover, Deutschland

The goal of the joint project PROTECT is to unravel the specific potential of communicating systems that occur between reservoir and surface in the framework of CO₂-injection at the CO₂CRC Otway site in Victoria, Australia. The long-term aim is to assure storage integrity and sensitive monitoring strategies. As a part of the project we will also carry out high resolution 2-D seismic measurements to supplement the sparsely-resolved near surface images of existing seismic data sets. These will be conducted for those locations that have been predicted to have undergone enhanced sub-seismic strain. To plan field work and data processing strategies ahead of our future higher-resolution measurements we try to predict seismic data, utilizing existing subsurface information in a finite difference code by Bohlen (2002; in Computers & Geosciences). In the project area a limestone layer is located directly beneath the top soil clay layers. Typical water level changes of several metres over the year and related seismic signal variations in field data have been reported. It is likely that the weathered limestone top is responsible for visible variation of plant growth on the surface. We obtained information about subsurface parameters based on logs, refraction measurements, and core samples from the literature.

These values were taken for the definition of 1-D "wet" and "dry" models. Additional geologically-realistic complexity is introduced into the models using soil profiles. Among the parameters whose influence on the seismic wavefield are being studied are dry vs. wet near surface conditions, a high velocity top layer (pavement), the ability to detect typical subsurface structures with P- and with S-waves, and different source geometries.

Some results are that dry conditions intensify reverberations, as compared with wet conditions, signal damping reduces the resolution, and a high velocity top layer (pavement) suppresses Love waves. The use of larger sources slightly increases surface waves with respect to body waves.

Acknowledgement

This work was sponsored in part by the Australian Commonwealth Government through the Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies (CO₂CRC). PROTECT is funded through the Geotechnologien research programme in Germany (grant 03G0797).

Seismik - SE-P.012 Poster

Vergleich der Finite-Differenzen-Methode und der Spektrale-Finite-Elemente-Methode zur Simulation der seismischen Wellenausbreitung bei der Tunnelvorauserkundung

Hellwig O.¹, Lambrecht L.²

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

(2) Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

Beim maschinellen Tunnelvortrieb ist es von großem Interesse, die geologische Struktur im Vorfeld der Tunnelbohrmaschine zu erkunden. Ein rechtzeitiges Erkennen von potenziellen Gefahren wie wasserführenden Schichten oder Bereichen mit verminderter Festigkeit ermöglicht es, den Vortrieb darauf abzustimmen und die Sicherheit der Arbeiten zu gewährleisten. Zu diesem Zweck bietet sich die Vorauserkundung mittels hochauflösender Seismik an. Im Idealfall kann das damit gewonnene Strukturabbild genutzt werden, um den Tunnelvortrieb in Echtzeit auf die geologischen Gegebenheiten vor der Tunnelbohrmaschine abzustimmen.

Für die Entwicklung seismischer Vorauserkundungsverfahren ist ein gutes Verständnis der Wellenausbreitung in der Umgebung von Tunneln notwendig. Dazu kann die numerische Simulation der seismischen Wellenfelder einen entscheidenden Beitrag leisten. Allerdings ist es schwierig, die Genauigkeit der Ergebnisse und die dafür notwendige Wahl der Modellparameter abzuschätzen, da analytische Referenzlösungen für komplexe Modellgeometrien wie im Fall eines Tunnels nicht existieren. Hier bietet es sich an, die Ergebnisse völlig unterschiedlicher numerischer Verfahren miteinander zu vergleichen.

Das Poster stellt die Modellierung mit der Finiten-Differenzen-Methode (FD) und der Spektralen-Finiten-Elemente-Methode (SEM) anhand eines konkreten Modells mit einem Tunnel gegenüber, und die Vor- und Nachteile der Methoden werden erörtert. Beide Verfahren sind in der Lage, die Ausbreitung seismischer Wellen im Bereich eines Tunnels realitätsnah und effizient zu simulieren. Aufgrund der Regularität des kartesischen FD-Gitters ist es dabei relativ einfach, ein diskretes Modell zu generieren. Allerdings steigt der Rechenaufwand zur Lösung des numerischen Problems schnell, wenn eine kompliziertere Tunnelgeometrie eine feinere räumliche Abtastung erfordert. Im SEM-Modell wird demgegenüber eine flexiblere Anpassung von wenigen Gitterzellen an die Tunnelgeometrie mit einem größeren Aufwand bei der Gitter- bzw. Modellgenerierung erkaufte. Insbesondere die freie Oberfläche kann aber direkt durch das Finite-Elemente-Modell abgebildet werden und mit der SEM exakt berechnet werden.

Seismik - SE-P.013 Poster

*Coherence-based prestack depth migration***Hellwig O.¹, Hlousek F.¹, Buske S.¹**

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

Kirchhoff prestack depth migration (KPSDM) algorithms are widely used to image geological structures. There are a variety of Kirchhoff-type methods, such as Fresnel-Volume-Migration (FVM), that try to overcome the incapability of standard Kirchhoff migration to image steeply dipping reflectors or to produce clear and artifact-free seismic images if only a small number of seismic traces is available. All of these modified Kirchhoff migration algorithms employ additional weighting factors to taper the migration operator and to limit the seismic image to the actual position along the two-way travel time isochrone where diffractions and reflections originate.

We present a method that employs a normalized coherence measure as a weighting factor, which is defined over a selection of nearby traces and a time window around the particular time sample to be imaged. The coherence measure and the corresponding weighting factor are high if the differences in the arrival times of a coherent event at neighboring receivers can be explained by the differences in the travel times along the ray paths from the source position to a certain image point on the two-way travel time isochrone, and from there to each receiver included in coherence computation. In turn, a small weighting factor is obtained if the travel time differences cannot be explained by a certain combination of source, image point and the selected receiver group. Thus, the migration image is limited approximately to the first Fresnel zone around the actual diffraction or reflection point and the presence of migration artifacts can be reduced considerably. Furthermore, using the coherence measure as a weighting function helps to suppress incoherent noise present in the data.

The comparison to standard KPSDM reveals that coherence-based prestack depth migration yields a much better image of steeply dipping reflectors similar to FVM. Since the presented method does not involve ray tracing to reconstruct the ray paths and estimating the Fresnel volume, the computation effort is lower compared to FVM. Coherence-based migration computes its weighting factor directly from the input data by evaluating a normalized coherence measure. Nevertheless, the image quality is comparable with the results of FVM migration and less migration artifacts can be observed, even if a low number of input traces is available.

Seismik - SE-P.014 Poster

Laufzeitberechnung in VTI-Medien mittels Wellenfrontkonstruktions- und FD Eikonal-Verfahren

Riedel M.¹, Hellwig O.¹, Buske S.¹, Köhn D.²

(1) Institut für Geophysik und Geoinformatik, TU Bergakademie, Freiberg, Deutschland

(2) Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland

Viele seismische Datensätze werden in Gegenden gewonnen, in denen Anisotropie einen entscheidenden Einfluss auf die Ausbreitung seismischer Wellen besitzt. Zu Gesteinen, die sich effektiv anisotrop verhalten, zählen neben dünngeschichteten Sedimenten u.a. auch metamorphe Gesteine wie z.B. kristalline Schiefer. Bei der Anwendung von Prestack-Migrationsalgorithmen auf diese Daten ist es generell für eine korrekte Abbildung der geologischen Strukturen unumgänglich, die Anisotropie zu berücksichtigen. Dies wird am einfachsten über die Berechnung anisotroper Laufzeittabellen realisiert, welche in die Migration einfließen. In dieser Arbeit werden die Ergebnisse zweier verschiedener Methoden zur Berechnung anisotroper Laufzeiten vorgestellt. Dabei handelt es sich zum einen um ein auf kinematischem Ray-Tracing basierendes Wellenfrontkonstruktionsprogramm. Die zweite Methode entspricht einer Finite-Differenzen-Lösung der Eikonalgleichung, welcher für anisotrope Medien erweitert wurde. Mit diesen beiden Methoden wurden die Laufzeiten eines lateral geschichteten Mediums mit vertikaler Transversalisotropie (VTI) berechnet. Die akustische Beschreibung solcher Gesteine erfolgt mittels der isotropen P-Wellengeschwindigkeit und der beiden Thomsen Parameter. Um die Funktionsweise der beiden Programme zu verifizieren und deren Gültigkeitsbereich bewerten zu können, werden die jeweiligen Ergebnisse mit einer FD-Lösung der vollständigen Wellengleichung in zugrunde liegendem VTI-Model gegenübergestellt.

Der Vergleich zwischen den berechneten Laufzeiten und der FD-Lösung der Wellengleichung liefert gute Übereinstimmung und belegt die Tauglichkeit der beiden Methoden zur effizienten Laufzeitberechnung für anisotrope Prestack Migrationsverfahren.

Seismik - SE-P.015 Poster

*Fresnel-Volume-Migration of walk-away VSP data***Rothe M.¹, Hellwig O.¹, Buske S.¹**

(1) Seismik, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

The application of walk-away Vertical Seismic Profiling (VSP) techniques is widely accepted as an advantageous method for high-resolution seismic imaging, in particular in the case of steeply dipping reflectors like salt dome flanks or fault zones. Furthermore, the data acquisition along several profile lines radially oriented around the borehole allows the construction of a three-dimensional image of the subsurface in the direct vicinity of the borehole.

Due to the limited number of borehole receivers and surface source positions it is important to employ state-of-the-art techniques for processing and imaging that take these restrictions into account. We have implemented two of these techniques (Kirchhoff prestack depth migration and Fresnel-Volume-Migration) for the walk-away VSP case. Both methods have been applied to synthetic data (computed with an elastic time domain Finite-Difference scheme) representing an almost vertically dipping salt dome flank as well as a moderately dipping fault zone.

Both approaches have also been applied to real data from the German Continental Deep Drilling (KTB) site to image the continuation of the Franconian Lineament at depth. For both, the synthetic data as well as the real data case study, Fresnel-Volume-Migration yields a superior image quality especially for sparse data coverage due to its inherent focusing of the backpropagated wavefield and consequently the suppression of migration artifacts.

Seismik - SE-P.016 Poster

*Entwicklung und Charakterisierung einer Torsions-Scherwellenquelle***Schmidt V.¹, Schmitz B.¹**

(1) Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Geophysik, Münster, Deutschland

Die Erzeugung energiereicher Scherwellen zur oberflächennahen Erkundung ist eine besondere Herausforderung. Neben den üblichen Verfahren zur Scherwellenerzeugung, welche eine horizontal wirkende Kraft auf den Untergrund ausüben, ist die Torsion des Untergrundes eine weitere Möglichkeit, Scherwellen zu erzeugen. Die Vorteile dieser Methode sind, dass idealerweise keine Kompressionswellen erzeugt werden und die Abstrahlcharakteristik radialsymmetrisch ist. Dagegen sagen vereinfachte theoretische Modelle voraus, dass die meiste Energie in einem sehr flachen Winkel entlang der Erdoberfläche abgestrahlt wird, was ungünstig für refraktions- und reflexionsseismische Messungen ist. Um dieses Prinzip der Scherwellenerzeugung zu untersuchen, wurde eine einfache Quelle entwickelt und im Feld getestet. Durch abruptes Abbremsen einer rotierenden Masse wird ein impulsförmiges Torsionsmoment erzeugt. Die Ankopplung an den Boden geschieht durch einen "Koppelstern" aus gekreuzten Stahlblechen, welcher in den Boden geschlagen wird. Die Beschleunigung des Schwungrades geschieht manuell bis auf 800 U/min; das Abbremsen wird durch eine Hakenbremse realisiert. Die Quelle ist zerlegbar und hat eine Gesamtmasse von etwa 90 kg, womit sie im Feld noch gut transportierbar ist. Testmessungen zeigen eine radial recht gleichmäßige Abstrahlung von Love-Wellen und S-Wellen, sowie einen geringen Anteil an P-Wellen. Die Abstrahlcharakteristik in der Tiefe ist praktisch nur schwer zu ermitteln. Bei Testmessungen wurde jedoch ein Refraktor in etwa 50 m Tiefe bei Offsets bis 250 m festgestellt, was Energieabstrahlung auch in steilem Winkel in den Untergrund belegt.

SO Seismologie**Seismologie - SO-1.001**

Zur Mikroseismizität im Umfeld der Geothermie-Kraftwerke Landau und Insheim, Südpfalz

Groos J.¹, Zeiß J.¹, Grund M.¹, Ritter J.R.R.¹

(1) Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

Der Forschungsverbund MAGS soll Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der tiefen (> 2 km) Geothermie erarbeiten. Das Geophysikalische Institut des KIT (GPI) ist mit Einzelprojekt 1 (EP1) - Quantifizierung und Charakterisierung des induzierten seismischen Volumens im Bereich Landau / Südpfalz - beteiligt. Im Umfeld der Geothermie-Kraftwerke in Landau und Insheim sind 2009 und 2010 deutlich spürbare Erdbeben aufgetreten (max. Intensität V; max. ML 2,7). Seit 2009 führt das GPI Messungen mit Stationen des KARlsruher BreitBand Arrays (KABBA) in einem Umkreis von 10 km um Landau durch. Insgesamt werden z.Z. von vier Betreibern über 35 seismische Stationen im Bereich Landau betrieben. Im Rahmen von MAGS-EP1 wird in Kooperation mit Industrie und Behörden eine gemeinsame Wellenformdatenbank aufgebaut.

Die seismologischen Daten werden am GPI ausgewertet (siehe Beiträge von Grund, Zeiss, Frietsch, Gassner und Stein). Es erfolgt die automatisierte Detektion seismischer Ereignisse mit einem Kreuzkorrelationsalgorithmus (Grund et al.). Die detektierten Ereignisse werden absolut (HYPOSAT) und relativ (HypoDD) lokalisiert (Zeiss et al.). Begleitend werden die aufgetretenen maximalen Bodenschwinggeschwindigkeiten nach DIN4150 ausgewertet.

Bislang wurden über 600 seismische Ereignisse (ML -0,5 bis 2,7) detektiert und über 50 Ereignisse (Tiefenlage 2-5 km) im Bereich Landau/Insheim genau lokalisiert (2009.08 bis 2012.12). Die Ereignisse traten sowohl während der Zirkulation (Landau; Insheim ab 2012.10) als auch der Stimulation (Insheim 2010.04) auf. Die am Kraftwerk Landau beobachteten Ereignisse liegen nord-westlich und nahe der Injektionsbohrung. Der Anhaltswert für die Spürbarkeit von Bodenbewegungen (bewertete Schwingstärke, DIN 4150) wird in Landau teilweise bereits ab einer Magnitude von ML 1,3 überschritten.

Das Verbundprojekt MAGS - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 0325191A-F) und betreut vom Projektträger Jülich.

Seismologie - SO-1.002

*Seismizität in Erdgasfördergebieten in Norddeutschland***Bischoff M.¹, Gestermann N.², Plenefisch T.², Bönnemann C.²**

(1) LBEG, Hannover, Deutschland, (2) BGR, Hannover, Deutschland

Norddeutschland gehört zu den Gebieten Deutschlands mit geringer Seismizität. Auf der Grundlage des historischen Erdbebenkatalogs ist die Region nicht als Erdbebenzone klassifiziert (laut DIN 4149: Intensität <VI). Erdbeben sind eher selten, Schadensbeben sind auch aus historischer Zeit nicht bekannt. Gleichwohl wurden in den letzten Jahren wiederholt Erdbeben in Norddeutschland registriert, die von der Bevölkerung deutlich verspürt wurden. Seismische Ereignisse traten vor allem vermehrt in der Nähe von Erdgasfeldern auf. Das stärkste Erdbeben ereignete sich 2004 nahe Rotenburg und erreichte eine Magnitude von 4,5. Aufgrund der Lage der Epizentren am Rande bekannter Erdgasfelder und der lokalisierten Tiefen im Bereich der Förderhorizonte wird ein ursächlicher Zusammenhang dieser Seismizität mit der Erdgasförderung als wahrscheinlich eingestuft. Zudem konzentrieren sich die Erdbeben auf die Fördergebiete, wohingegen Regionen ohne Förderung im Vergleich keine erhöhte Seismizität aufweisen. Zuletzt ereignete sich am 22.11.2012 ein Erdbeben mit der Magnitude 2,8 bei Langwedel.

Der Niedersächsische Erdbebendienst (NED) am Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) wurde im Januar 2013 eingerichtet. Seine Aufgaben sind die Überwachung und Bewertung der Seismizität in Niedersachsen und den angrenzenden Gebieten. Die fachlichen Arbeiten werden in enger Kooperation mit dem Seismologischen Zentralobservatorium der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) durchgeführt. Ein erstes Ziel ist es, die Detektionsschwelle für Erdbeben in Norddeutschland zu verringern, so dass auch schwächere Ereignisse erfasst werden und die Auswertung auf eine breitere statistische Basis gestellt wird. Hierzu wird das bestehende Stationsnetz in den nächsten Jahren verdichtet. Als erster Schritt hierzu wurde durch die BGR eine Bohrlochstation in Rethem installiert, die seit September 2012 Daten in Echtzeit liefert.

Die Auswertungen umfassen die Bestimmung des Erdbebenherds, der Magnitude und wenn möglich des Herdmechanismus. Ergänzt wird die instrumentelle Auswertung durch eine makroseismische Analyse auf der Grundlage von Beobachtungen der Bevölkerung. Hierbei werden die Auswirkungen des Erdbebens an der Erdoberfläche untersucht.

Seismologie - SO-1.003

Permeability reconstruction using hydraulic fracturing induced seismicity

Hummel N.¹, Shapiro S.A.¹

(1) Geowissenschaften, Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Hydraulic fracturing treatments have become a standard industry technique to enhance the permeability of tight reservoir rocks. Usually, such borehole fluid injections are accompanied by microseismic activity. We show how induced seismicity can be used to characterise the hydraulic transport as well as the interaction between fluid and reservoir rock. For this we consider microseismic data recorded during a hydraulic fracturing treatment in the Barnett Shale. We analyse spatio-temporal characteristics of induced events and show that for this data set the fluid-rock interaction is nonlinear. To explain corresponding spatio-temporal features of induced seismicity we consider a nonlinear hydraulic transport. We first present a scaling approach to transform clouds of hypocenters of events obtained in a hydraulically anisotropic nonlinear medium into a cloud which would be obtained in an equivalent isotropic but still nonlinear medium. For this we introduce a model of a factorised anisotropic pressure dependence of permeability. Our results show that this model is in agreement with the microseismic data under consideration. To generate synthetic seismicity we simulate the hydraulic transport by numerically solving nonlinear pore pressure diffusion equations. We calibrate the flow rate based pore pressure field with the pressure evolution computed for injection pressures. This yields an estimate of the uniaxial storage coefficient and permits to compute the permeability evolution inside of the fracture stimulated reservoir. Following our modelling we generate synthetic seismicity whose spatio-temporal behaviour is similar as the one from Barnett Shale. Our results indicate that a nonlinear diffusion with a pressure-dependent permeability is a reasonable model for the hydraulic transport of the Barnett Shale hydraulic fracturing treatment. A power-law pressure dependence of the stimulated permeability may be characteristic for shales.

Seismologie - SO-1.004

Diffusivity tensor characterisation based on the back front of induced seismicity

Hummel N.¹, Shapiro S.A.¹

(1) Geowissenschaften, Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland

After termination of borehole fluid injections seismic activity can still be observed. Previously, this phenomenon has been analysed assuming that the main triggering mechanism is governed by a linear pore pressure diffusion. The so-called back front of seismicity has been introduced to characterise the seismicity evolution of the post injection phase. It describes the distance from the injection point at which seismicity is terminated at a given time after the end of the fluid injection. The back front allows to determine a scalar hydraulic diffusivity estimate from the spatio-temporal evolution of induced events.

However, fluid injections can considerably enhance the permeability which then becomes a function of the pore pressure. Additionally, most rocks are elastically anisotropic which implies an anisotropic hydraulic transport. In respect of the

corresponding diffusivity tensor we explore what kind of diffusivity estimates are provided by the back front. For this we consider seismicity recorded during borehole fluid injection experiments at Ogachi (Japan) and Fenton Hill (New Mexico). We apply a scaling approach which is based on a model of a factorised anisotropic pressure dependence of permeability. With this scaling approach we transform clouds of hypocenters of events obtained in a hydraulically anisotropic medium into a cloud which would be obtained in an equivalent isotropic medium. We then apply the back front concept which provides a certain diffusivity estimate. This diffusivity estimate is used together with scaling factors from the transformation approach to determine the corresponding diffusivity tensor. Our results show that the back front provides a diffusivity value which corresponds to the smallest diffusivity tensor element.

Seismologie - SO-1.005

Back front signatures of seismicity based on nonlinear pore pressure diffusion

Hummel N.¹, Shapiro S.A.¹

(1) Geowissenschaften, Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Borehole fluid injections are a common pre-requisite for the development of geothermal and hydrocarbon reservoirs. Usually such hydraulic stimulation treatments are accompanied by microseismic activity. The occurrence of corresponding induced seismicity is not only limited to the injection phase but can also be observed after completion of the fluid injection. For the post injection phase the so-called back front of seismicity is an important phenomenon. It supports the idea that fluid induced seismicity is governed by a diffusional pore-fluid pressure relaxation. The back front describes the distance from the injection point at which seismicity is terminated at a given time after the end of the fluid injection. Assuming constant with time and pressure hydraulic transport properties the back front allows to estimate hydraulic diffusivity of the rock from the spatio-temporal evolution of post injection induced seismicity. However, fluid injections can also significantly change hydraulic transport properties. For instance, hydraulic fracturing treatments can considerably enhance the permeability. In this case the strongly increasing permeability becomes a function of the pressure perturbation. For such situations we explore microseismic signatures of the back front. We numerically consider a power-law as well as an exponential dependence of the diffusivity on the pressure perturbation. This leads to a hydraulic transport which is described by a nonlinear diffusion. We numerically compute solutions of corresponding nonlinear diffusion equations for two different post injection medium realisations. One corresponds to a medium which remains hydraulically nonlinear as soon as the fluid injection is terminated. Alternatively, we consider a post injection medium behaviour where we freeze the nonlinear diffusivity to a constant enhanced value. For both situations we compute pore pressure profiles which are used to generate synthetic microseismicity. We analyse the spatio-temporal characteristics of post injection induced seismicity to identify the character of the back front. Our results show that nonlinear fluid-rock interaction still leads to a distinct and therefore detectable back front. However, the character of the back front can significantly differ from a square root of time dependence.

Seismologie - SO-2.001

Stress tensor changes related to fluid injection at The Geysers geothermal field, California

Martínez - Garzón P.¹, Bohnhoff M.¹, Kwiatek G.¹, Dresen G.¹

(1) Helmholtz - Centre Potsdam GFZ German Research Centre of Geosciences, Potsdam, Germany, Section 3.2: Geomechanics and Rheology, Potsdam, Deutschland

Studying spatiotemporal variations of the stress tensor caused by massive fluid injection is relevant towards an improved understanding of geomechanical processes in different types of reservoirs. However, a reliable determination of such stress changes based on inversion of focal mechanisms of induced seismicity requires dense local seismic networks with good azimuthal coverage and low magnitude-detection threshold as well as detailed hydraulic information.

At The Geysers geothermal field (California), induced seismicity has been carefully monitored for more than 30 years. While it is evident that local seismicity is related to injection operations, it is not trivial to relate the hydraulic parameters from individual wells to the patterns of the crustal stress field and associated seismicity. Earlier attempts to determine the local stress field in the area indicated that the regional tectonic stress field dominates over the stresses induced by reservoir treatment.

In this study we investigate spatiotemporal variations of the local stress tensor orientation at The Geysers geothermal field by using fault plane solutions of local events provided by the Northern California Earthquake Data Center. The inversion scheme is a linear approach with bootstrap resampling to analyze the uncertainties. First, we calculate stress field orientation at different depths over the whole reservoir using high quality focal mechanisms of induced seismicity. We verify the reliability of the stress inversion results by comparing them with those obtained with non-linear approaches. In addition, we search for potential temporal stress direction changes that could be related to periods with higher injection flow rates. For this part we use data from a prominent cluster of induced seismicity associated with an Enhanced Geothermal System project. This study will present the obtained results from described objectives and will discuss their interpretation and geomechanical implications.

Seismologie - SO-2.002

Is earthquake rupture process self-similar between km- and cm- scale (Mw4 to -6)? Experiences from induced seismicity, volcanic-hybrid seismic events and laboratory experiments

Kwiatek G.¹, Dresen G.¹, Bohnhoff M.¹, Harrington R.², Charalampidou E.-M.¹, Bulut F.¹, Goebel T.³

(1) GFZ German Research Centre for Geosciences, Geomechanics and Rheology, Potsdam, Deutschland, (2) Karlsruhe Institute of Technology, Geophysical Institute, Karlsruhe, Deutschland

(3) University of Southern California, Department of Earth Sciences, Los Angeles, Vereinigte Staaten von Amerika

A key question in seismology is whether large and small earthquakes are governed by the same physics and to what extent dynamic rupture and faulting observed in laboratory tests may provide insights into the nucleation and fracture processes of larger earthquakes. Studies of earthquake scaling relations involve comparison of static (stress drop) and dynamic (apparent stress) source parameters. Many authors have suggested that the stress drop is roughly independent of seismic moment suggesting self-similar rupture process. It is still a matter of debate whether the apparent stress is constant over the whole magnitude range. A breakdown of self-similar scaling may occur due to the physical processes. However, it may likewise also be a result of poor data quality, selection and processing. For example, inaccurate knowledge on attenuation and scattering of seismic waves are found to be an important source of bias refraining from the reliable estimation of source characteristics.

In this study we summarize results from recent scaling relations studies for seismicity covering a magnitude range between Mw-6 and Mw4 representing source radii ranging 1cm-1km. We considered seismic recordings from various environments including mining and fluid-induced seismicity, volcanic-hybrid earthquakes, and acoustic emissions from laboratory studies on rock samples. We focused on reliable assessment of source parameters in order to investigate the self-similarity of earthquake rupture process. We suppressed unknown medium effects introduced into the waveforms applying spectral ratio technique to all datasets. The obtained results show that inappropriately corrected path effects as well as wrong selection of input data introduce an apparent breakdown in both static and dynamic scaling relations whereas spectral-ratio refined data confirm the self-similarity of earthquakes rupture process from small earthquakes down to at least Mw-4.1.

