

**68. Jahrestagung  
der  
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft**



**3.–6. März 2008  
in Freiberg**

### **Recommended citation**

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (Ed.) (2008): 68. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft: 3.–6. März 2008 in Freiberg, Freiberg: Technische Universität Bergakademie., 259 p.

DOI: <http://doi.org/10.2312/dgg68>

ISSN: 0344-7251

# Inhaltsverzeichnis

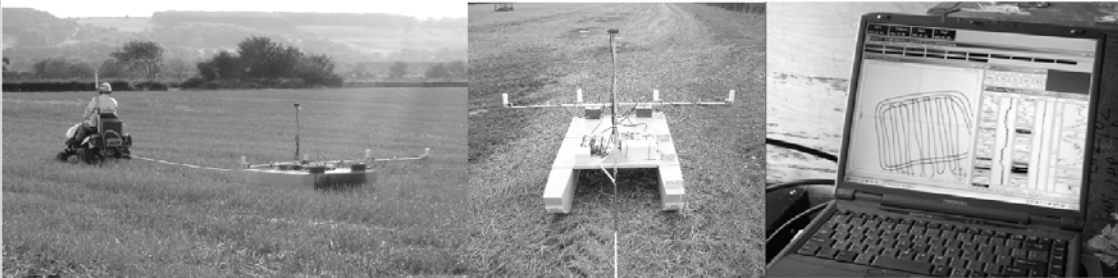
Inhaltsverzeichnis . . . . .	iii
Anzeigen . . . . .	v
Allgemeine Hinweise für Tagungsteilnehmer . . . . .	1
Veranstalter . . . . .	1
Ausrichter . . . . .	1
Tagungsagentur . . . . .	1
Tagungsbüro vor Ort . . . . .	1
Organisationsteam und Ansprechpartner . . . . .	1
Webseite . . . . .	2
E-Mail . . . . .	2
Tagungsgebühren . . . . .	2
Schwerpunktthemen . . . . .	2
Tagungsband . . . . .	4
DGG-Kolloquium . . . . .	4
Begrüßungsabend . . . . .	4
Geselliger Abend . . . . .	4
Öffentlicher Abendvortrag . . . . .	4
Plenarvorträge . . . . .	5
Eröffnungsveranstaltung . . . . .	5
Eröffnungsvortrag . . . . .	5
Hinweise für Autoren von Vorträgen und Postern . . . . .	5
Exkursionen . . . . .	6
Veranstaltungsort . . . . .	6
Raumplan . . . . .	7
Ausstellende Firmen . . . . .	8
Abkürzungsverzeichnis . . . . .	10
Programm . . . . .	11
Montag, 3. März . . . . .	12
Dienstag, 4. März . . . . .	13
Mittwoch, 5. März . . . . .	14
Donnerstag, 6. März . . . . .	15
Vorträge . . . . .	16
Poster . . . . .	32
Zusammenfassungen . . . . .	43
Plenarvorträge . . . . .	45
S1 – Modellierung . . . . .	51
S2 – Inversion . . . . .	71

S3 – Geoinformatik und GIS . . . . .	81
S4 – Oberflächennahe Geophysik . . . . .	87
Archäogeophysik . . . . .	109
Bohrlochgeophysik und Petrophysik . . . . .	111
Elektromagnetik . . . . .	119
Extraterrestrische Geophysik . . . . .	129
Geodynamik . . . . .	131
Geoelektrik . . . . .	139
Geodäsie und Fernerkundung . . . . .	147
Geothermie und Radiometrie . . . . .	151
Geschichte der Geophysik . . . . .	155
Gravimetrie . . . . .	159
Erdmagnetismus . . . . .	165
Marine Geophysik . . . . .	167
Planetologie . . . . .	181
Georadar . . . . .	185
Seismik . . . . .	191
Seismologie . . . . .	205
Umwelt- und Ingenieurgeophysik . . . . .	237
Vulkanologie . . . . .	247
Autorenindex . . . . .	251
Lagepläne . . . . .	258

# Verkauf, Vermietung und Service Geophysikalische Messinstrumente Hard- und Software

Bitte wählen Sie aus unserem Sortiment:

- ✓ GEORADAR - GSSI
- ✓ GRAVIMETRIE - Scintrex
- ✓ RESISTIVITY - AAGL, Geometrics
- ✓ ELEKTROMAGNETIK - Geonics, GSSI
- ✓ MAGNETIK - Geometrics, Scintrex, Förster
- ✓ SEISMIK - Geometrics, OYO Geospace, Geosym



**N**eu es Plattform-Konzept - Effiziente Integration geophysikalischer Sensoren zur intelligenten Multiparameter-Erfassung großer Messflächen:

- ✓ gleichzeitiges Verwenden verschiedener Sensoren in unterschiedlichen Kombinationen, z.B. Magnetik, FD-EM, TD-EM, OhmMapper, Gamma-Spektrometer
- ✓ Real-time Datendisplay mit GPS Position
- ✓ On-site Processing

**ACHTUNG NEUE  
ANSCHRIFT**

**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](mailto:susanne@allied-germany.de) / [www.allied-associates.co.uk](http://www.allied-associates.co.uk)

# CDM



Vertriebspartner der

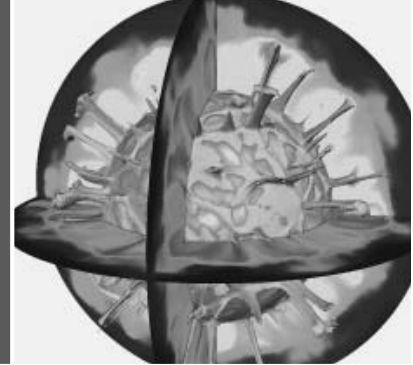


**ABEM Instrument AB**  
Schweden



## Geophysik

- Georadar
- Geoelektrik
- Elektromagnetik
- Magnetik
- Seismik
- Bohrlochmessungen



CDM Consult GmbH  
Motorstraße 5  
70499 Stuttgart  
abem@cdm-ag.de  
geophysik@cdm-ag.de  
www.cdm-ag.de

**das ingenieur unternehmen**

umwelt wasser infrastruktur geotechnik

# Gravity Consult GmbH

Ingenieurbüro für Bodendynamik, Jena

Gravimeter – Seismometer - Service



**ZLS Corporation**



Komplette Mess-Systeme und Beratungsleistungen:  
Standortuntersuchungen und Begutachtungen  
Anfragen: [info@gravity-consult.de](mailto:info@gravity-consult.de)

**Gravity Consult GmbH**  
Landgrafenstieg 3c 07743 Jena



## **SUMMIT II<sup>PLUS</sup>** **The seismic ‘flexibility system’!**

- optimised for high-resolution 2D/3D surveys through its flexible system parameters and flexible acquisition software
- fast and easy setup due to unique snap-on technology
- extremely robust, lightweight metal casing
- supreme service via rapid reaction support hotline

DMT GmbH ■ Exploration & Geosurvey ■ Phone +49 201 172-1970 ■ [info.summit@dmtd.de](mailto:info.summit@dmtd.de) ■ [www.summit-system.de](http://www.summit-system.de)

DIN EN ISO  
9001  
certified

# FOERSTER - Ihr Partner für geomagnetische Untersuchungen



**FOERSTER**

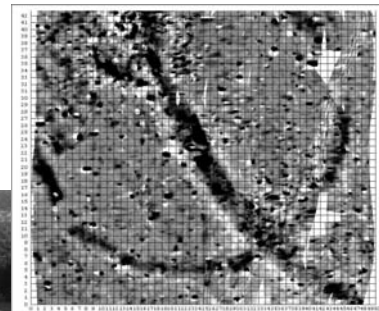
Institut Dr. Foerster  
GmbH & Co. KG  
In Laisen 70  
72766 REUTLINGEN  
GERMANY  
Tel. +49 7121 140312  
Fax +49 7121 140280  
s-all@foerstergroup.de  
www.foerstergroup.de

## Sondenspezifikation

Bauart: Spannbandsonde  
Meßunsicherheit <2% bez.  $\pm 10.000\text{nT}$   
Auflösung <0,1nT  
Stabilität <1nT  
Temperaturgang <1nT/K  
Abtastrate max. 100Hz  
Meßbereich  $\pm 10.000\text{nT}$   
Linearität <1nT bez. auf max Meßbereich  
Sensorik abgleichfrei,  
auf Lebenszeit kalibriert

## Datalogger

Speicher 16MB  
pro Wert 3Byte  
max. 4Kanäle  
Dateiexport-Formate  
.csv, .xyz, .txt, .fdl, .bmp





# Geophysik zerstörungsfreie Prüfung

# GGU<sup>®</sup>



Geophysik ist bei uns eine vielfältige und spannende Angelegenheit, weil wir für sehr unterschiedliche Berufsgruppen arbeiten:

Hochbau- und Tiefbauingenieure,  
Umweltwissenschaftler,  
Geologen und Hydrogeologen,  
Geotechniker,  
Archäologen und Kriminologen,  
Architekten und Denkmalpfleger.

Interesse?

Mehr dazu unter  
**[www.ggukarlsruhe.de](http://www.ggukarlsruhe.de)**  
(Verfahrensbeschreibungen,  
Fallbeispiele,  
Stellenangebot)

Tel. 0049-721-28678  
Fax 0049-721-25408  
E-Mail [mail@ggukarlsruhe.net](mailto:mail@ggukarlsruhe.net)  
Internet [www.ggukarlsruhe.de](http://www.ggukarlsruhe.de)

GGU Gesellschaft  
für Geophysikalische  
Untersuchungen mbH  
Amalienstraße 4, D-76133 Karlsruhe

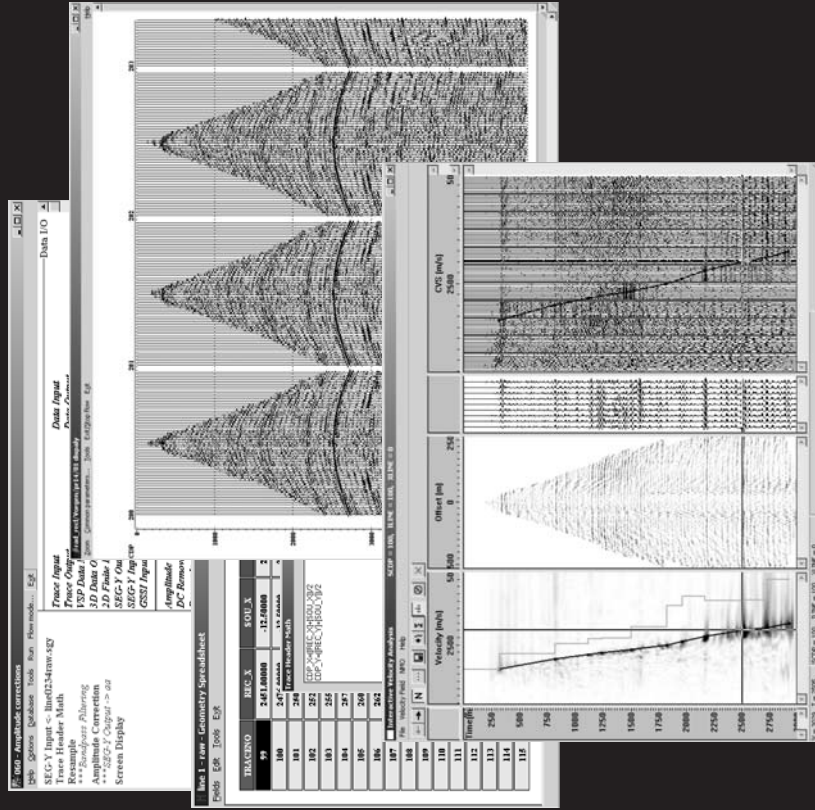
# seismic data processing software

# RadEXPro Plus



- ✓ Comprehensive processing of on-shore and off-shore 2D reflection seismic data
- ✓ 2D/3D seismic acquisition QC
- ✓ VSP data processing
- ✓ Refraction seismic data processing

- ➔ Adaptable data i/o either from disk or tape
- ➔ Efficient survey geometry management
- ➔ Easy-to-use graphic interface
- ➔ Exhaustive set of processing algorithms
- ➔ Interactive survey map
- ➔ Open scalable architecture and more...



**DECO Geophysical**  
 Moscow State University Science Park  
 Leninskie Gory 1-77  
 119992 Moscow, Russia

**www.radexpro.com**  
 E-mail: sales@radexpro.ru  
 t/f: (+7 495) 930 84 14

**68. Jahrestagung der  
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft  
3.–6. März 2008  
in Freiberg**

**Veranstalter**

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.

Geschäftsstelle: Dr. Marco Bohnhoff c/o GeoForschungsZentrum Potsdam  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam

Telefon: 0331 288-1327

Fax: 0331 288-1328

E-Mail: [bohnhoff@gfz-potsdam.de](mailto:bohnhoff@gfz-potsdam.de)

Internet: [www.dgg-online.de](http://www.dgg-online.de)

**Ausrichter**

TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Geophysik  
Gustav-Zeuner-Straße 12  
09596 Freiberg  
Tel.: 03731 39-3297  
Fax: 03731 39-2636

**Tagungsagentur**

K. I. T. Congress Incentives GmbH  
Jörg Herrmann  
Münzgasse 2  
01067 Dresden  
Tel.: 0351 4967540  
Fax: 0351 4956116

**Tagungsbüro vor Ort**

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Neue Mensa, Agricolastraße 10a, 09596 Freiberg

**Organisationsteam und Ansprechpartner**

Tagungsleitung	Klaus Spitzer	2722	<a href="mailto:klaus.spitzer">klaus.spitzer</a>
Wiss. Programm	Thomas Bohlen	2728	<a href="mailto:thomas.bohlen">thomas.bohlen</a>
Webauftritt und	Ralph-Uwe Börner	2724	<a href="mailto:ralph-uwe.boerner">ralph-uwe.boerner</a>
Proceedings	Christoph Schwarzbach	2637	<a href="mailto:christoph.schwarzbach">christoph.schwarzbach</a>
	Tino Mai	2639	<a href="mailto:tino.mai">tino.mai</a>
Posterausstellung	Rolf Käppler	3119	<a href="mailto:rolf.kaeppler">rolf.kaeppler</a>
Jobbörse und	Antje Franke	2723	<a href="mailto:antje.franke">antje.franke</a>
Firmenausstellung	Wenke Wilhelms	2723	<a href="mailto:wenke.wilhelms">wenke.wilhelms</a>
Rahmenprogramm	Stefan Jetschny	2754	<a href="mailto:stefan.jetschny">stefan.jetschny</a>
Technik und	Daniel Köhn	2754	<a href="mailto:daniel.koehn">daniel.koehn</a>
Saalbetreuung	Olaf Hellwig	2754	<a href="mailto:olaf.hellwig">olaf.hellwig</a>
Sponsoring und	Denise De Nil	2754	<a href="mailto:denise.denil">denise.denil</a>
Öffentlichkeitsarbeit	Reinhard Mittag	035023 62491	<a href="mailto:reinhard.mittag">reinhard.mittag</a>
Tagungsbüro K. I. T.	Jörg Herrmann	0351 4967540	<a href="mailto:info@kitdresden.de">info@kitdresden.de</a>

Bei den vierstelligen Telefonnummern verwenden Sie bitte die Vorwahl 03731 39-.  
Die unvollständigen E-Mail-Adressen ergänzen Sie bitte durch [@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:@geophysik.tu-freiberg.de).

## Webseite

[www.geophysik.tu-freiberg.de/dgg2008](http://www.geophysik.tu-freiberg.de/dgg2008)

## E-Mail

[dgg2008@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:dgg2008@geophysik.tu-freiberg.de)

## Tagungsgebühren

	Frühbucher bei Zahlungseingang bis 15. Dezember 2007	Spätbucher ab 16. Dezember 2007
DGG-Mitglied	100 €	120 €
DGG-Mitglied Doktorand/in*	50 €	70 €
DGG-Mitglied Student/in	0 €	20 €
Nichtmitglied	130 €	150 €
Nichtmitglied Doktorand/in*	60 €	80 €
Nichtmitglied Student/in	10 €	30 €
Tageskarte		60 €

\* halbe Personalstelle

Für Stornierungen nach dem 1. Februar 2008 wird eine Gebühr von 30 € erhoben. Der Differenzbetrag zwischen Mitgliedern und Nichtmitgliedern wird bei einem Beitritt zur DGG auf den Jahresbeitrag angerechnet. Die Tageskarte berechtigt nicht zur Teilnahme am geselligen Abend.

## Schwerpunktthemen

Zu den Schwerpunktthemen gibt es vier Symposien:

### Symposium 1: Modellierung

Die physikalischen Eigenschaften der Erde können auf mehreren räumlichen Skalen signifikant variieren. Punktuell gewonnene geophysikalische Messgrößen zeigen oft schwer interpretierbare geophysikalische Signale, deren Komplexität auf eben diese Heterogenität des Untergrundes zurückzuführen ist. Die zugrunde liegenden physikalischen Gesetzmäßigkeiten sind in der Regel gut verstanden, und es stehen adäquate numerische Verfahren sowie ausgereifte Computerprogramme zur Simulation geophysikalischer Felder in heterogenen Medien zur Verfügung. Mit der rasant zunehmenden Leistung kostengünstiger paralleler Rechensysteme gewinnt die Modellierung heute sowohl im akademischen Umfeld als auch bei mittelständischen Unternehmen an Bedeutung. Sie dient in zunehmenden Maße als Werkzeug z. B. zur Verifikation von theoretischen als auch aus Felddaten abgeleiteten Modellannahmen, zur Optimierung von Messgeometrien oder zur Erstellung von synthetischen Referenzdaten zur Verifikation von Abbildungs- und Inversionsverfahren. Dieser Schwerpunkt Modellierung verfolgt in erster Linie das Ziel, die Anwendungen der Modellierung auf spezifische praktische Fragestellungen aus den verschiedenen geophysikalischen Teildisziplinen zu dokumentieren, und die dabei gewonnenen

neuen Erkenntnisse zu diskutieren. Besonders willkommen sind methodische Beiträge, die sich auf die Weiterentwicklung und Effizienzsteigerung neuer Simulationsverfahren konzentrieren.

### **Symposium 2: Inversion**

Mit dem Schwerpunktthema Inversion sollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den verschiedenen klassischen geophysikalischen Disziplinen gleichermaßen angesprochen werden, um methodische Aspekte von Inversionstechniken fächerübergreifend zu diskutieren. Inverse Probleme stellen geradezu archetypische Fragestellungen in allen Bereichen der Geophysik dar. Sie sind im mathematischen Sinn meist schlecht gestellt und weder Existenz noch Eindeutigkeit der Lösungen sind per se gegeben. Lineare wie nichtlineare inverse Probleme werden meist als Optimierungsaufgaben aufgefasst, wobei Fehlerfortpflanzung, Auflösungsanalyse, effiziente Bestimmung von Sensitivitäten, Regularisierung, räumliches Datensampling und optimales Experimentaldesign nur einige Stichworte der aktuellen Forschung repräsentieren. Beiträge in Theorie und Praxis zu stochastischen Methoden wie Genetischen Algorithmen, Evolutionsstrategien, Neuronalen Netzen und Simulated Annealing sind ebenso willkommen wie jene zu klassischen Gauß-Newton- und Quasi-Newton-Verfahren oder All-at-Once-Ansätzen. Wie das Schwerpunktthema Modellierung verfolgt diese Session das Ziel, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus allen Teilbereichen sowohl der Angewandten als auch der Allgemeinen Geophysik zusammenzuführen und den Austausch methodischer Ansätze zu ermöglichen. Wir möchten alle dazu ermutigen, Beiträge zu den Schwerpunktthemen einzureichen.

### **Symposium 3: Geoinformatik und GIS**

Die Geoinformatik ist die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Geoinformationen. Geoinformationssysteme (GIS) sind wahrscheinlich das unter Geowissenschaftlern prominenteste Produkt der Geoinformatik, da sie die technischen Mittel zur Erstellung von digitalen Kartenwerken zur Verfügung stellen. Geophysikalische Messkampagnen erfordern die systematische Verwaltung von Messdaten und den Einsatz von Datenbanksystemen, um die Informationen zu vermitteln, die den Daten innewohnen, und diese schließlich in neue Erkenntnisse umzusetzen. Datenbanksysteme sind über eine längere Zeitspanne die Datenquelle für eine große Benutzergruppe, während das Internet die Technologie sowohl zum Auffinden und Analysieren von Daten als auch zur Verbreitung von Information und Wissen zur Verfügung stellt. Beide Technologien tragen zur Verwirklichung der Idee des Shared Earth Models bei. Während Informatik und wissenschaftliches Rechnen zur Sammlung, Verarbeitung, Analyse und Speicherung von Daten in der Geophysik Anwendung finden, entwickelt die Geoinformatik Datenmodelle und Informationssysteme für geophysikalische und andere Geodaten. Den Ansprüchen der Geophysik zu genügen, stellt für die Geoinformatik dabei nicht nur wegen der wachsenden Größe der Daten z. B. durch 3D-Geophysik, sondern auch durch den Bedarf nach Datenmodellen und -strukturen zur Konstruktion von räumlichen oder raum-zeitlichen Informationssystemen mit anwendungsbereiten Visualisierungs- und Abfragefunktionen eine Herausforderung dar. Das Schwerpunktthema „Geophysik und Geoinformatik“ soll Wissenschaftler beider Disziplinen versammeln, um einerseits Ergebnisse vorzustellen und Erfahrungen bei geophysikalischen Anwendungen von Geoinformationssystemen auszutauschen. Andererseits sollen dem Geophysiker die vielfältigen Möglichkeiten des Datenmanagements und der Informationsverteilung bewusst gemacht werden. Schließlich sollen zeitgemäße Bedürfnisse in der Geophysik neue Entwicklungen in der Geoinformatik auslösen.

## **Symposium 4: Oberflächennahe Geophysik**

Der oberflächennahe Bereich der Erde bis zur einer Tiefe von ca. 100 Metern beinhaltet Teile der menschlichen Infrastruktur, wichtige Rohstoffe wie Wasser und Mineralien, aber auch Deponien für Haus- und Industriemüll. Er spielt eine wichtige Rolle bei der Abschätzung der Standfestigkeit von Bauwerken und ist oft gekennzeichnet durch außergewöhnlich komplexe Strukturen sowie starke Kontraste in den geophysikalischen Parametern. Die bei der Erkundung eingesetzten Verfahren umfassen ein weites Spektrum. Klassische Methoden sind Gravimetrie, Magnetik, Geoelektrik, Elektromagnetik, Georadar, Induzierte Polarisation, Seismik und Bohrlochverfahren. Die kombinierte Anwendung mehrerer Methoden hat sich in der Vergangenheit oft als günstig erwiesen, um z. B. Mehrdeutigkeiten zu reduzieren oder verschiedene Charakteristika des Untergundes zu beleuchten. In diesem Schwerpunkt werden Beiträge gesammelt, die anhand neuer Anwendungsbeispiele den Nutzen und die Aussagefähigkeit der Geophysik – auch im Hinblick auf geotechnische Fragestellungen – dokumentieren und diskutieren. Willkommen sind insbesondere auch Beiträge, die sich auf die Entwicklung neuer Verfahren für oberflächennahe Untersuchungen konzentrieren.

## **Tagungsband**

Der Tagungsband (Format DIN A5) wird bei der Anmeldung vor Ort am Tagungsbüro ausgehändigt. Er enthält das Tagungsprogramm, die Zeit- und Raumpläne sowie die Zusammenfassungen. Der Tagungsband steht ab dem 1. Februar 2008 als PDF-Datei auf der Internetseite der Tagung bereit.

## **DGG-Kolloquium**

Das DGG-Kolloquium zum Rahmenthema „Geophysikalisches Monitoring“ findet am Mittwoch, dem 5. März 2008 statt. Zum Kolloquium wird ein Sonderband der Mitteilungen der DGG erscheinen, in dem die Vorträge in gekürzter Form abgedruckt werden. Dieser Sonderband wird zum Preis von 5 € im Tagungsbüro erhältlich sein.

## **Begrüßungsabend**

Der Begrüßungsabend findet am Sonntag, dem 2. März 2008 ab 18.00 Uhr in der Gaststätte „Fuhrmann“ in der Kaufhausgasse am Obermarkt statt.

## **Geselliger Abend**

Der traditionelle Gesellschaftsabend der DGG findet am Montag, dem 3. März 2008 ab 19.00 Uhr im Städtischen Festsaal am Obermarkt statt. Die Oberbürgermeisterin der Stadt wird Grußworte an die Tagungsteilnehmer richten. Es werden Getränke und Snacks serviert.

## **Öffentlicher Abendvortrag**

Der öffentliche Abendvortrag der DGG findet am Dienstag, dem 4. März 2008 um 20.00 Uhr im Auditorium Maximum statt. Es spricht Dr. Bernhard Siemon (BGR Hannover) zum Thema „Geophysik als humanitäre Hilfe – Das Helikopter-Projekt HELP ACEH nach der Tsunami-Katastrophe in Sumatra“. Der Abendvortrag richtet sich auch an die Öffentlichkeit.

## **Plenarvorträge**

Sechs Plenarvorträge geben Überblicke über aktuelle Forschungsgebiete. Sie richten sich an alle Tagungsteilnehmer. Die Plenarvorträge finden im Auditorium Maximum statt und beginnen jeweils morgens um 8.30 Uhr (außer Montag) und nachmittags um 14.00 Uhr (außer Donnerstag).

## **Eröffnungsveranstaltung**

Die feierliche Eröffnungsveranstaltung findet am Montag, dem 3. März 2008 um 15.00 Uhr im Auditorium Maximum statt. Das Programm beinhaltet Grußworte der Tagungsleitung, der Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst Dr. Eva-Maria Stange, des Rektors der Technischen Universität Bergakademie Freiberg Prof. Dr. Unland sowie des Präsidenten der DGG Prof. Dr. Kümpel. Umrahmt von einem musikalischen Programm folgen die Ehrungen und Preisverleihungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft.

## **Eröffnungsvortrag**

Der Eröffnungsvortrag findet im Anschluss an die Eröffnungsveranstaltung am 3. März 2008 um 17.00 Uhr im Auditorium Maximum statt. Es spricht Prof. Dr. Christoph Clauser (RWTH Aachen, E.ON Energy Research Center) zum Thema „Kann Erdwärme bedeutsam zur Versorgung Deutschlands mit Strom, Wärme und Kälte beitragen?“

## **Hinweise für Autoren von Vorträgen und Postern**

### **Vorträge**

Für einen Vortrag ist eine Gesamtzeit von 20 Minuten inklusive der Zeit für die Diskussion vorgesehen. Die Sitzungsleitung wird dem Vortragenden nach 15 Minuten ein Zeichen geben. Bedenken Sie, dass Sie auf die Diskussion verzichten, wenn Sie 20 Minuten sprechen! Die Zeiten müssen eingehalten werden, um die Synchronisation der Parallelsitzungen zu gewährleisten und nachfolgende Vortragende nicht zu benachteiligen.

In den Hörsälen stehen PCs bzw. Notebooks bereit, auf welchen die Dateien rechtzeitig aufgespielt sein müssen. Um einen ungestörten Ablauf zu gewährleisten, gelten die folgenden Regeln:

1. Vorträge für die Vormittagssitzungen müssen bis 18.00 Uhr des Vortages,
2. Vorträge am Montagmorgen müssen vor 9.00 Uhr,
3. Vorträge für die Nachmittagssitzungen müssen bis 12.00 Uhr desselben Tages

auf den Rechner im Vortragssaal übertragen sein.

Die Präsentationen mit Beamer sollten auf einem Datenträger (CD, USB) im Format Open Office, Microsoft Powerpoint oder PDF vorliegen. Ein mitgebrachtes Notebook darf verwendet werden, wenn die Bildschirmauflösung mit der Projektionstechnik kompatibel ist (1024 × 768 Pixel). Erfahrungsgemäß sind Animationen oft problematisch. Bitte testen Sie in jedem Fall rechtzeitig vor dem Vortrag die Projektion!

## **Poster**

Poster genießen auf der diesjährigen Tagung einen hohen Stellenwert. Für die Posterpräsentationen sind der Dienstag- und Mittwochnachmittag vorgesehen. Während dieser Zeit finden keine Vorträge statt. Die Poster können während der ganzen Tagung besichtigt werden und sollten daher gleich zu Beginn der Tagung aufgehängt werden. Wir empfehlen die Poster auch im DIN-A4-Format als Handout für Interessierte am Poster bereitzustellen. Bei der Präsentation muss einer der Autoren während der Postersitzung am Poster anwesend sein. Für Poster stehen Wände (Breite 120 cm, Höhe 150 cm) zur Verfügung. Material zum Anheften der Poster ist am Tagungsbüro vor Ort erhältlich.

Die jeweils drei besten Poster und Vorträge von jungen Erstautorinnen und -autoren (bis 32 Jahre) werden prämiert. Die Ausgezeichneten erhalten ihre Urkunde bei der Eröffnungsfeier der nächsten DGG-Tagung.

## **Exkursionen**

Im Rahmen der Tagung werden drei Exkursionen angeboten. Diese finden am Donnerstagnachmittag (ab 14 Uhr) statt.