Seismologie - SO-2.003

An improved method for seismic moment tensor inversion of acoustic emissions: The effect of incidence angle, sensor coupling and damage evolution

Kwiatek G.¹, Charalampidou E.-M.¹, Dresen G.¹

(1) GFZ German Research Centre for Geosciences, Geomechanics and Rheology, Potsdam, Deutschland

Moment Tensor (MT) inversion is a standard tool allowing estimation of fault plane parameters as well as the amount of shear/volumetric change in the earthquake source. The inversion is sensitive to the quality of waveforms, sensor calibration and coupling. The application of MT inversion to laboratory deformed rocks is difficult since coupling of the Acoustic Emission (AE) sensors is not easily assessed at experimental conditions in a pressure vessel. In this study we present a procedure for the relative calibration of AE sensors and we analyze source processes of AE events recorded during two experiments on Bentheim and Vosges sandstones. We recorded AE activity and performed velocity measurements sending ultrasonic transmission (UT) pulses. The first P-wave amplitudes of UTs were used to estimate the coupling quality of the AE sensors and sensor sensitivity as a function of incident angle for a specific frequency band. We found that the quality of MTs improved significantly when data were corrected for coupling. We compared the developed procedure with the hybrid MT technique. Depending on sample and loading conditions, we observed significant compaction and tensile-shear-compaction components in the MTs of AE events recorded in tests performed on Bentheim and Vosges sandstones, respectively. The results shed light on the details of the rupture process in femtoscale.

Seismologie - SO-2.004

Verwendung von Akustischen Emissions (AE) Sensoren bei der Magnituden-Bestimmung von mikroseismischen Signalen: Möglichkeiten und Unmöglichkeiten

Plenkers K.¹, Kwiatek G.², Krüger F.³

(1) ETH Zürich, Schweizerische Erdbebendienst, Zürich, Schweiz (Confoederation Helvetica)

(2) GFZ Potsdam, Potsdam, Schweiz (Confoederation Helvetica)

(3) Universität Potsdam, Deutschland

Da die Antwortfunktion von AE-Sensoren in der Regel unbekannt ist, untersuchen wir in dieser Studie den Einfluss des Sensors auf Amplitude und Magnitude, um das Potential und die Einschränkungen dieses Sensor-Typs besser zu verstehen.

AE-Sensoren sind im kHz bis MHz Bereich sensitiv und ermöglichen die Messung von seismischen Ereignissen im (Sub-)Zentimeter Bereich. Diese sehr kleinen seismischen Ereignisse sind in der hochauflösenden Überwachung in aktiven und stillgelegten Bergwerken und Stollen, sowie für die Grundlagenforschung (z.B. bei Laborversuchen) von grosser Bedeutung.

Im Gegensatz zu anderen Seismometern basieren AE-Sensoren nicht auf dem Prinzip des Pendels, sondern nutzen den piezoelektrischen Effekt. Die sehr hohe Sensitivität der Sensoren wird durch das Ausnutzen von Resonanzfrequenzen

erreicht. Die Antwortfunktionen von AE Sensoren sind aus diesem Grund grundsätzlich komplex und haben einen deutlichen Einfluss auf die gemessenen Signale.

Im Rahmen des JAGUARS (Japanese-German Underground Acoustic Emission Research in South Africa) Projektes wurden in der Mponeng Gold Mine in Carletonville, Südafrika AE-Sensoren in Kombination mit vollständig kalibrierten Beschleunigungsaufnehmern installiert. Durch Dekonvolution der aufgezeichneten Signale konnte die vollständige Antwortfunktion der AE-Sensoren (Amplitude und Phase) für Frequenzen zwischen 1kHz und 17kHz extrahiert werden.

Im untersuchten Frequenzbereich alleine konnten drei Resonanzfrequenzen bei 2.5 kHz, 6 kHz und 10 kHz identifiziert werden. Die Richtungsabhängigkeit der Sensoren konnte quantifiziert werden und zeigt bei orthogonalem Einfall eine Reduktion von mehr als -10dB.

Wir demonstrieren anhand von synthetischen Daten, dass die komplexe Antwortfunktion der AE-Sensoren zu einer signifikanten Verstärkung der Amplitude führt. Der Verstärkungsfaktor hängt dabei stark von Frequenzgehalt und Stärke des einfallenden Signals ab. Die Amplitude wird in Abhängigkeit von Magnitude, Distanz und Richtung des seismischen Signals nichtlinear bis zu über Tausend Prozent verstärkt.

Wir demonstrieren die Auswirkung einer unbekanntem Sensor-Antwortfunktion auf die Magnitudenbestimmungen für verschiedene Netzgeometrien und wie Fehler bei der Magnitudenbestimmung eingeschränkt werden können.

Seismologie - SO-3.001

3-D velocity structure of upper crust beneath NW Bohemia/Vogtland

Mousavi S.S.¹, Korn M.¹, Bauer K.², Rößler D.³

(1) Leipzig, Geophysics, Leipzig, Deutschland

(2) GFZ Potsdam, Potsdam, Deutschland

(3) Technical University of Denmark, National Space Institute, Copenhagen, Dänemark

We present preliminary results from a travel time tomography investigation of the upper crust beneath west Bohemia/Vogtland region which is characterized by a series of phenomena like occurrence of repeated earthquake swarms, surface exhalation, CO₂ enriched fluids, mofettes, mineral springs and enhanced heat flow. This region is an excellent location for an ICDP drilling project targeted to a better understanding of the crust in an active magmatic environment.

The data set were taken from permanent and temporary seismic networks in Germany and Czech Republic from 2000 to 2010, as well as active seismic experiments like Celebration 2000 and quarry blasts. Seismic Handler was applied for picking P and S wave arrival times. Before travel time inversion, we selected 399 events which were recorded by 9 or more stations and azimuthal gap < 160°.

In the first step a simultaneous inversion of P and S wave 1-D velocity models together with relocations of hypocenters and station corrections was performed. To test the reliability of earthquake locations we performed two experiments: first relocation of randomly perturbed earthquakes in the preferred 1-D velocity model, second mislocations of shots to check the accuracy of the earthquake positions.

In the next step, 3-D tomography was performed. The obtained minimum 1D velocity model was used as starting model for the 3-D Vp and Vp/Vs velocity models. P and S wave travel time tomography employs damped least-square method and ray tracing by pseudo-bending algorithm. For model parametrization different cell node spacings have been tested to evaluate the resolution in each node. Synthetic checkerboard tests have been done to check the structural resolution. Then Vp and Vp/Vs in the preferred 3D grid model have been determined. Earthquakes locations in iteration process change till the hypocenter adjustments and travel time residuals become smaller than the defined threshold criteria. Finally the analysis of the resolution depicts the well resolved features for interpretation. We observed lower Vp/Vs ratio in depth of 5-10 km close to the foci of earthquake swarms and higher Vp/Vs ratio is observed in Saxoturingian zone and surrounding area.

Seismologie - SO-3.002

Ambient noise surface wave tomography in NW-Bohemia/Vogtland region

Fallahi M.J.¹, Korn M.¹, Sens-Schönfelder C.²

(1) University Leipzig, Institute for Geophysics and Geology, Leipzig, Deutschland

(2) Helmholtz-Zentrum Potsdam, Potsdam, Deutschland

The W-Bohemia/Vogtland region at the border between Germany and Czech republic is a place of presently ongoing geodynamic processes in the intra-continental lithosphere, which result in the occurrence of repeated earthquake swarms, mantle-derived fluid exhalations, mofettes, mineral springs and enhanced heat flow. It is a key site to study the mantle-crust interaction in an active magmatic environment, and has been proposed as a site for scientific drilling. Fluid reservoirs have been proposed for the upper crust as well as for the crust-mantle transition zone, but their direct observation is still missing.

Using the vertical and transverse component ambient noise data, we estimate both Rayleigh and Love waves from ambient noise cross-correlation waveforms to investigate the crustal seismic structure of W-Bohemia/Vogtland. More than 2000 Rayleigh and Love group-velocity dispersion curves are obtained by time-frequency analysis of stacked ambient noise cross-correlation functions between station pairs using the data between 2002 and 2004 recorded at 43 seismic stations from BOHEMA experiment and between 2006 and 2008 recorded at 79 seismic stations from permanent station networks of Germany, Czech Academy of Sciences (WEBNET) and PASSEQ experiments.

At each period between 1 and 10 s, group velocity maps are constructed, all corresponding to different sampling depths, and thus together giving an indication of the velocity variations in 3D extending to a depth of about 15 km.

Seismologie - SO-3.003

*Double-Difference Tomography and its Application to the West Bohemia Seismic Zone***Alexandrakis C.¹, Calo M.², Vavrycuk V.³**

(1) Institute of Geophysics and Geoinformatics, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, Deutschland

(2) EOST, University of Strasbourg, Strasbourg, Frankreich

(3) Institute of Geophysics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Tschechische Republik

Local earthquake tomography is an effective method for determining the velocity structure in a seismically active area. In general, observed traveltimes are compared to modeled traveltimes, and the model is adjusted in order to reduce the difference. A final model is obtained when the difference is sufficiently minimized. In order to obtain high resolution and accurate results, traveltimes for a variety of raypaths are required. This requirement is a problem for areas with dense swarms, such as the West Bohemia Seismic Zone. In this case, the earthquakes are clustered along a distinct fault plane. The raypaths converge towards the seismic stations, resulting in overlapping raypaths. Double-difference tomography uses this situation to resolve the changes in velocity in the region where the raypaths differ, ie close to the sources. It minimizes the observed and modeled time difference between closely spaced events. This 'double-difference' minimization results in a model with high resolution within and directly surrounding the focal zone.

In order to assess and improve the model resolution, we follow the double-difference tomography with Weighted Average Model (WAM) post-processing. This is necessary as artifacts relating to the initial model parameterization are present in the calculated tomography model. The WAM method uses tomography models calculated with a variety of reasonable starting parameters and calculates an averaged model weighted by the number and proximity of the raypaths at each inversion node. This reduces the bias and artifacts introduced with the starting parameterization. With a sufficient number of models, the standard deviation at each node can also be calculated. This value is again weighted by the number and proximity of raypaths. The weighted standard deviation can then be used to numerically analyze the stability of the averaged model, yielding another tool for assessing model resolution.

The West Bohemia Seismic Zone is an ideal location for applying these methods due to the dense seismicity and excellent raypath coverage provided by the WEBNET seismic network. Here, traveltimes recorded from the 2008 microseismic swarm are used to calculate a Weighted Average Model for V_p and V_s (and therefore V_p/V_s). Results indicate a low- V_p/V_s layer overlaying the focal zone, and high V_p and V_p/V_s values along the fault. This hints towards a low-permeability layer acting as a fluid trap, and potentially triggering the swarms.

Seismologie - SO-3.004

Mid-crustal earthquake swarm generation in West Bohemia/Vogtland: A review of suggested source processes and implications for a planned ICDP proposal

Dahm T.¹, Fischer T.², Hainzl S.¹, Horálek J.³, Hrubcová P.³, Korn M.⁴

(1) Sektion 2.1, GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam, Deutschland

(2) Faculty of Science, Charles University, Prague, Tschechische Republik

(3) Institute of Geophysics, Academy of Science of the Czech Republic, Prague, Tschechische Republik

(4) Institute for Geophysics and Geology, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

The repeated occurrence of earthquake swarms in West Bohemia and Vogtland in the Czech-German border region is an outstanding phenomenon. It represents a manifestation of an intraplate swarm activity at the western part of the Eger Rift, and it has been active for several hundred years. The documented most energetic, historic swarms occurred in 1824, and at the break of 19th and 20th centuries. Since 1985 the activity has been concentrated in the area of Nový Kostel (Czech Republic) where five ML 3+ swarms has already clustered in a depth range of 6-10 km. The inter-swarm-period varied between 11 and 3 years, and the rate of released seismic moment appears to increase during the swarms.

During the past decades several models were suggested to explain the generation and the dynamics of these mid-crustal earthquake swarms. While early studies considered only tectonically driven processes as possible generation mechanism, the more recent data and studies emphasized more and more the role of magmatic fluids and CO₂ degassing beneath the seismogenic depth.

The presentation aims to review different types of models in the light of the newest data. We discuss the consequences of different models and if and how models may be verified by experiments. We discuss how an ICDP deep drilling project may contribute to resolving open questions on the swarm generation process and the possible consequences at the surface

Seismologie - SO-4.001

Das seismische Ereignis bei Völkersen vom 22. November 2012 - erste seismologische Auswertungen

Plenefisch T.¹, Becker D.², Bönnemann C.¹, Cesca S.³, Dahm T.³, Gestermann N.¹, Krüger F.⁴, Ohrnberger M.⁴

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

(2) Institut für Geophysik, Universität Hamburg, Deutschland,

(3) GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

(4) Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Deutschland

Am 22. November 2012 ereignete sich um 21:38:12 Uhr MEZ ein Erdbeben der Magnitude $M_L = 2,8$ im Landkreis Verden nahe der Ortschaft Völkersen. Das Ereignis wurde von Teilen der Bevölkerung in einem Umkreis von ca. 20 km gespürt. Die seismischen Signale konnten noch an den 600km entfernten Regionalnetzstationen im Bayrischen Wald nachgewiesen werden.

Das Epizentrum des aktuellen Ereignisses liegt am Rande des Erdgasfeldes Völkersen, in dessen Umfeld in den letzten 5 Jahren bereits 4 Ereignisse mit Magnituden zwischen 1,9 und 2,9 stattgefunden haben. Ähnlich aktiv ist die Umgebung des benachbarten Erdgasfeldes Söhlingen, dort ereignete sich das letzte Ereignis am 13. Februar 2012 mit einer Magnitude von 2,9 nahe der Ortschaft Visselhövede.

Die Ereignisse um die beiden Erdgasfelder stellen trotz ihrer relativ geringen Magnituden eine Besonderheit dar: Die räumliche Nähe der seismischen Ereignisse zu den Gasfeldern sowie der Umstand, dass das weitere Umfeld als nahezu aseismisch anzusehen ist, legen einen Zusammenhang mit der dortigen Erdgasförderung als mögliche Ursache nahe.

Um die Ursachen der Ereignisse genauer untersuchen zu können, wurden von der BGR in Zusammenarbeit mit den Universitäten Potsdam und Hamburg Anfang Juni 2012 11 mobile Erdbebenstationen in unmittelbarer Nähe der bekannten Epizentren aufgestellt. Ziel des Projekts ist es, mit einer erhöhten Stationsanzahl eine genauere Bestimmung der Herdtiefe und des Herdmechanismus als bisher vornehmen zu können.

Für das Ereignis vom 22. November 2012 konnte nun ein für Ereignisse in Norddeutschland einmaliger Datensatz mit einer großen Anzahl von herdnahen, azimutal gut verteilten Stationen zusammengestellt werden. Erste Hypozentrumsbestimmungen weisen auf eine Herdtiefe zwischen 3 und 7 km hin, die somit im Tiefenbereich der Erdgasentnahme liegt. Herdmechanismen, berechnet für eine reine Scherbruchquelle sowie für den Momentensor werden vorgestellt, und im Hinblick auf das in der Region anliegende Störungssystem und auf die möglichen Ursachen des Bebens interpretiert.

Seismologie - SO-4.002

Projekt SiMoN - Neue Erkenntnisse zur Seismizität und zum Spannungsfeld des nördlichen Oberrheingrabens

Homuth B.¹, Rümpker G.¹, Deckert H.², Kracht M.³

(1) Goethe Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften, Facheinheit Geophysik, Frankfurt, Deutschland

(2) Institut für geothermisches Ressourcenmanagement, Fachhochschule Bingen, Bingen, Deutschland

(3) Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, Deutschland

Die Seismizität des nördlichen Oberrheingrabens ist aufgrund seines Potentials für die geothermische Nutzung und der damit möglicherweise verbundenen seismischen Risiken von allgemeinem Interesse. Detaillierte Kenntnisse der natürlichen Seismizität erlauben Rückschlüsse auf aktive Störungszonen und Spannungsverhältnisse im Untergrund. Die natürliche Seismizität in der Region ist ebenfalls interessant aufgrund von Schwarmbeben, die im 19. Jh. im Umkreis von Groß-Gerau und Darmstadt aufgetreten sind. Untersuchungen zur natürlichen Seismizität sind ein Hauptbestandteil des BMU-Projektes SiMoN (Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des Nördlichen Oberrheingrabens). Aufzeichnungen eines Netzwerkes aus 13 seismischen Stationen dienen als Datengrundlage zur Charakterisierung der Seismizität innerhalb eines etwa 50 km² großen Areals im dichtbesiedelten Rhein-Main Gebiet. Wir stellen Ergebnisse des seismischen Monitorings für den Zeitraum seit November 2010 dar. Die Detektionsschwelle für das Netzwerk liegt bei einer Lokalmagnitude von etwa 1.0, die Vollständigkeitsmagnitude beträgt $M_c = 1.2$. Seit Beginn der Datenaufzeichnung konnten 33 Erdbeben im unmittelbaren Bereich des Stationsnetzwerkes lokalisiert werden mit Magnituden im Bereich zwischen $M_L = 1.0$ und $M_L = 3.2$. Die Epizentren sind hauptsächlich entlang der östlichen Grabenschulter lokalisiert; entlang der westlichen Grabenschulter ist die seismische Aktivität deutlich geringer. Die Seismizität erstreckt sich bis in eine Tiefe von 24 km mit einem Maximum der hypozentralen Tiefenverteilung im Bereich von 9-12 km. Die Seismizität im Graben ist dabei auf die tiefere Kruste im Bereich von 9-24 km beschränkt. Zusätzlich zu den Daten des SiMoN Netzwerkes wurden Aufzeichnungen der regionalen Erdbebendienste in Herdflächenanalysen für insgesamt 37 Erdbeben einbezogen. Die Herdflächenlösungen weisen überwiegend Strike-slip Mechanismen auf. Auf- und Abschiebungen spielen nur eine untergeordnete Rolle. Durch den Vergleich zwischen Nodalflächen und bekannten Störungen im Untersuchungsgebiet konnten aktive Störungen und Bruchflächen verifiziert werden. Zur Bestimmung der Hauptspannungsachsen ist eine Inversion der Herdflächenlösungen geplant, die wiederum als Grundlage für die Erstellung und Kalibrierung eines lokalen geomechanischen Modells des Untersuchungsgebietes im nördlichen Oberrheingraben dienen soll.

Seismologie - SO-4.003

Stress rotation and recovery in conjunction with the 1999 Izmit M7.4 earthquake in the Marmara Region, NW Turkey

Ickrath M.¹, Bohnhoff M.¹, Bulut F.¹, Dresen G.¹

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 3.2, Geomechanik und Rheologie, Potsdam, Deutschland

Local rotations of the stress field may serve as an indicator to characterize the physical status of individual fault segments during the seismic cycle. In this study we focus on the pre-, aftershock-, and post-seismic phase of the 1999 Mw7.4 Izmit earthquake in northwestern Turkey. Using a compilation of focal mechanism data we applied a stress tensor inversion. By systematically considering error bounds of the resolved stress field orientation we find distinct temporal variations of the principal stress directions and of the relative stress magnitude along individual segments of the Izmit rupture that correlate with the local tectonic setting and along-strike variations of coseismic slip during the mainshock. The regional stress field prior to Izmit and following the three-month aftershock sequence reflects a well-resolved strike-slip regime with a $\sim N130E^\circ$ trending subhorizontal maximum principal stress and is thus in accordance with the dextral EW-trending North Anatolian Fault Zone. In contrast, the early post-seismic period is dominated by NE-SW extensional normal faulting regime below the Akyazi pull-apart basin hosting a slip deficit of ~ 3 m. A remarkable change is observed after ~ 11 days when the aftershock rate that generally shows an Omori-decay increased at the eastern part of the rupture. There, the stress field at the Karadere fault turned back to strike-slip while below the Düzce Basin that later hosted the nucleation point of the Düzce earthquake it turned into an EW-extensional normal faulting regime. Interestingly, we could observe a significant change from strike-slip to normal-faulting and backwards propagating eastwards with an individual time delay within the segments.

Our results show that spatiotemporal stress field rotations are a useful indicator for variations of the loading status of individual fault segments during the seismic cycle and in particular during recovery from lateral variations of co-seismic slip during a M7.4 strike-slip earthquake.

Seismologie - SO-4.004

*Resolution of Non-Double-Couple Components in Seismic Moment Tensors of Aftershocks of the 1999 Mw7.4 Izmit Earthquake in NW Turkey***Stierle E.¹, Vavrycuk V.², Sileny J.², Bohnhoff M.¹**

(1) Helmholtz-Center Potsdam, German Research Center for Geosciences, Potsdam, Deutschland

(2) Institute of Geophysics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prag, Tschechische Republik

We investigate non-double-couple (NDC) components in aftershock moment tensors of the 1999 Mw=7.4 Izmit earthquake. Focal mechanisms of Izmit aftershocks clearly indicate a segmentation of the fault plane into several segments, one of which is the Akyazi Plain, a pull-apart structure, where significant NDC components might be observed.

First, we performed theoretical tests to analyze the ability of a network of 35 stations along the entire Izmit rupture to detect source-related NDC components in seismic moment tensors of small earthquakes. We modeled synthetic P- and S-wave amplitudes adopting a shear-tensile source model with a varying NDC content. When inverting for the full moment tensor, we contaminated the data with random noise and systematically incorporated an inaccurate knowledge of the velocity structure and realistic errors in hypocenter precision. Varying coverage of the focal sphere and focal mechanisms representing the regional tectonic setting were considered. We found that the double-couple (DC) mechanisms can successfully be resolved for the given network. However, the resolution of the source-related NDC components remains limited due to the lack of stations with epicentral distances less than 15 km. Spurious NDC components caused by modeling errors and noise in data can be as high as 20% and are thus non-negligible.

Applying our technique to waveform recordings of Izmit aftershocks using strict quality criteria allows us to determine a total of 29 stable moment tensor solutions. We find that pure shear faulting dominates strike-slip segments along the rupture reflecting the overall right-lateral strike-slip domain of the North Anatolian Fault Zone. In contrast, NDC components are significant (~30%) below the Akyazi Plain, a pull-apart structure hosting a substantial coseismic slip-deficit that resulted in EW-extensional normal faulting following the Izmit mainshock.

Seismologie - SO-4.005

*An Earthquake Gap South of Istanbul***Bohnhoff M.¹, Bulut F.¹, Dresen G.¹, Malin P.E.², Eken T.¹, Aktar M.³**

(1) Helmholtz Centre GFZ Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) IESE, University of Auckland, Institute of Earth Science and Engineering, Auckland, Neuseeland

(3) Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Istanbul, Türkei

The North Anatolian Fault Zone in Turkey has produced a remarkable sequence of westward propagating large ($M > 7$) earthquakes throughout the last century, leaving the Sea of Marmara segment close to Istanbul as the only part of the entire fault zone that has not been activated since 1766. We investigate microseismicity along the eastern part of the Marmara segment at the transition to the 1999 Izmit rupture using microseismicity observed by a nearby seismic array on the Princes Islands offshore Istanbul and selected regional seismographs during a four-year period. We identify a 30 km long fault segment below the eastern Sea of Marmara in direct vicinity to the Istanbul population center that is entirely aseismic down to 10 km depth. This fault patch size is interpreted to be locked and seen as a potential nucleation point of the pending up to $M 7.4$ Marmara earthquake.

Seismologie - SO-5.001

*Coulomb-Spannungs-Änderungen nach dem Sultandagi-Beben vom 03.02.2002***Hellmann S.¹, Woith H.², Milkereit C.², Roth F.²**

(1) TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

(2) Deutsches GeoForschungszentrum GFZ, Deutschland

Die Theorie der Coulomb-Spannungsänderungen wird als zuverlässige Methode betrachtet, um die sich durch Erdbeben verändernden Spannungsverhältnisse entlang einer Störungszone zu untersuchen. Auf Basis dieser Berechnungen können Aussagen über gefährdeten Regionen für mögliche Nachbeben getroffen werden.

Im untersuchten Fall des 2002 aufgetretenen Sultandagi-Bebens im Südwesten der Türkei wurden in zwei nahe gelegenen Ortschaften die Wasserstände in örtlichen Brunnen aufgezeichnet und in einem nahen Geothermiefeld Porendruckmessungen durchgeführt, sowie Nachbeben lokalisiert. Ein starkes Nachbeben trat dabei im Geothermiefeld auf.

Das Hauptbeben wurde am 03.02.02 ($M_w = 6,5$) registriert. Beim Herdmechanismus handelt es sich um eine Abschiebung entlang der verdeckten Sultandagi-Störung. Da in unmittelbarer Nähe keine seismologischen Stationen vorhanden sind, gibt es einen größeren Interpretationsspielraum. Auch die genaue Lage des aktiven Störungssegments lässt sich nicht exakt bestimmen.

Auf dieser Datengrundlage wurden verschiedene Modellberechnungen zur Coulomb-Spannungsänderung durchgeführt. Zunächst wurden Ansätze anderer Autoren, die auf der Grundlage von GPS- oder InSAR-Daten erstellt worden sind, überprüft, ob diese allen geophysikalischen, insbesondere der Nachbebenlokation, und den uns zusätzlich vorliegenden hydrogeologischen Informationen, dabei speziell den

Brunnendaten, genügen. Kein Modell erfüllte die Daten aus den Brunnenmessungen. Deswegen wurde ein Modell herausgegriffen und so modifiziert, bis das Problem mit den Brunnendaten behoben werden konnte. Da das Modell eine komplexe Struktur ausweist, wurden die Berechnungen mit zwei Programmen überprüft und zusätzlich ein vereinfachtes Modell entwickelt. Verschiedene Möglichkeiten innerhalb des gegebenen Spielraums wurden in Betracht gezogen. Dadurch konnte noch ein zweites Modell, welches die geophysikalischen Daten und die der städtischen Brunnen richtig wiedergibt, gefunden werden.

Allerdings erfüllten auch diese verbesserten Ergebnisse nicht die Porendruck- und Grundwassermessdaten im Geothermiefeld. Sowohl das Vorzeichen als auch die Amplitude der modellierten Spannungsänderungen stimmen nicht überein. Dies legt die Vermutung nahe, dass zur Erklärung der Beobachtungen im Geothermiefeld ein dynamisches, möglicherweise nichtlineares Verfahren zugrunde gelegt werden müsste. Davon abgesehen könnten mit dem Coulomb-Ansatzes die Nachbeben und Wasserstandsänderungen erfolgreich beschrieben werden.

Seismologie - SO-5.002

Hoch-auflösende Abbildung von hoher Seismizität im fore-arc des Nordchilenischen Iquique-Segments

Bloch N.W.¹, Kummerow J.¹, Wigger P.¹

(1) Geophysik, FU Berlin, Berlin, Deutschland

Wir stellen einen seismologischen Datensatz eines temporären lokalen Netzwerkes vor, das im Iquique-Segment der Nordchilenischen Subduktionszone installiert war. Das Segment wurde zuletzt vor 135 Jahren aktiviert. Es wird daher angenommen, dass es sich in der späten inter-seismischen Phase des Erdbebenzyklus befindet. Der Datensatz zeigt Details und feine Strukturen des fore-arc in diesem Subduktionssystem.

Wir führten eine Lokalisierung von knapp 5500 seismischen Ereignissen nach dem gegenwertigen Stand der Technik durch. Unsere Methode zeichnet sich durch eine Wellenform-basierte Verbesserung von Ankunftszeitbeobachtungen, durch die Verwendung eines unabhängig gewonnenen Geschwindigkeitsmodells und durch die Anwendung des Konzeptes von quell-spezifischen Stationstermen aus. Das Ergebnis dieser Methode sind Lokalisierungen, die einen mittleren RMS-Fehler von unter 30ms aufweisen.

Der Datensatz zeigt Seismizität in der kontinentalen Lithosphäre der Südamerikanischen Platte, sowie in der ozeanischen Lithosphäre der Nazca Platte. In der kontinentalen Lithosphäre bildet die Seismizität vor allem E70°S streichende Strukturen ab, die gut mit kartierten Störungen und topographischen Vorzugsrichtungen korrelieren. In der ozeanischen Lithosphäre zeigt sich eine deutlich in drei Bänder untergliederte Wadati-Benioff-Zone: Ein Band seismischer Aktivität befindet sich am Kontakt der beiden Platten, eines nahe der ozeanischen Moho und eines 15km unterhalb der ozeanischen Moho im ozeanischen lithosphärischen Mantel. Der Vergleich mit den Ergebnissen des ANCORP'96 Experiments zeigt weiterhin eine enge Korrelation zwischen Seismizität und Reflektivität.

Seismologie - SO-5.003

Added-value joint source modelling of seismic and geodetic data

Sudhaus H.¹, Heimann S.¹, Walter T.R.¹, Krüger F.²

(1) Helmholtz Zentrum Potsdam GFZ, Physics of the Earth, Potsdam, Deutschland

(2) University of Potsdam, Department of Earth and Environmental Science, Potsdam, Deutschland

In tectonically active regions earthquake source studies strongly support the analysis of the current faulting processes as they reveal the location and geometry of active faults, the average slip released or more. For source modelling of shallow, moderate to large earthquakes often a combination of geodetic (GPS, InSAR) and seismic data is used. A truly joint use of these data, however, usually takes place only on a higher modelling level, where some of the first-order characteristics (time, centroid location, fault orientation, rake, moment) have been fixed already. These required basis model parameters are inferred in a previous, separate and highly non-linear modelling step using one of the these data sets alone. We present a new earthquake rupture model implementation that allows for fully combined data integration of surface displacement measurements and seismic data in a non-linear optimization of simple but extended planar ruptures. The model implementation allows for fast forward calculations of full seismograms and surface deformation and therefore enables us to use Monte Carlo global search algorithms. Furthermore, due to the complementary character of seismic and geodetic data, e. g. the high definition of the source location from geodetic data and the sensitivity of the resolution of the seismic data on moment releases at larger depth, optimizations can be done in a efficient manner and with a very limited amount of a priori assumption on the source. A vital part of our approach is rigorous data weighting based on the empirically estimated data errors. We construct full data error variance-covariance matrices for geodetic data to account for correlated data noise and also weight the seismic data based on their signal-to-noise ratio. The estimation of the data errors and the fast forward modelling opens the door for Bayesian inferences of the source model parameters. The source model product then features parameter uncertainty estimates and reveals parameter trade-offs that arise from imperfect data coverage and data errors.

We applied our new modelling approach to the 2010 Haiti earthquake for which a number of apparently different seismic, geodetic and joint source models has been reported already. We here show that the variability of all these models seems to arise from inherent parameter trade-offs and mostly has little statistical significance, e.g. even using a large dataset the resolution of the fault dip remains close to 20 degrees.

Seismologie - SO-5.004

Mapping crustal structure beneath southern Tibet: new seismic evidence for continental crustal underthrusting

Xu Q.¹, Zhao J.¹, Yuan X.², Liu H.¹, Pei S.¹

(1) Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China, Volksrepublik

(2) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 2.4, Potsdam, Deutschland

Receiver function image along a temporary seismic array (ANTILOPE-2) reveals detailed information of the underthrusting of the Indian crust beneath southern Tibet. The Moho dips northward from ~50 km to 80 km depth beneath Himalaya terrane and reaches locally a depth of 90 km beneath the Indus-Yalung suture (IYS). It remains at ~80 km in Lhasa terrane and shallows to ~70 km in Qiangtang terrane. A lower crustal interface at ~60 km depth beneath Lhasa terrane can be clearly followed southward through the Main-Himalaya-Thrust (MHT) and connects the Main-Boundary-Thrust (MBT) at the surface, which represents the border of the Indian crust that is underthrusting the Tibetan crust until south of Bangong-Nujiang Suture (BNS) at ~32°N. We also observed a wide-spread mid-crustal low velocity zone with increasing depth from ~15 km in Lhasa terrane southward to ~35 km beneath high Himalaya that is terminated at the MHT. The low-velocity zone is thought to be formed by partial melt and/or aqueous fluids.

Seismologie - SO-6.001

Kartierung der Moho-Topographie im Bereich des westlichen Astes der Ostafrikanischen Riftzone mit Hilfe von P-Receiver Functions

Gummert M.¹, Lindenfeld M.¹, Wölbern I.¹, Rümpker G.¹

(1) Goethe-Universität, Frankfurt am Main, Deutschland

Geodynamische Modelle kontinentaler Riftstrukturen weisen eine unterschiedlich stark ausgeprägte Krustenverdünnung im Zentralbereich des Rifts auf. Unsere Untersuchungen der Moho-Topographie basieren auf den Daten eines temporären seismischen Netzwerks von 33 Breitbandstationen, das von September 2009 bis August 2011 durch die RiftLink Arbeitsgruppe im Bereich des Rwenzorigebirges, im westlichen Ast des Ostafrikanischen Rifts, betrieben wurde. Das Gebirge zeichnet sich durch seine ungewöhnliche Lage inmitten des Rifts aus. Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen werden durch das Messnetz erstmals die beiden Riftschultern und auch der zentrale Riftbereich des Albertine Rifts über eine Fläche von etwa 200 km x 160 km abgedeckt. Für unsere Untersuchungen verwenden wir die Methode von Zhu & Kanamori (2000), bei der die Amplituden von direkten und multiplen konvertierten Phasen aufgestapelt werden, um die Moho-Tiefe und das durchschnittliche V_p/V_s -Verhältnis in der Kruste unterhalb einer Station zu bestimmen. Unter Einbeziehung einer Korrektur der ausgeprägten Oberflächentopographie zeigen die Analysen eine deutliche Reduktion der Moho-Tiefenlage (um durchschnittlich etwa 6 km) im Zentrum des Rifts im Vergleich zum Bereich unterhalb der Riftschultern; diese Reduktion tritt auch im Bereich direkt

unterhalb des Rwendori-Gebirges auf. Wir untersuchen weiterhin den Einfluss der stark unterschiedlichen Sedimentmächtigkeiten und einer krustalen Niedergeschwindigkeitszone auf die Ergebnisse. Dabei werden die Sedimentmächtigkeiten anhand konvertierter Sp-Phasen von lokalen Erdbeben ermittelt. Die Berücksichtigung dieser Effekte führt zu einer weiteren Reduzierung der Moho-Tiefenlage um bis zu 6 km an einzelnen Stationen im Bereich des Grabens. Die Ergebnisse für die Moho-Topographie korrelieren mit der Verteilung der Tiefenlage von lokalen Erdbeben. Allerdings geben unsere Untersuchungen keinen Hinweis auf eine Krustenwurzel, welche die ungewöhnliche Gebirgsbildung erklären könnte.

Seismologie - SO-6.002

The Very Broadband Seismic Station TROLL, Antarctica

Schweitzer J.¹, Pirli M.¹, Kværna T.¹, Roth M.¹

(1) NORSAR, Kjeller, Norwegen

Troll is the name of the Norwegian permanent research station in Dronning Maud Land, Antarctica. The research base is located inside the continent, at an elevation of about 1300 m and at a distance of about 230 km from the shelf ice border. In the first week of February 2012, a new very broadband seismic station was installed at TROLL.

Contrary to many other seismic stations inside the Antarctic continent, the new seismic sensor could be installed on bedrock (migmatite), on a hill at about 300 m distance from the main buildings of the Troll research base. A bedrock installation has the advantage that seismic signals are not disturbed by multiples due to the thick Antarctic ice sheet. The equipment consists of a Streckeisen STS-2.5 broadband sensor and a Quanterra Q330HR 26 bit digitizer. All data are transferred in real time via a satellite link to NORSAR for analysis and further distribution.

During the first year, the new seismic station and corresponding data transmission has been running very stably. Initial analysis of the station's event detection capability shows that the performance is comparable to, and sometimes better than, the best performing three-component stations of the International Monitoring System (IMS). We will present examples of diurnal and seasonal variations in the background noise level of the station, the observed global, regional and local seismicity, and the very exciting monitoring capabilities of icebergs drifting along the coast of Dronning Maud Land.

For the beginning of February 2013, maintenance activities are planned to decrease the observed temperature dependence of the long period noise level and to change the sensitivity of the station to resolve better the noise level for frequencies above 1 Hz. The efficiency of these changes will also be presented.

Seismologie - SO-6.003

Local Earthquake Tomography used for investigating the structure of the Tarutung geothermal site in North Sumatra, Indonesia

Muksin M.¹, Haberland C.¹, Bauer K.¹

(1) Geophysical Deep Sounding, GFZ-Potsdam, Potsdam, Deutschland

The Tarutung region in North Sumatra, Indonesia, is a seismically active zone located at the active Sumatra fault. Along this fault pull-apart basins and grabens together with volcanic activity of the recent magmatic arc are found. It is also the region future geothermal exploitation. In order to understand the tectonic setting of the Tarutung region system a temporary local seismic network was deployed for a time period of 10 months since May 2011. The initial hypocentre parameters were calculated by using HYPO71, and we found 2,586 local earthquakes recorded by at least 8 stations. We relocated 809 events (gap angle less than 180) and determined the 1D V_p and V_p/V_s models by using the program code VELEST. These models were used as starting models for the SIMUL2000 3D tomographic inversion of the travel times. Additionally, fault plane solutions were calculated for the events containing at least 10 polarity picks by using FPFIT. 229 of these events which were recorded by at least 10 stations and which had a signal to noise ratio greater than 3 were used for an attenuation tomography. The path-averaged attenuation values (t_p^*) were calculated from the spectral decay; these were later inverted for the 3D attenuation structure (Q_p) by using SIMUL2000.

The distribution of the local earthquakes is in accordance with the geometry of the Sumatran fault. A steeply dipping fault is found along the Sarulla basin as indicated by almost vertical seismicity distribution. Along the Tarutung basin, the seismicity pattern and the focal mechanism suggest the presence of the negative flower structure. Low V_p along Tarutung and Sarulla correlates with the shape of the basins. High V_p/V_s anomalies correspond to low Q_p anomalies. High V_p/V_s and high attenuation in Tarutung can be related to pathway of fluids originating from below the main fault. High attenuation (low Q_p) is found underneath the Dolok Martimbang volcano, however this region could be characterized by high V_p/V_s .

Seismologie - SO-6.004

Measuring time offsets and continuous clock drift of seismic ocean bottom stations by means of ambient noise

Hannemann K.¹, Krüger F.¹, Dahm T.²

(1) Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) Section 2.1, Earthquake Risk and Early Warning, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland

In 2011, an array of 12 broadband ocean bottom stations (DEPAS OBS pool) was deployed with 70 km aperture in the 4.5-5.5 km deep water of the western mid Atlantic between Portugal, Madeira and the Azores. With it, we exploit the potential of broad band array methods on the ocean floor. For such methods, an accurate and synchronized timing between the autonomous, independent stations is a necessary requirement. During the experiment, we collected 10 month of data. Some stations indicated either unusual large clock drifts or static time offsets when GPS synchronized during recovery.

We use ambient noise cross-correlation (CC) in consecutive time windows to analyse the clock difference between pairs of vertical seismic components and pairs of the hydrophone components. Ambient noise CC has already been used successfully to synchronize stations at shallow depth (tens of meters) for several meter inter-station distances. We demonstrate its feasibility for deep water depth and km-scale installations. By comparison of the obtained clock differences with the skew time measured during recovery, the dataset further allows to verify the linear drift assumption typically used to correct the timing.

For the seismic channels, we find that most logger show a linear, small clock drift except at one station where the drift was 20 minutes over 10 month (~ 4 s per day). Another station indicates a small drift but a large, constant time shift of 8.9 s. Such a static time shift would be difficult to identify by others than our systematic approach.

Additionally, we show that hydrophone signals' behaviour at some stations differs from the corresponding vertical seismic components. In these cases, we obtain a variable drift rate and in some, a complete vanishing of the CC signal. We could clearly identify the problematic channels. The remaining hydrophone channels show a linear clock drift as in case of the seismic signals. The changing apparent clock drift at some hydrophone channels was totally unexpected and discovered for the first time for DEPAS OBS-es. The reasons for the different drift are unclear. The study demonstrates that the continuous mapping of CC signals is a useful method to recover relative timing information of the recorded signals and to validate the reliability of the data set for further applications. The correction of time drifts is especially important if array methods are applied to OBS-es.

Seismologie - SO-7.001

Automated detection and location of mining induced microearthquake using waveform stacking

Grigoli F.¹, Cesca S.², Dahm T.²

(1) University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) GFZ-Potsdam, Deutschland

The automated location of seismic events is an important and challenging task in microseismic monitoring applications, e.g. to analyse induced seismicity following oil/geothermal field exploitation and mining operations, where we deal with a large number of seismic events and weak, noisy signals. In presence of strong seismic activity, manual location results time consuming, when not unfeasible, and the setup of automated detection and location techniques is required. Standard automated location routines require precise automated picking procedure and phases identification. In the last two decades a large number of picking algorithms have been developed: while P onsets can now be accurately picked, the automatic picking of later seismic phases, including S onsets, is still problematic. Their performance is limited in presence of noisy data, when picking and phases identification might be difficult. The increasing interest on microseismic monitoring applications pushed the recent development of alternative techniques for automated seismic event location. We present here a new methodology to locate seismic events based on waveform stacking. Our methodology is designed to work with dense seismic networks at very local scales. The method can work on selected seismic traces, following event triggering, as well as be applied to continuous seismic traces. The proposed approach has several advantages: the method is completely automated, it is picking free and does not require phase association, it is robust and it has a good performance also in presence of noisy data, it can use P and S arrivals for location, improving the resolution in comparison to sole P arrival methods, it exploits the waveform information content without the need of synthetic seismograms computation. Similarly to all other migration based methods, our method is computationally intensive and the location process requires more computing time than standard approaches. We have successfully tested our approach on both synthetic and real datasets from mining induced microseismicity. Synthetic tests demonstrate that our methodology is reliable even with noisy traces. The location of real microseismic events was successfully carried out, as results are in agreement with those based on standard phase picking.

Seismologie - SO-7.002

Das SiMon-Projekt: Bodenunruheanalyse und nanoseismische Messkampagnen
Blascheck P.¹, Mokolke G.¹, Joswig M.¹

(1) Universität Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, Deutschland

Pläne für ein neues Geothermiekraftwerk im nördlichen Oberrheingraben bei Groß-Gerau (Hessen) haben den Bedarf präziser Bewertungen der natürlichen Seismizität in der Umgebung verstärkt. Das SiMon-Projekt (Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens, finanziert durch das BMU) untersucht sowohl die Seismizität als auch das tektonische Spannungsregime der Region. Ein Hauptziel ist die Diskriminierung zwischen induzierter und natürlicher Seismizität. Die Untersuchung letzterer ist möglich da die Suche nach der endgültigen Position der Bohrplattform noch nicht abgeschlossen ist und noch keine Bohrung abgeteuft wurde. Ein dreiskaliges Netzwerk des HLUGs (Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie), der AG Seismologie, Goethe Universität Frankfurt und des Institut für Geophysik, Universität Stuttgart überwacht derzeit eine Fläche von 30 km mal 30 km. Die Daten werden für die Bestimmung und Analyse der natürlichen Seismizität erhoben. Das HLUG bringt die Daten der Regionalnetzstationen (30 km Stationsabstand) des hessischen Landeserdbendienstes ein. Diese umfassen zusätzlich historische Aufzeichnungen zur Schwarmbebenaktivität in der Umgebung um 1869-1871 über etwa 2000 gespürte makroseismische Erschütterungen. Die AG Seismologie verdichtet dieses Regionalnetz mit einem Lokalnnetz bestehend aus 13 Breitbandstationen (22 km Apertur). Das Institut für Geophysik verstärkt dieses permanente, dichte Netzwerk weiter in zweiwöchigen Messkampagnen durch das Schließen von Lücken welche für ein permanentes Monitoring ungeeignet sind. An diesen abgelegenen Orten wird durch ein niedrigeres Hintergrundrauschen eine bessere Detektionsschwelle erreicht. Mögliche induzierte Seismizität verschiedener Phasen des geplanten Kraftwerks (Bohrung, Reservoirtest, Produktion) werden überwacht.

Für die Verstärkung des permanenten Netzwerks wurden im Bereich der 3D Seismik die wahrscheinlichsten Standorte des künftigen Kraftwerks in drei Messkampagnen untersucht. In letzteren wurde an 38 möglichen Arraystandorten (etwa 2 km Abstand) das Hintergrundrauschen gemessen. Mit dem I95 Kriterium der AG Induzierte Seismizität des FKPE wurde eine Rauschkarte erzeugt mit Bereichen zwischen 0.14 $\mu\text{m/s}$ und 1.8 $\mu\text{m/s}$. Parallel zu den Rauschmessungen wurde eine Dauerregistrierung von zehn Tagen durchgeführt, deren Fokus auf der Identifizierung lag, ob Schwarmbebenaktivität heutzutage noch auftritt, nur bei wesentlich kleineren Magnituden.

Seismologie - SO-7.003

Seismische Bodenunruhe und Empfindlichkeitsschwelle für die Erfassung von Erdbeben im Bereich der norddeutschen Gasfelder

Schwaderer U.¹, Stenzel U.¹, Joswig M.¹

(1) Uni Stuttgart, Institut für Geophysik, Stuttgart, Deutschland

In Norddeutschland wird seit mehreren Jahrzehnten in konventioneller Weise Erdgas gefördert. Das mehrfache Auftreten seismischer Ereignisse bei Rotenburg und Verden führte zum Aufbau eines bergschadenkundlichen Beweissicherungssystems (BBS) des Wirtschaftsverbands Erdöl- und Erdgasgewinnung (WEG) ab 2008. Das aktuell verbesserte, auf Bohrlochstationen umgerüstete WEG-Netz entspricht dem Stand der Technik für die Beweissicherung bei Erdbeben im diesem Gebiet. Der Festlegung der Messstationen ging eine umfangreiche Analyse der lokalen Bodenunruhebedingungen voraus, da auf Grund der hohen Sedimentüberdeckung im norddeutschen Becken, der dichten Besiedlung, der landwirtschaftlichen Nutzung der Gebiete sowie der Pipeline-Pumpstationen die Hintergrundseismizität vergleichsweise hoch ist. Die Stationssuche ergab starke lokale Variationen binnen weniger km, eine tendenziell nach Osten abnehmende Bodenunruhe sowie eine bis zum Faktor zehn bessere oberflächliche Bodenunruhe als bei den früheren Stationen des ersten WEG Netzes.

Seismologie - SO-7.004

Ongoing subduction of Eurasian continental crust beneath the Pamir constrained by teleseismic receiver functions

Schneider F.¹, Yuan X.¹, Sippl C.¹, Schurr B.¹, Mechie J.¹, Oimahmadov I.², Gadoev M.², Minaev V.², Haberland C.¹, Negmatullaev S.³, Abdybachaev U.⁴

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

(2) Geological Institute Tajik Academy of Sciences, Dushanbe, Tadschikistan

(3) PMP International, Dushanbe, Tadschikistan

(4) Central Asian Institute for Applied Geosciences (CAIAG), Bishkek, Kirgisistan

Exhumation of ultra-high pressure metamorphic rocks testifies that the continental crust can subduct to greater depth in the mantle despite its buoyancy. However, direct observation of ongoing subduction of continental crust is rare. The Pamir is regarded as a possible place of active continental subduction because of the observed intermediate-depth seismicity, findings of crustal xenoliths from upper mantle depths and estimates of high cenozoic convergence for this region that could hardly be accommodated by crustal deformation alone. Here we present receiver function results from the seismological part of the Tien Shan Pamir Geodynamic program (TIPAGE). In a high resolution north-south cross section along the main TIPAGE profile, we observe a southerly dipping thin (with a thickness of 11 km) low-velocity zone (LVZ) that starts from the base of the crust and extends to a depth of more than 150 km with an increasing dip angle to subvertical. A diagonal northwest to southeast cross section shows that towards the western Pamir the dip direction of

the LVZ bends to the southeast resulting in an arcuate subduction configuration of Eurasian lithosphere beneath the Pamir. In both profiles, the LVZ identified with receiver functions appears to envelope the intermediate-depth earthquakes of the Pamir Hindu-Kush seismic zone.

Seismologie - SO-7.005

AUTOMATED INTER-STATION MEASUREMENTS OF FUNDAMENTAL MODE PHASE VELOCITIES, AND TOMOGRAPHIC INVERSION OF SURFACE WAVES FOR CENTRAL TO NORTHERN EUROPE

Soomro R.A.¹, Weidle C.¹, Lebedev S.², Cristiano L.¹, Meier T.¹

(1) Institute of Geosciences, Department of Geophysics, Kiel, Deutschland

(2) Dublin Institute for Advanced Studies, School of Cosmic Physics, Geophysics Section, Dublin, Irland

Broad-band phase velocity measurements of fundamental mode surface waves yield information on the isotropic as well as anisotropic structure of the crust and the upper mantle. Dispersion curves may be determined by cross correlating direct and coda fundamental mode waveforms recorded at two stations on the great circle path. In many cases the cross correlation is less affected by scattering than the waveform itself. Examples show that broad band dispersion curves may be obtained by this interferometric measurement. Single event measurements may however be perturbed by off-path propagation, scattering at lateral heterogeneity, higher modes, noise, and erroneous response information. Due to the smooth nature of the 1D fundamental mode sensitivity kernels smooth dispersion curves are expected for media with moderate and smooth lateral heterogeneity. Therefore, smooth parts of the dispersion curves are selected. This reduces the influence of scattering, higher modes, and noise. Furthermore, comparison of a large number of dispersion curves measured along one path for both propagation directions may reveal smooth perturbations caused by off-path propagation and erroneous response information. Finally, after rejection of outliers smooth measurements for a larger number of events are averaged to find a path-average dispersion curve. Previously, the selection of the smooth part of the dispersion curve was made manually and if there were many station pair combinations and a large number of events the manual processing was time consuming. We now introduce the automated selection of the phase velocity curves, based on a set of rigorous, consistent, frequency- and distance-dependent criteria. These criteria are formulated in terms of frequency dependent thresholds. The procedure is applied to around million events and about 60,000 paths on permanent and temporary networks including TOR, and PASSEQ networks in central and northern Europe. Fundamental mode Rayleigh and Love wave dispersion curves are measured. Anisotropic phase-velocity maps are then calculated for periods between 10 and 200 seconds. At 15-s period, pronounced low velocity anomalies delimit the deep sedimentary basins in north- Central Europe and the Alps. The Trans-European Suture zone as a sharp transition from lower to higher velocities is becoming the dominant structure at longer periods (60 and 125 s) sensitive to greater, upper mantle depths.

SO Seismologie Poster**Seismologie - SO-P.001 Poster**

Mapping mantle flow with PP and SS precursors? - Effects of reaction kinetics on the 660 km discontinuity

Lessing S.¹, Dobson D.², Cobden L.¹, Rost S.³, Thomas C.¹, Vanacore L.³

(1) Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

(2) Department of Earth Sciences, University College London, London, Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland

(3) School of Earth and Environment, Institute of Geophysics and Tectonics, University of Leeds, Leeds, Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland

Kinetics of the mantle transition zone phase transitions/mineral reactions may give insights into the density structure and rheology of subducting slabs or mantle plume regions. The effect of kinetics in mantle up- and downwellings on the seismic structure has not been investigated in detail and would add further constraints on mantle dynamics. In this study, we investigate whether and how the effects of reaction kinetics can be resolved with PP and SS precursors. PP or SS precursors are underside reflections of P- or S-waves off the discontinuities, halfway between the source and the receivers. Calculating equilibrium mineral phase assemblages on a pressure-temperature grid for pyrolite mantle composition and isentropic geotherms, we extract depth profiles of density, P wave and S wave velocity. We use data from kinetic experiments of the reaction of ringwoodite to perovskite and magnesiowuestite and combine them with equilibrium solutions to obtain the seismic structure of kinetically inhibited mineral reactions. From the profiles of density, P wave and S wave velocity, we calculate 1D synthetic seismograms for a range of dominant frequencies. We analyse the frequency dependence of the amplitudes of reflected waves. In order to investigate whether laterally varying fine-scale structures such as kinetically inhibited mineral reactions can be imaged with seismic waves, we calculate synthetic seismograms with an axisymmetric finite-difference code for global P-SV wave propagation. We apply array seismic methods (e.g. vespagrams and migration) and investigate the short period response of the seismic wavefield on deflections of the 660 km discontinuity. Comparing the results from the mineral physics' calculations and from the wave propagation modelling allows us to constrain the lateral seismic resolution of the 660 km discontinuity in mantle up- and downwellings and to map mantle flow with seismic underside reflections on regional and global scales.