1. Besuch des seismologischen Observatoriums Berggießhübel (Kostenbeitrag 3 €).
2. Einfahrt und Führung im Besucherbergwerk Reiche Zeche in Freiberg (Kostenbeitrag ist abhängig von der Teilnehmerzahl: Bei ca. 10 Teilnehmern etwa 28 €, bei 25 Teilnehmern etwa 13 €).
3. Stadtführung durch Freiberg (Kostenbeitrag 3 €).

## **Veranstaltungsort**

Die Tagung findet auf dem Campus der TU Bergakademie Freiberg im Gebiet nördlich der Leipziger Straße statt. Tagungsräume befinden sich im Erich-Rammeler-Bau (RAM), Karl-Kegel-Bau (KKB), Julius-Weisbach-Bau (WEI), in der Neuen Mensa (Tagungsbüro, Postersession, Firmenausstellung) sowie im Auditorium Maximum (Eröffnungsveranstaltung, Plenarvorträge, Mitgliederversammlung). Die Altstadt Freibergs befindet sich in unmittelbarer Nähe zum Tagungsort (500 m).

Die Lagepläne der genannten Gebäude befinden sich zusammen mit einem Stadtplan am Ende des Tagungsbandes.

Eine Aufstellung aller Räume finden Sie auf der folgenden Seite. Die Seminarräume stehen vom 3.–6. März für weitere interne Treffen ganztägig zur Verfügung, außer Raum WEI-1116 am 6. März.



<b>Veranstaltung</b>	<b>Datum</b>	<b>Zeit</b>	<b>Gebäude</b>	<b>Raum</b>
Vorträge AUD			Auditorium Maximum	Hörsaal AUD-1001
Vorträge KKB			Karl-Kegeel-Bau	Hörsaal KKB-2030
Vorträge RAM			Erich-Rammeler-Bau	Hörsaal RAM-1085
Vorträge WEI			Julius-Weisbach-Bau	Hörsaal WEI-1051
FKPE-Sitzung	So. 2. 3.	08.00–18.00	Hauptgebäude Akademiestr. 6 (Nähe Obermarkt, Stadtzentrum)	Aula
Pressekonferenz	Mo. 3. 3.	11.45	Universitätsbibliothek (gegenüber Mensa)	Sitzungszimmer (Obergeschoss)
DGG-Vorstandssitzung	Di. 4. 3.	10.00–14.00	Universitätsbibliothek (gegenüber Mensa)	Sitzungszimmer (Obergeschoss)
DGG-Vorstandssitzung	Do. 6. 3.	14.00–15.30	Universitätsbibliothek (gegenüber Mensa)	Sitzungszimmer (Obergeschoss)
Sitzung AK Publikationen (Spr.: Bohlen)	Mo. 3. 3.	18.00–19.00	Karl-Kegeel-Bau	Seminarraum KKB-1069 (1.Obergeschoss)
Sitzung AK Angewandte Geophysik (Spr.: Schuck)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Erich-Rammeler-Bau	Seminarraum RAM-2220 (2. Obergeschoss)
Sitzung AK Elektromagnetische Tiefenforschung (Spr.: Ritter)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Erich-Rammeler-Bau	Seminarraum RAM-2222 (2. Obergeschoss)
Sitzung AK Dynamik des Erdinneren (Spr.: Riedel)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Karl-Kegeel-Bau	Seminarraum KKB-1069 (1. Obergeschoss)
Sitzung AK Hydro- u. Ingenieurgeophysik (Spr.:Dietrich)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Karl-Kegeel-Bau	Seminarraum KKB-2237 (2. Obergeschoss)
Sitzung AK Induzierte Polarisation (Spr.: Niederleithinger)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Julius-Weisbach-Bau	Seminarraum WEI-1116 (1. Obergeschoss)
Sitzung AK Geothermik (Spr.: Clauser)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Julius-Weisbach-Bau	Seminarraum WEI-1117 (1. Obergeschoss)
Sitzung AK Geschichte der Geophysik (Spr.: Schweitzer)	Di. 4. 3.	18.00–20.00	Julius-Weisbach-Bau	Seminarraum WEI-0120 (Erdgeschoss)
Ausschuss "Geophysikalische Mess- und Beratungsunternehmen" des BDG (Schuck)	Mi. 5. 3.	14.00–18.00	Karl-Kegeel-Bau	Seminarraum KKB-1069 (1.Obergeschoss)
Seismologie (Th. Meier, Uni Bochum)	Di. 4. 3.	16.30–18.00	Karl-Kegeel-Bau	Seminarraum KKB-1069 (1.Obergeschoss)

## Ausstellende Firmen

Akademische Buchhandlung Freiberg  
Merbachstr. PF 1445  
09599 Freiberg  
[www.aka-buch.de](http://www.aka-buch.de)

CDM Consult GmbH  
Neue Bergstraße 9–13  
64665 Alsbach  
[www.cdm-ag.de](http://www.cdm-ag.de)

DMT GmbH  
Exploration & Geosurvey  
Am Technologiepark 1  
45307 Essen  
[www.dmt.de](http://www.dmt.de)

FU Berlin  
FR Geophysik  
Malteserstr. 74–100  
12249 Berlin  
[www.fu-berlin.de/geophysik](http://www.fu-berlin.de/geophysik)

GEOSYM – Geophysikalische Messsysteme  
Günther Druivenga  
Forstgrund 16  
30629 Hannover  
[www.geosym.de](http://www.geosym.de)

Geotomographie GmbH  
Am Tonnenberg 18  
56567 Neuwied  
[www.geotomographie.de](http://www.geotomographie.de)

HarbourDom Geowissenschaftliche Forschungs-  
und Beratungs-GmbH  
Riehler Platz 1  
50668 Köln  
[www.harbourdom.de](http://www.harbourdom.de)

Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG  
In Laisen 70  
72766 Reutlingen  
[www.foerstergroup.de](http://www.foerstergroup.de)

Allied Associates Geophysical Ltd.  
Butenwall 56  
46325 Borken  
[www.allied-germany.de](http://www.allied-germany.de)

DECO Geophysical Co. OOO  
MSU Science Park  
Leninskie Gory 1-77  
119992 Moscow, Russia  
[www.radexpro.ru](http://www.radexpro.ru)

European Association of Geoscientists & Engi-  
neers (EAGE)  
Standerdmolen 10  
3995 AA Houten, The Netherlands  
[www.eage.org](http://www.eage.org)

GeoPro GmbH  
Geophysical Exploration Company  
St. Annenufer 2  
20457 Hamburg  
[www.geopro.com](http://www.geopro.com)

Geo Sys Umwelttechnik und Geogeräte GmbH  
Leipzig  
Braunstr. 23–25  
04347 Leipzig  
[www.geosys-germany.de](http://www.geosys-germany.de)

GOCE Projektbüro Institut für Astronomische und  
Physikalische Geodäsie  
TU München  
80290 München  
[www.goce-projektbuero.de](http://www.goce-projektbuero.de)

IGM GmbH  
Untere St.-Leonhard-Str. 16  
88662 Überlingen  
[www.igm-geophysik.de](http://www.igm-geophysik.de)

NTK Diogen  
Voznesenskyi pereulok 18 str. 2  
107009 Moscow, Russia  
[www.ntkdiogen.ru](http://www.ntkdiogen.ru)

OmniQuest International bv  
Arndtstr. 5  
04275 Leipzig  
[www.omniquest.nl](http://www.omniquest.nl)

RST Raumfahrt Systemtechnik GmbH  
Bahnhofstr. 108  
88682 Salem-Mimmenhausen  
[www.rst-group.biz](http://www.rst-group.biz)

## Abkürzungsverzeichnis

### Räume (vgl. Raumplan)

AUD	Auditorium Maximum
KKB	Karl-Kegel-Bau
RAM	Erich-Rammeler-Bau
WEI	Julius-Weisbach-Bau

### Thematische Einordnung der Beiträge

AG	Archäogeophysik	GV	Gravimetrie
AT	Atmosphärenphysik	MA	Magnetik
BP	Bohrlochgeophysik und Petrophysik	ME	Erdmagnetismus
EM	Elektromagnetik	MG	Marine Geophysik
EP	Extraterrestrische Geophysik	PL	Planetologie
GD	Geodynamik	RD	Georadar
GE	Geoelektrik	SM	Seismik
GF	Geodäsie und Fernerkundung	SO	Seismologie
GR	Geothermie und Radiometrie	UI	Umwelt- und Ingenieurgeophysik
GS	Geschichte der Geophysik	VU	Vulkanologie

Poster werden durch ein dem Kürzel vorangestelltes P gekennzeichnet, z. B. PAG.

### Schwerpunkthemen

S1	Symposium 1: Modellierung
S2	Symposium 2: Inversion
S3	Symposium 3: Geoinformatik und GIS
S4	Symposium 4: Oberflächennahe Geophysik

### Sonstige

AV	öffentlicher Abendvortrag
EV	Eröffnungsvortrag
PV	Plenarvortrag

# Programm

## Montag, 3. März

8<sup>00</sup>–9<sup>30</sup> Registrierung

9<sup>30</sup>–13<sup>00</sup> Vorträge

	AUD	KKB	RAM	WEI
9 <sup>30</sup> –9 <sup>50</sup>	SO 1	UI 1	EM 1	S1 1
9 <sup>50</sup> –10 <sup>10</sup>	SO 2	UI 2	EM 2	S1 2
10 <sup>10</sup> –10 <sup>30</sup>	SO 3	UI 3	EM 3	S1 3
10 <sup>30</sup> –10 <sup>50</sup>	SO 4	UI 4	EM 4	S1 4
Kaffeepause				
11 <sup>20</sup> –11 <sup>40</sup>	SO 5	UI 5	EM 5	S1 5
11 <sup>40</sup> –12 <sup>00</sup>	SO 6	UI 6	EM 6	S1 6
12 <sup>00</sup> –12 <sup>20</sup>	SO 7	UI 7	EM 7	S1 7
12 <sup>20</sup> –12 <sup>40</sup>	SO 8	UI 8	EM 8	S1 8
12 <sup>40</sup> –13 <sup>00</sup>	SO 9	UI 9	EM 9	S1 9

- 14<sup>00</sup>–15<sup>00</sup> Plenarvortrag **PV 1** (AUD)  
*Ines Görz, Peggy Melzer, Helmut Schaeben, Vuong Mai Phuong (TU Bergakademie Freiberg)*  
 Where Geophysics and Geoinformatics meet
- 15<sup>00</sup>–17<sup>00</sup> Eröffnungsveranstaltung (AUD)
- 17<sup>00</sup>–18<sup>00</sup> Eröffnungsvortrag **EV** (AUD)  
*Christoph Clauser (RWTH Aachen, E.ON Energy Research Center)*  
 Kann Erdwärme bedeutsam zur Versorgung Deutschlands mit Strom, Wärme und Kälte beitragen?
- 19<sup>00</sup>–21<sup>30</sup> Geselliger Abend (Städtischer Festsaal am Obermarkt, 1. OG vom Ratskeller)

## Dienstag, 4. März

8<sup>30</sup>–9<sup>30</sup> Plenarvortrag **PV 2** (AUD)  
*Heinz Konietzky (TU Bergakademie Freiberg), Lothar te Kamp (ITASCA Consultants GmbH, Gelsenkirchen)*  
 Numerische Simulation in der Geomechanik – Ein Brückenschlag von der Geotechnik zur Geophysik

9<sup>30</sup>–13<sup>00</sup> Vorträge

	AUD	KKB	RAM	WEI
9 <sup>30</sup> –9 <sup>50</sup>	SO 10	GE 1	S1 10	GV 1
9 <sup>50</sup> –10 <sup>10</sup>	SO 11	GE 2	S1 11	GV 2
10 <sup>10</sup> –10 <sup>30</sup>	SO 12	GE 3	S1 12	GV 3
10 <sup>30</sup> –10 <sup>50</sup>	SO 13	GE 4	S1 13	GV 4
Kaffeepause				
11 <sup>20</sup> –11 <sup>40</sup>	SO 14	RD 1	S2 1	MG 1
11 <sup>40</sup> –12 <sup>00</sup>	SO 15	RD 2	S2 2	MG 2
12 <sup>00</sup> –12 <sup>20</sup>	SO 16	RD 3	S2 3	MG 3
12 <sup>20</sup> –12 <sup>40</sup>	GR 1	RD 4	S2 4	MG 4
12 <sup>40</sup> –13 <sup>00</sup>	SO 17	RD 5	S2 5	MG 5

14<sup>00</sup>–15<sup>00</sup> Plenarvortrag **PV 3** (AUD)  
*Louise Pellerin (Green Engineering, Inc., Anchorage, USA)*

15<sup>00</sup>–18<sup>00</sup> Poster (Mensa)

18<sup>00</sup>–20<sup>00</sup> Sitzungen der Arbeitskreise

20<sup>00</sup>–21<sup>00</sup> Öffentlicher Abendvortrag **AV** (AUD)  
*Bernhard Siemon (BGR Hannover)*  
 Geophysik als humanitäre Hilfe – Das Helikopter-Projekt HELP ACEH nach der Tsunami-Katastrophe in Sumatra

## Mittwoch, 5. März

8<sup>30</sup>–9<sup>30</sup> Plenarvortrag **PV 4** (AUD)  
*Nick Moldoveanu (Schlumberger WesternGeco)*  
 State of the art of marine seismic data acquisition

9<sup>30</sup>–13<sup>00</sup> Vorträge

	AUD	KKB	RAM	WEI
9 <sup>30</sup> –9 <sup>50</sup>	Kolloquium	GF 1	SM 1	S2 6
9 <sup>50</sup> –10 <sup>10</sup>		GF 2	SM 2	S2 7
10 <sup>10</sup> –10 <sup>30</sup>		SO 18	SM 3	S2 8
10 <sup>30</sup> –10 <sup>50</sup>		SO 19	SM 4	S2 9
Kaffeepause				
11 <sup>20</sup> –11 <sup>40</sup>	Kolloquium	SO 20	SM 5	S3 1
11 <sup>40</sup> –12 <sup>00</sup>		SO 21	SM 6	S3 2
12 <sup>00</sup> –12 <sup>20</sup>		SO 22	SM 7	S3 3
12 <sup>20</sup> –12 <sup>40</sup>		SO 23	SM 8	S3 4
12 <sup>40</sup> –13 <sup>00</sup>		SO 24	SM 9	S3 5

14<sup>00</sup>–15<sup>00</sup> Plenarvortrag **PV 5** (AUD)  
*Steven Constable (Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego, USA)*  
 Electromagnetic Methods for Offshore Exploration

15<sup>00</sup>–18<sup>00</sup> Poster (Mensa)

18<sup>00</sup>–20<sup>00</sup> DGG-Mitgliederversammlung (AUD)

20<sup>00</sup>–22<sup>00</sup> Studentischer Abend



## Donnerstag, 6. März

8<sup>30</sup>–9<sup>30</sup> Plenarvortrag **PV 6** (AUD)  
*Dirk Gajewski (Universität Hamburg)*  
 Stapeln aktiver und passiver seismischer Daten – neue Entwicklungen eines alten Konzeptes

9<sup>30</sup>–13<sup>00</sup> Vorträge

	AUD	KKB	RAM	WEI
9 <sup>30</sup> –9 <sup>50</sup>	SO 25	S4 1	BP 1	GD 1
9 <sup>50</sup> –10 <sup>10</sup>	SO 26	S4 2	BP 2	GD 2
10 <sup>10</sup> –10 <sup>30</sup>	SO 27	S4 3	BP 3	GD 3
10 <sup>30</sup> –10 <sup>50</sup>	SO 28	S4 4	BP 4	GD 4
Kaffeepause				
11 <sup>20</sup> –11 <sup>40</sup>	SO 29	S4 5	EP 1	GD 5
11 <sup>40</sup> –12 <sup>00</sup>	SO 30	S4 6	EP 2	GD 6
12 <sup>00</sup> –12 <sup>20</sup>	SO 31	S4 7	VU 1	GD 7
12 <sup>20</sup> –12 <sup>40</sup>	SO 32	S4 8	VU 2	GD 8
12 <sup>40</sup> –13 <sup>00</sup>	SO 33	S4 9	VU 3	GD 9

14<sup>00</sup>–18<sup>00</sup> Exkursionen

**Montag, 3. März, Auditorium Maximum (AUD-1001)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **SO 1** *Stange, S. (Regierungspräsidium Freiburg, Landeserdbendienst), Pohl, C. (Universität Freiburg)*  
Modellierung von H/V-Messungen
- 9<sup>50</sup> Uhr **SO 2** *Tran, T., Malischewsky, P. G. (Universität Jena), Scherbaum, F. (Universität Potsdam)*  
Investigation of H/V in "Layer over half-space" model: peaks, troughs and osculation points
- 10<sup>10</sup> Uhr **SO 3** *Böse, C., Rümpker, G., Schmeling, H. (Universität Frankfurt)*  
Modelle und Effekte seismischer Anisotropie im Bereich mittelozeanischer Rücken
- 10<sup>30</sup> Uhr **SO 4** *Wölbern, I., Rümpker, G. (Universität Frankfurt)*  
Constraints on seismic anisotropy and Moho-depth for the Rwenzori region in western Uganda.
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **SO 5** *Cesca, S., Heimann, S. (Universität Hamburg), Stammer, K. (SZGRF Erlangen, BGR), Dahm, T. (Universität Hamburg)*  
Automatic centroid moment tensor inversions at regional and teleseismic distances
- 11<sup>40</sup> Uhr **SO 6** *Barth, A. (Universität Karlsruhe, Heidelberger Akademie d. Wiss.), Jahnke, G. (BGR Hannover)*  
Momententensorinversion des nordkoreanischen Kernwaffentests vom 9. Oktober 2007 unter Verwendung eines regionalen 3D-Erdmodells
- 12<sup>00</sup> Uhr **SO 7** *Lühr, B.-G., Walter, T. (GFZ Potsdam), Wassermann, J. (LMU München), Angraini, A. (UGM, Yogyakarta, Indonesien), Wang, R. (GFZ Potsdam), Wagner, D. (Universität Kiel), Parolai, S., Zschau, J. (GFZ Potsdam), Harjadi, P. (BMG, Jakarta, Indonesien)*  
Das Mw 6.4 Bantul Erdbeben 2007 – Ein überraschendes Desaster?
- 12<sup>20</sup> Uhr **SO 8** *Rößler, D., Krüger, F., Ohrnberger, M. (Universität Potsdam)*  
Rupture details of tsunamogenic and non-tsunamogenic large earthquakes along the Sunda Arc
- 12<sup>40</sup> Uhr **SO 9** *Hensch, M., Dahm, T., Hort, M., Dehghani, A., Hübscher, C. (Universität Hamburg)*  
First results of the Ocean-Bottom-Seismometer and -Tiltmeter experiment at Columbo submarine Volcano (Aegean Sea, Greece)

**Montag, 3. März, Karl-Kegel-Bau (KKB-2030)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **UI 1** Igel, J., Preetz, H. (GGA-Institut), Altfelder, S. (BGR)  
Die magnetische Suszeptibilität tropischer Böden — Einfluss auf die Landminensuche
- 9<sup>50</sup> Uhr **UI 2** Lück, E. (Universität Potsdam), Rühlmann, J. (IGZ Großbeeren)  
Bodenkartierungen mit dem Geophilus
- 10<sup>10</sup> Uhr **UI 3** Petersen, H., Rabbel, W. (Inst. f. Geowiss. Kiel)  
Gammaskpektrometrie und Seismik zur Charakterisierung der Eigenschaften von Ackerböden
- 10<sup>30</sup> Uhr **UI 4** Leder, T., Polom, U. (GGA-Institut)  
Seismische Analyse mittels S- und P-Wellen in urbanen Gebieten – bergbaubedingte Destabilisierungsvorgänge in der Stadt Staßfurt
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **UI 5** Wuttke, M. W., Han, J., Kessels, W. (GGA-Institut)  
Onsite Modelling as a Tool for Coalfire Fighting
- 11<sup>40</sup> Uhr **UI 6** Kühnicke, H., Schulze, E., Voigt, D. (Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfung Dresden)  
Bohrlochfreie Messung der Permeabilität in Untertagedeponien
- 12<sup>00</sup> Uhr **UI 7** Buckup, P. (UFZ)  
Möglichkeiten für eine Elementbestimmung mit INN
- 12<sup>20</sup> Uhr **UI 8** Martin, T. (BAM)  
Spektrale Induzierte Polarisation (SIP) – Anisotropienachweis an Holz
- 12<sup>40</sup> Uhr **UI 9** Büch, H., Degutsch, M. (Universität Münster)  
Strömungs- und Sedimenttransport-Simulationen mit Gitter-Boltzmann-Modellen

**Montag, 3. März, Erich-Rammler-Bau (RAM-1085)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **EM 1** Hiller, T., Yaramanci, U. (TU Berlin), Delhomme, J.-P. (Schlumberger Water Services)  
Gemeinsame Interpretation von Magnetischer Resonanz Sondierung und NMR-Bohrloch Daten
- 9<sup>50</sup> Uhr **EM 2** Braun, M., Kamm, J., Yaramanci, U. (TU Berlin)  
Vollständige Inversion von Magnetischer Resonanz Sondierung: Wassergehalt, Abklingzeit und Resistivität
- 10<sup>10</sup> Uhr **EM 3** Strehl, S., Yaramanci, U. (TU Berlin)  
Finite Elemente Modellierung des NMR-response Signals in teilgesättigten Porenräumen
- 10<sup>30</sup> Uhr **EM 4** Fielitz, D. (FZ Jülich), Kemna, A. (Universität Bonn), Zimmermann, E., Glaas, W. (FZ Jülich), Cassiani, G. (University of Padua, Italy), Vereecken, H. (FZ Jülich)  
Aspects in crosshole MMR surveying
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **EM 5** Virgil, C., Hördt, A. (TU Braunschweig)  
Untersuchung zur Verbesserung der Objektidentifizierung von Multifrequenz-EMI-Minensuchgeräten
- 11<sup>40</sup> Uhr **EM 6** Martin, R., Tezkan, B. (Universität Köln)  
3D Inversion und Sensitivitäten von TEM Daten
- 12<sup>00</sup> Uhr **EM 7** Afanasjew, M., Börner, R.-U., Eiermann, M., Ernst, O. G., Güttel, S., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
Treatment of the Air-Earth Interface with a Nonuniform FFT for Three-Dimensional TEM Simulation
- 12<sup>20</sup> Uhr **EM 8** Kalberkamp, U. (BGR)  
Magnetotellurische Messungen zur Erkundung einer geothermalen Resource im Afar-Dreieck (Äthiopien)
- 12<sup>40</sup> Uhr **EM 9** Kröger, B. (Universität Bonn), Yaramanci, U. (TU Berlin)  
Untersuchung qualitativer Eigenschaften seismoelektrischer Effekte mit Finiten Elementen

**Montag, 3. März, Julius-Weißbach-Bau (WEI-1051)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **S1 1** *Schulz, H. R. (Angewandte Gravimetrie Dr. H. Richard Schulz)*  
Modellierungen für mikrogravimetrische Untersuchungen
- 9<sup>50</sup> Uhr **S1 2** *Sedlák, J., Gnojek, I., Zabadal, S. (Miligal, s.r.o.), Farbisz, J. (Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych), Cwojdzinski, S. (Państwowy Instytut Geologiczny), Scheibe, R. (Geophysik GGD mbH)*  
Gravity modelling in Lausitz-Jizera-Karkonosze area
- 10<sup>10</sup> Uhr **S1 3** *Wünnemann, K., Elbeshausen, D. (HU Berlin)*  
Meteorite impact processes: Insight from numerical modelling and laboratory experiments
- 10<sup>30</sup> Uhr **S1 4** *Elbeshausen, D., Wünnemann, K. (Museum f. Naturkunde, HU Berlin), Collins, G. S. (Imperial College, London)*  
The effect of friction in oblique impacts - insight from numerical modelling
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **S1 5** *Essen, K., Braatz, M. (Universität Bochum), Ceranna, L. (BGR, Hannover), Friederich, W., Meier, T. (Universität Bochum)*  
Modellierung der Wellenausbreitung entlang des Plattenkontakts der Hellenischen Subduktionszone
- 11<sup>40</sup> Uhr **S1 6** *Breitzke, M. (AWI Bremerhaven)*  
Estimating the acoustic impact of seismic research surveys on marine mammals in the Southern Ocean using a 2.5D finite-difference code for acoustic wave propagation modeling
- 12<sup>00</sup> Uhr **S1 7** *Wenzlau, F., Müller, T. M. (Universität Karlsruhe (TH))*  
Effective elastic properties of cracked and partially saturated media - theory and numerical experiments
- 12<sup>20</sup> Uhr **S1 8** *Stürmer, K., Ciz, R., Shapiro, S. A. (FU Berlin)*  
Modeling of effective properties of heavy oil rocks – application of generalized Gassmann’s equations
- 12<sup>40</sup> Uhr **S1 9** *Ciz, R., Shapiro, S. A. (FU Berlin), Saenger, E. H. (ETH Zurich and Specraseis), Gurevich, B. (Curtin University and CSIRO Petroleum, Perth)*  
Poroelastic and Viscoelastic Effects in Porous Media: Theory vs. Numerical Simulations

**Dienstag, 4. März, Auditorium Maximum (AUD-1001)**

- 9<sup>30</sup> Uhr    **SO 10**    Geissler, W. (AWI Bremerhaven), Kind, R. (GFZ Potsdam), Krüger, F. (Universität Potsdam), *PASSEQ Arbeitsgruppe*  
 PASSEQ 2006-2008: Passive Seismic Experiment in TESZ – ein internationales Projekt zum Studium der Struktur des oberen Erdmantels über die Tornquist-Teisseyre-Zone
- 9<sup>50</sup> Uhr    **SO 11**    Geissler, W. (AWI Bremerhaven), Kind, R., Yuan, X. (GFZ Potsdam)  
 Heterogenitäten des oberen Erdmantels und der Lithosphäre in Mittel- und Osteuropa aus Sicht von teleseismischen receiver functions
- 10<sup>10</sup> Uhr    **SO 12**    Spicak, A., Vanek, J., Hanus, V. (Institute of Geophysics, Prague)  
 Composite structure and segmentation of the Izu-Bonin-Mariana Wadati-Benioff Zone – consequence of cyclic character of subduction?
- 10<sup>30</sup> Uhr    **SO 13**    Friederich, W., Aldushina, E. (Universität Bochum)  
 Predicting seismic velocities and density in subduction zones from mineral properties, pressure and temperature
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr    **SO 14**    Schweitzer, J. (NORSAR), Guterch, A. (Polish Academy of Sciences), Krüger, F. (Universität Potsdam), Schmidt-Aursch, M. (AWI Bremerhaven), *Bear Island-Project Group*  
 The IPY Project “The Dynamic Continental Margin Between the Mid-Atlantic-Ridge System (Mohns Ridge, Knipovich Ridge) and the Bear Island Region”
- 11<sup>40</sup> Uhr    **SO 15**    Weidle, C., Maupin, V. (University Oslo, Norway)  
 A low-velocity finger from Iceland beneath southern Scandinavia – the key to understanding Neogene uplift?
- 12<sup>00</sup> Uhr    **SO 16**    Legendre, C. (Universität Bochum), Lebedev, S. (Utrecht University), Meier, T., Friederich, W. (Universität Bochum)  
 Large-scale shear velocity structure of the upper mantle beneath Europe and surrounding regions.
- 12<sup>20</sup> Uhr    **GR 1**    Gnojek, I., Sedlák, J., Zabadał, S. (Miligal, s.r.o.)  
 Airborne gamma-ray spectrometry in the Czech part of the Fichtelgebirge and Erzgebirge - Natural radioactive pattern and radioactive pollution
- 12<sup>40</sup> Uhr    **SO 17**    Dinske, C., Shapiro, S., Kummerow, J. (FU Berlin)  
 Probability of a given-magnitude earthquake induced by borehole fluid injections

**Dienstag, 4. März, Karl-Kegel-Bau (KKB-2030)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **GE 1** *Just, A., Rücker, C., Serfling, U., Schütze, C. (Universität Leipzig)*  
 Interpretation geoelektrischer Messungen in einem Salzbergwerk mit Hilfe von 3D Finite-Elemente-Modellierungen
- 9<sup>50</sup> Uhr **GE 2** *Blaschek, R., Hördt, A. (TU Braunschweig)*  
 Numerische Modellierung des IP-Effekts auf Porenskala
- 10<sup>10</sup> Uhr **GE 3** *Flores-Orozco, A. (FZ Jülich, Universität Bonn), Kemna, A. (Universität Bonn), Zimmermann, E. (FZ Jülich)*  
 Analysis and model description of data errors in induced polarization imaging
- 10<sup>30</sup> Uhr **GE 4** *Kruschwitz, S., Niederleithinger, E. (BAM)*  
 Complex resistivity (CR) an Baumaterial, vom Labor- zum Geländemaßstab
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **RD 1** *Paasche, H. (Universität Potsdam), Wendrich, A. (BAM, Berlin), Tronicke, J. (Universität Potsdam)*  
 Gemeinsame Inversion von Ultraschall- und Georadarwellenlaufzeiten zur zerstörungsfreien Detektion von Hohlräumen in Mauerwerk
- 11<sup>40</sup> Uhr **RD 2** *Uchtmann, S. (GGA-Institut Hannover)*  
 Common-Midpoint- und Multi-Offset-Messungen als Interpretationshilfe und zur Verbesserung von Georadarmessungen untertage
- 12<sup>00</sup> Uhr **RD 3** *Gundelach, V., Eisenburger, D. (BGR), Paly, M. de (Universität Tübingen)*  
 Mustererkennung mittels Neuronaler Netze in Signalen des Georadars von geologischen Strukturen im Salz
- 12<sup>20</sup> Uhr **RD 4** *Hugenschmidt, J., Kalogeropoulos, A. (Empa, Schweiz)*  
 Georadar-Untersuchungen vor, während und nach einer Million Schwerlastüberrollungen auf einer Autobahn
- 12<sup>40</sup> Uhr **RD 5** *Eisenburger, D., Gundelach, V., Otto, D., Buschmann, U. (BGR)*  
 Neuentwicklungen von Georadarbohrlochsonden zur verbesserten räumlichen Erkundung geologischer Strukturen

**Dienstag, 4. März, Erich-Rammler-Bau (RAM-1085)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **S1 10** *Fischer, K. D., Bischoff, M., Meier, T. (Universität Bochum)*  
The 2006 Kythira (Greece) Earthquake: Observing and modelling sub-millimetre deformations
- 9<sup>50</sup> Uhr **S1 11** *Afanasjew, M., Börner, R.-U., Eiermann, M., Ernst, M., Güttel, S., Spitzer, K. (TU Freiberg)*  
Convergence of Krylov Subspace Methods for Modelling TEM
- 10<sup>10</sup> Uhr **S1 12** *Rücker, C. (Universität Leipzig), Igel, J. (Leibniz-Inst. f. Angew. Geophys. Hannover), Mohnke, O. (RWTH Aachen), Günther, T. (Leibniz-Inst. f. Angew. Geophys. Hannover)*  
Basis von Finite-Elemente-Simulationen mit dem Complete Electrode Model
- 10<sup>30</sup> Uhr **S1 13** *Fischer, A., Brand, T. (SENSYS GmbH)*  
Modellierung von magnetischen Störkörpern im Raum
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **S2 1** *Günther, T. (Leibniz-Inst. f. Angew. Geophysik, Hannover), Müller-Petke, M. (TU Berlin), Hertrich, M. (ETH Zürich), Rücker, C. (Universität Leipzig)*  
Die Rolle von Transformationsfunktionen in der Inversion geophysikalischer Daten
- 11<sup>40</sup> Uhr **S2 2** *Abbassi, B. (University of Tehran)*  
Simulation of Earthquake Prediction through 2D Time Lapse Electrical Tomography
- 12<sup>00</sup> Uhr **S2 3** *Hauck, C., Rings, J. (Karlsruhe Inst. of Techn.)*  
Ensemble inversion approach of electrical resistivity and refraction seismic tomography in frozen ground
- 12<sup>20</sup> Uhr **S2 4** *Kalscheuer, T., Juanatey, M. de los Á. G. (Uppsala University), Meqbel, N. (GFZ Potsdam), Pedersen, L. B. (Uppsala University)*  
Non-linear variance and resolution properties of two-dimensional resistivity models derived from single and joint inversions of direct current resistivity and radiomagnetotelluric data
- 12<sup>40</sup> Uhr **S2 5** *Hertrich, M. (ETH Zürich), Müller-Petke, M. (TU Berlin), Günther, T. (GGA-Institut Hannover)*  
Optimized inversion of surface NMR data



**Dienstag, 4. März, Julius-Weißbach-Bau (WEI-1051)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **GV 1** *Münch, H.-M. (Universität Bonn)*  
Gravimetrische Detektion von Höhenänderungen trotz saisonaler Schwereänderungen
- 9<sup>50</sup> Uhr **GV 2** *Heyde, I. (BGR)*  
Aerogravimetrische Vermessung im deutschen Nordseesektor
- 10<sup>10</sup> Uhr **GV 3** *Kessler-Schulz, K. U., Schulz, H. R. (Angewandte Gravimetrie Dr. H. Richard Schulz)*  
Einfluss des geologischen Untergrundes auf das oberflächennahe Schwerfeld
- 10<sup>30</sup> Uhr **GV 4** *Schlicht, A., Lange, S., Gruber, T. (TU München)*  
Produkte der Schwerfeldmission GOCE
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **MG 1** *Geissler, W., Jokat, W., Voss, M. (AWI Bremerhaven)*  
Seismische und aeromagnetische Untersuchungen des nordwestlichen Yermak-Plateaus
- 11<sup>40</sup> Uhr **MG 2** *Parsiegla, N., Gohl, K., Uenzelmann-Neben, G. (AWI Bremerhaven)*  
Das Agulhas Plateau: Struktur und Entstehung einer Large Igneous Province
- 12<sup>00</sup> Uhr **MG 3** *Rios, C., Dahm, T. (Universität Hamburg), Friederich, W. (Universität Bochum)*  
Seafloor compliance estimations at the Aegean Sea, Greece
- 12<sup>20</sup> Uhr **MG 4** *Polster, A. (Universität Bremen)*  
Drift-Analysis of ocean bottom pressure measurements
- 12<sup>40</sup> Uhr **MG 5** *Fabian, M., Urlaub, M., Villinger, H. (Universität Bremen)*  
Long-Term Sea Floor Deformations in the Logatchev Hydrothermal Vent Field, Mid-Atlantic Ridge, Measured by the Bremen Ocean Bottom Tiltmeter OBT

**Mittwoch, 5. März, Auditorium Maximum (AUD-1001)**

**DGG-Kolloquium „Geophysikalisches Monitoring“**

- 9<sup>30</sup> Uhr *Frank Schilling, Rüdiger Giese und Cornelia Schmidt-Hattenberger (GFZ Potsdam)*  
CO2SINK – Das CO2-Speicherprojekt in Ketzin: Geophysikalische Exploration und Monitoring
- 10<sup>10</sup> Uhr *Markus Hirsch und Peter Dietrich (UFZ Leipzig)*  
Möglichkeiten und Grenzen von 4D-Geoelektrik im Nahbereich
- Kaffeepause
- 11<sup>40</sup> Uhr *Marco Naujoks, Corinna Kroner, Thomas Jahr, Adelheid Weise und Gerhard Jentsch (Uni Jena)*  
Schwerefeldbeobachtungen und Hydrologie
- 12<sup>20</sup> Uhr *Serge A. Shapiro, Carsten Dinske und Jörn Kummerow (FU Berlin)*  
Help and risk of seismicity induced by reservoir stimulations: physical fundamentals

**Mittwoch, 5. März, Karl-Kegel-Bau (KKB-2030)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **GF 1** Cong, X., Schlittenhardt, J. (BGR), Gutjahr, K.-H. (Joanneum Research), Sörgel, U. (Universität Hannover)  
 Detektion und Messung oberflächennaher Deformationen aufgrund unterirdischer Kernexplosionen mit dem Verfahren der differentiellen SAR Interferometrie
- 9<sup>50</sup> Uhr **GF 2** Niethammer, U., Joswig, M. (Universität Stuttgart)  
 Luftbilderfassung einer Großhangbewegung in Vorarlberg mit Hilfe von UAVs
- 10<sup>10</sup> Uhr **SO 18** Strehlau, J. (Universität Kiel), Stange, S. (LGRB Freiburg)  
 Deep Crustal Seismicity: Can the Lower Continental Crust be Both Brittle and Ductile?
- 10<sup>30</sup> Uhr **SO 19** Walter, M. (Universität Stuttgart), Polom, U. (GGA-Institut, Hannover), Joswig, M. (Universität Stuttgart)  
 Geophysikalische Untersuchungen der Rutschung am Heumöser Hang, Vorarlberg (Österreich)
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **SO 20** Häge, M., Joswig, M. (Universität Stuttgart)  
 Mikroseismische Untersuchung der Hintergrundseismizität im Schwarmbebengebiet Vogtland/NW-Böhmen mittels Nanoseismic Monitoring
- 11<sup>40</sup> Uhr **SO 21** Joswig, M. (Universität Stuttgart)  
 Das OSI SWE07 Experiment der CTBTO: Erfassung von Kleinstbeben ML –1.0 im industriellen Umfeld
- 12<sup>00</sup> Uhr **SO 22** Bischoff, M., Meier, T. (Universität Bochum)  
 Lokalisierung bergbauinduzierter Ereignisse in Hamm
- 12<sup>20</sup> Uhr **SO 23** Becker, D. (FU Berlin), Dahm, T. (Universität Hamburg), Shapiro, S. (FU Berlin), Kaiser, D. (BGR)  
 Analyzing Acoustic Emission rates and their changes by statistical modelling
- 12<sup>40</sup> Uhr **SO 24** Groos, J., Ritter, J. R. R. (Universität Karlsruhe (TH))  
 Temporal and spatial changes of statistical properties in the urban seismic noise wavefield

**Mittwoch, 5. März, Erich-Rammler-Bau (RAM-1085)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **SM 1** *Thomas, R. (GGA-Institut, Hannover)*  
Einfache 3D-Seismik im Süddeutschen Molassebecken zur Erkundung des Oberen Jura (Malm)
- 9<sup>50</sup> Uhr **SM 2** *Karp, T., Bauer, M. (Geophysik GGD mbH), Misiek, R. (DMT GmbH), Petzold, H. (GMB mbH), Thiele, R. (Vattenfall Europe Mining AG), Seitz, R. (Geophysik GGD mbH)*  
Ergebnisse 3D-seismischer Untersuchungen zur Erkundung komplexer geologischer Lagerungsverhältnisse in einem Tagebaufeld der Lausitz
- 10<sup>10</sup> Uhr **SM 3** *Buske, S., Gutjahr, S., Shapiro, S. (FU Berlin)*  
Seismische Abbildung des San-Andreas-Verwerfungssystems
- 10<sup>30</sup> Uhr **SM 4** *Wahle, M. (Universität/UFZ Leipzig), Schikowsky, P. (Universität Leipzig), Dietrich, P. (UFZ Leipzig)*  
Vergleich der Aufnahmequalität von geschleppten und gesteckten Geophonen in der Nahseismik
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **SM 5** *Lüth, S., Rechlin, A., Giese, R. (GFZ Potsdam), Besser, S. (Universität Karlsruhe), Fecker, E. (GIF Ettlingen GmbH)*  
OnSITE - Tunnelseismik I: Seismische Vorauserkundung im Tunnelbau mit Lockergestein - Neuer Schlüchterner Tunnel (Hessen)
- 11<sup>40</sup> Uhr **SM 6** *Rechlin, A., Giese, R., Lüth, S. (GFZ Potsdam), Heim, A. (Herrenknecht AG)*  
OnSITE – Tunnelseismik II: Seismische Vorauserkundung für den Tunnelbau im Hartgestein (Glendoe Wasserkraftwerk/Schottland)
- 12<sup>00</sup> Uhr **SM 7** *Jetschny, S., Bohlen, T., De Nil, D. (TU Freiberg)*  
Imaging of geological structures ahead of the tunnel by interpretation of RSSR-wave polarization
- 12<sup>20</sup> Uhr **SM 8** *De Nil, D., Köhn, D., Jetschny, S., Bohlen, T. (TU Freiberg)*  
Beamforming with RSSR-waves for imaging structures ahead of a tunnel face
- 12<sup>40</sup> Uhr **SM 9** *Tzavaras, J., Buske, S., Groß, K., Shapiro, S. A. (FU Berlin)*  
Tunnel seismic investigations – 3D imaging

**Mittwoch, 5. März, Julius-Weißbach-Bau (WEI-1051)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **S2 6** *Jacoby, W., Smilde, P., Wallner, H. (Universität Mainz)*  
Modellieren, Optimieren und Invertieren in der Gravimetrie
- 9<sup>50</sup> Uhr **S2 7** *Münch, T., Koch, M. (Universität Kassel), Schlittenhardt, J. (BGR Hannover)*  
Der Einfluss von Herdzeiten auf die 3D-tomographische Inversion
- 10<sup>10</sup> Uhr **S2 8** *Eisermann, A. S., Joswig, M. (Universität Stuttgart)*  
Beben-Lokalisierung im 3D-verkippten Schichtenmodell
- 10<sup>30</sup> Uhr **S2 9** *Krieger, L., Dahm, T. (Universität Hamburg), Wegler, U. (BGR)*  
Entwicklung und Test eines Algorithmus' zur Echtzeitbestimmung von Centroid-Momententensorloesungen fuer langperiodische vulkanische Ereignisse (LP-Events)

Kaffeepause

- 11<sup>20</sup> Uhr **S3 1** *Alvers, M. R. (Transinsight GmbH, Dresden), Götze, H.-J. (Universität Kiel), Fichler, C. (StatoilHydro, Trondheim, Norway), Schmidt, S. (Universität Kiel), Plonka, C., Barrio-Alvers, L. (Transinsight GmbH, Dresden)*  
IGMAS+ A New 3D Gravity, FTG and Magnetic Modeling Software
- 11<sup>40</sup> Uhr **S3 2** *Baumann, P. (Jacobs University Bremen)*  
Aktueller Stand und Perspektiven bei der Standardisierung multi-dimensionaler Rasterdienste
- 12<sup>00</sup> Uhr **S3 3** *Kuder, J., Kühne, K. (GGA - Institut, Hannover), Geomind Consortium (PGI Warschau)*  
GeoMind - Europäische Geophysik ohne Schranken
- 12<sup>20</sup> Uhr **S3 4** *Meyer, M. (Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde), Bobertz, B. (Universität Greifswald)*  
A data management system for interdisciplinary research data - approach and implementation
- 12<sup>40</sup> Uhr **S3 5** *Royer, J.-J. (CRPG-CNRS & LIAD-ENSG), Rabeau, O. (UQAT-CRPG-CNRS), Cheilletz, A. (ASGA & LIAD-ENSG)*  
3D Modeling and Visualization in Mining Exploitation

**Donnerstag, 6. März, Auditorium Maximum (AUD-1001)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **SO 25** Heimann, S., Cesca, S., Dahm, T. (Inst. f. Geophysik, Hamburg), Krüger, F. (Universität Potsdam)  
Stable estimation of extended fault properties for medium-sized earthquakes using teleseismic waveform data
- 9<sup>50</sup> Uhr **SO 26** Giacomo, D. D. (GFZ/Universität Potsdam), Grosser, H., Parolai, S., Wang, R., Bormann, P. (GFZ Potsdam)  
Fast determination of energy magnitude from P-waves of teleseismic seismograms
- 10<sup>10</sup> Uhr **SO 27** Küperkoch, L. (Universität Bochum), Meier, T., Friederich, W. (Bochum)  
Automatische Ereignis- und Phasenidentifikation in einem regionalen, seismischen Netzwerk am Beispiel des EGELADOS-Netzwerks
- 10<sup>30</sup> Uhr **SO 28** Jahnke, G., Ceranna, L. (BGR, Hannover)  
Ein Gittersuchverfahren zur automatischen Lokalisierung deutscher Erdbeben
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **SO 29** Langenbruch, C., Shapiro, S. (FU Berlin)  
Seismicity Rate and Omori Law
- 11<sup>40</sup> Uhr **SO 30** Friederich, W., Meier, T. (Universität Bochum)  
Inferring the time evolution of moment rate and moment magnitude of large earthquakes
- 12<sup>00</sup> Uhr **SO 31** Sandberg, S. (GFZ/Universität Potsdam), Baris, S. (Kocaeli University, Turkey), Grosser, H. (GFZ Potsdam), Özer, M. F. (Kocaeli University, Turkey), Woith, H. (GFZ Potsdam), Irmak, S. T. (Kocaeli University, Turkey), Günther, E. (GFZ Potsdam)  
Seismicity and Tectonics of Armutlu peninsula, Turkey
- 12<sup>20</sup> Uhr **SO 32** Lindenfeld, M., Rümpker, G. (Universität Frankfurt), Schumann, A. (Universität Kampala), Wölbern, I. (Universität Frankfurt)  
Untersuchung der lokalen Seismizität im Gebiet des Rwenzori Gebirges, West Uganda
- 12<sup>40</sup> Uhr **SO 33** Ceranna, L. (BGR, Hannover), Pichon, A. L. (CEA, Paris), Green, D. (AWE, Blacknest), Mialle, P. (CEA, Paris)  
The Buncefield explosion: a benchmark for infrasound analysis in Europe

**Donnerstag, 6. März, Karl-Kegel-Bau (KKB-2030)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **S4 1** *Niederleithinger, E. (BAM), Weller, A., Lewis, R.*  
Evaluierung geophysikalischer Verfahren zur Strukturuntersuchung von Flussscheiden
- 9<sup>50</sup> Uhr **S4 2** *Dietrich, P., Marschall, K. (UFZ), Paasche, H., Tronicke, J. (Universität Potsdam), Karl, L., Fechner, T. (Geotomographie GmbH)*  
Kombination verschiedener seismischer Methoden zur Baugrunderkundung
- 10<sup>10</sup> Uhr **S4 3** *Werban, U. (UFZ), Behrens, T. (Universität Tübingen), Dietrich, P. (UFZ)*  
Interactions between soil related sciences – Linking geophysics, soil science and digital soil mapping
- 10<sup>30</sup> Uhr **S4 4** *Berthold, S., Börner, F. (Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V.)*  
Detektion dichtegetriebener vertikaler Transportprozesse in Bohrungen und Grundwassermessstellen mit geophysikalischen Bohrlochmessungen
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **S4 5** *Sudha, S. (Universität Köln and Indian Inst. of Techn. Roorkee, India), Tezkan, B. (Universität Köln), Israil, M., Rai, J. (Indian Inst. of Techn. Roorkee, India)*  
Mapping of Groundwater Contamination in Roorkee Area, India
- 11<sup>40</sup> Uhr **S4 6** *Böniger, U., Tronicke, J. (Universität Potsdam)*  
Effiziente und hochgenaue Positionierung in der oberflächennahen Geophysik mittels moderner Totalstationen
- 12<sup>00</sup> Uhr **S4 7** *Reitmayr, G. (BGR)*  
Erkundung eines Heißwasservorkommens in Süd-Chile mit TEM und Geolektrik
- 12<sup>20</sup> Uhr **S4 8** *Schütze, C., Flechsig, C. (Inst. f. Geophysik und Geologie Leipzig), Bussert, R. (TU Berlin), Rechner, J. (Inst. f. Geophysik und Geologie Leipzig)*  
Erkundung struktureller Eigenschaften einer magmatischen Entgasungszone im Eger-Rift/NW-Böhmen - Ergebnisse geoelektrischer und sedimentologischer Untersuchungen
- 12<sup>40</sup> Uhr **S4 9** *Hilbich, C., Hauck, C.*  
Geoelektrisches Monitoring im Gebirgspermafrost zur Quantifizierung der Permafrost-Degradation

**Donnerstag, 6. März, Erich-Rammler-Bau (RAM-1085)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **BP 1** Koller, C., Börner, F. (Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.)  
Methodische Untersuchungen zum bohrlochgeophysikalischen Nachweis der Dichtungswirkung von Tonsperren
- 9<sup>50</sup> Uhr **BP 2** Hunze, S., Wonik, T. (GGA-Institut Hannover)  
Forschungsbohrungen Heidelberger Becken: Interpretation von Bohrlochmessungen
- 10<sup>10</sup> Uhr **BP 3** Buckup, K. (Bohrlochmessungen-Dr. Buckup)  
Neutronprofilierung zur Bodenuntersuchung
- 10<sup>30</sup> Uhr **BP 4** Blumtritt, J., Lehmer, M. (BLM GmbH)  
Der sensitive Blick auf Gefügemerkmale und Hydrodynamik bei der Erkundung von Kluftgrundwasserleitern

Kaffeepause

- 11<sup>20</sup> Uhr **EP 1** Pennewitz, E., Hördt, A. (TU Braunschweig)  
Vorüberlegungen zur elektrischen Erkundung des Untergrundes auf dem Marsmond Phobos
- 11<sup>40</sup> Uhr **EP 2** Roth, L., Saur, J., Schilling, N. (Universität Köln)  
Die Morphologie der UV-Emission aus der Atmosphäre des Jupitermondes Europa
- 12<sup>00</sup> Uhr **VU 1** Scharff, L., Gerst, A., Ziemer, F., Hort, M. (Universität Hamburg), Johnson, J. B. (New Mexico Institute of Mining and Technology, USA)  
Explosionen und deren Dynamik am Vulkan Santiaguito, Guatemala
- 12<sup>20</sup> Uhr **VU 2** Zoporowski, A., Miller, S. A., Pudasaini, S. P. (Universität Bonn)  
Modellierung der vulkanischen Extrusion und periodischen Seismizität am Mount St. Helens mit dem Konzept der Effektivspannung
- 12<sup>40</sup> Uhr **VU 3** Dahm, T. (Universität Hamburg), Fischer, T. (GFU Praha), Hainzl, S. (GFZ Potsdam)  
Mechanism of intrusions: a comparison of models with application to the earthquake swarm region in NW Bohemia



**Donnerstag, 6. März, Julius-Weißbach-Bau (WEI-1051)**

- 9<sup>30</sup> Uhr **GD 1** *Futterer, B. (BTU Cottbus), Hollerbach, R. (University of Leeds, Großbritannien), Chossat, P. (CNRS, Nice, Frankreich), Beltrame, P. (MPI f. Physik komplexer Systeme Dresden), Tuckerman, L. (PMMH-ESPCI, Paris, Frankreich), Feudel, F. (Universität Potsdam), Egbers, C. (BTU Cottbus)*  
 GeoFlow: Ein Experiment zur Darstellung konvektiver Strömungen im Erdinneren
- 9<sup>50</sup> Uhr **GD 2** *Bock, M. (Universität Mainz), Regenauer-Lieb, K. (School of Earth and Geographical Sciences, The University of Western Australia), Lotze, M., Wilke, T. (Schott AG, Mainz), Rücker, C. (Universität Leipzig)*  
 Anwendung der geoelektrischen 3D-Tomographie für die Analyse thermisch induzierter Strömungen im Labor
- 10<sup>10</sup> Uhr **GD 3** *Fahl, A., Stein, C., Hansen, U. (Inst. f. Geophys. Münster)*  
 Surface response of mantle convection: Results from numerical simulations
- 10<sup>30</sup> Uhr **GD 4** *Dude, S., Hansen, U. (Universität Münster), Stellmach, S. (University of California, Santa Cruz, USA)*  
 Double-diffusive convection - a possible mechanism for layered mantle convection in planetary bodies
- Kaffeepause
- 11<sup>20</sup> Uhr **GD 5** *Franke, D., Neben, S., Ladage, S., Schreckenberger, B., Ehrhardt, A., Hinz, K. (BGR)*  
 Wie entstand der enorme Vulkanismus an passiven Kontinenträndern?
- 11<sup>40</sup> Uhr **GD 6** *Wallner, H., Schmeling, H. (Universität Frankfurt a.M.)*  
 Warum ist das Rwenzori Gebirge so hoch?
- 12<sup>00</sup> Uhr **GD 7** *Suckro, S., Blindow, N., Rückamp, M. (Universität Münster)*  
 Geometry and internal structure of the temperate ice cap of King George Island, Antarctica, from GPR and GPS measurements
- 12<sup>20</sup> Uhr **GD 8** *Dinc, A. N., Thorwart, M., Rabbel, W. (Universität Kiel), Flüh, E. (GEOMAR, Kiel)*  
 Transition from Nicaraguan to northern Costa Rican subduction zone: controlled by the stress state of the overriding plate
- 12<sup>40</sup> Uhr **GD 9** *Papoulia, J. (Hellenic Center for Marine Research), Makris, J. (GeoPro GmbH)*  
 Wrench faulting and deep seismicity at the external zones of the Hellenides

## Poster

### S1 – Modellierung

- PS1 1** Hellwig, O., Bohlen, T. (TU Freiberg)  
Seismic prediction ahead of the drill - A 2.5D FDTD modeling study
- PS1 2** Jaya, M., Shapiro, S. (FU Berlin), Bruhn, D., Milsch, H. (GFZ Potsdam), Flóvenz, Ó. (ÍSOR, Iceland)  
Seismic Signatures of Temperature Dependent Geothermal Rocks at In-situ Reservoir Conditions
- PS1 3** Börner, R.-U., Ernst, O. G., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
Fast simulation of transient electromagnetic fields by model reduction in the frequency domain using Krylov subspace projection
- PS1 4** Franke, A., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
On the numerically efficient formulation of the three-dimensional magnetotelluric boundary value problem
- PS1 5** Kemna, A. (Universität Bonn), Fielitz, D. (FZ Jülich), Cassiani, G. (Universität Padua), Zimmermann, E. (FZ Jülich)  
2.5D MMR-Modellierung auf kompakten Gittern
- PS1 6** Kütter, S., Franke, A., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
Numerical simulation of magnetotelluric fields at Stromboli
- PS1 7** Müller, S., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
Numerische Modellierung einer Permittivitätssonde für ExoMars
- PS1 8** Schwarzbach, C., Börner, R.-U. (TU Freiberg)  
A synthetic model study for marine EM using vector finite elements
- PS1 9** Kock, I., Huhn, K. (Forschungszentrum Ozeanränder)  
Numerical modelling of micro scaled granular deformation
- PS1 10** Tzoumerkiotis, E., Fischer, K. D. (Universität Bochum), Morra, G. (ETH Zürich)  
Dynamics of a subducting slab: Influence of rheological parameters
- PS1 11** Safanda, J. (Inst. of Geophysics Prague), Rajver, D. (Geological Survey of Slovenia), Correia, A. (University of Evora), Dedecek, P. (Inst. of Geophysics Prague)  
Temporal changes of subsurface temperature obtained by repeated logging
- PS1 12** Elbeshausen, D., Winnemann, K. (Museum f. Naturkunde, HU Berlin)  
Complex crater formation driven by oblique meteorite impacts
- PS1 13** Braatz, M., Essen, K. (Universität Bochum), Ceranna, L. (BGR, Hannover), Friederich, W., Meier, T. (Universität Bochum)  
Einfluss eines Subduktionskanals auf die Ausbreitung seismischer Wellen von mitteltiefen Beben in der Hellenischen Subduktionszone

- PS1 14** *Essen, K., Friederich, W. (Universität Bochum), Bohlen, T. (TU Freiberg)*  
Modellierung von gestreuten seismischen Wellen an kleinräumigen Strukturen mit Born-Approximation
- PS1 15** *Nguyen, N., Bohlen, T. (TU Freiberg), Heimann, S. (University of Hamburg)*  
Different approaches in modeling of Scholte wave propagation with topography
- PS1 16** *Przybilla, J. (Universität Leipzig)*  
Energietransport elastischer Wellen in Zufallsmedien mit multiplen Skalen
- PS1 17** *Ehret, B. (GGA-Institut, Hannover)*  
Gesteinsklassifizierung mit SVM und NN aus Radardaten
- PS1 18** *Winchen, T. (FZ Jülich), Kemna, A. (Universität Bonn), Vanderborght, J. (FZ Jülich)*  
Finite-difference modelling of effective anisotropy of complex conductivity for 2D structural models

## S2 – Inversion

- PS2 1** *Ouadfeul, S. A. (USTHB, Algeria)*  
Automatic lithofacies segmentation using the Wavelet Transform Modulus Maxima lines combined with the Detrended Fluctuation Analysis
- PS2 2** *Wilhelms, W., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)*  
Magnetotelluric inversion studies for the one-dimensional case
- PS2 3** *Zisser, N., Nover, G. (Universität Bonn)*  
Anpassung von Relaxations-Modellen an SIP-Spektren mittels Mutations-Selektions- und Genetischen Algorithmen
- PS2 4** *Kurzmann, A., Köhn, D., Bohlen, T. (TU Freiberg)*  
Comparison of Acoustic Fullwaveform Inversion in the Time and Frequency Domain
- PS2 5** *Börner, J. (TU Freiberg), Maurer, V. A. (ETH Zürich, Schweizer Erdbebendienst)*  
Aktualisierung des Minimum-1D-Referenz-Modells für P-Wellen in Costa Rica

## S4 – Oberflächennahe Geophysik

- PS4 1** *Niederleithinger, E. (BAM)*  
Das Parallel-Seismic-Verfahrens zur Bestimmung der Länge von Fundamentpfählen
- PS4 2** *Audenrieth-Kersten, I. M., Tezkan, B., Bergers, R. (Universität Köln)*  
Detektion der römischen Eifelwasserleitung bei Urfey (Mechernich, Eifel) mit Geoelektrik
- PS4 3** *Bilgili, F., Ismael, A., Rabbel, W., Götze, H.-J., Iwanowski, K. (Universität Kiel), Alparslan, N. (Kocaeli University, Turkey)*  
Geophysical investigation of the 8th century Danewerk fortification wall (N Germany)
- PS4 4** *Fettig, A., Möller, M. (TU Clausthal), Moritz, T. (Arbeitsgruppe "resurrectioII", Goslar)*  
Archäologie und Geophysik - Das Zisterzienserinnen-Kloster Wiebrechtshausen, Northeim