Seismologie - SO-P.002 Poster

*Simultaneous splitting analysis of multiple SKS waveforms***Winter A.¹, Ritter J.R.R.¹**

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Deutschland

Seismic anisotropy in the lithosphere and asthenosphere is connected to stress and strain and caused by deformational processes. Therefore a thorough knowledge of the same is important for better understanding plate tectonic processes. A good hint for anisotropy is the birefringence of shear waves. An anisotropic layer can be characterized by two splitting parameters, the direction of fast wave polarisation and the delay time between split phases. To determine those parameters, teleseismic SKS and SKKS phases are best to be used, as their original polarization at the core-mantle boundary is known to be in radial direction (Q). A good signal-to-noise ratio (SNR) on the transverse component signals is needed to receive stable splitting results. As this only is given for observations of earthquakes of very few epicentral regions, it is often not possible to construct a multiple-layer anisotropic model, for which a good backazimuthal coverage is required.

A solution is introduced by Roy, Ritter & Schweitzer (in preparation) with the simultaneous inversion of several concatenated SKS waveforms of different events from a source cluster. After first tests of this new method, it seems most likely that one can receive stable splitting results for weak split SKS signals. This would allow the analysis of events of more different backazimuths and thus a better modeling of anisotropic layers.

We present some routines that enable the simultaneous analysis of several waveforms and examples from the Gräfenberg array (GRF) which demonstrate the advantages of the new method.

Seismologie - SO-P.003 Poster

*Anisotropy Beneath the Eastern Alps: Shear-Wave Splitting from Permanent Stations***Qorbani E.¹, Bokelmann G.¹, Bianchi I.¹**

(1) Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Wien, Österreich

The Alpine belt is divided into the arc of the Western Alps and the E-trending Eastern Alps. Surface geology shows clear differences in geological structure and evolution, e.g. the involvement of paleogeographic units belonging to the European (mainly present in the western Alps) and Adriatic (mainly in the eastern Alps) domain. There are major open questions as to the behavior of the two (European and Adriatic) plates at lithospheric scale, and the nature and polarity of the subduction.

Since deformation, e.g. that associated with the long-term convergence between the European and Adriatic plates (also some microplates), generally leads to alignment of minerals, seismic anisotropy can help to constrain deformation at depth, and perhaps to resolve some of the open questions.

This study uses SKS/SKKS shear wave splitting, to focus on upper mantle anisotropy under the Eastern Alps, with the aim of inferring deformation in the crust and upper mantle under the Alps. Shear wave splitting parameters from 12 permanent stations

of the Austrian Seismic Network (OE), located geographically in the central and eastern Alps, have been measured using the SplitLab package (Wüstefeld & Bokelmann, 2007). The two splitting parameters, fast direction azimuth and arrival time delay between fast and slow phases have been defined for the first time in this area, giving stable results thanks to the long recording time of the seismic stations.

The shear wave splitting results show good agreement with previous studies in the central Alps where the direction of the fast anisotropy axis is NE trending. Fast directions in the eastern Alps show an ESE trend. There is a clear pattern of seismic anisotropy under the Alps, with a remarkable rotation of fast orientation along the Alpine chain. The rotation rate is particularly prominent in all of the Western Alps as well as the Tauern Window in the Eastern part of the Alps.

Seismologie - SO-P.004 Poster

Characterization of seismic velocity structure in the eastern Sea of Marmara region, NW Turkey, using ambient noise

Acarel D.¹, Bulut F.¹, Bohnhoff M.¹

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland

We analyze the ambient seismic noise field in order to investigate crustal structure and seismic anisotropy at the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) in NW Turkey. We focus on the eastern Sea of Marmara section of the NAFZ representing a pre-seismic phase of the seismic cycle just prior to an expected major ($M > 7$) earthquake. The target area has been monitored by the PIRES seismic network since autumn 2006 (Bulut et al., 2009; 2011). We apply a spatial autocorrelation and cross-correlation analysis of the seismic ambient noise to firstly determine spectral dependence of the seismic velocity in order to image crustal structure at near-surface and seismogenic depths. The time-domain cross-correlation of ambient noise recordings computed between a pair of receivers, will result in a waveform that differs only by a smooth frequency dependent amplitude factor from the Greens function between the receivers (Shapiro et al., 2005). The basic assumption is that the emerging signal from the noise correlation function will be dominated mainly by fundamental mode Rayleigh waves. Time-domain cross correlations are calculated for all available stations pairs in the target area. As a first step, we aim to investigate the crustal anisotropy to analyze the stress field orientation and/or structural heterogeneity along this section of the NAFZ. Therefore, group velocity dispersion curves are obtained for selected correlation paths in particular to address the velocity variation at different back azimuths. In a frequency band of 0.02 to 1.2 Hz, average group velocity ranges between ~ 1.5 to 3.5 km/s. We present our results in three subsets, in terms of interstation distance and propagation path. The observations will thereby allow us to investigate physical parameters along and across the fault zone at pre-seismic phase of the seismic cycle providing insights into crustal characteristics. Dispersion curves corresponding to the paths crossing the NAFZ (north-south oriented) exhibit low group velocities of ~ 1.5 to 1.8 km/s, indicating the sedimentary basin, whereas for the paths within the Istanbul and Armutlu peninsula (east-west oriented with respect to NAFZ) higher group velocities, up to 3.5 km/s, are seen. As a future perspective, we plan to extend the study towards the ICDP-GONAF project (www.gonaf.de) using the borehole recordings providing a better signal to noise ratio and therefore a better detection of the ambient noise field.

Seismologie - SO-P.005 Poster

High-resolution imaging of material interfaces at the North Anatolian Fault Zone, Turkey, from near-fault seismic recordings

Najdahmadi S.¹, Bulut F.¹, Ben-Zion Y.², Bohnhoff M.¹

(1) Helmholtz-Centre Potsdam German Centre for Geosciences GFZ, Section 3.2, Geomechanics and Rheology, Potsdam, Deutschland

(2) University of Southern California, Department of Earth Sciences, USA, California, Vereinigte Staaten von Amerika

We study the presence and properties of bimaterial interfaces and low-velocity damage zones at the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) in Turkey using Fault Zone Head Waves along with trapped waves, direct body waves and near-fault anisotropy. These wave types have proven to be the most diagnostic signal for the existence of sharp bimaterial interfaces allowing for the highest-resolution in imaging seismic properties along and across faults.

Theoretical works indicate that mode II ruptures on a fault that separates different media tend to evolve with continued propagation to a pulse that propagates preferentially in the direction of slip on the compliant side of the fault. Such ruptures produce dynamic dilation at the tip that propagates in the direction of slip on the more compliant side of the fault, referred to as the preferred direction, and dynamic compression at the tip propagating in the opposite direction. The amplitudes of the dynamic changes of normal stress near the rupture tips increase with propagation distance along the bimaterial interface due to a continual transfer of energy to shorter wavelengths. Therefore, the dynamic bimaterial effects become progressively more important with increasing event size. The theoretical studies imply that bimaterial ruptures tend to be associated with larger moment release and larger generated motion in the preferred direction. These results can have significant effects on the seismic shaking hazard in major metropolitan areas (e.g., Istanbul, Los Angeles, San Francisco,) near large plate-bounding bimaterial faults.

In a first attempt changes in motion polarity from fault-normal to source-receiver directions and measuring the arrival times of the head and direct P waves are used to identify early-arriving fault zone head waves on the slow side of the fault. One of the first steps in this study is to use and further develop this method for selected seismic stations along the NAFZ and San Andreas faults and to focus on selected earthquakes occurring on the main fault branches as will be presented.

The high-resolution images are expected to contribute to fundamental aspects of earthquake and fault dynamics on the NAFZ, including the mode and propagation direction of earthquake ruptures, triggering and effective constitutive laws. In addition, the results will provide a detailed site characterization for planned drill sites of the ICDP-GONAF project around the eastern Sea of Marmara.

Seismologie - SO-P.006 Poster

Automated identification and timing of crustal phases for tomographic studies and applications to the Marmara region in NW Turkey

Wollin C.¹, Bohnhoff M.¹, Küperkoch L.²

(1) Deutsches Geoforschungszentrum, Sektion 3.2, Potsdam, Deutschland, (2) BESTEC GmbH, Landau, Deutschland

Precise knowledge of the 3D-velocity structure is an important prerequisite when aiming at tectonically characterizing target regions using high-precision earthquake hypocenter locations. In that respect, precise phase arrival times selected from extensive waveform data archives are the most important input parameter. We plan to advance the recent developments in automated picking of P- and S-waves such that also automated identification and accurate timing of further crustal and uppermost mantle phases like Pg, Pn, PmP and their S-wave pendants can be achieved.

Besides the onset times our approach should also provide non-discrete and non-symmetrical error estimates. Ultimately the arrival times and their uncertainties should serve as input for non-linear location methods to establish a minimum 1D-velocity model, which will then serve as a starting model for a 3D-inversion to obtain a 3D-velocity model.

The techniques developed here will be applied to the broader Marmara region in NW Turkey where a major earthquake is pending in direct vicinity to the Istanbul metropolitan region with its >13 million inhabitants. There, numerous permanent seismic stations from different local and regional networks are operated. The combined set of continuous seismic recordings is available for the first time and implementing high-precision automatic picking of phase arrival times of local and regional seismicity will allow to derive the first crustal and uppermost mantle 3D-velocity model for the region.

Based on a backbone data set from selected stations and a selected time period our routines will be tested and phase identification algorithms will be refined before extending the study to the entire data base and the whole available time frame (several decades with several thousand regional earthquakes). First results will be presented.

Seismologie - SO-P.007 Poster

Analysis of Aftershock Due to Twin Earthquake (11 April 2012's Earthquake)

Vertika Diansari A.¹

(1) Meteorology Klimatology and Geophysic Agency, Academy of Meteorology and Geophysic, Jakarta, Indonesien

Aceh earthquake 11 April 2012 is a unique event in the record earthquake in Indonesia. This is because this earthquake:(a) has almost the same magnitude, the first quake has magnitudo 8.5 Mw and the second quake has magnitudo 8.1 Mw, (b) their epicenter located almost adjacent one the other, (c) occur at the same time, (d) have a similar focus mechanism, and (e) occur outside the zone subduction (megathrust).

The area of each of the major earthquake calculated by four formulation. Then epicenter aftershocks obtained from PGN (Center of National Earthquake) BMKG mapped by software GMT. after that is modeled in the form of elliptical shape and area of *****the rectangle.

The results of this study are suitable for modeling earthquake case 11 April 2012 is a square shape modeling approach length based formulation utsu & Seki (1954).

Seismologie - SO-P.008 Poster

GONAF: A borehole-based Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault zone in NW Turkey

Raub C.¹, Bohnhoff M.¹, Bulut F.¹, Dresen G.¹, Malin P.², Ito H.³, Kilic T.⁴, Nurlu M.⁴

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Sektion 3.2, Geomechanik und Rheologie, Potsdam, Deutschland

(2) Institute of Earth Science and Engineering, University of Auckland, Auckland, Neuseeland

(3) Center for Deep Earth Exploration (CDEX), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Kanagawa, Japan

(4) AFAD, Disaster and Emergency Management Preside, Earthquake Department, Ankara, Türkei

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) below the Sea of Marmara represents a 'seismic gap' where a major earthquake is expected to occur in the near future. The Marmara segment of the NAFZ is located between the 1912 Ganos and 1999 Izmit ruptures and is the only segment that has not ruptured since 1766. The GONAF project (Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault; www.gonaf.de) involves the installation of a high-resolution borehole seismic observatory at the NAFZ consisting of up to eight 300m deep vertical boreholes around the eastern Sea of Marmara to monitor the NAFZ segment at the transition to the recent 1999 Izmit rupture. GONAF is an international collaboration and co-funded by the International Continental Scientific Drilling Programme (ICDP), GFZ Potsdam and the Disaster and Emergency Management Presidency in Ankara/Turkey (AFAD). Further principal partners are MIT and UNAVCO/both US, IESE/New Zealand and JAMSTEC/Japan. The principal scientific objective of GONAF is to study physical processes acting

before, during and after the expected $M > 7$ earthquake along the Princes Islands segment of the NAFZ by monitoring microseismic activity at significantly reduced magnitude detection threshold and improved hypocentral resolution. In October 2012 the first GONAF borehole was successfully drilled in Istanbul on the Tuzla peninsula and an array of borehole seismometers was installed for permanent operation. In addition a surface station at the same site was installed consisting of short period, broadband and strong motions sensors. Here we present first results from the Tuzla borehole focusing on the benefit of reduced noise levels at depth and relating the observed microseismic activity to previous results of the seismotectonic setting of this key segment of the NAFZ offshore the mega-city of Istanbul.

Seismologie - SO-P.009 Poster

Konsistente Bestimmung von Phaseneinsätzen und deren realen Unsicherheiten am Beispiel eines Testdatensatzes des temporären EGELADOS-Netzwerks

Brüstle A.¹, Küperkoch L.², Meier T.³, Friederich W.¹

(1) Ruhr-Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum, Deutschland

(2) BESTEC GmbH, Landau, Deutschland

(3) Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

Die Bestimmung und Identifikation von Phaseneinsätzen ist die Basis für viele weitere Untersuchungen, wie z.B. Erdbebenlokalisierung, Bestimmung von Herdmechanismen und Laufzeit-Tomographie. Da komplizierte tektonische Regionen wie die Hellenische Subduktionszone Erdbeben mit einer Vielzahl unterschiedlicher Wellenformen und Phaseneinsätzen erzeugen und die manuelle Phasenbestimmung und -identifikation in der Regel von mehreren Auswertern vorgenommen wird, muss sichergestellt werden, dass diese Arbeit sehr sorgfältig und konsistent durchgeführt wird. Außerdem kommen bei großen Datenmengen meist automatische Methoden zur Bestimmung absoluter Phaseneinsatzzeiten zum Einsatz. Zum Kalibrieren und Testen der automatischen Picker wird ein manuell gepickter, konsistenter Referenzdatensatz benötigt, der repräsentativ für den gesamten Datensatz sein muss. Hierfür wurden die Richtlinien für eine möglichst konsistente Bestimmung und Identifizierung von Phaseneinsätzen sowie für die Bestimmung der realen Unsicherheiten durch Angabe eines frühest und spätest möglichen Phaseneinsatzes (ursprünglich entwickelt von Diehl et al., 2012) modifiziert und in ein bestehendes Auswerteprogramm (PILOT, ein Matlab-GUI-basiertes Programm zur manuellen Phasenbestimmung und Lokalisierung, entwickelt von der seismologischen Arbeitsgruppe der Ruhr-Universität Bochum) in Form von visuellen "Hilfslinien" integriert. Die Bearbeitung eines Testdatensatz (20 Ereignisse) des temporären EGELADOS-Netzwerks von jeweils einem erfahrenen und einem unerfahrenen Auswerter ergab, dass die Auswerter, unabhängig von ihrer Erfahrung, auf die Bestimmung von Phaseneinsätzen mit großer Unsicherheit (d.h. Phaseneinsätze, die für weitere Arbeiten auf Grund ihrer großen Unsicherheit nicht berücksichtigt werden) weniger Zeit verwenden. Des Weiteren sind die Unsicherheiten der P-Phaseneinsätze unabhängig vom Auswertenden unsymmetrisch zu früheren und späteren Zeiten verteilt, während die Symmetrie der Unsicherheiten der S-Phaseneinsätze stark von der Erfahrung des Auswerters abhängt.

Seismologie - SO-P.010 Poster

Performance comparison of mid-aperture broadband arrays at an ocean island and in the deep ocean

Krüger F.¹, Dahm T.², Hannemann K.¹

(1) Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) Section 2.1, Earthquake Risk and Early Warning, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Deutschland

Between 2011 and 2012, three mid-aperture broadband arrays were deployed on the island of Madeira, in western Portugal, and north of the Gloria fault in the Mid Atlantic within the DOCTAR (Deep Ocean Test ARray) project. Here, we compare performance parameters for the ocean island array on Madeira and the deep ocean array. The Madeira array consists of 24 temporary stations (12 broadband stations (8 Guralp 60s & 4 STS2), 12 temporary LE3D 5s stations). The mean inter-station distance is about 5 km and the array has an aperture of about 20 by 40 km on the island of Madeira if the broadband station(STS2) on the nearby island of Desertas is excluded. Furthermore, there are 3 permanent stations installed on Madeira (one Guralp 120s and 2 LE3D 5s) and 2 on the neighbouring island Porto Santo (one Guralp 120s and one LE3D 5S). The deep ocean array consists of 12 ocean bottom stations (broadband seismometer (Guralp 60s) combined with a HTI hydrophone (DEPAS type instruments)) and was deployed at the sea floor close to the Gloria fault between 5000 m and 4000 m water depth. The inter-station distance was about 10 km and the aperture about 70 km.

One purpose of the experiment is to test the possible advantage of ocean bottom arrays in comparison to ocean island installations. Therefore, we compare different aspects:

- (1) the experimental effort and the specific problems of data processing (e.g. data loss, clock drift and station location problematic in case of the deep ocean array). Special emphasis will be given to the orientation of three component stations by waveform comparison methods and results from the use of a portable Gyrocompass on Madeira.
- (2) the ambient noise spectra as a function of frequency and time,
- (3) examples of fk analysis and the specific problems on the ocean floor and volcanic, oceanic islands (topography and scattering effects).
- (4) detection thresholds and frequency content of local and regional events.

The presentation finally gives our preliminary conclusion on the potential and performance of seismic broadband arrays in the deep ocean.

Seismologie - SO-P.011 Poster

*Temporäres seismisches Netz auf Vulkan Villarrica***Mora Stock C.¹, Thorwart M.¹, Rabbel W.¹, Wunderlich T.¹, Dzieran L.¹**

(1) Institut fuer Geowissenschaften, Abteilung Geophysik, Kiel, Deutschland

Der Villarrica ist einer der aktivsten Vulkane Südamerikas. Seine Lage befindet sich in der Region der maximalen Dislokation des 1960 M9.6 Valdiva Erdbebens. Im Rahmen des Kieler Sonderforschungsbereiches 574 wurde nun ein dichtes temporäres seismisches Netz am Vulkan Villarrica aufgebaut. Im März 2012 wurden 75 Stationen vom Geophysikalischen Gerätepool des GFZ Potsdam (GIPP) auf und um den Villarrica Vulkan aufgebaut. Die Stationen bestanden aus einem 1- oder 3-komponentigen Geophon und einem DataCube. Der Abstand zwischen benachbarten Stationen betrug auf dem Vulkan zwischen 1 km und 10 km und in der Umgebung 5 km bis 20 km. Das Netz registrierte für 2 Wochen seismische Signale vulkanisch und tektonischen Ursprungs. Auch wurden einige regionale und teleseismische Erdbeben aufgezeichnet. Beobachtet wurden unterschiedliche Arten von seismischen Signalen des Vulkans: Langperiodische Events (LP), Tremore, Vulkan-tektonische Erdbeben (VT) u.a. Die LP-Events werden zuerst auf den Stationen auf den Kraterrand beobachtet. Dort sind die höheren Frequenzen stärker ausgeprägt als bei Stationen auf der Vulkanflanke. VT-Ereignisse treten vor allem südöstlich des Kraters auf. In der Regel sind ihre P- und S-Phase auf vielen Stationen auf dem Vulkan erkennbar.

Für die regionalen und teleseismischen P-Phasen wurden Laufzeitunterschiede mittels Kreuzkorrelation berechnet. Wendet man Korrekturen der horizontalen und vertikalen Langsamkeiten auf die Laufzeitunterschiede an, so erhält man Residuen, die nur noch von der Geschwindigkeitsstruktur im Vulkan abhängen.

Seismologie - SO-P.012

*Depth distribution of coseismic velocity changes caused by large earthquakes in Japan***Hobiger M.¹, Wegler U.¹, Shiomi K.², Nakahara H.³**

(1) BGR, Hannover, Deutschland

(2) NIED, Tsukuba, Japan

(3) Tohoku University, Department of Geophysics, Sendai, Japan

Using Passive Image Interferometry, i.e. by cross-correlating ambient seismic noise recorded by Hi-net sensors, we measured coseismic and postseismic velocity changes for several earthquakes ($M_w > 6.5$) which occurred in Japan (Fukuoka 2005, Noto Hanto 2007, Iwate-Miyagi Nairiku 2008, three earthquakes in Niigata prefecture 2004, 2007 and 2011).

For each of these earthquakes, we cross-correlated ambient seismic noise recordings of several years in four different frequency ranges between 0.125 and 2.0 Hz. For each earthquake, the data of 10 to 20 seismometers with distances of up to 50 km from the epicenter have been analyzed, forming between 45 and 190 station pairs. Using a simple tomography algorithm, the observations of the station pairs can be reprojected onto the actual station locations.

For the analyzed earthquakes, the observed coseismic velocity changes are systematically larger at higher frequency. As the analyzed seismic noise is mainly composed of surface waves, these findings suggest that the coseismic velocity changes are concentrated in the shallow layers of the ground structure. Using the coseismic velocity changes at different frequencies, the actual depth distribution of the coseismic velocity changes can be modeled. Starting from a reference shear and pressure wave velocity profile, the corresponding Rayleigh wave dispersion curve is modified according to the measured velocity changes in the different frequency ranges. By changing the original velocity profile in a simple way (constant percental velocity change between given depths), the depth distribution of the coseismic velocity changes can be constrained. For the Iwate-Miyagi Nairiku earthquake, for example, the coseismic velocity change is most likely to be of the order of -3% and to be concentrated in the shallowest several hundred meters.

Seismologie - SO-P.013 Poster

Modeling Local and Regional Wave Propagation

Apoloner M.-T.¹, Bokelmann G.¹

(1) Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Wien, Österreich

Seismograms reflect the combined effects of the source, recording instrument, ambient noise, and the propagation path. Especially for recording at distances smaller than 10° the signal is affected mainly by the crustal structure, as waves propagate in the crust and/or along Moho. Therefore appearance of regional seismograms varies strongly, which complicates record interpretation and phase identification severely.

However, for earthquakes with small magnitudes, close distance records are the only ones available with a sufficient signal at all. Due to sparse seismic station coverage and the use of only the most distinct phases, typically Pg and Sg, localization can not always be ensured. Yet, retrieving accurate earthquake location, including depth information and the relation with faults is important for understanding tectonic processes and for estimating seismic hazard. Prior works by e.g. Ma (2010) show the benefit of using additional regional phases for localization, in particular depth. At local and regional distances the challenge lies in robustly detecting and identifying these phases correctly, which are usually superimposed by the coda of the P- and S-phase and sometimes even arrive simultaneously.

In this work we want to shed light on the different influences on seismograms at local distances < 200 km. Starting with a simple crust-mantle model we calculate seismic recordings for sources at varying distances and depths. In addition we look at the changes induced by source mechanisms at diverse azimuths surrounding the source. Particularly the change in amplitude, time and frequency induced by the varying parameters is investigated. According to the phases identified in the diverse synthetic record sections, an overview of propagation characteristics is given. Our goal is to understand the usable information content of regional phases. Based on this information the theoretical performance of methods for identification of additional regional phases can be estimated.

Seismologie - SO-P.014 Poster

On seismic anisotropy of the sediments around Landau, Upper Rhine Graben

Frietsch M.¹, Ritter J.R.R.¹, Groos J.C.¹

(1) KIT, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

Seismic anisotropy causes differences in travel times of seismic waves as a result of direction dependent seismic velocities. The observed travel times are affected by the polarization direction of the analyzed shear waves. Travel time differences between differently polarized shear waves (e.g. transverse and radially polarized shear waves) may therefore be an indicator for seismic anisotropy. The parallel alignment of vertical, fluid-filled microcracks but also layered bedding in sedimentary formations is known as explanation for seismic anisotropy in sediments.

Landau is situated in the Upper Rhine Graben, a region in the southwest of Germany. Due to a high temperature gradient geothermal power plants are built in this area. In Landau the operation of a power plant started in 2007. The related fluid injection caused several shallow seismic events up to a local magnitude of 2.7. The study of possible anisotropy at depth is based on the recordings of these events. The seismic traces are rotated to ZRT radial and transversal components using the best available localizations of the events (see poster of Zeiß et al.). The arrival of the shear wave is picked at both the transversal and radial components. The arrival times of the R and T component shear waves differ only at some stations in the south of the network. The travel time differences reach up to 0.15 s on a pathway of about 7 km. This suggests that shear waves are propagating through an anisotropic media. The joint research project MAGS - concepts of mitigating microseismic activity of deep geothermal systems (FKZ 0325191A-F) is financed by the Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety and supervised by Project Management (PTJ) Jülich.

Seismologie - SO-P.015 Poster

Radiative Transfer Approach to Rotational Motions - Estimation of Scattering and Attenuation Parameters

Gaebler P.¹, Sens-Schönfelder C.¹, Korn M.²

(1) GFZ GeoForschungsZentrum Potsdam, 2.4 Seismologie, Potsdam, Deutschland

(2) Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

Radiative Transfer Theory (RTT) is used to model six component seismogram envelopes in random elastic media. The RTT equations are solved by means of Monte Carlo (MC) techniques. Attenuation and scattering parameters are estimated in a nonlinear inversion process.

High amounts of rotational energy are measured in the wavefield excited by earthquakes or ambient noise. The observation of the three components of rotational motions can provide independent information about wave propagation. In particular the rotational motions around the vertical axis in the P-wave coda carry interesting information as they can only be excited by multiple scattering of seismic waves at 3D

heterogeneities. As rotational motions in the bulk can only be excited by shear waves, they clearly indicate the conversion scattering from P to S energy.

In this study RTT is used to model the propagation of seismic energy in a deterministic structure described by macroscopic medium properties with statistically distributed small scale heterogeneities. RTT describes the spatial and temporal distribution of seismic energy emitted from a seismic source. The central quantity of the RTT, the specific intensity $I(r,t)$, is modeled by a number density of particles $N(n,r)$ moving into direction n and located at position r . Particles can experience scattering processes at medium heterogeneities that are described in the Born approximation. This processes include mode conversion and a change of propagation direction. When no scattering events occur particles move through the medium according to ray theory. This way seismogram envelopes for six components of the wavefield in a random elastic medium are simulated. We verify the results of the MC-RTT simulations by comparisons with 3D finite difference full wavefield simulations. Six component seismogram envelopes from the two different approaches are compared and a reasonable agreement for both translational and rotational energy is obtained. In a real data application regional swarm earthquakes are used to calculate reference seismogram envelopes for different epicentral distances. A nonlinear inversion process is used to estimate attenuation and scattering parameters that result in energy density traces that fit the measured reference seismogram envelopes.

In conclusion, the RTT allows to model six component seismogram envelopes of the high frequency wavefield from the initial P-wave onset to the later parts of the S-wave coda in random elastic media.

Seismologie - SO-P.016 Poster

Time-reversal imaging techniques applied to locate tectonic tremor near Cholame, California

Horstmann T.¹, Harrington R.M.¹, Cochran E.S.²

(1) Karlsruhe Institute of Technology, Geophysical Institute, Karlsruhe, Deutschland

(2) US Geological Survey, Pasadena, Vereinigte Staaten von Amerika

The lack of distinctive phase arrivals makes locating tectonic tremor more challenging than locating earthquakes. Classic location algorithms based on travel times cannot be directly applied because impulsive phase arrivals are often difficult to recognize. Traditional location algorithms are often modified to use phase arrivals identified from stacks of recurring low-frequency events (LFEs) observed within tremor episodes, rather than single events.

In this study, we apply a different method to locate tectonic tremor: a modified time-reversal imaging approach that potentially exploits the information from the entire tremor waveform instead of phase arrivals from individual LFEs. Time reversal imaging uses the waveforms of a given seismic source recorded by multiple seismometers to rebroadcast the waveforms back into the medium to identify the seismic source location. In practice, the method works by reversing the seismograms in time, and back-propagating them from the receiver location individually into the sub-surface as a new source time function.

We use a staggered-grid, finite-difference code with 5 ms time steps and a grid node spacing of 100 m to compute the wavefield. We calculate the time-dependent curl field at each grid point of the model volume for each back-propagated seismogram. To locate the tremor, we assume that the source time function, back-propagated from each station, produces a similar curl field at the source position. We then cross-correlate the time dependent curl field functions and calculate a median cross-correlation coefficient at each grid point. The highest median cross-correlation coefficient in the model volume is expected to represent the source location. Initial synthetic results from tests on a 2D plane using a line of 15 receivers suggest that we are able to recover accurate event locations to within 100 m horizontally and 300 m in depth. We conduct additional synthetic tests to determine the influence of signal-to-noise ratio and the uncertainty in the velocity model on the location result. We obtain locations to within 400 m with a median signal-to-noise ratio of 1.6 and 20% perturbations in the velocity model. Future work will entail applying the method to tremor waveforms and determining the spatial and temporal distribution of the source locations.

Seismologie - SO-P.017 Poster

Finite-Differenzen-Modellierung der Frequenzcharakteristik nicht-vulkanischer Tremorsignale

Gottschämmer E.¹, Harrington R.¹, Cochran E.²

(1) Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut, Karlsruhe, Deutschland

(2) U.S. Geological Survey, Pasadena, Vereinigte Staaten von Amerika

Aus der Untersuchung nicht-vulkanischer Tremorsignale, die zwischen 2010 und 2011 im Rahmen des PERMIT-Projekts mit dem KABBA-Array bestehend aus 13 Breitband-Seismometern an der San-Andreas-Verwerfung in der Nähe von Cholame aufgezeichnet wurden, ist bekannt, dass diese Signale ihren Ursprung in einer Tiefe von ca. 25 km haben. Die gängige Vorstellung ist, dass es sich bei den Quellen um kleine Scherbrüche handelt, die sich jedoch nicht zu großen Beben entwickeln können, da sie im Bereich des Übergangs zwischen spröden und duktilem Gesteinsverhalten auftreten. Diese Hypothese wird durch die Beobachtung gestützt, dass Tremorsignale in einigen Regionen zeitlich korreliert mit dem Auftreten von Slow-Slip-Events, einer im Vergleich zu Erdbeben sehr langsamen Verschiebung der Platten, beobachtet wurden, die ebenfalls in diesem Regime lokalisiert sind. Untersucht man jedoch den Frequenzgehalt der Tremorsignale und den von vergleichbar kleinen ($M=1$) Erdbeben aus flacheren Regionen, so fällt auf, dass sich die Signale im Frequenzbereich deutlich unterscheiden und dass das Quellspektrum der Tremorsignale eine niedrigere Eckfrequenz aufweist. Das Auftreten und die Ausbreitung von Brüchen im Gestein können in dieser Übergangszone, in der die Tremorsignale lokalisiert sind, nicht mehr durch die gleichen Reibungseigenschaften erklärt werden, die für flachere Bereiche gelten.

Um den Quellmechanismus der Tremorsignale und die Bruchausbreitung im Übergangsbereich zu erforschen, modellieren wir die Tremorquelle mit einem dynamischen FD-Code zunächst als kleinen Scherbruch und berechnen die Ausbreitung der Wellen in einem Geschwindigkeits- und Dichtemodell des

Untergrunds. Dann variieren wir die Spannungsverhältnisse zu Beginn des Bruchs und während der Bruchausbreitung und verwenden in unseren Berechnungen verschiedene Werte für den Haft- und Gleitreibungskoeffizienten auf der Bruchfläche. Auf diese Weise erhalten wir eine Suite von synthetischen Signalen, die wir mit den an der San-Andreas-Verwerfung gemessenen Tremorsignalen vergleichen, um ein besseres Verständnis des Bruchmechanismus, insbesondere seines Anfangs und Endes zu erhalten.

Seismologie - SO-P.018 Poster

Analysis of a low-frequency signal observed in broad-band recordings of the shallow Landau earthquakes 2009

Zieger T.¹, Groos J.¹, Ritter J.¹

(1) Geophysikalisches Institut, KIT, Karlsruhe, Deutschland

On 15 August 2009 and 14 September 2009 the TIMO2-network recorded two earthquakes near Landau with local magnitudes of $ML = 2.7$ and $ML = 2.4$. We observe a low-frequency signal (> 0.1 Hz) below 1 Hz, which is quite untypical for microseismic events. To identify the origin of this signal, we analysed several parameters. The horizontal components of RAW-displacement (unfiltered integration of ground velocity) were accompanied by longperiod disturbances. A step in the acceleration records can explain this disturbance. We also observed a rarely type of disturbance on the vertical components of RAW-displacement, which corresponds to the first derivative of the tiltlike disturbance of the horizontal components. The most likely explanation of this U-shaped disturbance is the saturation of a seismometer component. For this reason we explain the disturbance as an instrument-artefact. We also detect a tiltlike effect with an angle $\Theta \sim -10e-7$ rad, which explains the low-frequency signal. Actually there is no tilting of the ground but rather a shift of the seismometer on its concrete base. Due to the quality of the records, we cannot prove whether the signal is due to tilt or an instrument-artefact. However, our study confirms, that observations of earthquakes with weak magnitudes are influenced by near-field effects and instrumental artefacts.

The joint research project MAGS - concepts of mitigating microseismic activity of deep geothermal systems (FKZ 0325191A-F) is financed by the Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety and supervised by Project Management (PTJ) Jülich.

Seismologie - SO-P.019 Poster

*Seismic interferometry at the Landau geothermal power plant***Stein F.¹, Groos J.C.¹, Ritter J.R.R.¹**

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut fuer Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Using seismic interferometry, we analyze the seismic wavefield around the city of Landau in Rhineland Palatinate, Germany. The used data set are ground velocity recordings of 11 three-component stations of the TIMO2-network (TIMO: Deep Structure of the Central Upper Rhine Rift) operated within the MAGS project. The maximum interstation distance of the analysed stations is ~22 km, the minimum interstation distance is ~1.8 km. Since the summer of 2009, seismic broadband as well as short-period sensors have been installed especially to detect microseismicity in the surroundings of geothermal power plants located at Landau and Insheim. In the analysed time period, the reservoir at Insheim was stimulated. At the geothermal power plant in Landau the circulation had started already.

The processing scheme of the data set is divided into three main steps: the preprocessing of all available three-component daily time series, the calculation of the cross-correlation functions (CCFs) of 20-minutes long fragments of the preprocessed time series and the subsequent normalisation of the CCFs in the time and frequency domains. The horizontal component CCFs are rotated into the transverse-transverse, radial-radial, transverse-radial and radial-transverse directions for each stationpair. Thereupon, the CCFs are investigated with respect to signals which might contain information on the underground and its temporal variations. Changes in seismic velocities over time might be correlated with activities at the geothermal reservoirs at Landau and Insheim. Asymmetric signals, stable over long time periods and frequency-dependent are observed in the vertical component CCFs. We associate these signals with noise directionality and localise sources for signals with frequencies between 0.1 and 1 Hz in the western part of the station network. We will present the observed apparent changes in seismic velocities derived from the stable signals in the CCFs.

The joint research project MAGS - concepts of mitigating microseismic activity of deep geothermal systems (FKZ 0325191A-F) is financed by the Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety and supervised by Project Management Juelich (PTJ). The seismic instruments are provided by the Karlsruhe BroadBand Array (KABBA).

Seismologie - SO-P.020 Poster

Precise localization of microseismic events near the city of Landau, Germany

Zeiß J.¹, Groos J.C.¹, Ritter J.R.R.¹

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

In the city of Landau (Upper Rhine Graben) a geothermal power plant is operated since 2007. After the first perceptible earthquakes had occurred, a temporary seismological monitoring network was deployed and continuously extended by the Geophysical Institute (GPI) of the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Seismic stations from authorities and commercial companies also increased in number. Currently (Dec. 2012) 43 stations are operating on the surface with a distance of up to 15 km to the power plant. 10 broadband seismometers are installed by the GPI, 9 short period 1s-seismometers by the power plant operator (GEOX / BESTEC) and 8 short period 1s-seismometers by the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources. Additionally, there is an immission network corresponding to DIN 4150 with 16 geophones with an eigenfrequency of 4.5 Hz. Besides these surface stations 2 short period borehole stations are installed. In this study we locate 51 events with $M_L > 0.5$. To pick Pg and Sg onset times we simulate the recordings of the heterogeneous data set as recordings from nominal short period 1s-seismometers. We apply the HYPOSAT program package developed by Johannes Schweitzer (1997) to calculate the hypocentral parameters. In these computations we use a local velocity model recommended by an expert commission (2010). The absolute localization results give first indications of a tectonic structure with NW-SE strike within the microseismic cloud. To define the relative distribution of the events more precisely we apply the Double-Difference Algorithm implemented in hypoDD (Waldhauser, 2001).

The joint research project MAGS - concepts of mitigating microseismic activity of deep geothermal systems (FKZ 0325191A-F) is financed by the Federal Ministry of Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety and supervised by Project Management (PTJ) Jülich.

Seismologie - SO-P.021 Poster

Detektion seismischer Ereignisse ($M_L < 2$) im Umfeld geothermischer Anlagen in der Südpfalz

Grund M.¹, Groos J.¹, Ritter J.¹

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Aufgrund gespürter Seismizität ($M_L < 3$) wird im Umfeld zweier geothermischer Anlagen im Bereich Landau, Südpfalz seit 2009 ein umfangreiches seismologisches Überwachungsnetzwerk betrieben. Im Rahmen des BMU-geförderten MAGS-Projektes werden hierbei mikroseismische Ereignisse ($M_L < 2$) detektiert. Da übliche STA/LTA-Trigger aufgrund des starken seismischen Rauschens mit zahlreichen transienten Signalen im Oberrheingraben nicht ausreichen, wird ein Kreuzkorrelationsalgorithmus für die Detektion verwendet. Mit diesem wurden bisher über 600 (Stand Dez. 2012) Ereignisse im Bereich der zwei geothermischen Anlagen in Landau und Insheim detektiert. Diese traten sowohl während der Stimulation (Insheim) als auch Zirkulation (Landau, seit Oktober 2012 auch Insheim) auf. Neben der begonnenen Katalogisierung werden die an verschiedenen Stationen detektierten Ereignisse weiterhin mittels einer Ähnlichkeitsanalyse bezüglich ihrer Wellenform untersucht. Hierbei wurden mehrere Gruppen nahezu identischer Ereignisse (Korrelationskoeffizienten $> 0,9$) detektiert, woraus auf wiederholt auftretende seismische Ereignisse geschlossen werden kann. Die hohe Wellenformähnlichkeit besteht dabei über zwei Magnitudenschritte hinweg. Auf dem Poster werden die bisherigen Detektionen, sowie Ergebnisse der Ähnlichkeitsanalysen gezeigt.

Das Verbundprojekt MAGS - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 0325191A-F) und betreut vom Projektträger Jülich.

Seismologie - SO-P.022 Poster

3D Finite Differenzen Modellierung von mikroseismischen Ereignissen ($M_L < 3$) im Bereich Landau/Insheim

Gaßner L.¹, Gottschämmer E.¹, Bohlen T.¹, Ritter J.¹

(1) Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

Zum besseren Verständnis von 3D-Struktur-Effekten auf die elastische Wellenausbreitung bei mikroseismischen Ereignissen werden synthetische Daten für Mikrobeben mit Lokalmagnituden < 3 im Bereich der Geothermie-Anlagen Landau und Insheim modelliert und mit gemessenen Wellenformen verglichen. Dazu wird zunächst eine Erdbebenquelle über Momententensoren in den 3D-viskoelastischen Finite-Differenzen-Algorithmus SOFI3D implementiert. Die Quellimplementierung erzeugt unabhängig von der gewählten Diskretisierung Seismogramme der Partikelgeschwindigkeit in Einheiten von m/s. Es werden synthetische Wellenformen mit einer Zentralfrequenz von 5 Hz berechnet und mit

Seismogrammen für ein 1D-Geschwindigkeitsmodell aus dem Reflectivity Programm rechnet verglichen. Für verschiedene Herdflächen und Magnituden kann so die Quellimplementierung validiert werden. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung der beiden Simulationsverfahren.

Die zu Grunde liegenden seismologischen Daten werden durch das MAGS-Projekt erhoben und Lokalisierungen und Herdflächenlösungen als Eingangsgrößen für die Modellierung verwendet, die im Rahmen des Projektes am KIT-GPI bestimmt wurden. Alle Realdaten wurden restituert und für ein Seismometer mit einer nominellen Eigenperiode von 1 Sekunde simuliert. Die synthetischen Daten werden entsprechend prozessiert und bezüglich Laufzeiten, Amplituden und Wellenformen mit den Realdaten verglichen.

Das Verbundprojekt MAGS - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 0325191A-F) und betreut vom Projektträger Jülich.

Seismologie - SO-P.023 Poster

Internetdarstellung von seismischen Registrierungen im Umfeld der geplanten Tiefengeothermiebohrung Groß-Gerau - das Verbundprojekt SiMoN

Kracht M.¹, Homuth B.²

(1) Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, Deutschland

(2) Institut für Geowissenschaften, Goethe Universität, Frankfurt, Deutschland

Bei dem Verbundprojekt SiMoN - Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingraben, das von der Goethe Universität Frankfurt im Verbund mit dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) durchgeführt wird, geht es um das Verständnis natürlicher Seismizität im Bereich des nördlichen Oberrheingrabens. Das Projekt, das vom BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) gefördert wird, erstreckt sich über einen Zeitraum von 3 Jahren mit Beginn ab Oktober 2011.

Die Tiefe Geothermie in Deutschland, besonders im Oberrheingraben, kann in Zukunft einen wichtigen Beitrag für die umweltbewahrende und regenerative Energieversorgung leisten. Allerdings gibt es noch großen Forschungs- und Entwicklungsbedarf beim Verständnis der damit verbundenen induzierten Seismizität.

Im Projekt SiMoN geht unter anderen um die Überwachung und Analyse induzierter Seismizität während der verschiedenen Phasen der Projektumsetzung (Bohrung, Reservoirtests, Betrieb). Die induzierte Seismizität soll dabei möglichst gering gehalten werden. Detaillierte Kenntnisse der natürlichen Seismizität bilden die Voraussetzung um Rückschlüsse auf aktive Störungszonen, ihre Bewegungsmechanismen und Spannungsverhältnisse im Untergrund zu ziehen. Diese Informationen sind notwendig zur Abschätzung der möglichen induzierten Seismizität.

Ergänzend zu einem obligatorischen, von den Bergbehörden geforderten seismischen Monitoring-System soll im Rahmen des Projekts schon vor der Ausführung der ersten Tiefbohrung ein gegenüber den vorhandenen Messnetzen wesentlich dichteres und höher auflösendes Monitoring-System installiert werden. Dieses System soll die Datengrundlage für die Analyse der geologischen,

tektonischen und hydraulischen Randbedingungen sowie deren Korrelation mit den grundlegenden Auslösemechanismen der Seismizität liefern.

Ein wichtiges Element bei dem Projekt SiMoN ist Bereitstellung der gewonnenen Daten für die Öffentlichkeit, was vom HLUG durchgeführt wird. Dabei werden seit Ende 2012 Tagesseismogramme, die alle 3 Minuten aktualisiert werden, der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt (www.simon.hlug.de).

Seismologie - SO-P.024 Poster

Überwachung der spürbaren Seismizität im Ruhrgebiet

Wehling-Benatelli S.¹, Fischer K.D.¹, Friederich W.¹

(1) Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

Im Ruhrgebiet werden durch den aktiven Bergbau Erdbeben induziert. Diese Seismizität ist ausschließlich anthropogen und kann zweifelsfrei dem Bergbau zugeordnet werden. Induzierte Ereignisse werden ausschließlich durch den anthropogenen Spannungseintrag ausgelöst, wohingegen man von getriggertem Seismizität spricht, wenn das natürlich Spannungsfeld Erdbeben auslösen kann, aber durch künstlich hervorgerufene Spannungen die erforderlichen Spannungen früher erreicht werden als durch natürliche Spannungsakkumulation. Im Ruhrgebiet tritt keine natürliche Seismizität auf, sodass hier ausschließlich von induzierter Seismizität ausgegangen wird.

Die hohe Bevölkerungsdichte im Ruhrgebiet in unmittelbarer Nähe zu den aktiven Abbaufeldern führt dazu, dass auch Ereignisse geringer Magnituden ab ungefähr $M_L \approx 1,2$ von der Bevölkerung wahrgenommen werden. Gelegentlich werden aber auch Ereignisse geringerer Magnitude wahrgenommen oder auch Ereignisse sehr viel größerer Magnitude nicht wahrgenommen. Daher soll die DIN 4150-2 "Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" Anwendung bei der Registrierung der induzierten Ereignisse finden. Basierend auf den DIN Vorschriften soll ein automatisiertes Verfahren zur Detektion von seismischen Ereignissen entwickelt werden, um alle spürbaren Erschütterungen unabhängig von der jeweiligen Magnitude zu erfassen.

Seismologie - SO-P.025 Poster

Assessing variations in antarctic icequake activity by using automatic classification techniques

Hammer C.¹, Ohrnberger M.¹, Schlindwein V.²

(1) Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

(2) Alfred Wegener Institute, Bremerhaven, Deutschland

Global warming causes significant mobility of glaciers of any size (e.g. rapid retreat, glacier surges). The large variety of seismic signals generated by these processes are connected with ice berg calving, basal sliding and fracturing of ice. Therefore, evaluating cryogenic seismic events (i.e. changes of their occurrence in space and time) allows to monitor glacier dynamics.

However, classical seismological trigger mechanisms (e.g. STA/LTA) are unable to discriminate between tectonic and cryogenic seismic event types. Furthermore, the manual classification carried out by an expert is impractical for processing large volumes of continuous data (e.g. several years of data). For that reason, we use a stochastic classifier called Hidden Markov Models to automatically recognize different seismic signal classes in order to contribute to a better understanding of cryogenic seismicity and its seasonal and decadal variations in Antarctica. We analyse data recorded at the Neumayer seismic network. Due to the lack of a general classification scheme for cryogenic seismic events observed at the Neumayer stations an intensive study of different types of cryogenic seismic events, their origin and their appearance in the seismogram is required first. The automatic classification can then be started from scratch as soon as interesting events are identified. Our approach allows to learn classifier properties from a single waveform example and some hours of background recording. Hence, neither the tedious process of collecting training samples nor a time-consuming configuration of the classifier is required. Therefore, we minimize problems caused by the missing categorization scheme grown from longstanding expert knowledge. We are able to identify three regions of clustered seismicity around the Neumayer network manually. Based on this categorization we construct a classifier from corresponding signal types and start the automatic classification process. The automatic scanning procedure shows a strong tidal dependence for seismic events of different backazimuthal regions. Supported by these results we associate the defined seismic signal types with different glacial phenomena. Providing the basis for the investigation of a larger data set we are confidently to detect seasonal and decadal changes in seismicity pattern in Antarctica in order to contribute to a better understanding of glacier dynamics and its embedding in the global warming context.

Seismologie - SO-P.026 Poster

An AR-AIC based cost function picker tested on 20 years of GRSN data

Olbert K.¹, Cristiano L.¹, Meier T.¹

(1) Institute for Geophysics, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland

For rapid determination of earthquake locations as well as for consistent processing of large data sets robust and precise automated readings of arrival times including quality estimations are needed. A number of automated picking algorithms have been proposed since the 70s that are working either in the time-, space-, and/or frequency domains. In this work, a combined time domain approach is described and applied to teleseismic data recorded at the German Regional Seismological Network (GRSN). The combination includes a characteristic function based on autoregressive prediction errors (Küperkoch, 2010, Küperkoch et al., 2012) as well as further waveform attributes. A procedure for automated picking of an earliest, most likely, and latest possible pick as suggested by Diehl et al. (2009) for manual picking is proposed. The AIC criterion yields the latest possible pick. Whereas, cost functions are defined in order to determine an earliest and most likely pick. The proposed algorithm is applied on 20 years GRSN data. In total 12575 P-phases and 15364 S-phases of 33 different stations of GRSN, Gräfenberg array and GERES array are analyzed. The events are chosen with a distance-magnitude threshold to avoid too weak events as well as source-function-interference in the waveforms to the station. To isolate S-phases only events with an epicenter distance between 20° and 80° are selected. P-phases are chosen of events between 10° and 100° epicenter distance to the station. These phases are accessed by a filtered and tapered dominant period-based timewindow around the theoretical onset. The received picks are verified by a quality assessment based on signal-to-noise ratios and slopes of the CF (Lee et al., 2011), the residual time between most likely- and earliest- and latest possible pick and the comparison with a manual picks catalogue of the BGR as well as theoretical onset times.

Seismologie - SO-P.027 Poster

Detecting P and S arrivals of lunar deepquakes with polarization filters

Bätzel M.¹, Hempel S.¹, Knapmeyer M.², Thomas C.¹, Oberst J.²

(1) Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Deutschland

(2) Institut für Planetenforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin, Deutschland

Lunar deepquakes provide means to image the interior of the Earth's moon. They occur in depths between 700 and 1300 km. Events of one cluster originate in the same region and have similar waveforms. For each cluster compressional (P) and shear (S) wave arrivals are detected on the four available seismometers, which were deployed by Apollo astronauts on the lunar nearside as an equidistant triangular network design with approximately 1000 km spacing. Only 53 of 316 clusters can be located with a small uncertainty because enough arrivals are detected. The location scheme LOCSMITH by Knapmeyer (2008) calculates all possible hypocenters of a cluster for a given set of arrival time windows. Depending on the number of arrival time windows a seismic source location is determined as a set of possible solutions with a distinctive shape and its source location uncertainty as the size of the set of possible solutions. The more arrivals can be found, the smaller is the set of possible solutions. In this study we look for additional arrivals using a polarization filter and aim to reduce the source location uncertainty. For two shapes of sets of possible solutions, which look like a banana or a cone, only one additional arrival has to be found to reduce the source location uncertainty significantly (Hempel et al., 2012). We examine all 53 clusters of one of these two shapes. Jarosch (1977) used polarization filters to process lunar seismic data in order to look for reflected seismic phases. We use the polarization filters to find additional P or S wave arrivals in unstacked data. The polarization filter enhances coherent and rectilinear polarized waves. Of the 53 clusters we processed using polarization filters, 49 returned no additional arrival times. But we find two additional phases for banana shaped clusters A005 and A204.

Knapmeyer, M. (2008) Location of seismic events using inaccurate data from very sparse networks, GJI 175, 975-991.

Hempel, S., Knapmeyer, M., Jonkers, A.R.T., Oberst, J. (2012), Uncertainty of Apollo deep moonquake locations and implications for future network designs, Icarus, 220, 971-980.

Jarosch, H.S. (1977) The use of surface reflections in lunar seismograms, BSSA, 67, 1647-1659.

Seismologie - SO-P.028 Poster

Identification of response and timing issues at permanent European broadband stations from automated data analysis

Weidle C.¹, Soomro R.A.¹, Cristiano L.¹, Meier T.¹

(1) Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Inst. f. Geowissenschaften, Kiel, Deutschland

To tackle the ever increasing amount of available broadband seismic data from European network providers for routine analysis, manual data processing and retrieval of certain observables (e.g. dispersive traveltimes, polarisation parameters) needs to be replaced by automated processing tools. We developed an automated routine to measure inter-station phase velocity curves of fundamental mode Rayleigh and Love waves by pairwise cross-correlating seismograms from all available permanent stations in Central and Northern Europe. Making use of path-specific reference models based on CRUST2.0, only three parameters that control the acceptable bandwidth of a given observation are required for our automated routine to identify and pick acceptable dispersion curves. As the measurements are based on the phase difference of the waveforms at two stations, the measurements are 2PI ambiguous and we select the solution that is in general closest to our reference curve.

While applying this routine to the entire dataset, we observe at some stations systematic deviations from the expected measurement which may not be related to wave propagation effects. These include timing and response information issues, of the latter most prominently polarity switches. As we compare wavefields that propagate in both directions between two stations, both these effects lead to a distinct deviative pattern in the measurements. A polarity problem at one station, for example, leads to dispersion measurements that are offset from the reference curve with a PI offset instead of the expected 2PI. Timing issues on the other hand lead to symmetric deviations (for the two propagation directions) that are in general smaller than PI. Statistical analysis of our measurements against the expected dispersion curves from our reference models allows us to construct a map of anomalous stations in Europe. Furthermore, we have also indications that some instruments may not only have phase but also amplitude issues.