- PS4 5** *Alali, F., Yaramanci, U. (TU Berlin)*  
Dependence of NMR parameters on clay content and saturation degree
- PS4 6** *Kamm, J., Müller-Petke, M., Yaramanci, U. (TU Berlin)*  
Modellierung und Optimierung von Magnetischer Resonanz Sondierung mit multiplen Sendespulen
- PS4 7** *Attwa, M., Binot, F., Grinat, M., Günther, T. (GGA-Institut, Hannover)*  
Resistivity imaging of subsurface structures and saltwater intrusion at Lüdingworth, Cuxhaven area
- PS4 8** *Felber, M., Salat, C., Hoinkis, R., Junge, A. (Universität Frankfurt)*  
Geoelektrische Untersuchungen sedimentärer Speicher in einem 'Dryland River' System
- PS4 9** *Fricke, S., Fabian, M. (Universität Bremen)*  
Geoelektrische Messungen am Rövenicher Sprung bei Oberelvenich, Niederrheinische Bucht
- PS4 10** *Günther, T., Südekum, W. (Leibniz-Institut f. Angew. Geophysik)*  
Ein apparativer und auswertetechnischer Ansatz zur routinemäßigen Untersuchung des Seebodens mittels Geoelektrik
- PS4 11** *Hördt, A., Blaschek, R. (TU Braunschweig), Binot, F. (GGA-Institut Hannover), Druiventak, A., Kemna, A. (Universität Bonn), Klitzsch, N. (RWTH Aachen), Zisser, N. (Universität Bonn)*  
Fallbeispiele zur Bestimmung hydraulischer Leitfähigkeit mit spektraler induzierter Polarisation auf der Feldskala
- PS4 12** *Hördt, A. (TU Braunschweig)*  
Übergangswiderstände galvanisch und kapazitiv gekoppelter Elektroden
- PS4 13** *Raschick, A. (GGA-Institut)*  
Messungen der spektralen induzierten Polarisation (SIP) an vertikalen Elektrodenstrecken
- PS4 14** *Zimmermann, E., Fielitz, D., Glaas, W. (FZ Jülich), Kemna, A. (Universität Bonn)*  
Neues Messsystem für MMR-Messungen im Bohrloch
- PS4 15** *Fettig, A. (TU Clausthal)*  
Zwei Messmethoden, ein Ziel - Georadar und Magnetik in gemeinsamer Anwendung
- PS4 16** *Salat, C., Felber, M., Hoinkis, R., Junge, A. (Universität Frankfurt)*  
Radar, Elektrik und Bohrungen auf Flussterrassen in Spanien
- PS4 17** *Wagner, N., Kupfer, K., Trinks, E. (MFPA an der Universität Weimar, SMG, Universität Karlsruhe)*  
Dielectric relaxation behaviour of moist soil
- PS4 18** *Hock, S., Polom, U. (GGA-Institut Hannover), Mikulla, S., Krüger, K., Giese, R., Lüth, S. (GFZ Potsdam)*  
P- und S-Wellengenerierung mittels magnetostriktiver Vibrationsquellen – erste Ergebnisse von 2 Meßkampagnen im Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ in Freiberg

- PS4 19** Tamiru, G., Wiederhold, H., Polom, U. (GGA Institut)  
Exploring the very near surface depth range with seismic methods – three different ways
- PS4 20** Beilecke, T., Polom, U. (GGA-Institut), Werban, U., Leven, C. (UFZ Leipzig-Halle), Hoffmann, S., Engeser, B. (LBEG Hannover)  
Kombination von Scherwellenseismik und Direct-Push-Methoden in der Erkundung von Grundwasserleitern unter urbanen Bedingungen
- PS4 21** Grinat, M. (GGA-Institut Hannover), Haase, K., Heinig, S. (Hannover)  
Multielektrodengeoelektrik im Bereich einer Kerosinbelastung auf dem Flughafen Schwerin-Parchim
- PS4 22** Iwanowski, K., Strahser, M., Rabbel, W. (Universität Kiel), Schildknecht, F. (BGR Hannover)  
Oberflächennahe Seismoelektrik im Vergleich mit anderen geophysikalischen Messverfahren
- PS4 23** Marschall, K., Renneberg, N., Werban, U., Zacharias, S., Dietrich, P. (UFZ)  
Schnelle flächenhafte Kartierung der Bodenfeuchte auf grossen Flächen
- PS4 24** Schütze, H., Kroner, C., Jahr, T., Jentzsch, G. (Universität Jena)  
Geophysikalische Modellierung des Tuffschlotes bei Ebersbrunn, Westsachsen
- PS4 25** Walbrecker, J., Hertrich, M., Kruk, J. van der (ETH Zürich)  
Water content determination on the Rhone glacier (Valais, Switzerland) using sample-scale-NMR, surface-NMR and GPR methods

### Archäogeophysik

- PAG 1** Beilecke, T., Bram, K. (GGA-Institut), Buske, S. (FU Berlin)  
Auswirkungen der Variabilität oberflächennaher Untergrundsbedingungen während eines einjährigen aktiven seismischen Überwachungsexperiments an der Kontintalen Tiefbohrung (KTB)
- PAG 2** Klein, C., Erkul, E., Stümpel, H. (Universität Kiel), Mofidi, B. (Universität Mainz)  
Haft Tappeh - Geophysikalische Prospektion einer antiken Stadtlage im Iran

### Bohrlochgeophysik und Petrophysik

- PBP 1** Chen, H.-C., Grüneberg, S., Rifai, H. (GGA), Kümpel, H.-J. (BGR)  
Monitoring near surface movements and recognizing hydrological characteristics induced by an asteriated distributed pump well in Fuhrberger Feld, Lower Saxony
- PBP 2** Demond, D., Meier, T., Alber, M. (Universität Bochum)  
Vergleich statisch und dynamisch bestimmter elastischer Moduln am Beispiel eines Bentheim Sandsteins
- PBP 3** Halisch, M. (GGA-Institut, Hannover), Weller, A. (TU Clausthal)  
Spektrale Induzierte Polarisierung an Lockermaterial: Anforderungen an die Probenvorbereitung

- PBP 4** Halisch, M., Wessling, S., Schellschmidt, R. (GGA-Institut, Hannover), Muck, W. (Westphal Präzisionstechnik, Celle), Renner, J. (Universität Bochum)  
A set of petrophysical parameters relevant for geothermal energy extraction from tight sediments
- PBP 5** Khaxar, Z. O., Nabi-Bidhendi, M., Hafizi, M. K., Kargahi, N. (University of Tehran)  
Porosity prediction from well log data by NRBF network
- PBP 6** Khaxar, Z. O., Nabi-Bidhendi, M., Hafizi, M. K. (University of Tehran)  
The Estimation of Permeability by Using Neuro-fuzzy Local Linear Network with LOLIMOT Algorithm from Well-log Data
- PBP 7** Nordsiek, S., Weller, A. (TU Clausthal)  
Die Zeitkonstante in Modellen der Cole-Cole-Familie
- PBP 8** Ouadfeul, S. A. (USTHB, Algeria)  
Reservoirs characterization using the Continuous Wavelet Transform(CWT) combined with the Self Organizing Map(SOM) neural network
- PBP 9** Schönfelder, W., Horch, C., Stallmach, F. (Universität Leipzig)  
Vergleich 2-dimensionaler NMR-Relaxometrie an Sand- und Karbonatgesteinen aus Aquiferen
- PBP 10** Zisser, N., Nover, G. (Universität Bonn)  
SIP-Messungen in Abhängigkeit vom hydrostatischen Umgebungsdruck bei besonderer Betrachtung der Anisotropie

### Elektromagnetik

- PEM 1** Kröger, B. (Universität Bonn), Yaramanci, U. (TU Berlin)  
Sensitivitätsanalysen seismoelektrischer Effekte mit Finiten Elementen
- PEM 2** Schmalz, T., Tezkan, B. (Universität Köln)  
1D-Laterally Constraint Inversion (1D-LCI) radiomagnetotellurischer Daten aus einem Messgebiet in Dänemark
- PEM 3** Schmucker, U. (Göttingen)  
Das Horizontal-Gradientenverfahren zur elektromagnetischen Tiefensondierung, angewandt auf unterschiedliche Datensätze erdmagnetischer Variationen
- PEM 4** Ullmann, A., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
Berechnung der Sensitivitäten für die Inversion elektromagnetischer Daten
- PEM 5** Vasterling, M., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)  
1D-Inversion elektromagnetischer Daten von Hubschraubermessungen

### Geodynamik

- PGD 1** Torizin, J., Jentzsch, G., Kley, J., Malischewsky, P. (Universität Jena)  
Geophysikalische Untersuchungen im Tienschan im Rahmen des Projekts „Seismic hazard assessment for Almaty“

### Geoelektrik

- PGE 1** Agricola, T., Junge, A. (Universität Frankfurt), Günther, T., Schünemann, J. (GGA-Institut Hannover)  
Aufbereitung großer Gleichstromgeoelektrischer Datensätze im Frequenzbereich
- PGE 2** Breede, K. (FZ Jülich), Kemna, A. (Universität Bonn), Esser, O., Zimmermann, E., Kasteel, R., Vanderborght, J. (FZ Jülich)  
Kombinierte elektrische und hydraulische Messungen an Böden
- PGE 3** Pusch, A.-K. (UFZ)  
Anwendung geophysikalischer Messmethoden zur Abschätzung eines Tonvorkommens
- PGE 4** Schünemann, J., Günther, T. (GGA-Institut, Hannover), Junge, A. (Universität Frankfurt)  
Tensorgeoelektrische Messungen über einer eiszeitlichen Rinne - Ergebnisse

### Geodäsie und Fernerkundung

- PGF 1** Weise, A. (Universität Jena), Kroner, C., Abe, M. (GFZ Potsdam), Ihde, J. (BKG, Frankfurt a.M.), Jentzsch, G. (Universität Jena), Neumeyer, J., Rothacher, M. (GFZ Potsdam), Wilmes, H., Wziontek, H. (BKG, Frankfurt a.M.)  
Terrestrische Validierung von Schwerefeldvariationen aus Satelliten-gestützten Beobachtungen (GRACE) mit Supraleitenden Gravimetern und Absolutgravimetern

### Geothermie und Radiometrie

- PGR 1** Buntebarth, G. (Clausthal-Zellerfeld), Jobmann, M. (Peine)  
Die Wärmeleitfähigkeit von 2-Komponentensystemen
- PGR 2** Musmann, P., Buness, H., Rumpel, H.-M. (GGA-Institut)  
Hochauflösende reflexionsseismische Erkundung von oberflächennahen Störzonen im südlichen Oberrheingraben: Erste Ergebnisse
- PGR 3** Rumpel, H.-M., Beilecke, T., Buness, H., Musmann, P., Hartmann, H. von (GGA-Institut)  
Der Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten

### Geschichte der Geophysik

- PGS 1** Jacobs, F. (Universität Leipzig), Börngen, M. (Sächs. Akademie d. Wiss. Leipzig)  
Ludwig F. Weickmann (1882-1961) - Pionier und Schrittmacher der Geophysik
- PGS 2** Strehlau, J. (Universität Kiel)  
The Discovery of the Occurrence of Earthquakes on Tectonic Faults by Eduard Sueß in 1873

### Gravimetrie

- PGV 1** Hamdi, I., Salem, A. B., Inoubl, M. H., Tlig, S. (University of Science of Tunis)  
Contribution of filtering gravity anomalies in the cartography of tectonic accidents related to saline area (north-west of Tunisia)

- PGV 2** *Lange, S., Schlicht, A., Gruber, T. (TU München)*  
Die GOCE-Mission

### **Erdmagnetismus**

- PME 1** *Ballhause, T., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Freiberg)*  
Aufbau einer erdmagnetischen Messstation mit Spannbandmagnetometern

### **Marine Geophysik**

- PMG 1** *Bialas, J. (GEOMAR, Kiel), Hardieck, M. (Universität Kiel), Netzeband, G., Krabbenhöft, A. (GEOMAR, Kiel)*  
Pseudo-3D analysis of seismic data in the Wairarapa area offshore New Zealand
- PMG 2** *Gehrmann, R. (Universität Leipzig), Müller, C., Henke, T. (BGR Hannover), Schikowsky, P. (Universität Leipzig)*  
Identification of the Bottom Simulating Reflector (BSR) with a predictive 1-D model and far-offset stacks
- PMG 3** *Gennerich, H.-H., Villinger, H. (Universität Bremen)*  
Data and first results from Longtime Environmental Monitoring at the Logatchev Hydrothermal Field
- PMG 4** *Gmeinder, T. (Hochschule & Universität Bremen), Fabian, M., Heesemann, B., Kaul, N., Villinger, H. (Universität Bremen)*  
Entwicklung eines Beschleunigungsmesssystems zur Erfassung des Eindringvorganges einer Lanze in den Meeresboden
- PMG 5** *Grobys, J., Gohl, K., Eagles, G. (AWI Bremerhaven)*  
Plattenkinematische Rekonstruktionen mittels Bilanzierung von Krustenmächtigkeiten
- PMG 6** *Heinicke, J. (Sächs. Akademie d. Wiss. Leipzig), Italiano, F., Maugeri, R. (INGV Palermo), Görlitz, P., Merkel, B., Schipek, M. (TU Freiberg), Pohl, T. (Geo-Dive Freiberg)*  
Submarine gas flow monitoring at Panarea, Italy
- PMG 7** *Hensch, M., Hort, M., Winter, S., Klawonn, M., Dahm, T. (Universität Hamburg)*  
HOBIT - Das neue Hamburg Ozean Boden Tiltmeter: Der erste Einsatz am Columbo Seamount in der Ägäis
- PMG 8** *Landschulze, K., Dahm, T., Hensch, M., Dehghani, A. (Universität Hamburg)*  
Ergebnisse magnetischer und gravimetrischer Messungen am Columbo-Unterseevulkan (Ägäis, Griechenland)
- PMG 9** *Netzeband, G., Krabbenhöft, A. (GEOMAR, Kiel), Zillmer, M. (Institute de Physique du Globe, Strasbourg), Klaucke, I. (GEOMAR, Kiel), Petersen, C. J. (Universität Tromsø), Bialas, J. (GEOMAR, Kiel)*  
Cold vents: A study from Wairarapa offshore New Zealand



- PMG 10** Planert, L., Shulgin, A., Kopp, H. (GEOMAR, Kiel), Müller, C. (BGR, Hannover), Flüh, E. (GEOMAR, Kiel), Lüschen, E., Engels, M. (BGR, Hannover)  
The Sunda-Banda Arc Transition: New Insights From Marine Wide-Angle Seismic Data Acquired Offshore Eastern Indonesia
- PMG 11** Stephan, S., Fabian, M. (Universität Bremen)  
Determination of MEMS-Sensor Transfer Functions for Application in the Bremen Ocean Bottom Accelerometer OBA
- PMG 12** Strozyk, F., Huhn, K., Krastel, S., Strasser, M., Kock, I., Kopf, A. (Universität Bremen)  
Identification of two submarine slide complexes at the northern margin of Crete, Cretan Sea
- PMG 13** Thöle, H. (Universität Hannover), Ladage, S., Gaedicke, C. (BGR Hannover), Djajadihardja, Y. (Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT))  
Morphological and structural features of the Siberut fore-arc basin offshore southern Sumatra
- PMG 14** Urlaub, M., Fabian, M., Villinger, H. (Universität Bremen)  
Spectrogram analysis of long-term tilt and acceleration data from the Logatchev Hydrothermal Vent Field, Mid-Atlantic Ridge

### Planetologie

- PPL 1** Bauch, M., Hiesinger, H. (Universität Münster), Reiss, D. (Universität Münster), Hauber, E. (DLR Berlin)  
Mapping and modeling of glacial deposits on Hecates Tholus, Mars
- PPL 2** Uhlmann, S. (TU Freiberg), Grott, M., and the HP3 team (DLR Berlin)  
Heat flow perturbations from isolated rock bodies in the martian regolith

### Georadar

- PRD 1** Heigel, M., Yaramanci, U. (TU Berlin)  
Optimierte Messanordnung einer Georadar Transmissionsmessung in der Laborskala

### Seismik

- PSM 1** Beric, M., Francuski, M. (Nis-Naftagas )  
Improvement density of seismic lines network in order to perform detailed defining of structures in Kisacka depression
- PSM 2** Chalbaud, D., Buske, S. (FU Berlin)  
Imaging of the Nazca Plate using Kirchhoff Prestack Depth Migration
- PSM 3** Dümmong, S., Meier, K., Hübscher, C. (Universität Hamburg)  
Tiefenmigrationsergebnisse aus dem östlichen Mittelmeer / Levante Becken
- PSM 4** Francuski, M., Beric, M. (Nis-Naftagas)  
Application of 3D seismics in developing geological model of doline structure

- PSM 5** *Glaubitz, S. (Universität Hannover), Ladage, S., Gaedicke, C. (BGR Hannover), Weinrebe, W. (GEOMAR, Kiel), Djajadihardja, Y. (Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT))*  
Morphotectonic of the accretionary prism off southern Sumatra
- PSM 6** *Groß, K., Tzavaras, J., Buske, S., Shapiro, S. A. (FU Berlin)*  
Tunnel seismic investigations – 3D modeling and rock-physical characterization
- PSM 7** *Hummel, N., Müller, T. M. (Universität Karlsruhe)*  
Numerical modeling and interpretation of microseismic signatures related to nonlinear pore pressure diffusion
- PSM 8** *Mechie, J., Kind, R. (GFZ Potsdam), Meissner, R. (Universität Kiel), Wenjin, Z., Danian, S., Zhenhan, W. (Beijing, China), Brown, L. (Cornell University, USA), Klemperer, S., Karplus, M. (Stanford University, USA)*  
Three-component Seismic Observations from the NE Tibetan Plateau to the Qaidam Basin along the INDEPTH IV Transect
- PSM 9** *Mechie, J., Weber, M. (GFZ Potsdam), Abu-Ayyash, K. (Potsdam), Ben-Avraham, Z. (Tel-Aviv University, Israel), El-Kelani, R. (An-Najah National University, Palestine), Qabbani, I. (National Resources Authority Amman, Jordan), DESIRE Group*  
The Deep Structure Across the Southern Dead Sea Basin as Revealed by Seismic Wide-Angle Reflection / Refraction Profiling from the DESIRE Project
- PSM 10** *Ouadfeul, S. A. (USTHB, Algeria)*  
Noise Removal from Seismic Data Using the Wavelet Transform Modulus Maxima Lines(WTMM) Combined with the DWT

### Seismologie

- PSO 1** *Anggraini, A., Lühr, B. (GFZ Potsdam), Wassermann, J. (LMU Munich), Wagner, D. (Universität Kiel), Walter, T., Parolai, S. (GFZ Potsdam), Koulakov, I. (SB RAS, Novosibirsk, Russia), Sobiesiak, M. (GFZ Potsdam), Brotopuspito, K. S. (Gadjah-Mada University, Yogyakarta, Indonesia)*  
The May 26, 2006 Yogyakarta Earthquake and Its Associated Aftershocks, A Closer Look
- PSO 2** *Bormann, P., Saul, J. (GFZ Potsdam)*  
Rapid estimation of earthquake size using the broadband P-wave magnitude mB
- PSO 3** *Brüstle, A., Küperkoch, L., Meier, T., Friederich, W. (Universität Bochum)*  
First manual localizations of microseismicity in the southeastern Aegean using data of the EGELADOS network
- PSO 4** *Dinske, C., Shapiro, S. (FU Berlin)*  
Microseismic signatures of hydraulic fracturing in tight gas sandstone reservoirs
- PSO 5** *Endrun, B., Ohrnberger, M. (Universität Potsdam), Savvaidis, A. (ITSAK Thessaloniki), Köhler, A., Vollmer, D. (Universität Potsdam)*  
Site characterization of European strong motion sites using ambient vibration measurements

- PSO 6** *Forbriger, T., Widmer-Schmidrig, R. (BFO, Schiltach), Wielandt, E. (IfG, Stuttgart), Hayman, M., Ackerley, N. (Nanometrics Inc., Ontario, Canada)*  
Magnetic field background variations can limit the sensitivity of seismic broad-band sensors
- PSO 7** *Geissler, W., Jokat, W., Schmidt-Aursch, M. (AWI Bremerhaven), NEAREST Arbeitsgruppe*  
Seismologische Untersuchungen im Rahmen des NEAREST-Projektes
- PSO 8** *Jakovlev, A., Rümpker, G. (Universität Frankfurt a.M.), Koulakov, I. (SB RAS, Novosibirsk), Ochmann, N. (BGR, Hannover)*  
Crustal velocity structure of the Rwenzori region, Uganda, from isotropic and anisotropic travel-time tomography
- PSO 9** *Kirschner, S., Wawerzinek, B., Ritter, J. R. R. (Universität Karlsruhe (TH))*  
Bestimmung von Wellenfront- und Laufzeitanomalien im Bereich des Oberrheingrabens
- PSO 10** *Kummerow, J., Wigger, P. (FU Berlin), Salazar, P. (FU Berlin, Universidad Catolica del Norte Antofagasta), Moser, D. (FU Berlin), Asch, G. (FU Berlin, GFZ Potsdam)*  
Microseismicity Related to the West Fissure Fault System, Northern Chile
- PSO 11** *Plenefisch, T., Stammler, K. (SZGRF Erlangen, BGR)*  
Anisotropie des oberen Erdmantels unter dem Gräfenberg-Array: Nutzung der neuen Dreikomponentenstationen für SKS-Splittinganalysen
- PSO 12** *Rehor, L. (GPI, Karlsruhe), Forbriger, T. (BFO, Schiltach, GPI, Karlsruhe)*  
Ein Modell für seismisch bestimmte Gebäudeantworten auf dem Prüfstand
- PSO 13** *Wagner, M., Ritter, J. (Universität Karlsruhe (TH))*  
Anisotropie-Untersuchungen mit SKS-Wellen im Bereich des Mittleren Oberrheingrabens
- PSO 14** *Walther, M., Plenefisch, T. (SZGRF Erlangen, BGR), Rümpker, G. (Universität Frankfurt)*  
Vollautomatische Analyse von SKS-Scherwellen-Splitting für regionale seismologische Netzwerke
- PSO 15** *Wawerzinek, B., Kirschner, S., Ritter, J. R. R. (Universität Karlsruhe (TH))*  
Analyse des Einflusses der Untergrundstruktur auf den teleseismischen Strahlweg am Beispiel des Oberrheingrabens
- PSO 16** *Weidle, C., Maupin, V. (University Oslo, Norway), Ritter, J. (University Karlsruhe), Kværna, T., Schweitzer, J. (NORSAR, Norway), Balling, N. (University Århus, Denmark), Thybo, H. (University Copenhagen, Denmark), Faleide, J. I. (University Oslo, Norway)*  
Mantle investigations of Norwegian Uplift Structure (MAGNUS) – a temporary broad-band network in Southern Norway

### Umwelt- und Ingenieurgeophysik

- PUI 1** *Fricke, H. (Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Schachanlage Asse)*  
Beispiele der statistischen Auswertung aus den mikroseismischen Registrierungen auf der Schachanlage Asse

- PUI 2** Halisch, M., Kessels, W., Wuttke, M. W., Han, J. (GGA-Institut, Hannover), Muck, W. (Westphal Präzisionstechnik, Celle)  
Alternative Löschstrategien bei Kohlebränden: Petrophysikalische Untersuchungen an gesättigten Gesteinsproben mit variierenden Salinitäten
- PUI 3** Han, J., Kessels, W., Wuttke, M. W. (GGA-Institut)  
Numerical Modelling of In-situ Experiments of Coalfire Fighting by Saltwater in the Wuda Coal Mining Area
- PUI 4** Petersen, H., Rabbel, W. (Inst. f. Geowiss. Kiel)  
Nachweis anthropogen kompaktierter Zonen in Ackerböden mittels Multi-Sensor-Geophysik
- PUI 5** Schütze, C. (Inst. f. Geophys. u. Geol. Leipzig), Rücker, C., Serfling, U., Matthes, K., Just, A. (Leipzig)  
Strukturelle Erkundung und Prozessbeobachtung im Salinar – Möglichkeiten und Grenzen untertägiger DC-geoelektrischer Messungen
- PUI 6** Uchtmann, S. (GGA-Institut Hannover)  
Einsatz verschiedener Antennen bei der Georadarerkennung in Salzbergwerken

# **Zusammenfassungen**



## Plenarvorträge

## **PV 1 Where Geophysics and Geoinformatics meet**

*Ines Görz, Peggy Melzer, Helmut Schaeben, Vuong Mai Phuong (Geoscience Mathematics and Informatics, Bergakademie Freiberg, University of Mining and Technology)*

E-Mail: [schaeben@geo.tu-freiberg.de](mailto:schaeben@geo.tu-freiberg.de)

Geophysics is increasingly producing a huge amount of data of high quality, and jointly advancing with mathematics it is delivering methods, algorithms and software code to process these data towards a geoscience interpretation. Since geophysics is going 3d in terms of measurements as well as of computations, an efficient management of data is now mandatory even if it was only to store and display the data in a sensible way. Data base systems do not just manage data but convey information! Almost always these data are spatially indexed, i.e. they refer to locations of the surface or the subsurface of the Earth. Initially they may not be georeferenced or geocoded.

The subject of geoinformatics is spatially indexed information (DFG round table, 2007) as it manifests itself in spatially indexed data referring to geobjects. Geoinformatics deals with information, knowledge, problem-solving, and communication functions of geoscience education, research, exploration, and enterprise. In the strictest sense, a GeoInformationSystem (GIS) is a computer system capable of assembling, storing, manipulating, and displaying georeferenced information, i.e. data identified according to their locations. The primary use of GIS in the practice of geosciences is capture of data and production of digital maps. A GIS makes it possible to link, or integrate, information that is difficult to associate through any other means. Thus, a GIS can use combinations of measured variables to build and analyse new variables. It may lead to an Earth model shared by many users of different geo-disciplines and for such diverse purposes as scientific investigations, resource management, development planning, etc. This is where geophysics and geoscience informatics meet.

Provisionally, geophysical data (space-borne, air-borne, ship-borne, ground-based, down-hole, etc.) could just be seen as another kind of data, the joint view of which with other data will eventually lead to a unique, at least unifying geoscience interpretation. For example, mineral exploration requires the simultaneous consideration of geology, structure, geochemical and geophysical characteristics of the region, locations and type of past mineral discoveries, etc. Generally, a large variety of data – geophysical, geodetic, geological by imagery methods – exist, only the joint interpretation is finally meaningful.

Individually, there are seismological maps displaying the maximum acceleration which is of interest in civil engineering to guarantee safety standards. The depth of the top of hard rock formations covered by overburden is another parameter of interest. GIS is used to map the state of dikes the geophysical parameters of which being monitored. There are survey maps displaying gravity, magnetic or seismological properties at the Earth's surface.

More completely, geophysics is more demanding as its objective is not just surface maps of some geophysical entities but 3d models for the subsurface and the Earth's interior. Thus, a 3d geoscience information system is required with fully developed functionality and options. Some of the elementary problems along this development related to huge data cubes of voxels carrying geodata, georeferencing in 3d, conversion of voxel representation to boundary or cellular representation and vice versa, and many more.



## **EV Kann Erdwärme bedeutsam zur Versorgung Deutschlands mit Strom, Wärme und Kälte beitragen?**

*Christoph Clauser (RWTH Aachen, E.ON Energy Research Center)*

E-Mail: [c.clauser@geophysik.rwth-aachen.de](mailto:c.clauser@geophysik.rwth-aachen.de)

Die erneuerbaren Energien sollen in Deutschland und anderen Industrieländern in absehbarer Zeit einen bedeutenden Anteil der Sekundärenergie bestreiten. Die Nutzung von Wind, Biomasse und Sonne ist stark ansteigend. Erdwärme ist überall und reichlich vorhanden. Sie wird zunehmend für die Gebäudeheizung und Kühlung genutzt. Aber die in elektrische Energie gewandelte Erdwärme bestreitet derzeit nur einen verschwindenden Beitrag zur deutschen Stromerzeugung. Da Deutschland über keine natürlichen Dampflagerstätten verfügt und die Potenziale der tiefen Wasserreservoirs wegen ihrer vergleichsweise niedrigen Temperatur begrenzt sind, setzt eine verstärkte Verstromung von Erdwärme hier die Schaffung technisch angelegter Wärmetauscher im Untergrund voraus. Dies erfordert verstärkte angewandte Grundlagenforschung in Bezug auf Erkundung, Entwicklung und Betrieb geothermischer Reservoirs, insbesondere zu mechanischen, hydraulischen und thermischen Gesteinseigenschaften, Gebirgs- und Bruchmechanik sowie reaktivem Transport. Der „Nachteil“ der ruhigen tektonischen Lage Deutschlands erweist sich somit als wichtiger Antrieb für die Entwicklung neuer Geotechnologien.