Seismologie - SO-P.029 Poster

Feldexperiment zur automatischen Ereignisdetektion am Geothermieprojekt in Insheim

Bischoff M.¹, Vasterling M.², Hanneken M.², Keyser M.², Wegler U.²

(1) BGR, jetzt LBEG, Hannover, Deutschland

(2) BGR, Hannover, Deutschland

Induzierte Seismizität durch die Nutzung tiefer Geothermie führt zu Akzeptanzverlusten dieser Technik, wenn Ereignisse von der Bevölkerung verspürt werden. Darüber hinaus muss die seismische Gefährdung dann neu bewertet werden. In dem vom BMU geförderten Verbundprojekt MAGS werden Konzepte zur Begrenzung der Mikroseismizität geothermischer Systeme erarbeitet. Der Beitrag unseres Einzelprojekts ist die Entwicklung einer Echtzeitauswertung. Die Ereignisdetektion basiert dabei auf einer Mustererkennung, bei der die aktuellen Seismogramme in Echtzeit mit den Wellenformen bekannter Ereignisse verglichen werden. Die Kreuzkorrelationsfunktion ist ein Maß für die Ähnlichkeit. Hohe Werte werden als mögliches Ereignis interpretiert und es erfolgt eine Detektion.

Für den Test der automatischen Auswertung sind zwei Feldexperimente vorgesehen. Das erste Feldexperiment war die seismische Überwachung des Geothermieprojekts GeneSys der BGR im Frühjahr 2011. Diese hat gezeigt, dass eine hydraulische Stimulation in den Sedimentgesteinen des Norddeutschen Beckens erfolgreich durchgeführt werden kann, ohne dass seismische Ereignisse oberflächennah registriert wurden. Die Detektionsschwelle bei $M_w -0.5$ belegt, dass keine stärkeren Ereignisse induziert wurden.

Das zweite Feldexperiment mit acht mobilen Echtzeit-Stationen wird seit September 2012 am Geothermieprojekt Insheim im Oberrheingraben durchgeführt. Induzierte Ereignisse traten zuvor vor allem im benachbarten Landau auf. Durch das KIT und die BESTEC GmbH werden dort bereits seismische Netzwerke betrieben, um die Seismizität mittels genauer Lokalisierungen und die Bestimmung von Herdmechanismen detailliert zu untersuchen. Durch unsere mobilen Stationen konnte das bestehende Netzwerk sinnvoll ergänzt werden, so dass eine verbesserte azimutale Abdeckung für seismische Ereignisse am Standort Insheim erreicht wurde. Die mobilen Stationen sind mit Seismometern vom Typ Lennartz LE3Dlite (1 Hz) und Digitalisierern vom Typ Quanterra Q330S+ ausgestattet. Die Aufzeichnung erfolgt mit 200 Hz. Für die Datenübertragung werden neueste Router verwendet, damit der Übertragungsstandard LTE getestet werden kann. Die Daten werden in Echtzeit in das Datenzentrum der BGR übertragen und sind über Seedlink frei verfügbar (Seedlink-Server: 193.174.161.30:18000). Die Funkverbindung wird ebenfalls zur Fernwartung der Stationen genutzt. Die beiden Feldexperimente und bisherige Ergebnisse werden vorgestellt.

Seismologie - SO-P.030 Poster

Registrierung teleseismischer Ereignisse mit dem am GFZ Potsdam entwickelten DATA-CUBE³ und 4.5Hz-Geophonen sowie Betrachtungen zum instrumentell bedingten Signal-Rausch-Verhältnis

Jäckel K.-H.¹, Stiller M.¹, Ryberg T.¹, Haberland C.¹

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam, Deutschland

Am GFZ Potsdam wurde der autonome Recorder DATA-CUBE³ schwerpunktmäßig für die aktive Seismik entwickelt. Das Ziel war ein kompaktes und kostengünstiges Gerät, das über GPS-Zeit verfügt und einen besonders niedrigen Stromverbrauch bei gleichzeitiger kontinuierlicher Aufzeichnung haben sollte (14 Tage Laufzeit mit 2 Monozellen).

Da die Aufzeichnung grundsätzlich kontinuierlich erfolgt, wurden bei verschiedenen aktiven seismischen Experimenten auch regionale und teleseismische Ereignisse registriert. Dabei zeigt sich, dass trotz der Verwendung von 4.5Hz-Geophonen nach entsprechender Restitution und Filterung eine beachtliche Datenqualität zu beobachten ist, bedingt durch die integrierten programmierbaren Vorverstärker, die durch einen Chopper-Modus auch noch bei tiefen Frequenzen sehr rauscharm sind. Das instrumentell bedingte Signal-Rausch-Verhältnis wird quantitativ anhand der Kennwerte von DATA-CUBE³ und Sensor analysiert und mit realen Daten verglichen, die durch mehrmonatige parallele Aufzeichnungen zum Breitbandseismometer an der Station RUE gewonnen wurden.

Seismologie - SO-P.031 Poster

Untersuchungen der Nichtlinearität von Geophonen und mögliche Fehler bei der quantitativen Auswertung seismischer Daten

Jäckel K.-H.¹, Bosdorf M.¹

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam, Deutschland

Geophone werden weithin als seismische Sensoren genutzt. Ihre Nichtlinearität entsprechend Herstellerangaben liegt meist deutlich unter 1%. Bei genauerer Betrachtung werden diese Werte jedoch bei recht kleinen Auslenkungen der seismischen Masse gemessen (ca. 100µm). Gleichzeitig werben viele Hersteller mit einem großen Hub zwischen Spule und Gehäuse von 4mm (Peak-Peak) und mehr. Nutzt man diesen Hub aus, können große Nichtlinearitäten mit allen Effekten, die damit verbunden sind, auftreten. Direkt oder indirekt kann es frequenzabhängig zu großen Fehlern in der Signalamplitude kommen, was besonders bei 3-komponentiger Auswertung zu Fehlinterpretationen führen kann und auch mit kalibrierten Sensoren quantitativ höherwertige Messungen meist unmöglich macht. Im Detail wurden Geophone vom Typ Sensor SM-6 (4.5Hz) und Mark Products L-4 (1Hz) untersucht.

Seismologie -SO-P.032 Poster

New version 2013a of Seismic Handler

Walther M.¹, Stammer K.¹

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

The Seismic Handler package is a widely used software for seismological processing and observatory purposes. Unique features are sophisticated array processing methods, extensibility by attaching external programs and plug-ins and easy usage of continuous waveform data.

Expanding digital seismic networks offer new possibilities for scientific research and require more software features. In the last years Seismic Handler was further developed to meet the needs of the seismological community. The new version of Seismic Handler includes a new formula for Wood-Anderson magnitude estimation according to IASPEI recommendations. On our poster we'll discuss the notable differences in comparison to the classical method.

We also present the upcoming release of SHX - Seismic Handler eXtended. It was re-implemented using the python programming language. It includes all features of SH plus additional attributes for graphical user interface, power spectral density calculation, meta-data handling and more.

Seismologie - SO-P.033 Poster

Lokale Seismizität in Sachsen - Schwarmbeben und (magmatische?) Fluide

Funke S.¹, Korn M.², Wendt S.²

(1) Uni Leipzig/TU BA Freiberg, Geophysik, Leipzig/Freiberg, Deutschland

(2) Uni Leipzig, Geophysik, Leipzig, Deutschland

Seit 2000 beobachtet die Universität Leipzig mit einem lokalen seismischen Beobachtungsnetz die lokale Seismizität in W-Sachsen. Daneben sind weitere Stationen anderer lokaler (W-Böhmen, Thüringen, Bayern) und regionaler seismischer Netze (Deutschland, Tschechien) verfügbar. Die Empfindlichkeit dieser Netze erlaubt, mikroseismische Ereignisse mit Magnituden unter Null zu erfassen. Die Seismizität konzentriert sich vor allem in der Herdregion von Nový Kostel und Luby (CZ) und tritt besonders dort schwarmweise auf. Die Epizentrenkarte der Region zeigt jedoch ein mehr oder weniger dichtes Band von Seismizität, das von NO-Bayern (Oberpfalz) im Süden über W-Böhmen/Vogtland, Zwickau, Gera, Altenburg und Zeitz bis nach Leipzig im Norden reicht. In die Umgebung von Gera tritt die größte seismischen Gefährdung auf; sie ist der Gefährdungszone 2 von drei möglichen Zonen der deutschen Baunorm eingeordnet.

Der Schwarmcharakter der Seismizität nimmt mit dem Abstand von der Region W-Böhmen/Vogtland ab, ist aber klar erkennbar bis Marktredwitz im Süden und Zwickau/Werdau im Norden. Zwischen den Regionen mit und ohne Schwarmbeben gibt es keine klare Grenze. Neben den prominenten Schwärmen des Herdgebietes von Nový Kostel/Luby beobachten wir kleinere Schwärme bei Bad Brambach (2011) und Zwickau/Werdau (2006). Der Schwarm von Bad Brambach umfasst etwa 150 Beben während weniger Tage. Nach einer Relativlokalisierung zeigt die Punktwolke der Erdbebenherde eine laterale Ausdehnung von ± 200 m in N-S-Richtung und ± 400

m in E-W-Richtung; die vertikale Ausdehnung beträgt ± 600 m relativ zum Schwerpunkt der Punktwolke in einer Tiefe von ca. 10 km.

Ergebnisse anderer Forschergruppen belegen eine Aufwölbung der Asthenosphäre unterhalb W-Böhmen/Vogtland und die Herkunft der dort beobachteten Entgasung mehr oder weniger direkt aus dem oberen Mantel. Ein deutlicher Zusammenhang besteht zwischen dem Aufsteigen von Fluiden und den Schwarmbeben. Anscheinend sind Fluide wichtig für das Auslösen dieser Erdbeben. Die Migration der Erdbebenherde während eines Schwarms könnte die Aufstiegswege der Fluide zeigen. Andererseits sind die Entgasungsstellen an der Oberfläche meistens von den Epizentren der Erdbeben separiert. Trotzdem reagiert das oberflächennahe Grundwassersystem auf Seismizität, und Schwankungen des Grundwasserstandes wurden in Bad Brambach vor Erdbebenschwämen wiederholt beobachtet.

Seismologie - SO-P.034 Poster

Der neue Hessische Erdbebendienst (HED)

Kracht M.¹

(1) Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, Deutschland

Im Jahr 2001 wurde mit dem Aufbau des Hessischen Erdbebendienstes (HED) beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) begonnen (Baier B. et al., DGG Mittlg. 2/2003). Fünf Stationen sind bis Mitte 2002 installiert worden. In 2003 kamen 2 weitere dazu, die letzte im Jahr 2004. Bei dieser Technik (3-Komponenten Seismometern vom Typ Mark L4 mit einem 24-Bit-Wandler M24 der Fa. Lennartz, Datenübertragung auf einen PC mit 10 Gigabyte Festplatte und einem Zeitzeichen auf DCF-Signalbasis) konnten die Daten 6 Monate vorgehalten und über Telefon (ISDN-Anschlüsse) zur Auswertung abgerufen werden. Die mit 100 Hz abgetasteten Daten wurden mit der Software SeisComp2.1 gespeichert und verwaltet. Die Lokalereignisse wurden mit dem "Data Request Manager" heruntergeladen und mit dem "Seismic Handler" analysiert. Im Laufe der Jahre gab es immer mehr Probleme mit der veralteten Technik, dass sich 2010 entschlossen wurde den Erdbebendienst neu zum Teil mit den alten Komponenten (Seismometer und Digitalisierer) aufzubauen.

In 2011 wurde die Software SeisComp3 zu Datenverwaltung und Auswertung beschafft, dass den Echtzeitbetrieb unterstützt. Im Laufe des Jahres 2012 wurden die 8 Stationen des HED auf Echtzeitbetrieb (online) umgestellt. Dabei wurden einige Stationen zum Teil aus technischen Gründen verlegt. In den Echtzeitbetrieb sind Erdbebenstationen eingebunden, die über Internet zur Verfügung stehen. In diesem Zusammenhang läuft auch ein Test eines Online-Datenaustausches mit dem Erdbebendienst Südwest. Eine automatisierte Ereignisbestimmung ist derzeit im Test installiert.

Die Daten der Hessischen Erdbebenstationen stehen jetzt auch der Öffentlichkeit in Form eines Tagesseismogramms auf der Internetseite des HLUG zur Verfügung (<http://www.hlug.de/start/geologie/erdbeben.html>). Auch hier ist eine Erweiterung des Internetangebotes geplant.

Seismologie - SO-P.035 Poster

Der seismische Katalog Hessen (SKHe2012)

Kracht M.¹

(1) Hess. Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, Deutschland

Für den seismischen Katalog Hessen (SKHe2012) wurden verschiedene, verfügbare Erdbebenkataloge und Ausarbeitungen zu Grunde gelegt. Das Stichdatum für den Katalog ist bisher der 31.12.2011. Sofern weitere Kataloge, die für Hessen relevant sind noch zur Verfügung gestellt werden können, werden diese aufgenommen. Der seismischen Katalog Hessen (SKHe2012) wird auch in Zukunft fortgeschrieben und ist damit als Zwischenstand zu sehen. Für die Herangehensweise einen seismischen Katalog für Hessen zu erstellen, wurde im Wesentlichen der Methodologie des Schweizer Erdbebenkataloges ECOSD-09, Earthquake Catalogue of Switzerland, Release 2011 gefolgt (Fäh, D. et al, 2011). In dem Katalog werden 5 Zeiträume beschrieben. Dabei handelt es sich für den Zeitraum 800 bis 1700 um Daten, die aus Chroniken ermittelt wurden. Für den Zeitraum 1701 bis 1950 sind viele der älteren Ereignisse makroseismische Daten. Durch den aufkommenden Zeitungsdruck wurden wesentlich mehr Daten erhoben als in dem Zeitraum vorher. Seit Anfang des 20-Jahrhunderts wurden dann auch Erdbeben instrumentell aufgenommen, was bis 1950 wesentlich verbessert wurde. Das analog-instrumentelle Zeitalter wird hier für den Zeitraum 1951 bis 1975 gesehen. Das digital-instrumentelle Zeitalter wird nochmals unterteilt, was auch den Datenmengen geschuldet ist, in 1976 bis 1995 und 1996 bis 2011. Es wurde eine Priorisierung der einzelnen Erdbebenereignisse, wenn mehrere Ereignisse von unterschiedlichen Quellen aufgezeichnet wurden, durchgeführt. Die gewonnenen Daten werden aufbereitet und betrachtet.

Für Hessen wurden nur die Ereignisse innerhalb der Koordinaten 7°E - 11°E und 49°N - 52°N betrachtet. Eine 50 km-Umhüllende wurde um Hessen herum gelegt, um auch Erdbeben und die dazugehörigen Bereiche zu betrachten, die Auswirkungen auf Hessen haben können.

VU Vulkanologie**Vulkanologie - VU-1.001**

Volcanic eruption monitoring by thermal image correlation: pixel offsets show episodic dome growth of the Colima volcano

Walter T.¹

(1) GFZ, Potsdam, Deutschland

Estimating the magnitude of dome eruptions is one of the main challenges in volcano monitoring. Although modern monitoring networks are in place at many dome-building volcanoes, the type and occurrence of explosive activity and the scale of the eruptions are commonly estimated by visual inspection. Quantifying the deformation of dome-building volcanoes and the occurrence of explosions is highly valuable, not only for enabling the provision of early warnings but also for facilitating an understanding of the physics of explosive volcanoes, as demonstrated by this study of one of the most active volcanoes in Mexico. The Volcán de Colima is currently experiencing a phase of viscous dome growth, which is associated with daily episodic "Vulcanian" eruptions and rock falls. Little is known about the dynamics of this dome, its growth rates or the scale of the associated explosions. We present the results from an analysis of nighttime time-lapse infrared images and compare these data with local seismic amplitude recordings. For detected digital image correlation, we track temperature features in infrared images. Images taken before and after the explosions reveal the location of the hot dome to be subject to significant and systematic lateral pixel offsets. Dome deformation is shown to occur intermittently every 3-4 hours, with lateral displacements exceeding 0.3 m within periods of less than 120 seconds. Only the thermally elevated regions of the western dome, which may represent a coulée-like flow, are displaced and are often, but not always, associated with seismic amplitude peaks. Therefore, our analysis of the infrared image correlation suggests the occurrence of aseismic dome-deformation episodes, thereby challenging the current understanding of dome growth and the appropriateness of commonly used volcano surveillance techniques.

Vulkanologie - VU-1.002

Multiscale deformation monitoring at Colima Volcano using camera observations and TerraSAR-X interferometry

Salzer J.¹, Walter T.², Legrand D.³, Breton M.⁴, Reyes G.⁴

(1) GFZ Potsdam, Potsdam, Deutschland, (2) GFZ Potsdam, Deutschland, (3) Department of Vulcanology, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, Mexiko, (4) Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima, Colima, Mexiko

Colima is one of the most active volcanoes in Mexico. Since the beginning of the most recent eruptive period in 1998, its activity has been characterised by repeated episodes of dome growth and collapse, leading to pyroclastic flows. The current dome at Colima began growing in 2007, but the steep slopes and explosive nature of the volcano limit the possibilities for monitoring it directly. However, measuring deformation in the region of the crater is important to determine the rate of the ongoing eruption and the stability of the dome. Since June 2011, the seismic and magmatic activity at Colima has decreased significantly and remained low ever since. The activity in the summit region has been recorded by a video monitoring system installed by the University of Colima volcano observatory. We have analysed the optical camera data obtained between February and June 2011 using spatial digital image correlation techniques. We show that the velocity of dome extrusion varies strongly on a daily basis, reaching up to 3m/day, and then systematically decreased over the following months. Deformation was barely above the detection threshold of 30cm/day in the weeks prior to June 21st, when a significant explosion occurred, removing part of the dome. Camera data recorded after this event does not show any displacements, possibly due to the low spatial resolution of the camera data. In order to analyse slower deformation processes, we have acquired TerraSAR-X data in spotlight mode for ascending and descending tracks over Colima, obtaining a high spatial resolution of up to 2 m, and a temporal resolution of up to 11 days. In combination with a high resolution digital elevation model, the InSAR data allow the detection of modifications of the dome at a resolution that is two orders of magnitude below the detection threshold of the cameras.

The different temporal and spatial scales of deformation detectable by camera and radar monitoring (metre to centimetre, respectively), highlight the benefit of combining these methods to observe the full range of activities at Colima. The results reveal that explosions may occur suddenly after a period of declined dome growth.

Vulkanologie - VU-1.003

The onset and evolution of pit crater collapse: insights from Pu'u O'o, Hawaii, in 2011
Holohan E.¹, Walter T.¹, Schoepfer M.², Walsh J.³, Orr T.⁴, Poland M.⁴

(1) GFZ Potsdam, Sektion 2.1, Potsdam, Deutschland

(2) Department for Geodynamics and Sedimentology, University of Vienna, A-1090 Vienna, Österreich

(3) School of Geological Sciences, University College Dublin, Dublin, Irland

(4) Hawaii Volcano Observatory, United States Geological Survey, Hawaii National Park, Vereinigte Staaten von Amerika

Deformation is often obscured at active vents. In such very-near-field settings, the onset and evolution of high-strain deformation processes, such as crater collapse, are particularly ill-constrained. On March 2011, time-lapse cameras deployed at the highly-active Pu'u O'o crater, Hawaii, imaged a major collapse in unprecedented spatio-temporal detail. We analyzed these images with Digital Image Correlation (DIC) techniques to yield a semi-quantitative (pixel-unit) description of the collapse's structural development and associated surface displacements. We then ran numerical pit-crater collapse simulations based on the 2D Distinct Element Method (DEM) to examine how geometric and mechanical factors may influence such observations. The time-lapse images reveal initial stability during lava drain-back, followed by broad sagging of the crater floor, and then collapse controlled by two ring faults. The structural development and surface displacement patterns are best reproduced in DEM models with a shallow, vertically-elongated magma reservoir, and/or with a host-rock that is reasonably strong at depth. This highlights how new tools like DIC techniques and DEM models can help unravel physical processes at active volcanoes.

VU Vulkanologie Poster

Vulkanologie - VU-P.001 Poster

Geophysical and geological survey of the inner and outer structure of the Mytina maar, western Eger Rift

Heinicke J.¹, Flechsig C.¹, Kämpf H.², Mrlina J.³, Nickschick T.², Seidel E.¹, Schmidt A.¹

(1) Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie, Leipzig, Deutschland

(2) GeoForschungsZentrum, Sektion 4.3, Potsdam, Deutschland

(3) Institute of Geophysics ASCR, Prag, Tschechische Republik

Mytina maar located southwest of the Cheb Basin (Eger Rift) at the Czech-German border is the youngest Quaternary maar at the Bohemian Massif. Comprehensive geophysical investigations of electrical resistivity tomography, gravimetry, magnetometry and seismic methods were accomplished. The results obtained together with a field geology revision and additional geological data from seven drill cores up to 9 m depth; provide a detailed picture of the structure this maar-diatrem volcano, the post-eruptive maar infill sequence and the eruptiva distribution in the surroundings. Geophysical and geological data show the following features:

(1) Anomalies in the geoelectric tomography and magnetic survey indicate cone shaped substructures around the maar Mytina whereby normal faults as radial structures were created.

(2) A broad structure of tuff/tephra filled depression identified by geophysical profiles and outcropped by 3 drills confirms a NW-SE striking of the Tachov fault zone between both Mytina maar and Zelezná hora scoria cone.

(3) The deposition of tuff at the base and tephra at the top is proved in some cases by geoelectrical tomography and magnetic survey also in comparison to local drill sites and one trench. So the palaeovolcanic crisis with different phreatomagmatic eruptions affected an area of about 6 km² with pyroclastic deposits of different thickness.

(4) The distribution of eruptive of possibly phreatic origin ca. 1 km north of the maar proved by one drill core and field geology revision gives a preliminary assumption for palaeovolcanic pyroclastic flow deposits.

Vulkanologie - VU-P.002 Poster

Investigations on the origin of the magnetic anomalies at the Ebersbrunn diatreme (W Saxony, Germany)

Schmidt A.¹, Nowaczyk N.², Kämpf H.²

(1) Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Deutschland

(2) GFZ Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Deutschland

The Ebersbrunn diatreme is located 10 km SW of Zwickau, western Saxony. It is a deeply eroded diatreme structure and has a diameter of about 1.2 km. This gives us the chance to investigate a deeper section of a partly eroded diatreme what may reveal insights into processes during the maar diatreme formation. In the 1960's the Ebersbrunn diatreme was detected as a magnetic anomaly by the former VEB Geophysik Leipzig. Later studies revealed a complex composition of positive and negative magnetic anomalies. A densification of the measuring points in 2011 brought a better localization of the magnetic anomalies. Our investigations aim to explain the origin of well-defined positive and negative magnetic anomalies. To identify the possible causes for the single magnetic anomalies rock magnetic studies were performed on 3 drill cores. The cores cover two magnetic maxima and one magnetic minimum and are therefore well-suited for our investigations. The studies include bulk susceptibility and its anisotropy, temperature dependent susceptibility, various remanence measurements (NRM, ARM and IRM) and alternating field demagnetization. Additionally scanning electron microscope (SEM) imaging and energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) were performed for a better characterization of the magnetic minerals.

The magnetic anomalies represent diverse environments within the diatreme. They have different proportions of magmatic material and therefore different concentrations of magnetic minerals. Further, different mineralogical groupings and grain sizes play an important role. Hydrothermal overprinting also influences the magnetic signal. Samples from the positive magnetic anomalies have a relative high degree of anisotropy, but no preferred orientation of one of the principal axes can be seen. The positive anomalies are interpreted as the feeder conduit(s). The negative magnetic anomaly has a sedimentary-, compaction-like magnetic fabric but without a visible bedding. It seems to be part of the marginal area of the lower unbedded diatreme outside of the feeder conduits.

Vulkanologie - VU-P.003 Poster

Characterisation of the Tachov-Fault (NW-Bohemia) with seismic and geoelectric methods

Seidel E.¹, Flechsig C.², Schuck A.³, Heinicke J.²

(1) Institut für Geographie und Geologie, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald, Deutschland

(2) Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig, Deutschland

(3) GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, Deutschland

The Tachov-Fault represents the southwestern boundary of the Cheb-Domazlice Graben and combines three volcanic units: the Zelezna hurka and Komorni hurka scoria cones and the Mytina maar. The occurrence of the Tachov-Fault within the investigated area between the Mytina maar and the Zelezna hurka scoria cone next to the German/Czech border is nearly unknown. A NNW-SSE trending valley next to the NW border of the maar which is marked by quartz vein structures could be related to this trench.

We ran seismic and geoelectric investigations along two profiles between the Mytina maar and Zelezna hurka scoria cone to localize the Tachov-Fault and characterize its tectonic features. The SW-NE profile TS-1/P-8 had a length of about 700 m and crossed orthogonally the proposed Tachov-Fault. The second profile TS-2/P-21 with a length of about 200 m was run to clarify the genesis of the faults at the surface. The first break travel times of the seismic data were inverted to get a 2D velocity field. For the geoelectric measurement the Wenner- α - and Wenner- β -configuration were used and the pseudosections were inverted to get a 2D resistivity field. Because the seismic and geoelectric profiles had the same position and orientation it was possible to compare and interpret them directly. For the interpretation of the lithological settings borehole profiles from the surrounding area were used.

The results of the seismic velocity and the specific electrical resistivity of the profile TS-1/P-8 showed a basin, flanked by stepwise faults and part of the Tachov-Fault. In addition the refraction tomography results of the profile TS-2/P-21 showed evidence of gravitational mass-movements. Furthermore using additional geoelectric profiles a working model of the Tachov-Fault system between the studied volcanic units was created. We found two possible interpretations: 1. The basin shows a remnant negative flower structure of a pull-apart basin, or 2. since a valley is located next to the Mytina maar the basin could also be a part of a longer graben structure.

Vulkanologie - VU-P.004 Poster

The probability of future plinian eruptions at the Central American Volcanic Arc: a statistical time series analysis

Wehrmann H.¹, Dzierma Y.^{2,3}, Kutterolf S.¹, Schaller T.³

(1) SFB574, GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Deutschland

(2) Dep. Radiation Oncology, University Medical Centre, Homburg/Saar, Deutschland

(3) Institute of Geosciences, Geophysics, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Deutschland

Plinian eruptions belong to the most devastating types of volcanic activity. Assessing such hazard involves estimating how strongly a particular area will be affected by an eruption, combined with the question of how likely it is that an eruption will occur. The first issue is approached by determining the typical eruption behaviour in terms of eruption styles, magnitudes, and intensities. The second aspect requires to examine the temporal characteristics of the eruption sequence, which can be achieved by statistical time series analysis. This provides a powerful tool for meeting the growing demand for probabilistic eruption forecasting.