## **PV 2 Numerische Simulation in der Geomechanik – Ein Brückenschlag von der Geotechnik zur Geophysik**

*Heinz Konietzky (Lehrstuhl Felsmechanik, Institut für Geotechnik, TU Bergakademie Freiberg), Lothar te Kamp (ITASCA Consultants GmbH, Gelsenkirchen)*

E-Mail: [Heinz.Konietzky@ifgt.tu-freiberg.de](mailto:Heinz.Konietzky@ifgt.tu-freiberg.de)

Die Geomechanik verbindet Geotechnik und Geophysik, da sie aus unterschiedlichem Blickwinkel Bestandteil beider Disziplinen ist. Praktisch werden heute die meisten geomechanischen Betrachtungen auf Basis numerischer Simulationen durchgeführt. Nach einer kurzen Übersicht zum eher klassischen Zusammenwirken von Geophysik und Geotechnik in Form der Nutzung geophysikalischer Resultate / Parameter zur Durchführung geotechnischer Berechnungen nimmt der Vortrag zu ausgewählten aktuellen Forschungsfeldern Bezug:

1. Numerische Simulation von Schädigungs- und Bruchprozessen mittels Diskreter Elemente auf der Mikroebene (Kornebene)
2. Sensibilitäts- und Robustheitsanalysen sowie Optimierung im Rahmen geomechanischer Simulationen, dargestellt am Beispiel einer Ankeroptimierung
3. Hybride Modellierung als adaptiver Kontinuum-Diskontinuum Algorithmus zur Simulation komplexer und/oder großer Modelle

### **PV 3**

*Louise Pellerin (Green Engineering, Inc., Anchorage, USA)*

E-Mail: [pellerin@ak.net](mailto:pellerin@ak.net)

### **AV Geophysik als humanitäre Hilfe – Das Helikopter-Projekt HELP ACEH nach der Tsunami-Katastrophe in Sumatra**

*Bernhard Siemon (BGR Hannover)*

E-Mail: [Bernhard.Siemon@bgr.de](mailto:Bernhard.Siemon@bgr.de)

Geophysik beschreibt die physikalischen Eigenschaften des Erdkörpers und wird somit vor allem genutzt, um den Aufbau der Erde zu studieren und Rohstoffe zu erkunden, aber auch um Naturkatastrophen zu verstehen und erklären zu können. Anwendungen im Bereich der humanitären Hilfe sind dagegen eher selten. Dass die Geophysik auch hier erfolgreich eingesetzt werden kann, zeigt das Helikopter-Projekt HELP ACEH nach der Tsunami-Katastrophe in Sumatra.

Das extreme Erdbeben vom 26. Dezember 2004 und der unmittelbar folgende Tsunami trafen die Provinz Aceh im Norden Sumatras, Indonesien, schwer. Mehr als 120.000 Menschen verloren ihr Leben und 80% der privaten Häuser, der Infrastruktur und der öffentlichen Einrichtungen in den Küstenregionen der Provinz Aceh wurden verwüstet. Die Tsunami-Wellen verursachten an den Küsten großflächig Überschwemmungen mit Salzwasser und zerstörten tausende von Trinkwasserbrunnen, was zu einem Zusammenbruch der herkömmlichen Trinkwasserversorgung führte.

Das indonesisch-deutsche Projekt HELP ACEH der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) unterstützte indonesische Behörden bei einem nachhaltigen Wiederaufbau der Wasserversorgung in die Provinz Aceh im Norden Sumatras, indem geophysikalische, geologische, hydrogeologische und topographische Daten als Basisdaten für weitere Planungen bereitgestellt wurden. Geophysikalische Messungen wurden aus der Luft mit dem Messhubschrauber der BGR durchgeführt, um die aktuelle Grundwassersituation schnell und flächendeckend zu erfassen. So konnten Informationen zu Salzwasserkontaminationen, Salzwasserintrusionen, Süßwasservorkommen, Grundwasserstauern und -leitern unmittelbar nach Beendigung der Messungen den indonesischen Partnern sowie zahlreichen Hilfsorganisationen für die Planung von Brunnenanlagen zur Verfügung gestellt werden. Neben der Trinkwasserversorgung ist der Wiederaufbau für die Not leidende von größter Bedeutung. Auch hier trug die Geophysik bei geeignete Standorte zu finden und lieferte ihren Beitrag zur humanitären Hilfe.

### **PV 4 State of the art of marine seismic data acquisition**

*Nick Moldoveanu (Schlumberger WesternGeco)*

E-Mail: [moldoveanu1@houston.westerngeco.slb.com](mailto:moldoveanu1@houston.westerngeco.slb.com)

After 25 years of 3D marine seismic exploration, finding new oil and gas reservoirs beneath the water is more and more challenging. The “easy findings” have been made and most of the undiscovered reserves are estimated to be in complex geologic structures, located in deepwater areas such as Gulf of Mexico, West Africa, and offshore Brazil. Evolution of marine acquisition technology and techniques plays a major role in oil company success in finding or producing oil in these challenging areas. In this paper, we will present recent and future developments in marine acquisition, for towed-streamer and stationary receivers. Wide-azimuth towed-streamer acquisition, the most recent development, is a significant step in the evolution of marine acquisition and may be comparable to the progression from

2D to 3D.

## **PV 5 Electromagnetic Methods for Offshore Exploration**

*Steven Constable (Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego, USA)*

E-Mail: [sconstable@ucsd.edu](mailto:sconstable@ucsd.edu)

Less than a decade ago marine electromagnetism was an obscure academic discipline practiced by only a handful of people. Today it is a billion dollar offshore hydrocarbon exploration business, responsible for new oil and gas finds as well as correctly predicting unproductive wells. The two main methods, magnetotelluric, or MT, sounding and controlled source electromagnetic, or CSEM, sounding, have both been around for over thirty years, but the greater cost and difficulty of deepwater exploration has only recently made industry receptive to these non-seismic methods. The MT method is useful for structural mapping in areas of low seismic productivity, such as salt, carbonate, and volcanic terranes. The CSEM method, with its sensitivity to thin resistive layers, can, under favorable circumstances, generate data that are directly sensitive to hydrocarbons. The instrumentation, modeling, and interpretation associated with marine EM all present considerable challenges, and there is considerable potential for future development in all three aspects of the field.

## **PV 6 Stapeln aktiver und passiver seismischer Daten – neue Entwicklungen eines alten Konzeptes**

*Dirk Gajewski (Institut für Geophysik, Universität Hamburg)*

E-Mail: [dirk.gajewski@zmaw.de](mailto:dirk.gajewski@zmaw.de)

Das Stapeln reflexionsseismischer Daten gehört zu den stabilsten Prozessen bei der Datenbearbeitung. Bei hinreichendem Signal-Stör- (S/N) Verhältnis kann durch Stapeln praktisch immer eine interpretierbare Zeitsektion erstellt werden. Der Grund für diese Robustheit des Stapelprozesses ist die minimale Anzahl an Voraussetzungen, die in die klassische NMO-Gleichung einfließen. Neben der lokalen Glattheit der Laufzeiten geht nur die „short spread“ Annahme ein. Die klassische NMO-Stapelung ist also nicht abhängig vom zu Grunde liegenden Modell. Die NMO-Stapelung wird von einem einzigen Parameter, der NMO-Geschwindigkeit, gesteuert. In den letzten 10 Jahren wurden die klassischen Stapelmethoden um Mehrparameterstapelmethoden erweitert, die nicht von einem sondern von mehreren Parametern kontrolliert werden. Die bekannteste Mehrparameterstapelung ist der Common Reflection Surface (CRS) Stack, der zu einem kompletten Bearbeitungsschema einschließlich tomographischer Geschwindigkeitsmodellbildung entwickelt wurde. Mehrparameterstapelungen beziehen wesentlich mehr seismische Spuren in den Stapelprozess mit ein, als die klassische NMO-Stapelung und führen daher zu einem überlegenem S/N-Verhältnis. Darüberhinaus können Super-Gather gebildet werden, die die Neigung von Strukturen berücksichtigen und daher der klassischen Super-Gather-Bildung überlegen ist. Selbst zur Regularisierung von Daten können die Mehrparameterstapelungen eingesetzt werden. Der Einsatz von Stapelmethoden beschränkt sich dabei nicht nur auf aktive Daten (Reflexionsseismik) sondern kann auch bei passiven Daten eingesetzt werden. Implementiert als Diffraktionsstapelung kann eine Lokalisierung von induzierten oder natürlichen akustischen Emissionen ohne das Picken von Einsätzen durchgeführt werden, wobei auch noch der Detektionslevel des beobachtenden Arrays erhöht wird. Eine genaue Kenntnis der Geschwindigkeiten ist dabei nicht erforderlich.



## **S1 – Modellierung**

## S1 1 Modellierungen für mikrogravimetrische Untersuchungen

*H. Richard Schulz (Angewandte Gravimetrie Dr. H. Richard Schulz)*

E-Mail: [office@angewandte-gravimetrie.de](mailto:office@angewandte-gravimetrie.de)

Häufig stellt sich die Frage inwieweit der Einsatz der Gravimetrie überhaupt sinnvoll ist. Hierzu gibt es zwar die Möglichkeit einfacher Modellkörperannahmen, die aber die Realität nur sehr ungenügend widerspiegeln. Mit Hilfe einer 3D Vorwärtsmodellierung können verschiedene bekannte Parameter mit in die Berechnungen eingehen, die eine exaktere Angabe des zu erwartenden Schwerefeldes liefern. Der Einfluss einzelner Elemente (Tektonik, Grundwasserstände, Auffüllungen etc.) auf das zu erwartende Schwerefeld kann durch das Weglassen oder das Hinzufügen zur Gesamtmodellierung bestimmt werden.

Am Beispiel einer 3D-Gesamtmodellierung des Salzbergwerkes „Wilhelmsglück“ werden die notwendigen Arbeitsschritte aufgezeigt. Dabei handelt es sich zunächst um die gemeinsame Verarbeitung von topografischen, geologischen und bergbaulichen Daten. Diese werden mit Hilfe der Software AGES.migra zusammengefasst zu einem 3D Dichtemodell. Mit Hilfe dieses Dichtemodells wird das zu erwartende Schwerefeld modelliert. Die Arbeitsschritte und die Ergebnisse werden anhand von 3D Visualisierungen erläutert.

## S1 2 Gravity modelling in Lausitz-Jizera-Karkonosze area

*Jirí Sedlák, Ivan Gnojek, Stanislav Zabadal (Miligal, s.r.o.), Jan Farbisz (Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych), Stefan Cwojdzinski (Państwowy Instytut Geologiczny), Reiner Scheibe (Geophysik GGD mbH)*

E-Mail: [sedlak@miligal.cz](mailto:sedlak@miligal.cz)

Gravity maps covering an area of 13 000 km<sup>2</sup> of Lugian Unit (Czech Republic, Germany and Poland) were compiled. The area is limited approximately by the towns of Bautzen (NW), Zlotoryja (NE), Červený Kostelec (SE) and Roudnice nad Labem (SW). An extensive gravity low about 120 km long (W–E) and 40 km wide (N–S) is a dominant feature in the area. This central Lugian gravity low is adjacent to the Saxothuringian low in the West and it disappears in the gravity high of the Kaczawa Complex and the Intra Sudetic Basin in the East. Five partial gravity lows, (Česká Kamenice Low, Zittau Low, Jizerské hory Mts. Low, North Karkonosze Mts. Low and Stráž pod Ralskem Low) are identified within the central Lugian gravity low.

Three gravity cross-sections were modelled across the area studied. They show that the Cambrian Rumburk-type granite is the main source of the Česká Kamenice Low, Zittau Low and the Stráž pod Ralskem Low. On the other hand, the Variscan Karkonosze-Jizera granites together with the Cambrian Jizera orthogneisses are the main sources of the Jizerské hory Mts. Low and North Karkonosze Mts. Low. The sediments of the Czech Cretaceous Basin contribute to Česká Kamenice Low and Stráž pod Ralskem Low while the Zittau Basin Tertiary sediments are an additive source to the amplitude of the Zittau Low.

The gravity cross-sections imply that the granite massifs can reach a depth of 7 to 10 km and that a hidden mafic body in the basement of the South Karkonosze Piedmont Late Palaeozoic Basin reaches a depth of 5 to 6 km beneath the current surface.

### S1 3 Meteorite impact processes: Insight from numerical modelling and laboratory experiments

*Kai Wünnemann (Museum für Naturkunde, Humboldt Universität zu Berlin), Dirk Elbeshausen (Museum für Naturkunde, Humboldt-Universität zu Berlin)*

E-Mail: [kai.wuennemann@museum.hu-berlin.de](mailto:kai.wuennemann@museum.hu-berlin.de)

The collision of cosmic bodies is one of the most fundamental processes in the solar system and key to our understanding of the origin and evolution of planets. Meteorite impact processes have shaped the surface of planetary objects and played a significant role in the evolution of life on Earth. However, one of the most fundamental questions in meteorite impact research remains unanswered, namely how do the properties of the impacting body (size, density, mass, velocity, etc.) relate to the effects on the target (formation of a crater, deformation and high pressure and temperature modification in target rocks). While the impactor properties are relatively well defined, the effect of target properties on the cratering process is only poorly understood. In order to obtain a better understanding of shock wave compression and cratering mechanics in complex target materials (rocks containing porosity and/or water) we use a combined approach of impact experiments and numerical modelling. In particular this study is aimed to validate newly developed model approaches against laboratory experiments of crater formation and high shock pressure modification. The data were in part provided by a pilot study in the framework of the application for a DFG research unit (The MEMIN project) and in part by standard shock compression experiments. The cratering experiments were carried out with a two-stage light gas gun at the Ernst-Mach Institut für Kurzzeitdynamik (Freiburg, Germany). Two Sandstone blocks (1.0 X 1.0 X 0.5 m) with porosity of 12-20 % (dry and water saturated) were impacted with a 10 mm iron projectile (4.1 g) at 5.4 km/s producing craters 25-30 cm in diameter. We use the iSALE hydrocode to simulate crater formation and the shock wave induced high pressure and temperature modifications in the target rocks. Our modelling results reproduce the experimental data well in terms of crater dimensions. However, crater shape and size strongly depends on the dynamic strength properties of the target material. By extrapolating our results from laboratory scale to the size of terrestrial impact craters we found that porosity has a large effect on crater size and the production of melt (generated by shock compression and subsequent release). Our results enable for the first time a quantification of impact processes in complex, porous natural materials on the scale of typical crater dimensions on planetary surfaces.

### S1 4 The effect of friction in oblique impacts - insight from numerical modelling

*Dirk Elbeshausen, Kai Wünnemann (Museum für Naturkunde, Humboldt-Universität zu Berlin), Gareth S. Collins (Impacts and Astromaterial Research Centre, Department of Earth Science and Engineering, Imperial College London)*

E-Mail: [dirk.elbeshausen@museum.hu-berlin.de](mailto:dirk.elbeshausen@museum.hu-berlin.de)

Impact processes are one of the most fundamental processes in the solar system and have influenced the evolution of all planets. Laboratory experiments of vertical impacts have improved our knowledge of crater formation significantly. However, no impact strikes a planetary surface vertically. Thus, the influence of the impact angle is of crucial importance. Over the last decade numerical modelling has become a powerful tool to study crater formation. Simulations of oblique impacts require three-dimensional (3D) codes, which have high demands on computing power and memory. We developed

iSALE-3D, a powerful and highly efficient 3D-hydrocode that enables calculations not only for the first seconds of an impact, but also for the entire crater formation process. Here we present the results of a systematic parameter study of the influence of the impact angle on crater size. We conducted hydrocode models for a broad range of projectile sizes and impact angles. Our results show that the crater diameter, depth, and volume decreases significantly with the impact angle. This effect is enhanced if we consider internal friction as a material property of the impacted target. Our first results show that the crater volume  $V$  decreases with the impact angle  $\alpha \sim \sin(\alpha)^{2\gamma}$ , where  $\gamma$  is an empirically determined material parameter that varies significantly for hydrodynamic and frictional materials. Previous studies suggest that  $\gamma$  may be a function of friction and/or porosity; however, an explicit relationship could not be established yet. Our models clearly indicate that higher friction coefficients result in much shallower craters and the effect of the impact angle is much more pronounced. The fact that most observed crater structures on planetary surfaces are circular but the most likely impact angle is about  $45^\circ$  suggests that the principle crater formation process (analogy to the explosion of a point source) does not change for oblique impacts. However crater efficiency (ratio of crater volume to the volume of the projectile) changes from being dominated by the kinetic energy to momentum scaling for high friction and shallow impact angles.

## **S1 5 Modellierung der Wellenausbreitung entlang des Plattenkontakts der Hellenischen Subduktionszone**

*Katja Essen, Mandy Braatz (Ruhr-Universität Bochum), Lars Ceranna (BGR Hannover), Wolfgang Friederich, Thomas Meier (Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [katja.dietrich@rub.de](mailto:katja.dietrich@rub.de)

Gemessene Seismogramme von mitteltiefen Beben in der Ägäis zeigen sehr unterschiedliche Wellenformen für Stationen im nördlichen Bereich, d.h. entlang des vulkanischen Bogens (Santorin, Nisyros) und im Back-Arc (Kykladen), und für Stationen auf Kreta (im Fore-Arc). Auf Kreta wird typischerweise ein sehr komplexes Wellenfeld mit hohen Amplituden registriert. Es handelt sich hierbei um seismische Wellen, die sich entlang des subduzierten Slabs ausbreiten und daher starke Variationen der Materialparameter erfahren. Martin & Rietbrock (2006) haben bereits für die Chile-Peru Subduktionszone gezeigt, dass solche Effekte mit geführten Wellen erklärt werden können, die sich in einem Niedergeschwindigkeitskanal an der Oberkante des Slabs bestehend aus subduzierter ozeanischer Kruste ausbreiten. Ein Knick in dieser Niedergeschwindigkeitsschicht (LVL) kann eine Abstrahlung von geführten Wellen bewirken, so dass auch für Stationen in einiger Entfernung vom oberen Ende der subduzierten Kruste ein Einfluss geführter Wellen beobachtet werden kann (Martin & Rietbrock, 2006).

Um den Einfluss verschiedener Schichtungen und Geometrien im Bereich der Hellenischen Subduktionszone auf die Ausbreitung seismischer Wellen entlang des Plattenkontakts genauer zu untersuchen, haben wir die Wellenausbreitung anhand von 2D-Modellen mit einer 2-D Chebyshev Pseudospektral-Methode (Ceranna, 2002) modelliert. Das Profil verläuft senkrecht zum Streichen der Subduktion. Den betrachteten Modellen ist eine abtauchende ozeanische Kruste mit geringeren Geschwindigkeiten im Vergleich zum umgebenden Mantel gemeinsam. Positioniert man die seismische Quelle innerhalb dieser LVL, werden dispersive Kanalwellen angeregt, die sich entlang der LVL ausbreiten und im Vergleich zu Raumwellen hohe Amplituden aufweisen. In Abhängigkeit von der Wahl des Quellmechanismus und der Position der Quelle relativ zum Kanal können geführte Wellen verschiedener Moden angeregt werden. Da wir zunächst Seismogramme in vertikaler und radialer Richtung betrachten,



untersuchen wir Kanalwellen vom Rayleigh-Typ. Betrachtet man ein möglichst realistisches Modell der Hellenischen Subduktionzone (Endrun, 2005), basierend auf Ergebnissen von Receiver-Funktionen-Analysen, Auswertungen von Oberflächenwellendispersion und seismischen Untersuchungen, so zeigt sich auch in diesem Fall eine Entkopplung der geführten Wellen an einem Knick des Slabs in etwa 70 km Tiefe und somit eine Abstrahlung von geführten Wellen mit hohen Amplituden in Richtung Kreta. Ein zusätzlicher Subduktionskanal oberhalb des Slabs mit mittleren Geschwindigkeiten im Vergleich zur subduzierten Kruste und dem darüberliegenden Ägäischen Mantel wie auch die verdickte Kruste unterhalb Kretas bewirken eine weitere Fokussierung der Wellenenergie.

#### Literatur

- Ceranna, L., 2002. Modellierung seismischer Wellenfelder in lateral heterogenen Mantelmodellen mit Hilfe der Chebyshev Pseudospektral-Methode, *Ph.D. thesis, Ruhr-University Bochum, Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics (in German)*.
- Endrun, B., Ceranna, L., Meier, T., Bohnhoff, M. & Harjes, H.-P., 2005. Modeling the influence of Moho topography on receiver functions: A case study from the central Hellenic subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 32, (L12311).
- Martin, S. & Rietbrock, A., 2006. Guided waves at subduction zones: dependencies on slab geometry, receiver locations and earthquake sources, *Geophys. J. Int.*, 167, 693–704.

## **S1 6 Estimating the acoustic impact of seismic research surveys on marine mammals in the Southern Ocean using a 2.5D finite-difference code for acoustic wave propagation modeling**

*Monika Breitzke (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung)*

E-Mail: [Monika.Breitzke@awi.de](mailto:Monika.Breitzke@awi.de)

According to the Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty seismic surveys in the Southern Ocean south of 60°S are exclusively dedicated to academic research. The seismic surveys conducted by the Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven, Germany during the last 20 years focussed on two areas: The Wedell Sea and the Amundsen/Bellinghausen Sea. Histograms of the Julian days and water depths covered by these surveys indicate that maximum activities occurred from January to March, and most lines were collected either in shallow waters of 200 to 600 m depth or in deep waters of 3000 to 4000 m depth. To assess the potential risk of future seismic research surveys on marine mammal populations an acoustic wave propagation modeling study is conducted for the Weddell and the Amundsen/Bellinghausen Sea. A viscoelastic 2.5D finite-difference code is used, which allows to simulate the spherical amplitude decay of point sources correctly. A sinusoidal wavelet of 50 Hz dominant frequency serves as source wavelet. Based on CTD measurements, sediment core samplings and sediment echosounder recordings two horizontally-layered, range-independent generic input models are established for the Wedell and the Amundsen/Bellinghausen Sea, one for shallow (400 m) and one for deep water (3000 m). They indicate that the vertical structure of the water masses is characterized by a 100 m thick, cold, low sound velocity layer (~1440 - 1450 m/s), centered in 100 m depth. In the austral summer it is overlain by a warmer, 50 m thick surface layer with slightly higher sound velocities (~1447 - 1453 m/s). Beneath the low-velocity layer sound velocities increase rapidly to ~1450 - 1460 m/s in 200 m depth, and smoothly to ~1530 m/s in 4700 m depth. The sea floor is mainly covered with soft fine-grained clayey or silty sediments, so that P- and S-wave velocities of 1600 and 200 m/s and a wet bulk density of 1450 kg/m<sup>3</sup>

are assumed. In a first step the acoustic impact of one seismic line of 10 km length is computed for the two generic models, assuming a shot interval of 15 s and a ship speed of 5 kn. The acoustic impact is determined by running the finite-difference scheme once, shifting the resulting wavefields in space and time according to the movement of the ship and the shot interval, and summing-up the appropriate sound exposure levels derived from the synthetic seismograms. As results, time-dependent contour maps of the cumulative sound exposure levels are derived. From these contour maps time-dependent exposure histories of the received sound exposure levels are extracted for animals staying at fixed depth and range positions along the seismic line.

## **S1 7 Effective elastic properties of cracked and partially saturated media - theory and numerical experiments**

*Fabian Wenzlau, Tobias M. Müller (Universität Karlsruhe (TH))*

E-Mail: [wenzlau@gpi.uka.de](mailto:wenzlau@gpi.uka.de)

Attenuation and dispersion of seismic waves are often observed within fluid-saturated reservoirs. An important relaxation mechanism causing these signatures is the so-called wave-induced flow of fluids in the subsurface. This mechanism is always important when small-scale heterogeneities such as cracks or gas inclusions are present within the medium and porosity and permeability are sufficiently high to allow fluids to flow during the wave cycle. The effective relaxation behavior of such heterogeneous rocks is described by the theory of poroelasticity at low frequencies. Using a finite-difference scheme, the interaction between seismic waves and poroelastic structures is investigated. In particular, the influence of diffusion processes on effective elastic material behavior is quantified. With quasistatic numerical experiments, attenuation and dispersion of partially saturated and cracked media are described accurately.

## **S1 8 Modeling of effective properties of heavy oil rocks – application of generalized Gassmann’s equations**

*Karsten Stürmer, Radim Ciz, Serge A. Shapiro (Freie Universität Berlin)*

E-Mail: [stuermer@geophysik.fu-berlin.de](mailto:stuermer@geophysik.fu-berlin.de)

Due to a decline in conventional oil and gas reservoirs, heavy oil has recently become an important resource. That is why, estimation of effective properties of heavy oil bearing rocks is fundamental for the exploration and production business. In consequence of this demand, it is necessary to have a rock physical model considering the viscoelastic behaviour of heavy oils having an API gravity below 22.3°. We developed a generalization of Gassmann’s equations for porous media saturated with a solid material. The applicability of the new theory has been tested by independent numerical simulations performed on the microscale by finite difference and finite element methods. This theory is applied to the modeling of effective elastic properties of porous rocks filled with a heavy oil. Heavy oil rock sample is represented by the realistic digital 3D model. To obtain the effective velocities of such a digital sample, we use the viscoelastic rotated staggered grid FD algorithm developed by Saenger et al.(2005). The generalized Gassmann’s equations for porous media saturated with a solid material contains a new elastic parameter describing the effective elastic properties of the pore space infill material. We propose a strategy how to estimate this parameter. An extension of the solid-infill solution for viscoelastic materials like heavy oil provide us results, which are in good agreement with

our numerically simulated data. The application of the generalized Gassmann's equations for porous media with a viscoelastic solid infill in the pore space to the experimental data provide a very good agreement and improves the results obtained by using classical Gassmann's equations.

## S1 9 Poroelastic and Viscoelastic Effects in Porous Media: Theory vs. Numerical Simulations

*Radim Ciz, Serge A. Shapiro (Freie Universitaet Berlin), Erik H. Saenger (ETH Zurich and Specraseis), Boris Gurevich (Curtin University and CSIRO Petroleum Perth)*

E-Mail: [ciz@geophysik.fu-berlin.de](mailto:ciz@geophysik.fu-berlin.de)

Numerical simulations of the effective properties and elastic wave propagation is an emerging tool in the analysis of many rock physics problems. Recently, the computational resources enable to perform numerical simulations in realistic 3D pore-scale models. Output of such simulations provide synthetic data sets, which can be used for the evaluation of theoretical models. Such strategy is presented in this contribution. The viscoelastic extension of the displacement-stress finite-difference grid technique of Saenger et al. (2005) and the finite-element method of Arns et al. (2002) are used. Poroelastic and viscoelastic effects are analyzed in the porous model saturated with a fluid of varying viscosity. Poroelastic effects applies for the low-viscosity fluids like water or oil. The effect of the Biot's slow wave is shown at the open interface between a free fluid and a fluid-saturated poroelastic medium in both the theoretical model of poroelastic reflection and numerical simulations. The viscoelastic effects occur at high viscosities of the pore fluid. Such situation can be presented in heavy oil reservoirs, where highly viscous fluid behaves as a quasi-solid. To model this situation the generalized Gassmann's equations for a porous media saturated with a solid material has been recently developed by Ciz and Shapiro (2007). The comparison of the new theory with numerical simulations and its implications for modeling of both reflection and effective elastic properties of viscoelastic porous rocks is shown. Performed analysis show changes in reflection coefficients and effective elastic properties due to the changes in viscosities. Analysis of these effects is important for proper interpretation of seismic data and for the 4D seismic monitoring.

## S1 10 The 2006 Kythira (Greece) Earthquake: Observing and modelling sub-millimetre deformations

*Kasper D. Fischer, Monika Bischoff, Thomas Meier (Ruhr-Universität Bochum, Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics)*

E-Mail: [kasper.fischer@ruhr-uni-bochum.de](mailto:kasper.fischer@ruhr-uni-bochum.de)

The south-western part of the Hellenic Subduction Zone was struck by a magnitude  $M_w = 6.7$  earthquake on Jan. 8, 2006. This earthquake has been recorded by 58 stations of the EGELADOS seismic network operated by the Ruhr-University Bochum and German (GFZ, Uni Hamburg), Greek (NOA, AUTH) and Turkish (ITU) partners. Unclipped broad-band records can be converted to displacement records. Baseline shifts in displacement seismograms up to 1.64 mm are observed. These observations indicate, that static displacements expected in the near-field were recorded by broad-band seismometers from about 100 km and up to about 600 km epicentral distance. Closer stations can not be analysed since the records are clipped due to the large ground motion near the epicentre. The static displacement is modelled numerically (software PSGRN/PSCMP) with a homogeneous layered elastic

half-space model. The results are compared to the observed baseline shift.

The observed values are in general smaller (50%–80%) than the modelled ones. Partly this is expected since the full static displacement can not be retrieved from a seismic velocity record with a finite bandwidth. Other reasons include local site effects, the complex setting of the Hellenic Subduction Zone and the simplified model. Nevertheless the results of the forward modelling agree very well with the observations. Most of the stations show static offsets for all 3 components similar in magnitude and direction to the modelled displacement field.