The Central American Volcanic Arc (CAVA) has been site of numerous highly explosive plinian eruptions over the past 200 000 years. We here process the long-term plinian eruption record of the subduction system by statistical means, considering felsic and mafic eruption sequences separately. After ensuring that the necessary conditions for the analysis are fulfilled, the Kaplan-Meier method is applied to estimate survival functions. Exponential, Weibull, and log-logistic distribution are fit to the data. All functions are confirmed by goodness-of-fit tests to describe the data sets adequately well. Future eruption probabilities within a given time interval are then estimated from the survivor functions. The likelihood that a felsic plinian eruption will occur at the CAVA within the next ~100 years is 5-8 %, and the 50 % probability is reached within ~1300 years. Mafic plinian eruptions are less likely to occur, their probability to happen within ~100 years amounts to 1 %, while the 50 % probability is reached in ~6,000 years. Compared to the felsic plinian eruptions, this latter result may seem relatively reassuring - but compared to a worldwide record where mafic plinian eruptions are extremely scarce, it is a high probability. As an unusually common phenomenon at the CAVA, we emphasise the importance to consider mafic plinian eruptions in comprehensive volcanic hazard assessment.

Autorenverzeichnis

(fett = Erstautor)

A

Abdybachaev, U. SO-7-004
 Acarel, D. **SO-P-004**
 Achauer, U. **PV-0-003**
 Acocella, V. MI-1-003
 Adrian, J. **GE-P-011**
 Afanasjew, M. S1-2-002, S1-2-003, S1-2-004
S1-P-007, EM-P-004
 Agemar, T. GT-1-001
 Aktar, M. SO-4-005
 al Hagrey, S.A. S1-8-002
 Albers, W. **S2-P-017, S2-P-018**
 Alexandrakis, C. **SO-3-003, GD-P-001**
 Allroggen, N. **S2-1-005**
 AlSabbagh, S. **GE-P-010**
 Altdorff, D. **S2-1-003**
 Altefroehne, C. S2-P-019
 Altenbrunn, K. **GR-P-001**
 Alvers, M.R. **MI-2-001**
 Amro, M.M. GT-P-001
 Anderson, L. BL-1-002
 Andree, W. EX-P-001
 Anthymidis, M. S1-P-015
 Apoloner, M.-T. **SO-P-013**
 Arlt, T. MG-P-006
 Auras, M. S1-6-005
 Auster, H.-U. MA-P-004

B

Bagge, M. **MG-2-003, SE-P-003**
 Bairlein, K. **GE-P-001**
 Ballhause, T. **S2-P-019**
 Barckhausen, U. MG-2-003, MG-P-001
 MG-P-002
 Barrio-Alvers, L. S1-2-003, MI-2-001
 Barthelmes, F. GR-P-003
 Bartsch, C. **MG-P-002**
 Bauer, K. **S1-9-003, SE-3-002, SO-3-001**
 SO-6-003
 Baumann, T. **GD-1-001**
 Baumann-Wilke, M. **SE-3-002**
 Becken, M. S1-2-002, EM-2-002, **S1-P-019**
 S3-P-007
 Becker, D. SO-4-001
 Becker, K. **S1-P-017**
 Behrens, T. S2-P-007
 Beilecke, T. **SE-P-011**
 Ben-Zion, Y. SO-P-005

Bergers, R. S1-5-001, S1-5-002, EM-3-005
 Bergmann, P. GE-P-015
 Berthold, S. **S2-P-010, S3-P-015, GE-P-008**
 Bianchi, I. SO-P-003
 Bikowski, J. EM-3-001
 Bilgili, F. S1-6-004, S1-6-005, S1-P-009
 Bindi, D. S1-1-005
 Binot, F. GT-1-001, **S3-P-004**
EM-2-004
 Biolik, M. S1-7-003, **SO-1-002, SO-P-029**
 Bischoff, M. S3-P-009
 Blanke, A. **SO-7-002**
 Blascheck, P. **S1-9-001, SE-P-002**
 Bleibinhaus, F. EM-4-001, **EM-P-010**
 Blindow, N. **SO-5-002**
 Bloch, N.W. MG-1-003
 Block, M. S3-P-005
 Blum, J. S1-4-002, S1-6-001, S1-6-002
 Bohlen, T. S1-6-003, S1-0-001, MI-2-003, S1-P-020
 S3-P-028, SO-P-022
 Bohnhoff, M. SO-2-001, SO-2-002, SO-4-003
 SO-4-004, **SO-4-005, SO-P-004, SO-P-005**
 SO-P-006, SO-P-008
 Bokelmann, G. **S3-P-030, SO-P-003, SO-P-013**
 Bonjer, K.-P. S3-P-028
 Bosdorf, M. SO-P-031
 Bouman, J. GR-1-003
 Bradford, J. EM-3-004
 Brandes, C. S1-P-005, SE-P-003
 Brasse, H. EM-2-003, **S3-P-008**
 Brenner, O. S2-2-004
 BRETAUDEAU, F. S1-0-002
 Breton, M. VU-1-002
 Breuer, S. MG-1-003
 Brodic, B. **S2-P-008**
 Broggini, F. PV-0-002
 BROSSIER, R. S1-0-002
 Bruckmann, J. **S3-P-024**
 Brunner, M. GE-1-004
 Brüstle, A. **SO-P-009**
 Bubner, M. **SE-P-001**
 Backup, K. **BL-1-001**
 Budach, I. **EM-2-003**
 Buecker, C. **S3-P-003**
 Bulut, F. SO-2-002, SO-4-003, SO-4-005
 SO-P-004, SO-P-005, SO-P-008
 Bumberger, J. S2-4-004
 Buness, H. S2-P-016, SE-P-004
 Busch, S. **EM-3-003**

- Buschmann, U. EM-4-001
 Buske, S. S1-9-005, MI-1-004, SE-1-001
 SE-1-002, SE-1-003, SE-1-004, SE-2-001
 S1-P-020, S3-P-019, GD-P-001, SE-P-001
 SE-P-006, SE-P-007, SE-P-009, SE-P-013
 SE-P-014, SE-P-015
- Bätzel, M. **SO-P-027**
 Böniger, U. S1-P-013
 Bönemann, C. SO-4-001
 Bönemann, C. SO-1-002
 Börner, F. S2-2-002, S2-P-017, S2-P-018, S2-P-019
 S3-
- P-010
 Börner, J. **EM-1-003**
 Börner, R.-U. S1-2-002, S1-2-003, S1-2-004
 S1-7-001, S1-P-007, EM-P-004
 EM-P-005, EM-P-006, EM-P-007
 EM-P-016
 Börngen, M. S3-P-031
- C**
- Calo, M. SO-3-003
 Candansayar, M.E. GE-P-011
 Casassa, G. EM-P-010
 Cesca, S. **S1-3-003**, S1-7-003, S1-7-004
 SO-4-001, SO-7-001
 Charalampidou, E.-M. SO-2-002, SO-2-003
 Christen, S. S1-6-005
 Cirpka, O.A. S1-4-003, S1-8-001, MI-P-002
 Clauser, C. S3-P-024
 Cobden, L. SO-P-001
 Cochran, E. SO-P-017
 Cochran, E.S. SO-P-016
 Comina, C. S2-P-013
 Confal, J. S2-P-017, **S2-P-018**
 Cosma, C. SE-2-002
 Costabel, S. **S2-3-001**, **S2-P-012**
 Cristiano, L. S1-6-005, SO-7-005, SO-P-026
 SO-P-028
 Cukur, D. MG-2-005
 CÔTE, P. S1-0-002
- D**
- Dahm, T. S1-7-003, S1-7-004, **SO-3-004**,
 SO-4-001, SO-6-004, SO-7-001
 SO-P-010
 Damaske, D. MI-P-001
 Damci, E. MG-2-005
 Damm, V. MG-1-003, **S1-P-021**
 Daschner, F. S2-1-002
 De Nil, D. S1-0-004
 Debschütz, W. GE-2-003
 Deckert, H. SO-4-002
 Dehghani, A. **MG-P-003**
- Demuth, D. **S2-4-004**
 Denk, A. **EM-P-014**
 Diamantopoulos, E. GE-P-004
 Dietrich, P. S1-1-001, S1-4-001, S2-4-003
 S1-P-011, S1-P-012, S2-P-007
 S2-P-008, S2-P-013, S2-P-020
 S3-P-016, S3-P-017, EM-P-014
 GE-P-006, **GF-P-001**
 GT-1-002
 Dinske, C. **S2-3-002**
 Dlugosch, R. SO-P-001
 Dobson, D. **MA-P-003**
 Dorn, A. **S1-8-001**
 Doro, K. SO-2-001, SO-2-002, SO-2-003
 SO-4-003, SO-4-005, SO-P-008
 S2-P-004
 Drobe, M. **S1-6-003**
 Dunkl, S. S1-0-002
 DURAND, O. GE-P-004
 Durner, W. SO-P-011
 Dzieran, L. VU-P-004
 Dzierma, Y. EM-2-003
 Díaz, D. **S2-2-002**, S2-P-017, S2-P-018
- E**
- Ebbing, J. **GR-1-003**
 Eckhofer, F. S1-2-002
 Eckhofer, F. S1-7-001
 Egbert, G. EM-3-002
 Ehmann, S. **BL-1-002**, BL-1-003
 Ehrhardt, A. MG-2-001
 Eidner, M. AR-1-002
 Eiermann, M. S1-2-002, S1-2-004, S1-7-001
 S1-P-007, EM-P-004
 Eisermann, A. **MI-2-005**, **S2-P-002**, S3-P-027
 Eken, T. SO-4-005
 Eliseev, D. EX-1-002
 Eisen, R. S2-2-003, S2-2-004
 Endres, A.L. EM-3-003
 Engels, U. **MG-P-001**
 Ernst, O. S1-2-002
 Ernst, O. S1-2-004
 Ernst, O.G. S1-7-001, S1-P-007, EM-P-004
 Eroes, R. S1-5-002
 Eroess, R. S1-2-003
 Eröss, R. **S1-5-001**
 Esser, O. GE-1-003, S1-P-002, GE-P-002
- F**
- Fallahi, M.J. **SO-3-002**
 Fechner, T. S1-2-001, S1-4-001, **S1-P-016**
 Feger, K.-H. GE-P-006
 Felix-Henningsen, P. EM-P-011
 Fernandez, N. **GD-P-002**

- Feskova, T. S2-P-008
 Firmbach, L. S2-P-013
 Fischer, K.D. SO-P-024
 Fischer, P. GE-P-009
 Fischer, T. SO-3-004
 Flechsig, C. S2-3-005, GE-P-015, VU-P-001
 Flores, H. S1-1-004, S1-3-002
 Flores Orozco, A. GE-1-003
 Folesky, J. MI-2-004
 Forbriger, T. S1-6-001, S1-6-002, GR-1-001
 Forkmann, B. S1-P-009, S1-P-010
 Franke, D. EM-1-002
 Franke, D. MG-1-002, MG-2-004, S1-P-017
 Franke-Börner, A. EM-P-005
 Freund, K. S2-2-001
 Friederich, W. S1-3-001, SE-3-003, SO-P-009
 Frietsch, M. SO-P-024
 Fuchs, K. SO-P-014
 Fuchs, M. S3-P-028
 Funke, S. GR-1-003
 SO-P-033
- G**
- Gabriel, G. GT-1-001
 Gadoev, M. SO-7-004
 Gaebler, P. SO-P-015
 Galindo Guerreros, J. GT-1-002
 Gassenmeier, M. S1-3-002, S1-P-018
 Gaßner, L. SO-P-022
 Geiling, P. S3-P-018
 Georgiopoulou, A. MG-1-001, MG-2-002
 Gestermann, N. SO-1-002, SO-4-001
 Giese, R. S1-4-002, S1-9-005, S1-0-001
 Gil, M. BL-1-005, S1-P-020
 Giordano, N. SE-P-008
 Glaßmeier, K.-H. S2-P-013
 Glomb, V. S3-P-005, MA-P-004
 Goebel, T. SE-1-001
 Goepel, A. SO-2-002
 Goldman, M. SE-P-002
 Gorman, A. EM-1-004
 Gottschämmer, E. SE-1-001
 Gradmann, S. SO-P-017, SO-P-022
 Grau, T. GR-1-003
 Grayver, A. S2-P-007, S2-P-020
 Grigoli, F. S1-2-002, S1-P-004
 Grinat, M. SO-7-001
 Groos, J. GT-1-001, S3-P-004
 Groos, J.C. SO-1-001, SO-P-018, SO-P-021
 Groos, J.C. SO-P-014
 Groos, J.C. SO-P-019, SO-P-020
 Groos, L. S1-6-001, S1-6-002, S1-P-010
 Grosse, C. S2-P-021
- Großbach, H. GE-1-001
 Gruetzner, J. MG-1-002
 Grund, M. SO-1-001, SO-P-021
 Gruse, M. EM-P-012
 Gründig, M. S1-9-004
 Gummert, M. SO-6-001
 Gundelach, V. EM-4-001
 Gurk, M. EM-2-004, S3-P-025
 Gurk, M. GE-P-018, MA-P-003
 Gökdere Meydan, A.F. MG-2-005
 Götz, J. SE-2-002
 Götze, H.-J. GR-1-002
 Götze, H.-J. S1-2-003, S1-P-022, S3-P-001
 Günther, T. S2-3-002, EM-4-004, GE-2-004
 S2-P-012, EM-P-008, GE-P-014, GE-P-016
- H**
- Haaf, N. GE-P-018
 Haagmans, R. GR-1-003
 Haber, A. S2-P-011
 Haberland, C. SO-6-003, SO-7-004, SO-P-030
 Hachmöller, B. S2-P-001
 Haegel, F.-H. GE-P-002
 Hainzl, S. S1-7-004, SO-3-004
 Hammer, C. SO-P-025
 Hammerl, C. S3-1-001, S3-P-030
 Hanebuth, T. MG-1-001
 Hanneken, M. SO-P-029
 Hannemann, K. S1-1-003, S1-4-001, SO-6-004
 Hansen, U. S1-P-015, SO-P-010
 Haroon, A. S3-P-007
 Harrington, R. EM-1-004
 Harrington, R.M. SO-2-002, SO-P-017
 Hartmann, C. SO-P-016
 Hartsch, K. S2-2-001
 Hausmann, J. AR-1-002
 Heider, S. S1-1-001, S1-4-001, S1-P-011
 Heimann, S. S1-P-012, S1-P-014, S1-P-016
 Heinicke, B. S1-4-002, S1-0-001, S1-P-020
 Heinen, D. SO-5-003
 Heinicke, J. S1-0-003
 Helling, C. EX-1-002
 Hellmann, S. VU-P-001, VU-P-003
 Hellwig, O. S3-P-015
 Hempel, S. SO-5-001
 Henke, C. EM-1-002, MI-1-004, SE-1-002
 Herd, R. SE-1-003, SE-1-004, SE-P-007, SE-P-009
 Hermanns, H. SE-P-012, SE-P-013, SE-P-014, SE-P-015
 Herrera, R.H. SO-P-027
 S3-P-003
 S2-P-005
 S2-1-005
 SE-P-008

- Hese, F. S1-P-022, S2-P-016
Hesse, G. GT-P-001
Heyde, I. MG-1-003, S1-P-017, **GR-P-003**
Heyner, D. **EX-1-001**
Hilberg, S. S1-9-001
Hlousek, F. SE-1-003, **SE-1-004**, **SE-P-007**
SE-P-009, SE-P-013
Hobbs, R. S1-0-003
Hobiger, M. **SO-P-012**
Hock, S. **S1-4-002**, S1-0-001
Hofmeister, P. MA-P-004
Hohlfeld, T. S3-P-018
Holohan, E. **VU-1-003**
Homuth, B. **SO-4-002**, SO-P-023
Horn, M. **MG-1-004**
Horstmann, T. **SO-P-016**
Horálek, J. SO-3-004
Houben, T. GE-1-004
Hrubcová, P. SO-3-004
Hugenschmidt, J. **S2-4-001**, S2-4-002
Huisman, J. **S2-5-002**, S1-P-001
Huisman, J.A. EM-3-003, S1-P-002, GE-P-002
Huisman, J.A. S1-2-001, GE-1-003, GE-P-007
Huismann, S. EM-3-001
Hummel, N. **SO-1-003**, **SO-1-004**, **SO-1-005**
Husmann, H. GF-1-002
Häfner, R. **S3-P-027**
Hölz, S. EM-P-009
Hördt, A. BL-1-002, BL-1-003, S3-P-005
GE-P-001, GE-P-004, MA-P-004
Hübner, W. **BL-1-004**
- I**
- Ibragimov, I. S1-8-003
Ibragimova, E. **S1-8-003**
Ickrath, M. **SO-4-003**
Igel, J. EM-4-002, **EM-4-004**
Ippisch, O. MI-P-002
Ito, H. SO-P-008
Ivandić, M. SE-2-003
Ivanova, A. SE-P-008
- J**
- Jablonowski, N.D. GE-P-002
Jacobs, F. **S3-1-002**, **S3-P-031**
Jacoby, W. **S3-P-023**
Jahr, T. GR-P-002, GR-P-004, MI-P-001
Jakowski, N. EX-P-001
Jaksch, K. **BL-1-005**, S1-P-020
Janle, P. **S3-P-001**
Jegen, M. S1-0-003
Jegen-Kulcsar, M. EM-P-002
Jentzsch, G. MI-P-001
Jesse, F. EM-3-005
- Jetschny, S. S1-4-002, S1-0-001
Joswig, M. GF-1-001, MI-2-005, SO-7-002
SO-7-003, S2-P-002, S3-P-027, GE-P-017
Jozwiak, W. EM-P-001
Juhlin, C. SE-2-003, SE-P-008
- Junge, A. EM-1-001, EM-2-002, S3-P-014
GE-P-010, GE-P-012, GE-P-013
Just, A. **GE-P-015**
Jäckel, K.-H. **SO-P-030**, **SO-P-031**
- K**
- Kaiser, D. S1-7-004
Kapinos, G. **EM-P-002**
Karp, T. S3-P-021, S3-P-022
Kassab, M. GE-2-003
Kaus, B. GD-1-001, GD-1-002
Kaus, B.J. GD-P-002
Keller, T. **GD-1-002**
Kelter, M. **GE-P-007**
Kemna, A. **S1-2-001**, S1-9-002, GE-1-002
GE-1-003, S1-P-001, S1-P-002, S1-P-003
S3-P-026, GE-P-005, GE-P-007
Kenkel, J. **GE-1-002**
Keyser, M. SO-P-029
Kilic, T. SO-P-008
Kind, T. S2-P-015
Kirsch, R. S2-P-016
Kister, B. S2-4-001, **S2-4-002**
Klein, C. **S2-P-016**
Klein, O. **MI-P-002**
Kleinow, R. GE-1-004
Klemt, C. SE-P-001
Kley, J. GR-P-002
Klimke, J. **MG-2-001**
Klinge, K. **S3-P-029**
Klitzsch, N. S2-3-003, S2-3-004, **GE-1-004**
GE-2-001, S2-P-009, GE-P-003
Klotzsche, A. **EM-3-004**
Klump, J. S1-2-002
Knapmeyer, M. GF-1-002, SO-P-027
Kolditz, O. S2-P-013
Kopf, M. BL-1-005
Kopp, H. **MG-P-005**
Korn, M. S1-3-002, SO-3-001, SO-3-002
SO-3-004, S1-P-018, SO-P-015, SO-P-033
Kovacs, A. SE-1-001
Kracht, M. SO-4-002, **S3-P-013**, **SO-P-023**
SO-P-034, **SO-P-035**
Krastel, S. **MG-1-001**, MG-2-002, MG-2-005
SE-3-001
Krause, M. **SE-P-002**
Krauß, F. **S1-9-005**, **S1-9-005**, **S1-P-020**
S1-P-020

- Krawczyk, C. SE-P-005
 Krawczyk, C.M. **PV-0-001**, SE-2-002, GF-P-001
 SE-P-008, SE-P-011
 Krech, W. MA-P-001
 Kreck, M. S1-1-001
 Krompholz, R. S1-6-005
 Kröger, B. **S1-9-002**
 Krüger, F. S1-1-003, S1-4-001, SO-2-004
 SO-4-001, SO-5-003, SO-6-004, S1-P-014
S3-P-012, MG-P-006, **SO-P-010**
 Krüger, U. GE-1-004
 Kuhlmann, C. **MG-1-003**
 Kuhn, K. S2-P-004
 Kukowski, N. MA-P-001, MA-P-002, SE-P-002
 Kulenkampff, J. **S1-9-004**
 Kummerow, J. MI-2-004, SE-1-002, SO-5-002
 Kuntzer, M. EM-4-004
 Kurzmann, A. S1-6-003
 Kutterolf, S. VU-P-004
 Kværna, T. SO-6-002
 Kwiatek, G. SO-2-001, **SO-2-002**, **SO-2-003**
 SO-2-004
 Kämpf, H. GR-P-004, VU-P-001, VU-P-002
 Kögler, S. S2-P-007, S2-P-008
 Köhler, J. **EM-P-013**
 Köhler, M. S1-2-002
 Köhn, D. **S1-8-002**, **S1-0-004**, SE-P-014
 Köllner, F. S1-3-002, S1-6-002, **SE-P-010**
 Küperkoch, L. SO-P-006, SO-P-009
- L**
 Labitzke, T. GE-P-015
 Lambrecht, L. **SE-3-003**, SE-P-012
 Langenbruch, C. GT-1-002
 Lauer, K. EM-P-011
 Lay, M. **S2-P-005**
 Lebedev, S. SO-7-005
 Legrand, D. VU-1-002
 Lehr, J. MG-1-001
 Lenhardt, W. S3-P-030
 LEPAROUX, D. S1-0-002
 Lessing, S. **SO-P-001**
 Leven, C. S1-8-001
 Leven, M. BL-1-002, BL-1-003
 Lieb, V. GR-1-003
 Limbrock, K. S2-2-003
 Linden, A. GE-P-002
 Lindenfeld, M. SO-6-001
 Lindhorst, K. SE-3-001
 Linke, M. EM-1-002, **MI-1-004**
 Lippmann-Pipke, J. S1-9-004
 Liu, H. SO-5-004
 Loewer, M. **EM-4-002**
 Lokay, P. GE-1-004
- Lontsi, A. S1-4-001
 Lontsi, A.M. **S1-1-003**, **S1-P-014**, S1-P-015
 Lueth, S. S1-0-001
 Lutz, R. MG-2-004
 Läufer, A. MI-P-001
 Löwer, A. **EM-1-001**
 Lück, E. **S2-1-004**, S3-P-012
 Lüschen, E. **SE-1-005**
 Lüth, S. S1-4-002, SE-2-002, **SE-2-003**
 SE-P-008
- M**
 Maghsoudi, S. **S1-7-004**
 Mahatsente, R. S1-P-022
 Majchczack, B. AR-1-001
 Malecki, S. **EM-P-016**
 Malin, P. SO-P-008
 Malin, P.E. SO-4-005
 Mandrone, G. S2-P-013
 Mannschatz, T. **GE-P-006**
 Marke, S. GT-P-001
 Martin, R. S1-2-001, GE-1-003, **S1-P-003**
 Martin, T. **S2-P-004**
 Martini, E. **S2-P-007**, S2-P-008
 Martínez - Garzón, P. **SO-2-001**
 Maurer, H. **PV-0-004**, GE-P-014
 Mauritsen, E.S. AR-1-001
 May, D. GD-1-002
 Mechie, J. SO-7-004
 Medina, A. SE-P-008
 Meier, T. S1-6-004, **S1-6-005**, S1-7-003
 SO-7-005, S1-P-009, SO-P-009, SO-P-026
 SO-P-028
 Meise, A. S2-P-019
 Menzel, P. S1-2-003, **MI-1-001**, **S1-P-006**
 Meqbel, N. S1-2-002, **S1-7-002**
 Mester, A. EM-3-001, **EM-P-015**
 Meurers, B. S3-P-030
 Meyer, H.-G. MA-P-001, MA-P-002
 Meyer, M. MA-P-001, MA-P-002
 Meyer, U. **S1-2-003**, S1-5-004, S1-P-005,
 S1-P-008, S2-P-004, MA-P-002
 Mielentz, F. S2-P-014
 Miensopust, M. S1-5-004, **EM-P-003**
 Milkereit, C. SO-5-001
 Minaev, V. SO-7-004
 Mittag, R. **S3-P-020**
 Mohnke, O. S2-3-003, **S2-P-011**, GE-P-003
 Mokolke, G. SO-7-002
 Moorkamp, M. S1-0-003
 Mora Stock, C. **SO-P-011**
 Moritz, D. S1-5-001, **S1-5-002**, **GE-P-008**
 Mosca, I. **S1-6-004**, S1-6-005, **S1-P-009**
 Moser, D. **S2-P-021**