## S1 11 Convergence of Krylov Subspace Methods for Modelling TEM

*Martin Afanasjew, Ralph-Uwe Börner, Michael Eiermann, Michael Ernst, Stefan Güttel, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [stefan.guettel@math.tu-freiberg.de](mailto:stefan.guettel@math.tu-freiberg.de)

We consider the forward problem of computing the electromagnetic field due to a vertical magnetic dipole. The governing equations are the quasi-static Maxwell's equations

$$\nabla \times \left( \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{e} \right) + \partial_t \sigma \mathbf{e} = -\partial_t \mathbf{j}^e, \quad (1)$$

where  $\mathbf{e} = \mathbf{e}(\mathbf{x}, t)$  is the electric field,  $\mu = \mu(\mathbf{x})$  the magnetic permeability and  $\sigma = \sigma(\mathbf{x})$  the electric conductivity.  $\mathbf{j}^e = \mathbf{j}^e(\mathbf{x}, t)$  is the impressed source current density, which is vanishing for  $t > 0$ . The spatial discretization of (1) yields an ordinary differential equation

$$\partial_t \mathbf{e} = A \mathbf{e}, \quad \mathbf{e}(0) = \mathbf{e}_0, \quad (2)$$

where the large sparse matrix  $A$  represents the action of the operator  $-\frac{1}{\sigma} \nabla \times \left( \frac{1}{\mu} \nabla \times \cdot \right)$  and  $\mathbf{e}_0$  is the initial current pattern. The solution of (2) is explicitly given as

$$\mathbf{e}(t) = \exp(tA) \mathbf{e}_0,$$

where  $\exp$  is a matrix function. Krylov subspace methods have shown to be efficient for computing approximations of matrix functions. A Krylov approximation  $\mathbf{f}_m$  is of the form  $p_m(tA) \mathbf{e}_0$ , where  $p_m$  is a polynomial of degree  $m$  and the update to  $\mathbf{f}_{m+1}$  involves only one matrix-vector product with  $A$ . In this talk we shall compare various Krylov techniques (restarting, recycling, pre-conditioning) and explain their convergence behavior using tools from polynomial approximation theory.

## S1 12 Basis von Finite-Elemente-Simulationen mit dem Complete Electrode Model

*Carsten Rücker (Universität Leipzig), Jan Igel (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Hannover), Oliver Mohnke (RWTH Aachen), Thomas Günther (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik Hannover)*

E-Mail: [cruecker@uni-leipzig.de](mailto:cruecker@uni-leipzig.de)

Obwohl geoelektrische Messungen üblicherweise mit Spießelektroden durchgeführt werden, wird bei Inversion der Messdaten von punktförmigen Stromeinspeisungen und Potentialabgriffen ausgegangen. Der Elektrodeneinfluss wird insbesondere bei kleinräumigen Messungen mit kurzen Elektrodenabständen bedeutend. Im Falle eines homogenen Halbraums kann der Effekt durch eine analytische

Formel der Elektrostatik berechnet werden. Zu nennenswerten Effekten kommt es, wenn die Stecktiefe größer als 20% des Elektrodenabstandes ist. Diese wirken sich bei verschiedenen Konfigurationen unterschiedlich stark auf die gemessenen Potentiale und auf die Inversion der Messdaten aus. Der Elektrodeneinfluss kann aber recht gut berücksichtigt werden, indem der Konfigurationsfaktor für Linienelektroden berechnet wird oder die Elektroden als versenkte Punkt-Elektroden betrachtet werden. Dieses Vorgehen ist aber nur bei ebener Halbraum-Geometrie ohne nennenswerte Topographie und schwachen Leitfähigkeitskontrasten zulässig. Bei komplizierteren Geometrien, etwa Messungen an Modelltrögen oder Lysimetern, kann die Elektrodengeometrie extreme Auswirkungen haben. Wir präsentieren Finite-Elemente-Simulationen auf der Basis des Complete Electrode Models (CEM), bei dem die Elektrodenoberfläche mit diskretisiert und somit Teil des Netzes wird. Damit wird zum einen der Strom unter Berücksichtigung einer Kontaktimpedanz über die gesamte Oberfläche eingespeist. Andererseits werden die Elektrodenoberflächen zur Äquipotentialfläche.

Die Genauigkeit der numerischen Lösung kann durch Vergleich mit der analytischen Lösung sowie durch Messungen an einem Wassertrog untersucht werden. Der Vergleich zeigt, dass mit dem CEM-Ansatz eine wesentlich realistischere Modellierung erreicht werden kann, die wiederum die Zuverlässigkeit von Inversionsergebnissen erhöht.

### S1 13 Modellierung von magnetischen Störkörpern im Raum

*Andreas Fischer, Thomas Brand (SENSYS GmbH)*

E-Mail: [afischer@sensys.de](mailto:afischer@sensys.de)

In der Kampfmittelräumung werden für die Objektberechnung von magnetischen Störkörpern aus Flächensondierungen und Bohrlochsondierungen bislang einfache, generalisierende Modelle verwendet. Diese Modelle werden den tatsächlich angetroffenen Anomalien von Munitionskörpern und anderen ferromagnetischen Objekten nur näherungsweise gerecht. Dies führt zu verschiedenen Abweichungen bei der Berechnung von Objektgrößen und der Lage der Objekte im Raum. Vorgestellt werden Modellierungen auf Grundlage der Maxwell'schen Gleichungen, bei denen magnetische Störkörper als von Strom umflossene Flächen simuliert werden. Eine von Strom umflossene Fläche besitzt wie jeder andere magnetische Störkörper ein magnetisches Dipolmoment, das die Ursache für das äußere Feldbild des Körpers in der Ferne ist. Für das Modell wird bislang von einem homogenen äußeren Magnetfeld (Erdmagnetfeld) ausgegangen. Betrachtet wird nur das resultierende Feld eines Störkörpers ohne Differenzierung von induzierten und permanenten Magnetisierungsanteilen. Die Modellierungen zeigen eine gute Übereinstimmung zu den bei Testkörpern gemessenen magnetischen Signaturen im Totalfeld. Im Hinblick auf die Anwendung in der Praxis ermöglicht das neue Modell in der Auswertung von Flächenmessdaten, die in der Kampfmittelsondierung gewonnen werden, höhere Lagegenauigkeiten bei der Objektberechnung sowie eine verbesserte Berechnung der tatsächlichen magnetischen Dipolmomente von Störkörpern. Durch die Möglichkeit, das komplette Feldbild als exakte Abbildung des resultierenden Feldes im Raum zu modellieren, werden Mehrdeutigkeiten, die bei früheren Modellen zu Unschärfen geführt haben, signifikant reduziert. Im Vortrag wird darüber hinaus auf die Auswirkungen von Einflussgrößen wie Datendichte, Lagegenauigkeit von Messdaten, Rauschen, u. a. bei der Auswertung von magnetischen Flächensondierungen eingegangen.

## **PS1 1 Seismic prediction ahead of the drill - A 2.5D FDTD modeling study**

*Olaf Hellwig, Thomas Bohlen (TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [olafhellwig@web.de](mailto:olafhellwig@web.de)

Exploration of oil and gas is mainly based on surface seismic measurements. The interpreted seismic data contain information about potentially hydrocarbon bearing formations, and they are used for well planning. But the resolution of the seismic data is comparably low. Furthermore, the seismic image is time based, and it is rarely possible to derive an accurate depth model. Therefore, the seismic image has to be calibrated and updated by additional measurements during the drilling process. Logging While Drilling (LWD) instruments can be used for this purpose. Operating at higher frequencies and being closer to the important geological features, these tools provide more accurate and depth referenced seismic data.

This study is concerned with a new seismic LWD method, which employs bottom hole converted borehole guided waves to image reflectors ahead of the drill bit. In particular, the radiation patterns of borehole wave to body wave conversions and vice versa are investigated by 2.5D FDTD modeling regarding a simplified borehole geometry. Furthermore, processing methods which take into account the characteristics of these special converted waves are developed and tested using synthetic data.

## **PS1 2 Seismic Signatures of Temperature Dependent Geothermal Rocks at In-situ Reservoir Conditions**

*Makky Jaya, Serge Shapiro (FU Berlin, Germany), David Bruhn, Harald Milsch (GFZ Potsdam, Germany), Ólafur Flóvenz (ÍSOR, Iceland)*

E-Mail: [jaya@geophysik.fu-berlin.de](mailto:jaya@geophysik.fu-berlin.de)

The seismic wave velocity and attenuation behaviour of temperature dependent rocks of Icelandic geothermal reservoirs have been studied using laboratory experiments simulating in-situ conditions. Two samples were selected from cores coming from the wells of geothermal fields in Krafla (N-Iceland) and in Hengill (SW-Iceland). Acoustic transmission wave measurement was performed by varying (increasing and decreasing) confining oil and pore-filling water temperature from 50 °C up to 250 °C while keeping confining and pore pressure constant. The results shows that wave velocities decrease with the temperature. This decreasing trend is supposed due to the pore volume expansion and thermal fracturing during temperature elevation. The results of seismic attenuation analysis shows that Q factor decreases generally with the temperature. Both velocity and attenuation are strongly temperature dependent and reflect thermal fracturing at higher temperatures. This may be used for the application of seismic exploration method for the characterization of geothermal reservoir system.

## **PS1 3 Fast simulation of transient electromagnetic fields by model reduction in the frequency domain using Krylov subspace projection**

*Ralph-Uwe Börner, Oliver G. Ernst, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [rub@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:rub@geophysik.tu-freiberg.de)

We present an efficient numerical method for the simulation of transient electromagnetic fields resulting from magnetic and electric dipole sources in three dimensions. The method we propose is based on the Fourier synthesis of frequency domain solutions at a sufficient number of discrete frequencies obtained

using a finite element (FE) approximation of the damped vector wave equation obtained after Fourier transforming Maxwell's equations in time. We assume the solution to be required only at a few points in the computational domain, whose number is small relative to the number of FE degrees of freedom. The mapping which assigns to each frequency the FE approximation at these points of interest is a vector-valued rational function known as the transfer function. Its evaluation is approximated using Krylov subspace projection, a standard model reduction technique. Computationally, this requires the FE discretization at a small number of reference frequencies and the generation of a sufficiently large Krylov subspace associated with each reference frequency. Once a basis of this subspace is available, a sufficiently accurate rational approximation of the transfer function can be evaluated at the remaining frequencies at negligible cost. These partial frequency domain solutions are then synthesized to the time evolution at the points of interest using a fast Hankel transform. To test the algorithm, responses obtained by 2D and 3D FE formulations have been calculated for a layered half-space and compared with results obtained analytically, for which we observed a maximum deviation of less than 2 percent in the case of transient EM modelling. We complete our model studies with a number of comparisons with established numerical approaches. Our new numerical algorithm already gives very good results using much less computational time compared with time stepping methods and comparable times and accuracy compared with the Spectral Lanczos Decomposition Method (SLDM).

#### **PS1 4 On the numerically efficient formulation of the three-dimensional magnetotelluric boundary value problem**

*Antje Franke, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (Institut für Geophysik, TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [antje.franke@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:antje.franke@geophysik.tu-freiberg.de)

Basing on Maxwell's equations different boundary value problems in terms of electromagnetic fields or potentials including homogeneous or inhomogeneous boundary conditions can be formulated to calculate three-dimensional magnetotelluric data such as the impedance tensor, apparent resistivity, and phase. We present a comparison of different formulations of the magnetotelluric boundary value problem concerning their accuracy and numerical efficiency. Contrary to the classic magnetotelluric method we apply an expanded frequency range that includes higher frequencies used by the radio and audio magnetotelluric method for studying shallow subsurface structures. Hence, displacement currents might need consideration. Additionally, beside the electric conductivity the magnetic permeability is considered as model parameter that can be advantageous e.g. in the case of ore exploration and for studies of the earth's crust where basaltic rocks occur.

#### **PS1 5 2.5D MMR-Modellierung auf kompakten Gittern**

*Andreas Kemna (Universität Bonn), Daniel Fielitz (Forschungszentrum Jülich), Giorgio Cassiani (Universität Padua), Egon Zimmermann (Forschungszentrum Jülich)*

E-Mail: [kemna@geo.uni-bonn.de](mailto:kemna@geo.uni-bonn.de)

Bei der Magnetometrischen-Widerstandsmethode (engl.: magnetometric resistivity, MMR) werden die Magnetfelder von in den Untergrund injizierten niederfrequenten Strömen gemessen, um hieraus auf die Leitfähigkeitsstruktur im Untergrund zu schließen. Obwohl die Vorzüge der MMR-Methode gegenüber der klassischen geoelektrischen Erkundung bei bestimmten Untergrundverhältnissen und Messgeometrien seit langem bekannt sind, wurde das Verfahren bisher nicht als bildgebende Methode für Bohrloch-Bohrlochmessungen implementiert. Um dieses Ziel, zunächst beschränkt auf die

tomographische Erkundung in zwei Dimensionen, zu erreichen, wird ein möglichst effizientes 2.5D Modellierungsprogramm benötigt. Die bei der MMR-Methode gemessenen Magnetfelder berechnen sich allgemein nach dem Ampère'schen Gesetz. Konsistent mit dem Vorgehen bei der Modellierung des 2.5D geoelektrischen Problems, welches die Basis der MMR-Modellierung darstellt, kann die Magnetfeldberechnung direkt im Wellenzahlbereich über die Multiplikation von Leitfähigkeits- und Potentialgradienten erfolgen. Die hier vorgestellte Implementierung basiert auf einer Finite-Elemente-Formulierung. Um mit Blick auf die geplante tomographische Inversion die Verwendung von kompakten, d.h. räumlich relativ begrenzten Finite-Elemente-Gittern zu ermöglichen, werden bei der Modellierung des elektrischen Potentials gemischte Randbedingungen am unteren und an den seitlichen Rändern verwendet. Für eine hinreichend genaue Modellierung der Magnetfelder auf dem gleichen kompakten Gitter wird eine neue Randelementberechnung vorgestellt. Diese beinhaltet die numerische Integration der Beiträge zum Magnetfeld, die auf fortgesetzte Leitfähigkeitsgradienten jenseits des Randes zurückzuführen sind. Hiermit können die ansonsten zum Rand hin signifikanten Modellierungsfehler vermieden werden. Die Ergebnisse des neuen 2.5D MMR-Modellierungscodes für einfache Referenzmodelle werden mit analytischen Lösungen bzw. Lösungen aus der Literatur verglichen. Schließlich werden die zu erwartenden Messeffekte für einen simulierten Infiltrationsprozess in der ungesättigten Zone, einer möglichen hydrogeophysikalischen Anwendung des Bohrloch-MMR-Verfahrens, präsentiert und diskutiert.

## **PS1 6 Numerical simulation of magnetotelluric fields at Stromboli**

*Sissy Kütter, Antje Franke, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [kuettne4@student.tu-freiberg.de](mailto:kuettne4@student.tu-freiberg.de)

The Stromboli being a volcanic island in the Mediterranean Sea off the west coast of Italy has always fascinated geoscientists. His characteristic eruption cycle has contributed to this interest as well. Our work aims at the exploration of Stromboli's structure by means of the magnetotelluric method. We have shown already that the topography and bathymetry have strong influences on the electromagnetic fields, especially for 3D computations. The steep slopes at Stromboli and the high electric conductivity contrasts between the volcano and the seawater make it difficult to calculate sounding curves for the apparent resistivity and phase in the necessary frequency range to illuminate the interior as well as the bottom parts of the volcano. Therefore our main concern has been to optimize those 3D computations as well as the 2D models using the finite element method. Unstructured triangular (2D) and tetrahedral (3D) grids have proven to be well suited for the applied generalized geometry: a frustum as the volcano, an underlying halfspace and a layer of sea water surrounding the volcano. The further process of the studies has led to larger background models to better meet the boundary conditions. Hence we have been able to calculate sounding curves for the 3D simulations. Those were similar to the according curves in 2D for a point on top of the volcano. The sounding curves for a point on the seafloor show a more complicated behaviour. However, for the axially symmetric model we get congruent curves for different polarisations and perpendicular profiles in the model, as expected.



## PS1 7 Numerische Modellierung einer Permittivitätssonde für ExoMars

Sabine Müller, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)

E-Mail: [sab.mueller@student.tu-freiberg.de](mailto:sab.mueller@student.tu-freiberg.de)

Die Erforschung der erdnahen Planeten unseres Sonnensystems spielt für die Menschheit eine besondere Rolle. Man will Erkenntnisse über die Entstehung unseres Sonnensystems und den Aufbau der Planeten erlangen. Mit Hilfe von Landegeräten ist es heute möglich, Messgeräte auf die Oberfläche des Mars oder anderer erdnaher Planeten zu bringen. Im Rahmen der Exomars-Mission der ESA wird eine elektrische Permittivitätssonde entwickelt, um oberflächennahes Eis auf dem Mars zu detektieren. Damit sollen insbesondere Rückschlüsse auf eventuell vorhandenes Leben auf dem Mars gezogen werden. Ziel der Arbeit ist es, das Verhalten der Permittivitätssonde unter Marsbedingungen mit dem kommerziellen Finite-Elemente-Softwarepaket COMSOL zu simulieren. Es soll herausgefunden werden, unter welchen messtechnischen Rahmenbedingungen vorhandenes Eis detektierbar ist. Desweiteren ist von Interesse, verschiedene Elektrodenkonfigurationen auf ihr Auflösungsvermögen hin zu untersuchen. Im ersten Stadium der numerischen Experimente soll die Permittivitätssonde als elektrischer Dipol betrachtet werden, um das Zusammenspiel von elektrischer Leitfähigkeit, dielektrischer Permittivität, Messfrequenz und Messgeometrie studieren zu können. Auf Grund der Symmetrie des Sondenkörpers und der Dipolfelder bei zunächst angenommener Eindimensionalität des Marsbodens kann das Rechengebiet auf eine Ebene beschränkt werden. Auf diese Weise ist es möglich, Abschätzungen zur Detektierbarkeit mit hoher numerischer Genauigkeit vorzunehmen. In einem weiteren Stadium soll die tatsächliche Sondengeometrie eingebunden werden. Die konstruktiven Besonderheiten auf Grund der begrenzten räumlichen Ausdehnung der Sonde führen insbesondere wegen der Verwendung von dünner Kupferfolie als Elektrodenmaterial auf Schwierigkeiten bei der numerischen Simulation. Die auftretenden stark inhomogenen Finite-Elemente-Gitter stellen selbst für 2D-Geometrien eine große Herausforderung dar. Bei der numerischen Simulation von dreidimensionalen Strukturen ist der verfügbare Hauptspeicher der limitierende Faktor für eine hinreichend gute Gitterauflösung. Um die Freiheitsgrade der FE-Lösung bei kleinem Rechengebiet räumlich optimal zu verteilen, werden schließlich spezielle Randbedingungen wie Infinite Elemente auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht.

## PS1 8 A synthetic model study for marine EM using vector finite elements

Christoph Schwarzbach, Ralph-Uwe Börner (TU Bergakademie Freiberg)

E-Mail: [schwarzb@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:schwarzb@geophysik.tu-freiberg.de)

The finite element method (FEM) is a very powerful tool to solve partial differential equations. Whereas the finite difference method is restricted to structured, orthogonal grids the FEM allows for unstructured grids. These grids provide a means to mesh arbitrary geometric features, like topography or curved surfaces, and to adapt the grid size to the character of the solution. If the mesh is suited to a particular problem the number of degrees of freedoms that is required to obtain a solution of desired accuracy can be reduced substantially. We study the canonical disk model of Weiss and Constable (2006) and compare our solution with their finite volume results.

The finite element solution of Maxwell's equations in 3D requires the usage of so-called vector finite elements. At a first glance this element type reveals a bewildering solution behaviour. By projecting a known solution onto the finite element space we illustrate that the nature of vector finite elements causes obvious symmetries of the solution to be violated if a rather coarse, unstructured grid is used.

## References

Weiss, C. J., and Constable, S. (2006): Mapping thin resistors and hydrocarbons with marine EM methods, Part II – Modeling and analysis in 3D. *Geophysics*, 71(6), G321–G332.

## **PS1 9 Numerical modelling of micro scaled granular deformation**

*Ingo Kock, Katrin Huhn (Forschungszentrum Ozeanränder)*

E-Mail: [ikock@uni-bremen.de](mailto:ikock@uni-bremen.de)

In spite of an increasing number of geological, geophysical and geotechnical field data as well as different model approaches it is yet not fully understood why some submarine slopes destabilize and others are stable. Initial failure and post-failure mechanical processes at the basal failure plane are attributed to mechanically weak layers. There is an ongoing debate concerning the exact nature of shear localization in these layers.

Goal of our project is to analyze the mechanics of basal shear zones in space and time on a grain scale level. To address this question, we use numerical shear box tests utilizing the Discrete Element Method (DEM). The advantage of such numerical tests over analogue ones is the control of a finite set of boundary conditions. Our focus lies on modelling micro scaled localization patterns and micromechanical properties. Specifically, we study the influence of shear plane surface roughness. Surface roughness is modelled by systematically changing boundary surface roughness of the numerical shear test apparatus. Our simulations indicate that relative surface roughness (surface roughness in relation to maximum particle diameter of the sample) controls deformation conditions between sample and surface and also deformation conditions inside the sample. Specifically, variation in boundary roughness leads to differences in stress transmission onto the sample. Hence, localization of deformation inside the sample may be either highly localized or distributed throughout.

## **PS1 10 Dynamics of a subducting slab: Influence of rheological parameters**

*Eleni Tzoumerkiotis, Kasper D. Fischer (Ruhr-Universität Bochum; Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik), Gabrielle Morra (ETH Zürich)*

E-Mail: [eleni.tzoumerkiotis@ruhr-uni-bochum.de](mailto:eleni.tzoumerkiotis@ruhr-uni-bochum.de)

The process of subduction is significant in geodynamics/tectonics. The reasons why and how a cold solid oceanic lithosphere subducts into a convecting fluid like mantle and the reasons of observable deformations of a subduction zone are of main interest. Numerical modelling with the finite element method provides new insights into the mechanics of subduction. With the finite element method it is possible to simulate a subduction process and to analyse the factors, which influence this process. Such factors are material properties, forces, temperature, boundary conditions of the subducting plate and the mantle. One of the main rheologies in this context is viscoelasticity. This finite element analysis investigates the role of viscosity on the deformation process.

## PS1 11 Temporal changes of subsurface temperature obtained by repeated logging

*Jan Safanda (Institute of Geophysics Prague), Dusan Rajver (Geological Survey of Slovenia), Antonio Correia (Dep. of Physics, Univ. of Evora), Petr Dedecek (Institute of Geophysics Prague)*

E-Mail: [jsa@ig.cas.cz](mailto:jsa@ig.cas.cz)

We report here on repeated temperature logs carried out within 6 boreholes at the sites of the borehole climate observatories and their surroundings in Slovenia, Portugal and the Czech Republic. The time span of the repeated logs was 8 – 20 years (1985 – 2005). The repeated logs revealed subsurface warming in all the boreholes amounting to 0.2 – 0.6 deg C below 20 m depth. The compatibility of the observed temporal changes of subsurface temperature with surface air temperature (SAT) series measured in Prague (since 1771), Ljubljana (since 1851) and Lisbon (since 1856) was checked by comparing repeated temperature logs with synthetic profiles that were calculated using SAT series as forcing functions. The depth of the Czech borehole (140 m) and the Portuguese borehole (180 m) was sufficient for a reconstruction of the ground surface temperature (GST) history of the last 150 – 200 years. Reconstructed GSTs were compared with the SAT series measured in Prague and Lisbon, respectively. The reconstructed histories reproduce reasonably well the amplitude of the recent warming inferred from the meteorological data, 1 – 1.5 deg C above the long-term mean. The depth (100 m) of the four repeatedly logged Slovenian boreholes was too shallow for inversion, but a climatic reconstruction was carried out for a deeper borehole, logged in 2006 and located within 5 km from the Slovenian observatory. The obtained GST history was compared with SAT series from Ljubljana.

## PS1 12 Complex crater formation driven by oblique meteorite impacts

*Dirk Elbeshausen, Kai Wünnemann (Museum für Naturkunde, Humboldt-Universität zu Berlin)*

E-Mail: [dirk.elbeshausen@museum.hu-berlin.de](mailto:dirk.elbeshausen@museum.hu-berlin.de)

Meteorite impacts are one of the most fundamental geological processes shaping planetary surfaces. Although it is well known that the collision of a cosmic body such as asteroids or comets with planetary-sized objects happens at an oblique angle of incidence most previous studies focused on vertical impacts only. This is primarily due to the fact that laboratory experiments and numerical simulations of oblique impacts have high technical demands. Therefore our current knowledge of the influence of the impact angle is limited. We used our newly developed three-dimensional hydrocode iSALE-3D to investigate crater formation by oblique impacts. We revealed some important differences between vertical and oblique impacts regarding the formation of complex crater structures. Naturally, in vertical impacts the crater formation is completely symmetric: First a bowl-shaped transient crater is formed that collapses due to the effect of gravity resulting in the formation of a central peak in the centre of the relatively flat final crater structure (compare typical examples of complex crater morphology on the moon). In the oblique case the initial cavity is first very asymmetric but then evolves into more and more symmetric cavity as the crater growth advances in time. Eventually the transient crater is circular in plan view. However, crater collapse re-introduces asymmetry to the shape of the crater: While the collapses first starts at the deepest point of the cavity we found that slumping from uprange direction results in a small downrange-shift during the formation of the central peak. After a certain amount of time slumping from the opposite direction (downrange) gives rise to a backward motion of the central peak towards the crater centre. Although the final crater morphology is relatively symmetric at first glance the complex interplay between gravity driven collapse and time-displaced

occurrence of slumping in up- and downrange direction results in distinct asymmetries in particular in the centre of the resulting impact structure. Things become even more complicated if the properties of the target (strength, friction, density etc) and heterogeneities such as inclined bedding are taken into account. The overall goal is to identify structural characteristics that are clearly due to the oblique angle of incidence and how they can be distinguished from the effect of target properties and heterogeneities.

### **PS1 13 Einfluss eines Subduktionskanals auf die Ausbreitung seismischer Wellen von mitteltiefen Beben in der Hellenischen Subduktionszone**

*Mandy Braatz, Katja Essen (Ruhr-Universität Bochum), Lars Ceranna (BGR Hannover), Wolfgang Friederich, Thomas Meier (Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [mandy.braatz@gmx.de](mailto:mandy.braatz@gmx.de)

Um die Struktur des Plattenkontaktes der Hellenischen Subduktionzone und deren Auswirkung auf die Ausbreitung seismischer Wellen zu untersuchen, wurde die Wellenausbreitung in 2D-Modellen parallel zur Richtung der Subduktion mit einer 2-D Chebyshev Pseudospektral-Methode (Ceranna, 2002) modelliert. Von besonderem Interesse war, inwiefern ein Subduktionskanal oberhalb des Slabs mit Geschwindigkeiten zwischen denen der subduzierten Kruste und dem darüberliegenden Ägäischen Mantel das Wellenfeld verändert und ob es möglich ist, anhand der Auswertung bestimmter Eigenschaften gemessener Seismogramme Hinweise auf die Existenz eines solchen Subduktionskanals in der Hellenischen Subduktionszone zu finden. Ein Rücktransport von Gesteinsmaterial aus Tiefen von über 100 km zur Oberfläche entlang des subduzierten Slabs innerhalb eines solchen Subduktionskanals kann die Hebungsprozesse der vergangenen 4 Ma insbesondere im westlichen Teil Kretas erklären (Meier et al., 2007).

Seismogramme von mitteltiefen Beben für Stationen auf Kreta zeigen ein sehr komplexes Wellenfeld mit vergleichsweise hohen Amplituden. Das Wellenfeld wird dominiert von geführten Wellen, die sich entlang eines Niedergeschwindigkeitskanals ausbreiten, der an der Oberkante des Slabs verläuft und aus subduzierter ozeanischer Kruste besteht. An einem Knick in dieser Niedergeschwindigkeitsschicht (LVL), hervorgerufen durch eine Änderung der Materialparameter ab 70 km Tiefe, werden geführte Wellen in den darüberliegenden Ägäischen Mantelkeil abgestrahlt. Dadurch können nicht nur für Stationen direkt oberhalb des Auskeilens der subduzierten Kruste, sondern auch in einiger Entfernung in Richtung Norden geführte Wellen beobachtet werden. Wird darüberhinaus ein Subduktionskanal implementiert, so klingen die Amplituden geführter Wellen mit zunehmender Entfernung vom LVL weniger stark ab. Der geringere Geschwindigkeitskontrast bewirkt eine stärkere Fokussierung der Wellenenergie nach der Abstahlung an dem Knick des LVL. Hierdurch breiten sich die vormals im LVL geführten Wellen hauptsächlich entlang der Verlängerung des unteren, steileren Abschnitts des subduzierten Slabs in Richtung Oberfläche aus. Das hat zur Folge, dass ein Einfluss geführter Wellen für Stationen direkt oberhalb des Endes der subduzierten Kruste kaum beobachtet werden kann. Richtung Kreta dagegen wird die Wellenausbreitung stark von geführten Wellen hoher Amplituden beeinflusst. In einem realistischen Modell der Hellenischen Subduktionszone nach Endrun et al. (2005) mit zusätzlichem Subduktionskanal wird dieser Effekt durch die verdickte Kruste mit wiederum verringerten Geschwindigkeiten nochmals verstärkt. Das Wellenfeld wird hier zwar durch Reverberationen in der Kruste dominiert, die Eigenschaften der geführten Wellen sind aber aufgrund ihrer hohen Amplituden weiterhin deutlich erkennbar.