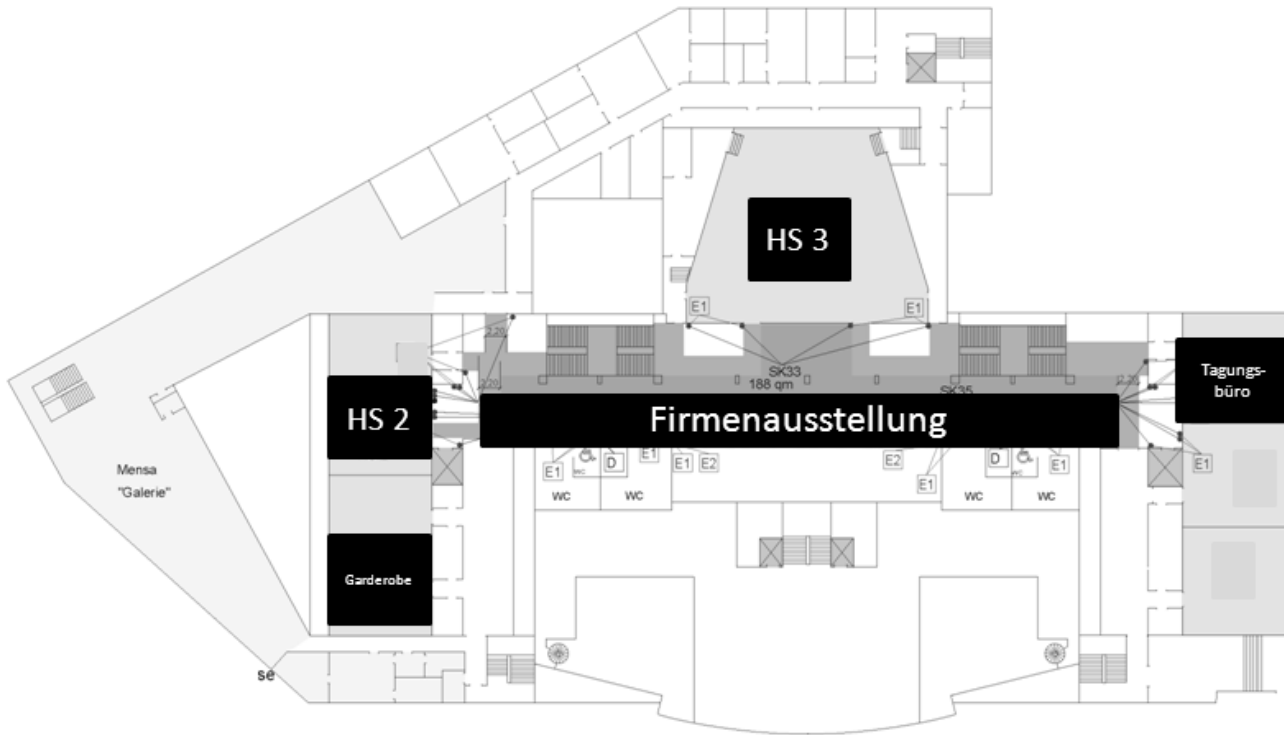
- Motz, F. **S3-P-009**
Mousavi, S.S. **SO-3-001**
Mrlina, J. VU-P-001
Mueller-Michaelis, A. **MG-P-004**
Muksin, M. S1-9-003, **SO-6-003**
Mullick, N. **SE-2-001**, GD-P-001
Musmann, P. SE-P-004
Muñoz, G. S1-9-003
Möller, M. **GE-2-005**
Müller, B. S3-P-028
Müller, C. BL-1-004
Müller, S. S1-3-002
Müller-Petke, M. S2-3-001, S2-3-002
- N**
- Nagel, K.A. GE-P-005
Nagel, M. **EM-1-002**
Najdahmadi, S. **SO-P-005**
Nakahara, H. SO-P-012
Negmatullaev, S. SO-7-004
Neska, A. **EM-P-001**
Neubauer, F.M. S3-P-025
Nickschick, T. VU-P-001
Nickschick, T. **GR-P-004**
Niederleithinger, E. S1-1-002, S1-3-002
Niehoff, D. S1-6-005
Niethammer, U. GF-1-001
Nikkhoo, M. **MI-1-003**
Nittinger, C. **EM-2-002**
Noack, M. **S2-1-001**
Noell, U. **S2-P-003**, S2-P-004, S2-P-012
Nordlund, C. **S2-3-003**
Nordsiek, S. GE-2-002, **GE-P-004**
Nowaczyk, N. VU-P-002
Nurlu, M. SO-P-008
Nüsch, A.-K. **S2-4-003**
- O**
- Oberender, T. **GR-P-002**
Oberröhrmann, M. **EM-4-003**
Oberst, J. SO-P-027
Ohrnberger, M. S1-1-003, S1-4-001, SO-4-001
S1-P-014, S1-P-015, S3-P-012, SO-P-025
Oimahmadov, I. SO-7-004
Olbert, K. **SO-P-026**
Olgemann, W. **S3-P-021**, **S3-P-022**
Orlowsky, D. S2-2-003, S2-2-004
Orr, T. VU-1-003
- P**
- Paasche, H. **S1-4-001**, S2-4-004, **MI-2-002**
S1-P-012, S1-P-013, S2-P-001
Papazachos, C. S1-P-015
- Parolai, S. S1-1-005, S1-3-002
Pei, S. SO-5-004
Petzke, M. **MA-P-004**
Pfeifer, J. GE-P-005
Pfeiffer, J. GT-P-001
Pickartz, N. S1-5-001
Pilz, M. **S1-1-005**, S1-3-002
Pirli, M. SO-6-002
Platt, U. **S2-5-001**
Plenefisch, T. SO-1-002, **SO-4-001**, S3-P-029
Plenkens, K. **SO-2-004**
Plonka, C. MI-2-001
Podolski, C. **MG-P-007**
Pohle, M. S2-P-008
Poland, M. VU-1-003
Pollmann, T. **EM-P-011**
- Polom, U. S1-4-002, S1-0-001, SE-P-003
SE-P-004, SE-P-005
Pomponi, E. S1-3-002, SE-P-010
Popov, A. GD-1-001
Prodehl, C. S3-P-028
PROTECT Research Group, - SE-P-011
Przebindowska, A. MI-2-003
- Q**
- Qorbani, E. **SO-P-003**
Queitsch, M. MA-P-001, **MA-P-002**
Quer, L. MG-2-002, **MG-2-005**
- R**
- Rabbel, W. S1-8-002, S1-0-004, AR-1-001
S2-P-016, MG-P-007, SO-P-011
Radic, T. **GE-2-001**
Rammlmair, D. S2-P-004
Raub, C. **SO-P-008**
Rechlin, A. S1-4-002, S1-0-001
Reicherter, K. EM-P-009
Reimann, P. S2-P-019
Reyes, G. VU-1-002
Riedel, M. **SE-P-014**
Ritter, J. R.R. S3-P-028, SO-P-018, SO-P-021
SO-P-022, SO-1-001, SO-P-019, SO-P-002
SO-P-014, SO-P-020
Ritter, O. **S1-2-002**, S1-7-002, EM-3-002
S1-P-004, EM-P-002
Ronczka, M. **GE-2-004**, **GE-P-016**
Rosas, S. AR-1-002
Rose, D. S1-6-005
Rose, F. GT-P-001
Rost, S. SO-P-001
Roth, F. SO-5-001
Roth, K. **S2-5-003**
Roth, M. SO-6-002

- Rothe, M. **SE-P-015**
 Rothmund, S. **GF-1-001**, GE-P-017
 Rudersdorf, A. **EM-P-009**
 Rudloff, A. S3-P-011
 Rudolph, S. EM-3-001
 Rumpf, M. **S1-1-002**, S1-4-001, S1-P-012
 S1-P-013, S1-P-014, S1-P-016
 Ryberg, T. SO-P-030
 Ryumeko, M. S2-P-003
 Rödder, A. EM-2-002, **GE-P-012**, **GE-P-013**
 Röser, A. S3-P-009, **GO-P-001**
 Röwer, P. S3-P-008
 Rößler, D. SO-3-001
 Rücker, C. S2-P-018, GE-P-016
 Rühlmann, J. S2-1-004
 Rümpker, G. SO-4-002, SO-6-001, S3-P-014
- S**
- Salat, C. EM-4-001, EM-P-010
 Salzer, J. **VU-1-002**
 Sandig, C. **S2-3-005**
 Santoyo Campos, J.C. **GE-P-017**
 Sauer, D. S2-4-004, **GT-P-001**
 Sauer, U. S2-3-005, **S2-P-006**
 Saur, J. S3-P-025
 Savvaidis, A. S1-P-015
 Schaeben, H. S3-P-019
 Schafrik, W. S2-P-005
 Schaller, T. **GR-1-002**, VU-P-004
 Schaumann, G. **GT-1-001**
 Scheibe, R. S3-P-021, S3-P-022
 Scheinert, M. GR-P-003
 Scherbaum, F. S3-P-012
 Scheuermann, A. S2-1-002
 Scheunert, M. S1-2-002
 Scheunert, M. S1-2-003, **S1-2-004**, S1-P-007
 Schicht, T. S2-2-002, S2-P-017, S2-P-018
 Schied, G. S3-P-031
 Schiffler, M. **MA-P-001**, MA-P-002
 Schimschal, S. SE-P-001
 Schindler, P. **MI-P-001**
 Schleifer, N. GE-P-003
 Schlindwein, V. SO-P-025
 Schmalzl, J. S3-P-007
 Schmeling, H. **S3-P-014**
 Schmelzbach, C. SE-1-002
 Schmidt, A. GE-P-015, VU-P-001, **VU-P-002**
 Schmidt, A. **MG-P-006**
 Schmidt, K. S2-P-007
 Schmidt, M. GR-1-003
 Schmidt, S. MI-1-001, MI-2-001, S1-P-006
S1-P-022, GR-P-001
 Schmidt, V. S3-P-007, EM-P-012, **SE-P-016**
- Schmidt-Hattenberger, C. GE-2-005, GE-P-014
 GE-P-015
 Schmincke, H.-U. MG-2-005
 Schmitz, B. SE-P-016
 Schnabel, M. S1-P-017
 Schneider, F. **SO-7-004**
 Schoepfer, M. VU-1-003
 Schovsbo, N. SE-3-002
 Schreckenberger, B. S1-P-017
 Schroth, E. **GR-1-001**
 Schröder, S. GE-2-005
 Schubert, M. S2-P-015
 Schubert, T. **S3-P-006**
 Schuck, A. S1-3-002, **S3-P-018**, SE-P-010
 VU-P-003
 SE-2-004
 SE-1-005
S3-P-011
 Schulze, A. S3-P-021, S3-P-022
 Schulze, B.-M. **S1-3-001**
 Schumacher, F. SO-7-004
 Schurr, B. **SE-2-004**
 Schuster, K. **SO-7-003**, GE-P-017
 Schwaderer, U. **S1-4-003**, S1-8-001
 Schwede, R. **SO-6-002**
 Schweitzer, J. MG-1-001
 Schwenk, T. S2-1-002
 Schwing, M. S1-6-001, **S1-6-002**, S1-P-010
 Schäfer, M. GT-P-001
 Schöffel, W. **SE-3-001**
 Schürer, A. S2-3-005, S2-P-006, **S3-P-016**
S3-P-017
 Segschneider, M. AR-1-001
 Seibold, R. S2-P-003
 Seidel, E. VU-P-001, **VU-P-003**
 Seidel, M. GE-P-011
 Sen, A.T. **S1-7-003**
 Sens-Schönfelder, C. S1-1-004, **S1-3-002**
 SO-3-002, S1-P-018, SE-P-010, SO-P-015
 Serfling, U. S2-3-005
 Shapiro, S.A. GT-1-002, MI-2-004
 Shapiro, S. SE-1-002, SE-2-001
 Shapiro, S.A. SO-1-003, SO-1-004, SO-1-005
 Shiomi, K. SO-P-012
 Shipboard Scientific Party, S. MG-P-002
 Siemon, B. S1-2-003, S1-5-003, S1-5-004
 S1-P-005, S1-P-008, EM-P-003, MA-P-002
 Sigloch, K. S1-6-004, S1-P-009
 Sileny, J. SO-4-004
 Simon, H. **SE-P-006**
 Sippl, C. SO-7-004
 Slater, L. GE-2-002
 Slezak, K. EM-P-001
 Slob, E. PV-0-002
 Smirnov, M. EM-2-002, EM-2-004

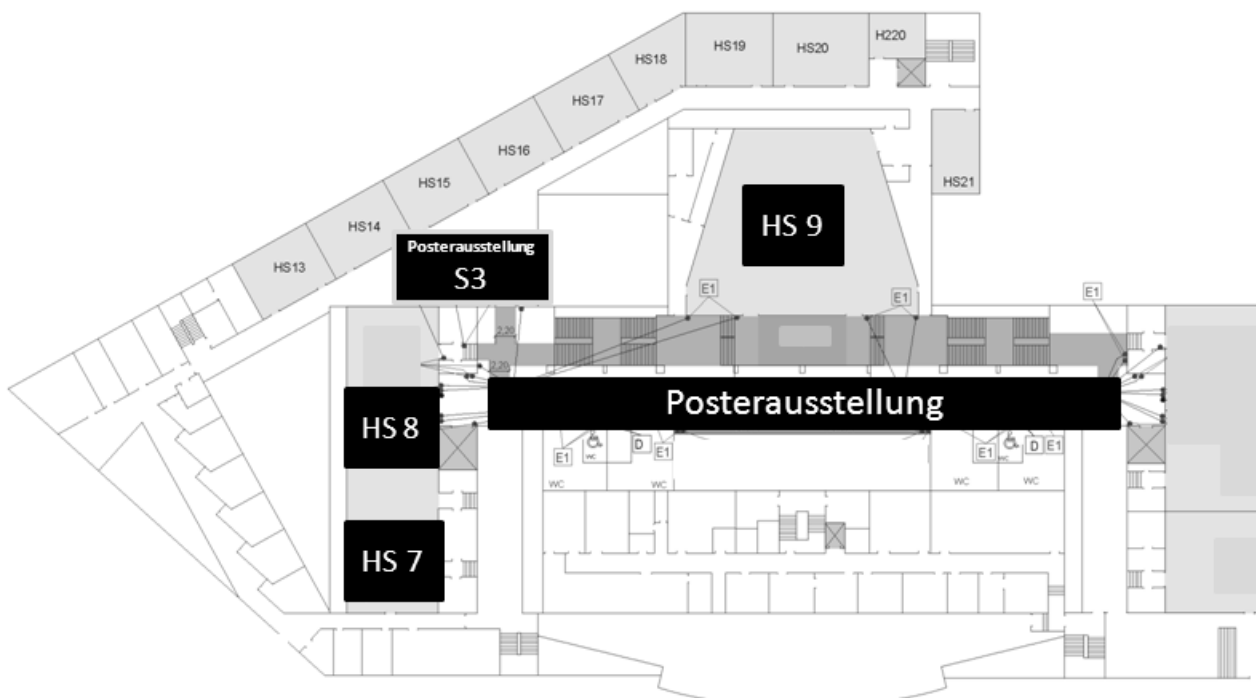
- Snieder, R. PV-0-002
 Sobiesiak, M. GR-1-002
 Sohl, F. GF-1-002
 Soomro, R.A. **SO-7-005**, SO-P-028
 Specht, S. **GT-P-003**
 Spitzer, K. S1-2-002, S1-2-004, S1-7-001
 EM-1-003, S1-P-007, **S3-P-019**, EM-P-004
 EM-P-005, EM-P-006, EM-P-007, EM-P-016
 GE-P-008
 Stammler, K. S3-P-029, SO-P-032
 Steelman, C.M. EM-3-003
 Stein, F. **SO-P-019**
 Steinbach, D. **EM-3-005**
 Steinel, H. S1-1-001
 Steinke, T. **GF-1-002**
 Steinmetz, D. S1-2-003, S1-5-004, **S1-P-005**
 Stellmach, S. S3-P-007
 Stenzel, U. SO-7-003
 Steveling, E. BL-1-003
 Stierle, E. **SO-4-004**
 Stiller, M. SE-3-002, SO-P-030
 Stoll, J. S1-2-003
 Stoll, J.B. S1-5-001, S1-5-002
 Stolz, R. MA-P-001, MA-P-002
 Storz, W. S3-P-003
 Strasser, M. MG-1-001
 Streich, R. S1-2-002, S1-P-004
 Stümpel, H. AR-1-001
 Sudha, - **S1-5-003**
 Sudhaus, H. **SO-5-003**
 Sulzbacher, H. EM-4-004
 Sumita, M. MG-2-005
 Swoboda, U. **S2-2-003**, S2-2-004
- T**
- Tanner, D.C. GF-P-001, SE-P-011
 Tezkan, B. S1-2-003, S1-5-001, S1-5-002
 S1-5-003, EM-1-004, EM-2-001, EM-2-004
 EM-3-005, GE-1-001, MI-1-002, S3-P-025
 EM-P-013, GE-P-009, GE-P-011, GE-P-018
 Thaler, J. S1-2-002
 Thiel, N. **MI-2-003**
 Thiemann, K. S1-3-002
 Thomas, C. S3-P-007, SO-P-001, SO-P-027
 Thomas, R. SE-1-005, SE-P-004
 Thorwart, M. S2-P-016, SO-P-011
 Tiberghien, C. S2-P-003
 Tietz, T. SE-2-004
 Tietze, K. **EM-3-002**
 Trampe, A.F. **MG-2-004**
 Trappe, K. **MG-2-002**
 Treichel, A. S1-2-001, S1-P-001, **S1-P-002**
 Trela, C. **S2-P-015**
- Triebe, H. **S2-3-004**, **S2-P-009**
 Tronicke, J. S1-1-002, S1-4-001, S2-1-005
 MI-2-002, S1-P-012, **S1-P-013**, S1-P-014
 S3-P-012
- U**
- Uchtmann, S. S2-2-003, **S2-2-004**
 Uenzelmann-Neben, G. MG-1-002, MG-1-004
 MG-P-004
 Ullmann, A. S1-2-003, **S1-5-004**, S1-P-005
S1-P-008, EM-P-003
- V**
- Valensi, R. **S1-0-002**
 Valley, S. S2-P-003
 van der Baan, M. SE-P-008
 van der Kruk, J. S2-1-003, S2-5-002, EM-3-001
 EM-3-003, EM-3-004, EM-4-003, EM-P-015
 van Waasen, S. S1-P-001, EM-P-015
 Vanacore, L. SO-P-001
 Vanderborght, J. S2-5-002, EM-4-003
 Vashev, B. EM-P-011
 Vasterling, M. **GT-P-002**, SO-P-029
 Vavrycuk, V. SO-3-003, SO-4-004
 Vereecken, H. S2-5-002, EM-3-001, EM-3-003
 EM-3-004, EM-4-003, GE-1-003, EM-P-015
 GE-P-002, GE-P-007
 Verfers, S. EX-1-002
 Vertika Diansari, A. **SO-P-007**
 Vienken, T. S1-1-001, S1-P-011, S2-P-013
 Virgil, C. BL-1-002, **BL-1-003**
 Voigt, R. GE-P-015
 Volkmann, J. **GE-P-003**
 von Hartmann, H. SE-1-005
 von Hebel, C. **EM-3-001**
 Völkel, J. S1-3-002
- W**
- Wadas, S. S1-4-002, S1-0-001
 Wagner, F.M. **GE-P-014**
 Wagner, F.W. GF-1-002
 Wagner, N. S2-1-001, **S2-1-002**, EM-4-002
 EM-P-011
 Wagner, S. GT-P-001
 Walsh, J. VU-1-003
 Walter, A. GE-P-005
 Walter, T. MI-1-003, **VU-1-001**, VU-1-002
 VU-1-003
 Walter, T.R. SO-5-003
 Walther, M. **SO-P-032**
 Wang, F. **EM-P-006**
 Wapenaar, K. **PV-0-002**

Watanabe, N.	S2-P-013	Wiyono, W.	SE-P-005
Wawrzinek, B.	SE-P-004	Woith, H.	SO-5-001
Weber, M.H.	S3-P-011	Wolf, J.	S2-P-014
Weber, U.	S1-8-004	Wollin, C.	SO-P-006
Webers, W.	S3-P-011	Wollschläger, U.	S2-P-007
Weckmann, U.	S1-2-002, EM-P-002	Wolters, B.	S1-P-001
Wegler, U.	GT-P-002, SO-P-012, SO-P-029	Wunderlich, T.	AR-1-001 , SO-P-011
Wehling-Benatelli, S.	SO-P-024	Wuttke, F.	S2-1-001
Wehner, I.	SE-3-001	Wynn, R.	MG-1-001
Wehrmann, H.	VU-P-004	Wöbking, F.	GE-2-005
Weidle, C.	SO-7-005, SO-P-028	Wölbern, I.	SO-6-001
Weigand, M.	GE-P-005		
Weihermüller, L.	EM-3-003	X	
Weißflog, J.	S1-2-002, S1-7-001	Xu, Q.	SO-5-004
Weller, A.	AR-1-002 , GE-2-002 , GE-2-003		
Wendt, S.	SO-P-033	Y	
Wenske, I.	SE-1-002	Yang, C.	SE-P-008
Wenzel, D.	EX-P-001	Yaramanci, U.	S2-3-002, S3-P-004, S3-P-010
Wenzel, F.	S3-P-028	Yogeshwar, P.	EM-2-001
Werban, U.	S1-1-001, S1-4-001, S2-4-003	Yuan, X.	SO-5-004, SO-7-004
	S1-P-011, S1-P-012, S2-P-007, S2-P-020		
Westerhaus, M.	GR-1-001	Z	
Wichert, S.	GE-P-009	Zacharias, S.	S2-P-007, S2-P-008, S2-P-020
Wiebusch, C.	EX-1-002	Zakhnini, A.	S1-9-004
Wiederhold, H.	EM-4-004, S1-P-005	Zeiß, J.	SO-1-001, SO-P-020
Wigger, P.	SE-1-002, SE-2-001, SO-5-002	Zhao, J.	SO-5-004
	S3-P-008	Zhao, Y.	S1-2-001, S1-P-001
Wilhelm, H.	S3-P-028	Zieger, T.	SO-P-018
Wilhelms, W.	EM-P-007	Ziesch, J.	SE-P-011
Wilken, D.	S1-0-004, AR-1-001, MG-P-007	Zimmermann, E.	S1-2-001, GE-1-003, S1-P-001
Winkelmann, D.	MG-1-001		S1-P-002, EM-P-015, GE-P-002
Winsemann, J.	S1-2-003, S1-P-005, SE-P-003		GE-P-005, GE-P-007
Winter, A.	SO-P-002		S3-P-028
Witt, K.J.	S2-1-001	Zürn, W.	
Wittke, J.	MI-1-002		

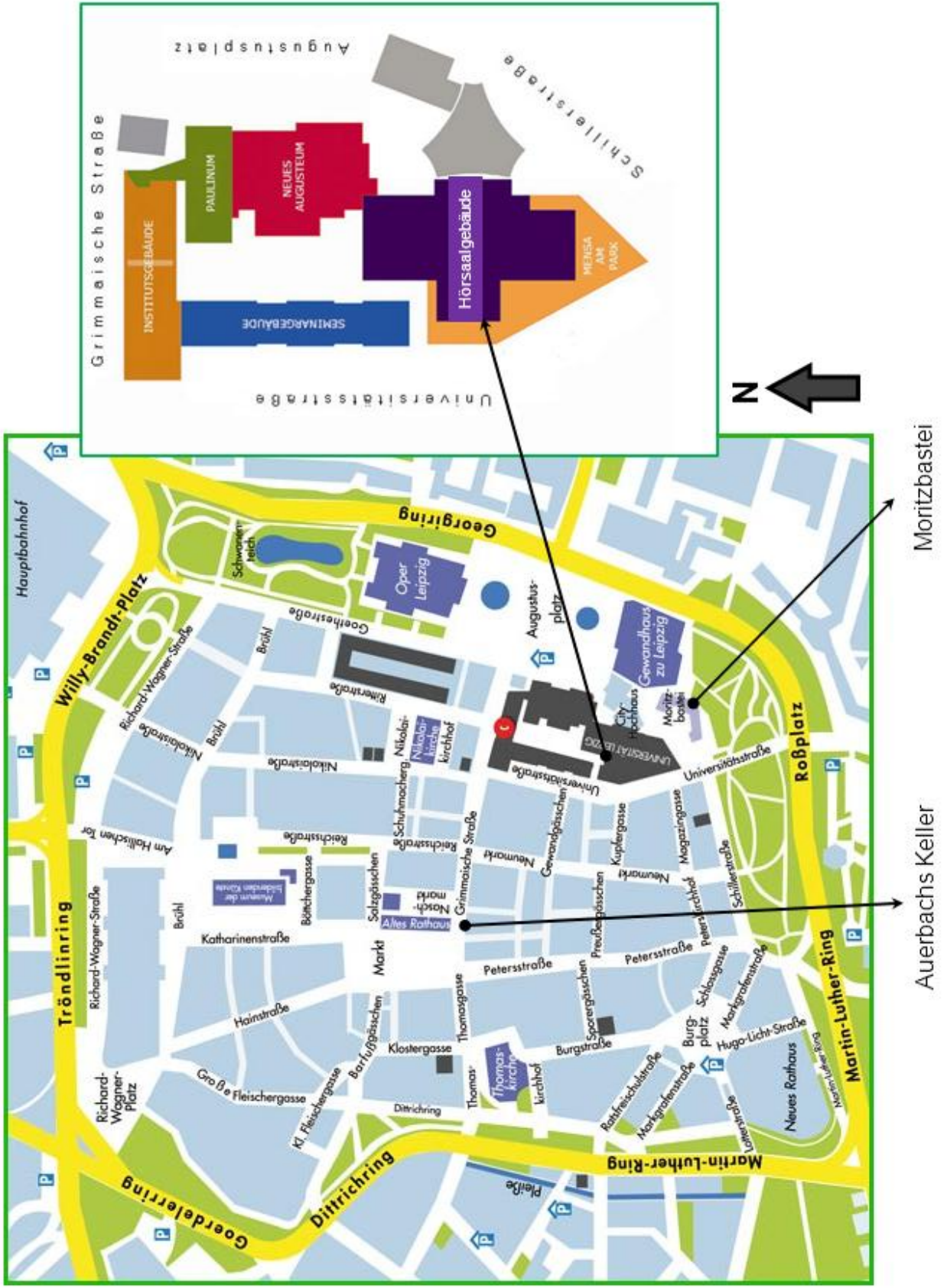
Übersichtspläne



Hörsaalgebäude 1. OG



Hörsaalgebäude 2. OG



Wir bedanken uns bei allen Sponsoren und Firmenausstellern für ihre Unterstützung

- Advanced Geosciences Europe S.L.
- Allied Associates Geophysical Ltd.
- Beta Analytic Ltd.
- BDG Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler e.V.
- CDM Smith Consult GmbH
- DMT GmbH & Co. KG
- Elegant Mathematics Ltd.
- European Association of Geoscientists & Engineers
- Geophysik GGD mbH
- Geosym Geomesssysteme
- Geotomographie GmbH
- geotrade ag
- GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
- Gravity Consult GmbH
- IGM Ingenieurgesellschaft für Geophysikalische Messtechnik mbH
- Koordinierungsbüro Geotechnologien
- NTK Diogen
- Omnirecs UG
- Sinus Messtechnik GmbH
- Springer-Earth Sciences & Geography
- TerraXplore Systems & Supplies bv
- TEEC & TEECware GmbH