## Literatur

- Ceranna, L., 2002. Modellierung seismischer Wellenfelder in lateral heterogenen Mantelmodellen mit Hilfe der Chebyshev Pseudospektral-Methode, *Ph.D. thesis, Ruhr-University Bochum, Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics (in German)*.
- Endrun, B., Ceranna, L., Meier, T., Bohnhoff, M. & Harjes, H.-P., 2005. Modeling the influence of Moho topography on receiver functions: A case study from the central Hellenic subduction zone, *Geophys. Res. Lett.*, 32, (L12311).
- Meier, T., Becker, D., Endrun, B., Rische, M., Bohnhoff, M., Stöckhert, B. & Harjes, H.-P., 2007. *The Geodynamics of the Aegean and Anatolia*, vol. 291, chap. A model for the Hellenic subduction zone in the area of Crete based on seismological investigations, pp. 183-199, Geological Society, London (in press).

## PS1 14 Modellierung von gestreuten seismischen Wellen an kleinräumigen Strukturen mit Born-Approximation

Katja Essen, Wolfgang Friederich (Ruhr-Universität Bochum), Thomas Bohlen (TU Freiberg)

E-Mail: [katja.dietrich@rub.de](mailto:katja.dietrich@rub.de)

Die Auswertung gestreuter Wellen kann in verschiedenen Bereichen von Nutzen sein, um kleinräumige Strukturen in der betrachteten Region zu untersuchen. Wir haben daher einen Algorithmus entwickelt, der eine Modellierung von gestreuten Wellen an kleinräumigen Störungen ermöglicht. Die Methode eignet sich zum Einen für technische Anwendungen in der Seismik zur Berechnung von synthetischen Seismogrammen in kleinskaligen kartesischen Modellen. Zum Anderen kann der Algorithmus in einer abgewandelten Form für sphärische Modelle in der Seismologie genutzt werden, zum Beispiel zur Untersuchung von Heterogenitäten im Erdmantel. Da wir uns auf den Einfluss kleinräumiger Störungen auf die Wellenausbreitung konzentrieren wollen, kann für die Modellierung die Born-Approximation verwendet werden. Der Streukörper wird hierbei durch Perturbationen der elastischen Parameter eines Hintergrundmodells innerhalb eines Streuvolumen implementiert. Gestreute Wellen werden mit Hilfe des Green Tensors zwischen Empfänger und Streupunkt für das Hintergrundmodell berechnet. Verschiedene Formen von Streuvolumen können mit Hilfe einer Tessellation erzeugt werden. Zur Anwendung der Born-Rechnung in sphärischen Koordinaten ist eine Transformation in ein globales kartesisches Koordinatensystem und eine anschließende Rücktransformation in sphärische Koordinaten notwendig. Das Gesamtwellenfeld setzt sich dann zusammen aus dem direkten Wellenfeld im Hintergrundmodell und dem mit Born-Approximation berechneten gestreuten Wellenfeld. Zur Berechnung der Wellenausbreitung im Hintergrundmodell verwenden wir die Green-Funktions-Methode (GEMINI) für 1D-Modelle (Friederich & Dalkolmo, 1995). Es ist aber genauso möglich, den Algorithmus für 3D-Hintergrundmodelle zu modifizieren.

Wir haben die Wellenausbreitung in verschiedenen 2D- und 3D-Flözmodellen mit einem parallelen elastischen 2-D/3-D Finite Differenzen Code (Bohlen, 2002) berechnet, um den Einfluss verschiedener Störungen auf die Ausbreitung von dispersiven Flözwellen zu untersuchen (Essen et al., 2007). Der Vergleich mit durch Born-Approximation berechneten Seismogrammen ergibt eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse bei geeigneter Wahl der Gitterweite für die Tessellation des Streuvolumen. Ein Konvergenztest hat gezeigt, dass mit Tetradern von mindestens  $1/8$  der dominierenden Wellenlänge gerechnet werden muss. Da die feine Gittereinteilung die Rechenzeiten erheblich erhöht, haben wir den Code parallelisiert.

Ein anderes Anwendungsgebiet ist die Untersuchung der Wellenausbreitung an kleinräumigen Struktu-

ren im Bereich der Hellenischen Subduktionszone, wie anormale Strukturen im Konvergenzbereich des Mantelkeils oder Mantelplumes im Bereich des vulkanischen Bogens unter Santorin und Nisyros. Ein Vergleich von synthetischen Seismogrammen und gemessenen Daten kann Aufschluss über die Existenz von erwarteten Störungen geben. Es soll ein Inversionsverfahren entwickelt werden, mit dem kleinräumigen Störungen lokalisiert und Änderungen der Modellparameter innerhalb der Streuvolumen ermittelt werden können.

#### Literatur

- Bohlen, T., 2002. Parallel 3-D viscoelastic finite difference seismic modelling, *Computers & Geoscience*, 28, 887–899.
- Essen, K., Bohlen, T., Friederich, W. & Meier, T., 2007. Modelling of Rayleigh-type seam waves in disturbed coal seams and around a coal mine roadway, *Geophys. J. Int.*, 170, 511–526.
- Friederich, W. & Dalkolmo, J., 1995. Complete synthetic seismograms for a spherically symmetric earth by a numerical computation of the Green's function in the frequency domain, *Geophys. J. Int.*, 122, 537–550.

### **PS1 15 Different approaches in modeling of Scholte wave propagation with topography**

*Nhi Nguyen, Thomas Bohlen (TU Freiberg), Sebastian Heimann (University of Hamburg)*

E-Mail: [nhi.nguyen@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:nhi.nguyen@geophysik.tu-freiberg.de)

Scholte wave with frequencies of 1-20 Hz, a type of dispersive interface wave which travels at the fluid-solid interface, bears information of the uppermost layers of the seafloor. The interaction of surface waves such as Scholte wave with undulating seabed topography is a problem of fundamental importance to a number of domains such as exploration seismology, acoustics, coastal engineering. . . Scholte waves traveling in water of finite depth may be scattered by a region of undulating bottom topography. This is a significant phenomenon both on continental shelf, where a wide variety of regular and irregular bed features exists, and off beaches, where rather more regular, shore-parallel, bar structures are commonly formed. This work describes results of the Scholte wave transmissions along a corrugated fluid-solid interface from 2-D numerical modeling. The simulations are done by taking into account rippled interface models with an uppermost sediment layer thickness of 10-30 m and small shear wave velocities as low as 600m/s. The wavelengths of the Scholte waves are comparable to the horizontal spatial wavelength of the corrugated interface but much greater than the vertical amplitudes of the spatial interface variation. The modeling is implemented with the uses of finite difference and pseudo spectral approaches. The results from the modeling are also compared with analytical results as well as very small scale experiments. The study shows the effects of corrugated interface in the transmission of Scholte wave. The main goal of the work is to predict not only the energy and propagation velocity of the Scholte wave but also the nature of its wave-field in the presence of rippled interfaces. Besides, the modeling reveals that small-scale seafloor topography can alter the dispersion characteristics of Scholte waves significantly.

## PS1 16 Energietransport elastischer Wellen in Zufallsmedien mit multiplen Skalen

Jens Przybilla (Universität Leipzig)

E-Mail: [jprzybill@web.de](mailto:jprzybill@web.de)

Die Energietransporttheorie beschreibt den Transport der Wellenenergie insbesondere in Medien mit kleinskaligen Heterogenitäten. Hierbei bezieht sich das Wort kleinskalig auf die jeweilige Wellenlänge. Wenn Wellenlänge und Heterogenitäten dieselbe Größenordnung haben, dann kommt es zu einer intensiven Wechselwirkung der Wellen mit dem Ausbreitungsmedium und zur Streuung.

Als Modell für die kleinskaligen Heterogenitäten der Erde werden meist sogenannte kontinuierliche Zufallsmedien verwendet, die in ihrer einfachsten Form durch eine Autokorrelationsfunktion, die Fluktuationsstärke und eine Korrelationslänge beschrieben werden.

Untersuchungen an Bohrkernen haben nahe gelegt, dass es durchaus möglich ist, dass ein Zufallsmedium mit nur einer Skale nicht genügt um die Heterogenitäten darzustellen. Vielmehr benötigt man Medien mit verschiedenen Skalen.

In dieser Arbeit werden numerische Lösungen der elastischen Energietransporttheorie in heterogenen Medien vorgestellt. Dabei bestehen die Heterogenitäten aus der Superposition von Zufallsmedien mit verschiedenen Skalen. Die Simulationen werden mit denen aus einskaligen Zufallsmedien verglichen. Im Vergleich zeigen sich besonders in der P-Coda deutliche Unterschiede zwischen einskaligen und mehrskaligen Zufallsmedien.

## PS1 17 Gesteinsklassifizierung mit SVM und NN aus Radardaten

Bernd Ehret (GGA Hannover)

E-Mail: [bernd.ehret@gga-hannover.de](mailto:bernd.ehret@gga-hannover.de)

Es wird eine neue Methode zur Gesteinsklassifizierung aus Radardaten für den Fall vorgestellt, dass keine geologischen Zusatzinformationen aus Bohrungen vorliegen. Ausgangspunkt sind Modelle mit variierenden physikalischen Gesteinsparametern, die in den Messdaten gesucht werden. Aus den Modellen werden synthetische Radarspuren erzeugt, aus denen Wellenattribute ableitbar sind. Diese Wellenattribute dienen als Trainingsdaten für die Lernalgorithmen. Dieselben Wellenattribute werden aus den prozessierten Radardaten gewonnen. Damit liegen zwei Datensätze für Mustererkennungsalgorithmen vor. Für die Klassifizierung wurden die Lernalgorithmen Backpropagation neural network (BPNN) und support vector machines (SVM) verwendet.

## PS1 18 Finite-difference modelling of effective anisotropy of complex conductivity for 2D structural models

Tobias Winchen (Forschungszentrum Jülich, ICG-IV), Andreas Kemna (Universität Bonn), Jan Vanderborght (Forschungszentrum Jülich, ICG-IV)

E-Mail: [t.winchen@fz-juelich.de](mailto:t.winchen@fz-juelich.de)

In the last decade electrical impedance measurements have been increasingly used for the determination of soil and rock properties both at laboratory and field scales. So far, the real and imaginary components of the complex electrical conductivity have been considered as scalar values, i.e., conductivity and polarizability have been regarded as independent of the direction of electric current flow. However,

this neglects the generally tensorial nature of conductivity and polarizability. Likely sources of such an anisotropic behaviour in the subsurface are for example interbedded layers or fractures. Obviously the impedance measured across a fracture could be different from the impedance measured along a fracture. We present synthetic 2D models of anisotropic structures such as random inlays of clay in a sand background. The effective anisotropic complex conductivity of these systems was modelled with a finite difference algorithm. The frequency-dependent complex conductivity of each element in the 2D model is parameterized in terms of a Cole-Cole model. With this approach, we in particular found a frequency dependence of the degree of anisotropy of the effective complex conductivity.



## **S2 – Inversion**

## **S2 1 Die Rolle von Transformationsfunktionen in der Inversion geophysikalischer Daten**

*Thomas Günther (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Hannover), Mike Müller-Petke (Technische Universität Berlin), Marian Hertrich (Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich), Carsten Rücker (Universität Leipzig)*

E-Mail: [Thomas.Guenther@gga-hannover.de](mailto:Thomas.Guenther@gga-hannover.de)

Bei der Inversion geophysikalischer Messdaten wird, meist über einen Minimierungsansatz, eine Verteilung eines physikalischen Parameters gesucht, die in der Lage ist, vorhandene Messwerte zu erklären. Der Zusammenhang des Parameters ist in der Regel über Differentialgleichungen gegeben. Beispiele für Parameter und Messwert sind Leitfähigkeit und Spannung für geoelektrische oder elektromagnetische Messungen oder Slowness und Laufzeit für die Laufzeittomographie.

Oft werden jedoch statt dieser intrinsischen Variablen Funktionen von diesen im Formalismus der Inversion verwendet. Die Gründe dafür sind verschieden: Zum einen werden Messwerte in scheinbare Parameter umgewandelt, um Rohdaten besser bewerten zu können. Zum anderen sind Parameter oft Bereichsbeschränkungen unterworfen, wofür man logarithmische oder trigonometrische Funktionen verwenden kann. Schließlich macht es in vielen Fällen Sinn, petrophysikalische Gesetzmäßigkeiten in der Inversion zu verankern. All diese Möglichkeiten können auch kombiniert werden.

Wir untersuchen, welchen Einfluss diese Funktionen auf die Inversionsergebnisse haben. Dazu werden 3 Evaluations-Kriterien verwendet: Singulärwertspektren, Auflösungsmatritzen sowie die Ergebnisse synthetischer Experimente. Um verschiedenartige tomographische Verfahren zu beleuchten, untersuchen wir (a) eine Schichtinversion geoelektrischer Tiefensondierungen, (b) eine NMR-Tiefensondierung mit vorgegebener Diskretisierung und (c) die 2D-Laufzeittomographie von Georadarwellen.

Dabei wird deutlich, dass problemangepasste Transformationsfunktionen in der Lage sind, Zusatzinformation in die Inversion einzubringen und damit die Mehrdeutigkeit der Ergebnisse einzuschränken. Darüber hinaus wird ein template-basierter Programmier-Ansatz präsentiert, mit dem beliebige Transformationen der Inversion modell- und datenseitig aufgeprägt werden können, ohne in die Physik oder Logik der Inversion einzugreifen.

## **S2 2 Simulation of Earthquake Prediction through 2D Time Lapse Electrical Tomography**

*Bahman Abbassi (Institute of Geophysics, University of Tehran)*

E-Mail: [babbassi@ut.ac.ir](mailto:babbassi@ut.ac.ir)

Continuous geoelectrical monitoring of earthquake is a proper method of exploring the changes of electrical properties in seismological active environments. With the aid of a transmitter dipole as an artificial electrical source and a set of multi-channel receiver dipoles, we can prepare a continuous geoelectrical monitoring site in a seismic active zone to measure electrical properties of the crash zone in custom time intervals. In this article we are discussing about simulation of this phenomenon through computer aided forward and inverse modeling. As the first step we have considered a simple geological model from an active fault. Electrical resistivity of the crash zone in the model must be continuously decreased. In the rupture moment, the resistivity of crash zone around the fault plane will be temporary nearly zero. Then, we have simulated the geoelectrical response of such an earth against electrical current injection by the way of a forward programming subroutine. In this way, we have produced a set of synthetic apparent resistivity of the proposed geological model. This is

analogous to the direct measurement of resistivity data in field situations. In the next step, in order to show how much the geological model is compatible with inversed model, we have used a time lapse inversion procedure in which, the resistivity values are allowed to vary simultaneously in time dimension as well as in the two other spatial dimensions, during the inversion process. Simulation of earthquake prediction in this way, help us to have a bright vision in the subsequent time consuming field measurements.

### **S2 3 Ensemble inversion approach of electrical resistivity and refraction seismic tomography in frozen ground**

*Christian Hauck, Joerg Rings (Institute for Meteorology and Climate Research, Karlsruhe Institute of Technology)*

E-Mail: [hauck@imk.fzk.de](mailto:hauck@imk.fzk.de)

Determining the subsurface ice and unfrozen water content in cold regions are important tasks concerning perennial or seasonal frozen ground, where little insights can be gained from direct observations at the surface. In the absence of boreholes, geophysical methods are often the only possibility for visualising the subsurface characteristics, and their successful application in recent years included 2D/3D monitoring and even quantifying the ice and unfrozen water content evolution within the subsurface. Within the geophysical methods, Electrical Resistivity Tomography (ERT) is often favoured due to its comparatively easy and fast data processing, its robustness against ambient noise and its good performance even in cold and irregular environments. However, in practice, a number of uncertainties often prohibit a reliable determination of the material composition from ERT surveys alone. Sources of uncertainty are based on the necessity to choose a set of inversion parameters for calculating the specific resistivity distribution from the measured apparent resistivity data set. In addition, high contact resistances at the surface, large topographic gradients, measurement geometry and the presence of fine material or saline pore water can influence the obtained specific resistivity values. Consequently, it is generally advisable to apply a combination of different geophysical methods at each field site. In this contribution we will analyse the reliability of ERT and refraction seismic results regarding the above uncertainties by using an ensemble of inversions with different sets of parameters and clustering techniques to obtain the dominant, and therefore most reliable, subsurface features. Based on the cluster results for combined electrical resistivity and seismic surveys, first results for a detailed quantification of the material composition in frozen ground are presented.

### **S2 4 Non-linear variance and resolution properties of two-dimensional resistivity models derived from single and joint inversions of direct current resistivity and radiomagnetotelluric data**

*Thomas Kalscheuer, María de los Ángeles García Juanatey (Department of Earth Sciences, Uppsala University), Naser Meqbel (GeoForschungsZentrum Potsdam), Laust B. Pedersen (Department of Earth Sciences, Uppsala University)*

E-Mail: [Thomas.Kalscheuer@geo.uu.se](mailto:Thomas.Kalscheuer@geo.uu.se)

A comparative analysis of the resolution and variance properties of two-dimensional (2D) models of electrical resistivity derived from single and joint inversions of direct current resistivity (DCR) and radiomagnetotelluric (RMT) measurements is presented.

DCR and RMT data are inverted with a 2D smoothness constrained Occam scheme as the inversion with a truncated singular value decomposition (TSVD) scheme that is used in the following model resolution and variance analysis demands a starting model that is sufficiently close to the true model. The use of the TSVD scheme in the model variance and resolution analysis allows to efficiently determine the parts of the model which are resolved by the data. If the generalised inverse of the smoothness constrained Occam scheme was used in the model variance and resolution analysis both variance and resolution estimates would be influenced by the smoothness constraint, which might represent a false presumption of the subsurface.

The model resolution and variance analysis is performed with the TSVD scheme on a local subspace pertaining to a single cell of interest at a time. The non-linearity of the inverse problems is partly taken into account by replacing the linear semi-axes (i.e. the inverse singular values) in the computation of model variances with non-linear semi-axes that describe the non-linear confidence surface in the directions of the model eigenvectors. The condition that the estimated model variance of the cell considered is not allowed to grow beyond a given variance threshold gives the truncation level of the TSVD and the row of the model resolution matrix belonging to the considered cell can be computed from the model eigenvectors. The non-linear model variance estimates are checked against improved and independent estimates of model variability obtained from a most-squares inversion.

Synthetic data of the pole-dipole DCR configuration and the radiomagnetotelluric TM- and TE-modes are computed for a model with a conductive block below a resistive block adjacent to a resistive block below a conductive block in a host of uniform resistivity. TSVD analyses for model cells in the upper and deeper blocks illustrate how the truncation process works. Typically, the linear and non-linear semi-axes are almost equal up to a certain singular value number, after which the non-linear semi-axes increase much less than the linear semi-axes. This important result indicates that the resolution of 2D RMT and DCR models is better than suggested by linear schemes. However, a comparison of the spectra of linear and non-linear semi-axes reveals that the DCR inverse problem behaves to a larger extent linear than the RMT inverse problem. The pole-dipole DCR data show some resolving power for cells in the deep resistive and conductive blocks. The resolving kernels are, however, spread over volumes that are larger than the blocks. Resolution analyses for model cells in the deep resistive block exemplify that the damping of the electromagnetic field in the overlying conductive block can lead to a significant lack of resolution by RMT data whereas cells in the conductive block below the resistive block are well resolved by RMT data. A joint inversion of RMT and DCR data improves the resolution of all blocks in comparison to the inversions of a single mode.

## S2 5 Optimized inversion of surface NMR data

*Marian Hertrich (ETH Zürich), Mike Müller-Petke (TU Berlin), Thomas Günther (GGA-Hannover)*

E-Mail: [marian@aug.ig.erdw.ethz.ch](mailto:marian@aug.ig.erdw.ethz.ch)

Surface NMR measurement comprise suites of 12-30 individual transient-signal time series. By fitting exponential functions to these time-series, the following important NMR parameters can be derived: initial amplitude  $V_0$ , relaxation time  $T_2^*$ , frequency offset between the carrier and signal frequency  $\Delta f$ , and phase offset between the transmission pulse and response signal  $\varphi$ . From the initial amplitudes, 1-D or 2-D water-content models can be inverted. When high quality data are available, the inverse problem is linear and can be solved in a straightforward fashion. When the data quality is insufficient, which is often the case, more advanced strategies are required to produce reliable inversion results. For improved inversions, we address the following issues:

- In its general form, the inversion scheme does not limit the range of inverted water content values, such that absurd saturation values of less than 0% and more than 100% may fit the data in an optimum sense. We introduce suitable parameter transformations that limit inverted water content values to lie within reasonable bounds.
- As a result of the Larmor frequency varying during the course of a measurement, the recorded signal phase may be corrupted by physical and technical off-resonance effects, such that only the signal amplitude can be used for inversion. Since the Jacobian matrix is in general complex, we present an analytic approach for computing the amplitude Jacobian and an iterative inversion scheme to account for the resulting non-linearity of the problem.
- Date errors determined during the processing of transient-signal time series can be used as data weighting factors for the inversions. We discuss different error measures for effective weighting of noisy data.
- Due to the underdetermined nature of the inverse problem, regularization of the model is necessary. We assess effective schemes for estimating optimum smoothing parameters for the inversion of data-sets contaminated with considerable noise.
- For the resulting non-linear inverse problem, an effective bootstrapping algorithm based on studentized residuals is used to estimate reliability measures for the inverted models

## S2 6 Modellieren, Optimieren und Invertieren in der Gravimetrie

Wolfgang Jacoby (Uni-Mainz), Peter Smilde (Mainz), Herbert Wallner (Uni-Mainz)

E-Mail: [jacoby@uni-mainz.de](mailto:jacoby@uni-mainz.de)

A discussion of the fundamentals of gravity interpretation is attempted. Gravity interpretation aims at models of mass distributions on the basis of observed gravity anomalies or data, and it requires the mathematical tools of forward calculating gravity effects of given mass bodies, i.e., Newton's law of gravitation, and strategies of defining acceptable model geometries. The classical strategy is trial and error. Optimisation of model parameters aims at reconciling the conflicting information by error minimisation, i.e. fitting calculated effects to observations and additional information on the true density distribution, and thus adjusting the initial model mass distributions. Fitting data and other information means to minimize the errors or the discrepancies among them, i.e., the differences between the data and the calculated model effects, also between a priori knowledge about the density distribution and the model. The principal ambiguity problem makes a priori information mandatory. Inversion of anomalies is the extension of optimisation to mathematical procedures that more or less directly construct the most acceptable models. Inversion is also an extension of the traditional direct methods of interpretation, as simple estimates or methodologies, based on idealized a priori definition of mass distributions by very few parameters, directly calculable from an equal number of characteristic error-free data points. However, errors of data and a priori information lead to conflicts, especially if the data sources are of different kinds. It is necessary to know how much confidence one can have in the various kinds of data as the basis of convincing weighting schemes. Especially Bayesian inversion starts from initial models constructed from a priori information with its own error bounds to be treated like the gravity observations. In a sense, gravity inversion and optimisation converge in the end. These ideas are illustrated with examples from geodynamics and exploration.

## S2 7 Der Einfluss von Herdzeiten auf die 3D-tomographische Inversion

Thomas Münch, Manfred Koch (Kassel/Universität), Joerg Schlittenhardt (Hannover/BGR)

E-Mail: [tmuench@uni-kassel.de](mailto:tmuench@uni-kassel.de)

Die meisten tomographischen Inversionsrechnungen werden mit den in den Datensätzen vorhandenen Herdzeiten durchgeführt. Zu ihrer Berechnung werden die vorher benutzten Lokalisierungsprogramme und die verwendeten Geschwindigkeitsmodelle herangezogen. Die Herdzeiten sind somit über die neu ermittelten Koordinaten der Hypozentren in der Vorwärtsmodellierung innerhalb des Inversionsprozesses nur mittelbar neu berechnet. Um einen Trade-off zwischen Herdzeit und spatialen Hypozentralparametern zu vermeiden, fixiert man die Herdzeiten in der Inversion.

Diese Vorgehensweise hat jedoch wesentlichen Einfluss auf die Erzeugung der Residuen, da diese gerade über die Herdzeiten berechnet werden. Hier wird nun untersucht, inwiefern sich Unterschiede in den anfänglich verwendeten Herdzeiten auf das Ergebnis der tomographischen Inversion, die Bestimmung der Hypozentren und der Geschwindigkeitsstruktur, auswirken.

Der Vorteil dieser Methode beruht auf der Unabhängigkeit von der verwendeten Geschwindigkeitsstruktur, welcher jedoch stark von der Genauigkeit der beobachteten Welleneinsätze abhängt. Zu diesem Zweck werden die Herdzeiten durch speziell berechnete Wadati-Diagramme neu bestimmt, und damit ein Subdatensatz, der nun die neuen Herdzeiten enthält, erzeugt.

Als Ausgangsdatsatz wird der Erdbebenkatalog der BGR von 1976 - 2002 verwendet, wovon nach der Bearbeitung von 1235 Beben mit 22899 P- und 17882 S-Aufzeichnungen noch 681 seismische Ereignisse mit 16691 P- und S-Phasen-Aufzeichnungen übrig bleiben. Offensichtlich werden damit gleichzeitig die Ereignisse mit kleiner Anzahl aufgezeichneter Phasen und damit geringem Beitrag zur tomographischen Inversion eliminiert. (16691 S-Phasen statt 17882 S-Phasen vor der Bearbeitung)

Als Ergebnis erhält man zwei Subdatensätze gleicher Größe, jedoch mit unterschiedlichen Herdzeiten für die seismischen Ereignisse. Die Ergebnisse für den neu berechneten Subdatensätze können nun mit denen des unveränderten Subdatensatzes verglichen werden. Dabei zeigt sich, dass teilweise größere Abweichungen auftreten, sowohl in der Bestimmung der Hypozentren als auch in der Geschwindigkeitsstruktur.

## S2 8 Beben-Lokalisierung im 3D-verkippten Schichtenmodell

Andreas Samuel Eisermann, Manfred Joswig (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)

E-Mail: [aseironman@gmx.de](mailto:aseironman@gmx.de)

Inversionsverfahren zur Bestimmung des Hypozentrums basieren üblicherweise auf linearisierten Algorithmen zur  $L_2$ -Minimierung der Gesamtheit der Residuen. Dabei bleibt die Dynamik der Lösung, d.h. die Existenz relevanter Nebenminima und die Auswirkung einzelner Parameteränderungen unklar. Bei den wenigen Stationen und fragwürdigen Einsatzzeiten sehr schwacher Signale des Nanoseismic Monitoring ist es jedoch unbedingt notwendig, diese Dynamik zu 'erfahren', um die plausibelste Lösung erkennen zu können.

Das in *HypoLine* (Joswig, 2005) entwickelte Lösungsschema basiert auf den mathematischen Körpern unstetiger Sphero- und Hyperboloide, die als Lokalisierungsbedingungen paarweise aus den  $t_S - t_P$  und  $t_{P,Station1} - t_{P,Station2}$  Observablen gebildet werden. Aus den Schnittkurven dieser Körper mit einem variablen Tiefenniveau wird der Ort maximaler Liniendichte als Hypozentrum geringster Bedingungsverletzung gewählt. Durch die schnelle, strahlengeometrische Berechnung wird ein "Spielen" mit den Parametern in Echtzeit ermöglicht, um die Lösungsdynamik bei Wahl der Einsatzzeiten,

Herdtiefenannahme und Geschwindigkeitsmodell auszuloten.

Der bisher in *HypoLine* realisierte Algorithmus beschreibt eine parallele Schichtstruktur mit Oberflächenstationen. Bei kleinräumigen Strukturen wie Hangrutschungen ist der Ansatz paralleler Schichtung unzureichend; der Einsatz von *HypoLine* für Hydrofrac-Experimente und Bergwerksnetze verlangt Stationspositionen im Vollraum. Ein erweiterter Ansatz zur Behandlung dieser Situationen wird vorgestellt und auf seine Echtzeitfähigkeit geprüft.

## **S2 9 Entwicklung und Test eines Algorithmus' zur Echtzeitbestimmung von Centroid-Momententensorloesungen fuer langperiodische vulkanische Ereignisse (LP-Events)**

*Lars Krieger, Torsten Dahm (Universität Hamburg – Institut für Geophysik), Uli Wegler (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR))*

E-Mail: [lars.krieger@zmaw.de](mailto:lars.krieger@zmaw.de)

Es wird ein Algorithmus entwickelt und getestet, der, aufbauend auf einem lokalen Geschwindigkeitsmodell, eine kontinuierliche (Quasi-)Echtzeit-Analyse vulkanoseismologischer Daten ermöglicht. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf langperiodische Ereignisse (LP-Events,  $T = 0,05-1$  Hz) gelegt, da diese Signale ein wichtiger Aktivitätsparameter fuer Magma- und Fluidbewegung im Vulkangebäude sind. Die Charakteristik der LP-Events wird zudem kaum durch kleinskalige Inhomogenitäten beeinflusst.

Die Methode basiert auf einem für tektonische Beben entwickelten Inversionskonzept, bei dem für kontinuierlich verschobene Zeitfenster systematisch nach allen möglichen Centroid-Lokationen invertiert wird. Die Lösung fuer jedes Zeitfenster zeichnet sich durch die beste Datenanpassung aus; das Auftreten eines Ereignisses wird bei Überschreiten eines Schwellenwertes detektiert.

Im Unterschied zu Anwendungen bei tektonischen Beben wird in diesem Projekt die lokale (Vulkan-) Topographie berücksichtigt. Zu diesem Zweck wird eine Datenbank mit Greenschen Funktionen erstellt.

Anhand synthetischer Datenbeispiele wird die Sensitivität, Auflösung und Effizienz der Methode für unterschiedliche Stationsgeometrien untersucht.

Die Implementation in ein vulkanisches Frühwarnsystem, basierend auf der Auswertung kontinuierlicher Datenströme wird erläutert.

(Im Rahmen des BMBF/DFG-Programms "Geotechnologien: Frühwarnsysteme im Erdmanagement – Projekt Exupery: Managing Volcano Unrest - The Volcano Fast Response System – Workpackage 5: Multiparameter analysis of continuous network data for quantitative physical model building")

## **PS2 1 Automatic lithofacies segmentation using the Wavelet Transform Modulus Maxima lines combined with the Detrended Fluctuation Analysis**

*Sid Ali Ouadfeul (University of sciences and technology, USTHB, Algeria)*

E-Mail: [geo1434@yahoo.fr](mailto:geo1434@yahoo.fr)

The main goal of this paper is to establish an algorithm of segmentation of lithologies based on well-logs data processing by the wavelet transform modulus maxima lines (WTMM). Combined with the detrended fluctuation analysis DFA. To automate interpretation and to help geologists to construct the lithofacies. A study made by B.Audit and al showed that this estimator is recommended for signal

of low number of samples, we used it to enhance the estimation of the coefficients of roughness of the various geological mediums. We treated synthetic fractional Brownian motion data to fix the optimal parameters of the processing, and then we applied the WTMM to a well located in the Algerian Sahara in order to show the power of this technique on the real data. We analyzed the data of two wells by this algorithm of segmentation. The obtained results are encouraging to publish this method, because the principal benefit is economic (to make high resolution segmentation without going to other well-logging more expensive).

## **PS2 2 Magnetotelluric inversion studies for the one-dimensional case**

*Wenke Wilhelms, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (Institut für Geophysik, TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [wenke.wilhelms@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:wenke.wilhelms@geophysik.tu-freiberg.de)

To take advantage of an increasing number of three-dimensional magnetotelluric data sets, there is a growing demand for fast three-dimensional inversion programmes for their interpretation. However, there is a multitude of problems involved, which have to be tackled simultaneously. First, the forward problem has to be implemented in a sufficiently fast and accurate manner. Second, the inversion scheme should provide a proper convergence rate. Finally, a fast and efficient calculation of the sensitivity matrix is desired. To study the interplay of these factors, we consider the one-dimensional magnetotelluric case.

The reason for this choice is twofold: First, there is a fast and accurate forward operator available. Second, an analytical expression for the sensitivities can be obtained easily. Hence, two major sources of error can be avoided, and the numerical properties of the inversion scheme under consideration can be studied.

## **PS2 3 Anpassung von Relaxations-Modellen an SIP-Spektren mittels Mutations-Selektions- und Genetischen Algorithmen**

*Norbert Zisser, Georg Nover (Uni Bonn)*

E-Mail: [zisser@geo.uni-bonn.de](mailto:zisser@geo.uni-bonn.de)

Die fortschreitende Messtechnik ermöglicht mittlerweile die Erfassung kompletter Spektren der komplexen spezifischen Widerstände in 2D- und 3D- Auslagen. Daraus können bis zu mehreren tausend Einzel-Spektren resultieren. Die Spektren genügen häufig einem Relaxations-Modell, wie z.B. dem Cole-Cole-Modell. In der Regel müssen aber aufgrund diverser Polarisationserscheinungen mehrere Cole-Cole-Terme kombiniert werden (Double- oder Triple-Cole-Cole), so dass sich bis zu 10 Modellparameter ergeben. Zur Anpassung der nichtlinearen Cole-Cole-Funktionen an die Messwerte mit Standard-Optimierungs-Algorithmen (z.B. Levenberg-Marquardt (LM)) ist die Vorgabe möglichst optimaler Startparameter nötig. Aufgrund der großen Datenmengen ist ein manuelles Auffinden dieser nicht möglich. Stattdessen wurden diverse stochastische Optimierungs-Algorithmen von einfachen Mutations-Selektions- bis zu komplexeren Genetischen Algorithmen (GA) getestet. Diesen Algorithmen ist gemein, dass sie keine Startwerte benötigen. Es wurden systematische Studien über den Einfluss der verschiedenen Algorithmen-Parameter für die Anpassung der Modelle an synthetische Spektren durchgeführt, um optimierte Parameter hinsichtlich Ergebnis und Rechenzeit zu lokalisieren. Es ist auch möglich, die Modellparameter ausschließlich mittels dieser Algorithmen zu finden. Allerdings ist die Übernahme der bis zu einem bestimmten Grad optimierten Parameter aus dem



GA als Startparameter des LM-Algorithmus und somit die Kombination zu einem pseudo-hybriden Algorithmus am effizientesten.

## PS2 4 Comparison of Acoustic Fullwaveform Inversion in the Time and Frequency Domain

André Kurzmann, Daniel Köhn, Thomas Bohlen (TU Bergakademie Freiberg)

E-Mail: [andre.kurzmann@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:andre.kurzmann@geophysik.tu-freiberg.de)

For better parameter estimation, both in active source and earthquakes seismology, we need to exploit the richness of full seismic waveforms. Full waveform tomography (FWT) is a powerful method to reach this goal. Although first implementations in the 1980's were conducted in the time domain (Tarantola, 1984), the frequency domain version of FWT developed in the 1990s by G. Pratt and co-workers (Pratt, 1999) has now emerged as an efficient imaging tool.

The main advantage of the frequency domain approach is the possibility of starting the inversion at low frequencies (large scale structures) and then moving to higher frequency compounds (smaller scale structures), thereby realizing a multi-scale approach. The main advantage of the time domain method is the efficient parallelization by domain decomposition leading to a significant speedup on parallel computers (Bohlen, 2002).

In this paper we present a new approach that combines both features (frequency selection and parallel computing) by applying iterative wavelength filtering in the time domain FWT. We compare the results of the new multi-scale time domain and frequency domain methods using a cross-hole configuration.

### References

- Bohlen, T., 2002. Parallel 3-d viscoelastic finite-difference seismic modelling. *Computers and Geosciences*, 28, 887-899.
- Pratt, R., 1999. Seismic waveform inversion in the frequency domain, part 1: Theory and verification in a physical scale model. *Geophysics* 64, 888-901.
- Tarantola, A., 1984. Inversion of seismic reflection data in the acoustic approximation. *Geophysics* 49, 1259-1266.

## PS2 5 Aktualisierung des Minimum-1D-Referenz-Modells für P-Wellen in Costa Rica

Jana Börner (TU Bergakademie Freiberg), Vincent Alain Maurer (ETH Zürich, Schweizer Erdbebedienst (SED))

E-Mail: [boerner4@student.tu-freiberg.de](mailto:boerner4@student.tu-freiberg.de)

In dem Forschungsprojekt „Costa Rica Subduction Factory“ wird Lokale 3D-Erdbebetomographie in Costa Rica durchgeführt und mit petrologischen und geochemischen Daten verknüpft, um die Subduktionsprozesse unter Costa Rica zu beleuchten. Im Rahmen dieses Projektes bearbeitet Vincent Alain Maurer (Institut für Geophysik, ETH Zürich) eine Dissertation. Die Ergebnisse dieses im Rahmen eines Gaststudiums an der ETH erarbeiteten Beleges fließen in diese Promotion ein. Die Arbeit basiert auf dem von Quintero & Kissling 2001 veröffentlichten Minimum-1D-Modell für Costa Rica, welches für die Periode 1992 bis 1997 berechnet wurde. Jetzt steht ein neuer Datensatz mit Beobachtungen aus den Jahren 2005 und 2006 zur Verfügung, für den die Gültigkeit des Minimum-1D-Modells nachgewiesen werden sollte. Das Minimum-1D-Modell besteht aus einem eindimensionalen

Geschwindigkeitsmodell und Stationskorrekturen. Es kann zur routinemäßigen Lokalisierung von Erdbeben verwendet werden und ist ein gutes Startmodell für die 3D-Tomographie [Kissling, 1988]. Seine Berechnung erfordert die simultane Inversion eines gesamten Laufzeit-Datensatzes. Mit dem Programm VELEST zur Lösung des gekoppelten Hypozenter-Geschwindigkeits-Problem wurden Berechnungen durchgeführt und der zur Verfügung stehende Datensatz geprüft, korrigiert sowie gut lokalisierbaren Erdbeben ausgewählt. Diese wurden der simultanen Inversion unterzogen. Als Startmodell wurde das bisherige Minimum-1D-Modell von Quintero & Kissling 2001 verwendet. Die resultierenden Modelle stimmen im Wesentlichen mit diesem Minimum-1D-Modell von Quintero & Kissling 2001 überein. Abweichungen sind nicht signifikant. Die Konvergenz des Problems zum Minimum-1D-Modell von Quintero & Kissling 2001 konnte bei Testrechnungen mit variierenden Startmodellen belegt werden. Es wurde somit der Nachweis erbracht, dass es sich bei dem durch die Inversion gefundenen Minimum im Lösungsraum um ein verlässlich stabiles Minimum handelt. Für die Phasendaten von 2005 und 2006 ist gezeigt worden, dass das Minimum-1D-Modell von Quintero & Kissling 2001 auch als Startmodell für eine 3D-Tomographie mit einem vereinigten Datensatz anwendbar ist.

## **S3 – Geoinformatik und GIS**

### **S3 1 IGMAS+ A New 3D Gravity, FTG and Magnetic Modeling Software**

*Michael R. Alvers (Transinsight GmbH, Dresden), Hans-Jürgen Götze (Christian-Albrechts-Universität, Kiel), Christine Fichler (StatoilHydro, Rotvoll, Trondheim, Norway), Sabine Schmidt (Christian-Albrechts-Universität, Kiel), Christian Plonka, Liliana Barrio-Alvers (Transinsight GmbH, Dresden)*

E-Mail: [malvers@transinsight.com](mailto:malvers@transinsight.com)

Modern geophysical interpretation requires an interdisciplinary approach, particularly when considering how much “state-of-the-art” information is contained in comprehensive databases. A combination of different geophysical surveys employing seismics, gravity and geoelectrics, along with geological and petrological studies, can provide new insights into the structures and tectonic evolution of the lithosphere and natural deposits. Interdisciplinary interpretation is essential for any numerical modeling of these structures and the processes that act upon them. Three-dimensional (3D) interactive modeling with the IGMAS+ software provides a means for integrated processing and interpretation of geoid, gravity and magnetic fields and their gradients (full tensor), yielding improved geological interpretation. IGMAS+ is an acronym for Interactive Geophysical Modeling Application System. It is based on the existing software IGMAS (<http://www.gravity.uni-kiel.de/igmas>), a tool developed over the past twenty years for potential field modeling. The new IGMAS+ will comprise the advantages of the old IGMAS (e.g. a flexible geometry concept and a fast and stable algorithm) with automated interpretation tools and a modern graphical GUI based on cutting-edge insights from psychological computer graphics research. With these improvements it will thus provide optimal human-to-machine communication. IGMAS+ three-dimensional models are constructed using triangulated polyhedra and/or triangulated grids, to which constant density and/or induced and remanent susceptibility are assigned. Interactive modifications of model parameters (geometry, density, susceptibility, magnetization); access to the numerical modeling process; and direct visualization of both calculated and measured fields of gravity and magnetics enable the interpreter to design the model as realistically as possible. IGMAS+ allows easy integration of constraining data into interactive modeling processes, visualization and the combination of geodata with density/susceptibility models. These visual overlays of different 2D and 3D datasets enable quantitative comparison, adjustment and results in models that are constrained by as much independently derived information as possible. The use of the programming language Java/Java3D will ensure that IGMAS+ will be a flexible, platform-independent tool, which, at the same time, can incorporate the interfaces needed for the integration of plug-ins and user-defined functions.

### **S3 2 Aktueller Stand und Perspektiven bei der Standardisierung multi-dimensionaler Rasterdienste**

*Peter Baumann (Jacobs University Bremen)*

E-Mail: [p.baumann@jacobs-university.de](mailto:p.baumann@jacobs-university.de)

Zunehmend werden Rasterdaten integraler Bestandteil von Web-basierten Geodiensten, nachdem die heutige Hardware- und Softwaretechnologie hinreichend entwickelt ist, um selbst auf Terabyte- und Petabyte-großen Objekten Online-Dienste anzubieten. Solche großvolumigen Rasterobjekte treten in den Geowissenschaften vielfältig auf: 2D-Satellitenkarten, 3D-Satellitenbild-Zeitreihen, 3D-Explorationsdaten und 4D-Klimasimulationen bilden nur einige Beispiele.

Hat man solche Dienste aufgesetzt, ist der nächste konsequente Schritt die Integration in interoperable, vernetzte Archiv-Netzwerke; damit stellt sich die Frage nach offenen, standardisierten Diensteschnittstellen. Das Open GeoSpatial Consortium (OGC) entwickelt multi-dimensionale Geo-Ras-

terdienste als Bestandteil seiner modularen Geodienste-Standards. Dazu zählen insbesondere der Basisdienst Web Coverage Service (WCS) mit den Aufsatzdiensten Web Coverage Transaction Service (WCS-T) sowie Web Coverage Processing Service (WCPS). Weitere Dienste wie Web Processing Service (WPS) und Sensor Web Enablement (SWE) können für ihre Raster-Komponenten auf der WCS-Suite aufsetzen und zusätzliche Dienste spezifizieren.

Dieser Beitrag stellt die Konzepte der WCS-Suite vor, beleuchtet den aktuellen Stand der Standardisierung und gibt Ausblicke auf Trends und mögliche künftige Entwicklungen. Der Autor ist Co-Chair der WCS Revision Working Group, Chair der WCPS Working Group, und Co-Chair der Coverages Working Group.

### S3 3 GeoMind - Europäische Geophysik ohne Schranken

*Jörg Kuder, Klaus Kühne (GGA - Institut, Hannover), Geomind Consortium (PGI Warschau)*

E-Mail: [joerg.kuder@gga-hannover.de](mailto:joerg.kuder@gga-hannover.de)

Im Rahmen des EU-Förderprogramms eContentplus betreiben 12 Organisationen aus 9 europäischen Ländern das EU Projekt GeoMind (Geophysical Multilingual Internet-Driven Information Service). Das Ziel des GeoMind-Projektes ist es, mit Hilfe eines multilingualen Webportals geophysikalische Daten- und Metadatenätze von verschiedenen europäischen Institutionen über das Internet verfügbar zu machen und dabei die folgenden bei wissenschaftlichen oder kommerziellen Projekten immer wieder auftretenden Fragen zu beantworten:

- Welche geophysikalischen Untersuchungen wurden im Gebiet durchgeführt?
- Wer besitzt die Datensätze?
- In welchem Datenformat liegen die Datensätze vor?
- Welche Maßeinheiten wurden verwendet?
- In welcher Sprache wurden die Daten erfasst?
- Was für eine Nomenklatur wurde verwendet?
- Wie kann man die Daten erhalten?
- Welche rechtlichen Bestimmungen müssen beachtet werden?

Dadurch werden die digitale geophysikalische Informationen für die potentielle Nutzer (Bürger, Firmen, Behörden, Forschungseinrichtungen) besser erreichbar und können insbesondere zur Lösung von länderübergreifender Problemstellungen genutzt werden. Das Internetportal von GeoMind wird die zur Informationsfindung notwendige Recherchefunktionalität bereitstellen sowie den Bezug, die Homogenisierung und die Übersetzung in die gewünschte Zielsprache der angeforderten Informationen unterstützen. Die Datenprovider (Projektmitglieder und -partner) werden zum Ende des Projektes (31.12.2008) Informationen über Messungen und Auswertungen von 23 geophysikalischen Methoden zur Verfügung stellen, deren zugehörigen Metadaten sie mit Hilfe eines im Projekt entwickelten Metadateneditors erzeugen bzw. aus ihren vor-handenen Datenbanken ableiten werden. Die Metadaten aller Provider werden über Webdienste (Harvester) in die zentrale Metadatenbank des Portals überführt. Der Betrieb des Geomind-Portals ist für mindestens 5 Jahre nach Projektende sichergestellt. Alle

Inhaber geophysikalischer Daten aus Europa (auch außerhalb des Kreises der Projektbeteiligten) können ihre Datenbestände über Geomind anbieten und ggf. vermarkten.

### **S3 4 A data management system for interdisciplinary research data - approach and implementation**

*Michael Meyer (Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde), Bernd Bobertz (Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald)*

E-Mail: [michael.meyer@io-warnemuende.de](mailto:michael.meyer@io-warnemuende.de)

Data management is of main concern in modern geosciences. Today, not only measuring of data is applied by geologists but also data retrieval from databases and information systems. General purpose of such systems is to gather scientific information and to provide access for a scientific community, thus enabling research tasks combining data not only acquired by single projects or single institutions. Data management systems are also important for data exchange within regional distributed working teams. In 2002, the interdisciplinary research group SINCOS (Sinking Coasts - Geosphere, Ecosphere and Anthroposphere of the Holocene Southern Baltic Sea, [www.sincos.org](http://www.sincos.org)) was founded by the German Science Foundation, targeting at a multivariate model of the development of the southern Baltic Sea during the Littorina transgression. Within this group, natural and cultural scientists from different disciplines, such as geosciences, biology, archaeology and climate research, collaborate producing large amounts of meta and analytical data. Most of these data are of interest for more than one scientific discipline, e.g. dating results for geology and archaeology. A data management system became essential for centralised data storage and distribution. A comparison between existing solutions integrated by the World Data Centre system (WDC, Diepenbroek et al. 2002) suggests the installation of a database system accompanied by online internet access. Services provided by WDC members can be helpful to manage completed datasets after all, but within ongoing projects like SINCOS a more flexible, easy to administrate and adaptable solution was needed. The backbone of the system presented here is a relational database working platform independently as a server side solution. Therefore, functionality is not affected by client's operating system or browser. The table structure is highly granular reflecting the relational data model used. Options for flat table handling are also included. Tables can be changed or extended according to the type of data to be stored. Generally, any meta and analytical data referring to a geographical location can be managed by the system. Access to text documents or non-numerical data, e.g. binary files like images or video files, is accomplished by storage of hyperlinks referring to data objects placed in the local file system or internet. Data retrieval, restricted to authorised users only, is provided by dynamically generated internet sites and by the use of the Open Database Connectivity standard (ODBC). The data management system was developed in cooperation with the project DYNAS (Dynamics of Natural and Anthropogenic Sedimentation, [www.dynas.de.vu](http://www.dynas.de.vu)), funded by the German Ministry of Research and Technology. Furthermore, since 2002 a third installation is used by the Department of Marine Geology at the Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde.

## S3 5 3D Modeling and Visualization in Mining Exploitation

*Jean-Jacques Royer (CRPG-CNRS & LIAD-ENSG), Olivier Rabeau (UQAT-CRPG-CNRS), Alain Cheilletz (ASGA & LIAD-ENSG)*

E-Mail: [royer@gocad.org](mailto:royer@gocad.org)

New techniques based on 3D geomodeling are used to estimate the mining potentiality of mature mining fields. The proposed approach consists in integrating all the available information such as geological, geophysical and geochemical data into a comprehensive 3D database system (3D geomodeling GIS). The data base contains all sorts of dataset ranging from surface dataset (topographic maps, structural data, lithologic contacts, geochemical exploration data, remote sensing and aerial photos), depth datasets such as drill holes (contact, geochemical data, . . .) sections and level maps; to geophysical datasets (magnetic, gravimetric, seismic, . . .). In this context, the 3D geomodeling approach provides tools: (i) to visualize and homogenize heterogeneous dataset; (ii) to validate 2D geological interpretations and to interpret dataset using pluri-disciplinary approaches; (iii) to locate efficiently and at low cost, highly potential new mining sectors; (iv) to encourage sustainable development. Once the 3D geomodel is finalized, a dynamic exploration tool system including spatial queries (such as distance to reference horizons or faults, drill hole density, geochemical and geophysical cut-off, rheological constraints, etc) is used to investigate high mineral potential zones and to define new potential zones. Several mining case-studies will be discussed to illustrate this step-by-step way of building complex 3D geological models. In the first part, advances 3D geomodeling techniques which have been recently developed in the gOcad consortium for mining exploration, will be shortly presented. Basic concepts as well as advanced one applied to mining will be discussed and illustrated by case-studies. The second part will concern query criteria for better defining the mining potentiality of a given region based on both spatial variability of some geological parameters (grade, alteration indexes, etc.), geometrical indices (ore body shape, distance to faults), well information and mineral criterions. In the third part, two case studies, a gold bearing veins concerning quartz carbonates and a volcanic-massive sulfides (VMS) Cu-Zn mineralization in the Abitibi greenstone belt, Canada will, respectively, will be discussed.





## **S4 – Oberflächennahe Geophysik**

## **S4 1 Evaluierung geophysikalischer Verfahren zur Strukturuntersuchung von Flussdeichen**

*Ernst Niederleithinger (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung), A. Weller, R. Lewis*

E-Mail: [Ernst.Niederleithinger@bam.de](mailto:Ernst.Niederleithinger@bam.de)

Flussdeiche sind oft mehr als 100 Jahre alt. Genaue Unterlagen zu Material, Struktur und Stabilität sind oft nicht vorhanden. Geophysikalische Verfahren werden seit mehreren Jahren in vielen Fällen erfolgreich zur Untersuchung von Flussdeichen eingesetzt. In einigen Bundesländern erfolgen bereits systematische Messungen. Das Vorgehen ist jedoch nicht einheitlich.

In einem BMBF-geförderten Projekt wurden mehrere geophysikalische Verfahren auf ihre Eignung zur Strukturerkundung geprüft. Dazu wurden an vier unterschiedlichen Standorten Vergleichsmessungen durchgeführt und Bohrungen sowie CPT-Sondierungen niedergebracht.

Die 2D-Geoelektrik erwies sich für viele Aufgaben, darunter für den Überblick über Homogenbereichen und Anomaliezonen, als das am besten geeignete Verfahren. Aber auch andere Methoden, wie Elektromagnetik, Seismik und das Bodenradar haben ihre spezifischen Vorteile.

Keines der Verfahren kann jedoch ohne eine standortspezifische Kalibrierung direkte Hinweise auf für eine Stabilitätsbewertung notwendige Parameter liefern. Hierfür können auch die früher lange Zeit eingesetzten ingenieurgeophysikalischen Sondierungen sinnvoll sein.

## **S4 2 Kombination verschiedener seismischer Methoden zur Baugrunderkundung**

*Peter Dietrich, Karin Marschall (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ), Hendrik Paasche, Jens Tronicke (Universität Potsdam), Lutz Karl, Thomas Fechner (Geotomographie GmbH)*

E-Mail: [peter.dietrich@ufz.de](mailto:peter.dietrich@ufz.de)

Eine wesentliche Voraussetzung sowohl für den Neubau als auch für die Rekonstruktion von Transportsystemen ist eine detaillierte Kenntnis des Baugrundes. Von besonderer Wichtigkeit bei der Charakterisierung des Baugrunds ist die räumlich kontinuierlich Charakterisierung der Setzungsmöglichkeit des Untergrundes. Aufgrund von physikalischen Zusammenhängen eignen sich für die Erkundung insbesondere seismische Methoden. Im Rahmen eines durch das BMBF geförderten Projekts sollen deshalb verschiedene seismische Verfahren (z.B. Oberflächenwellenseismik und seismische Tomographie) weiterentwickelt und mit geotechnischen Erkundungsmethoden kombiniert werden. Im Beitrag wird die weiterentwickelte Messtechnik (Landstreamer, seismische Signalgeber) vorgestellt und bisher erzielte Ergebnisse von Untersuchungen auf zwei verschiedenen Untersuchungsflächen präsentieren. Ferner werden Ansätze für die kombinierte Analyse von Kompressions- und Scherwellengeschwindigkeiten erläutern, welche die gemeinsame Interpretation der Geschwindigkeiten erlaubt und als Grundlage für die Charakterisierung der Verteilung der elastischen Modulen im Untergrund dienen soll.

### S4 3 Interactions between soil related sciences – Linking geophysics, soil science and digital soil mapping

Ulrike Werban (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ), Thorsten Behrens (Universität Tübingen), Peter Dietrich (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ)

E-Mail: [ulrike.werban@ufz.de](mailto:ulrike.werban@ufz.de)

Soil degradation is a serious problem in Europe. The degradation is driven or exacerbated by human activity and has a direct impact on water and air quality, biodiversity, climate and human life-quality. High-resolution soil property maps are one major prerequisite for the specific protection of soil functions and restoration of degraded soils as well as sustainable land use, water and environmental management. However, the currently available techniques for (digital) soil mapping still have deficiencies in terms of reliability and precision, the feasibility of investigation of large areas (e.g. catchments and landscapes) and the assessment of soil degradation threats at this scale. Therefore the focus of the presented project iSOIL is on improving fast and reliable mapping of soil properties, soil functions and soil degradation threats. This requires the improvement as well as integration of geophysical and spectroscopic measurement techniques in combination with advanced pedometrical and pedophysical approaches. We tackle the challenges by the integration of three major components: (i) high resolution, non-destructive geophysical (e.g. Electromagnetic Induction EMI; Ground Penetrating Radar, GPR; magnetics, seismics) and spectroscopic (e.g., Near Surface Infrared, NIR) methods, (ii) concepts of Digital Soil Mapping (DSM) and pedometrics as well as (iii) optimized soil sampling approaches with respect to profound soil scientific and (geo)statistical strategies. The objectives of iSOIL research are the development of new and the improvement of existing methods that include geophysical, spectroscopic and monitoring techniques. Because maps of soil properties, functions and threat are relevant to and required iSOIL will develop, validate and evaluate necessary concepts and strategies for the transfer of measured physical parameter distributions into such maps. This requires the combination and integration of different measuring techniques, of pedometrical and pedophysical approaches, enhanced DSM techniques, as well as subsequent modelling approaches.

### S4 4 Detektion dichtegetriebener vertikaler Transportprozesse in Bohrungen und Grundwassermessstellen mit geophysikalischen Bohrlochmessungen

Susann Berthold, Frank Börner (Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V.)

E-Mail: [sberthold@dgfz.de](mailto:sberthold@dgfz.de)

Die Transportwirkung von vertikaler freier Konvektion und Doppeldiffusion spielt eine wichtige Rolle u.a. bei der Interpretation von Grundwasserproben (besonders bei der Untersuchung von Natural Attenuation), bei hydrogeologischen Untersuchungen (z.B. der Lokation von Zuflüssen in Grundwassermessstellen), bei der technischen Ausbaukontrolle (z.B. dem Auffinden undichter Verrohrungen) und bei geothermischen Untersuchungen (z.B. der Ermittlung thermischer Eigenschaften des Gesteins). In diesen Fällen sollte die Wassersäule auf das Auftreten dichtegetriebener vertikaler Transportprozesse hin untersucht werden.

Antrieb der freien Konvektion sind Dichteunterschiede innerhalb der Wassersäule, die auf vertikale Temperatur- und/oder Konzentrationsgradienten und deren zeitliche Änderung zurückzuführen sind. Freie Konvektion führt zu einem effektiveren Wärme- bzw. Stoffstrom im Vergleich zum Temperatur- oder Konzentrationsausgleich über molekulare Diffusion.

Das Vorhandensein dichtegetriebener vertikaler Transportprozesse wurde in-situ in zahlreichen Grundwassermessstellen und Bohrungen nachgewiesen. Dazu wurden zwei Algorithmen entwickelt, welche sich auf bezüglich Tiefe und Messparameter hochaufgelöste geophysikalische Bohrlochmessungen stützen.

Ergebnis des wirkungsorientierten Algorithmus ist ein synthetisches Konvektionslog, welches das Vorhandensein von Konvektionszellen anzeigt. Der ursachenorientierte Algorithmus prüft, ob die Bedingungen für eine vertikale dichtegetriebene Strömung hinreichend erfüllt sind. Dieser Algorithmus ermöglicht außerdem die Differenzierung der verschiedenen dichtegetriebenen Transportprozesse, welche sich in ihrer Wirkung auf Temperatur- und Konzentrationsgradienten z.T. stark unterscheiden (Ausgleich oder Verstärkung des Gradienten).

## **S4 5 Mapping of Groundwater Contamination in Roorkee Area, India**

*Sudha Sudha (Institut für Geophysik und Meteorology, Universität zu Köln, Germany and Department of Physics, Indian Institute of Technology Roorkee, India), B. Tezkan (Institut für Geophysik und Meteorology, Universität zu Köln, Germany), M. Israil (Department of Earth Sciences, Indian Institute of Technology Roorkee, India), J. Rai (Department of Physics, Indian Institute of Technology Roorkee, India)*

E-Mail: [sudha@geo.Uni-Koeln.DE](mailto:sudha@geo.Uni-Koeln.DE)

Geoelectrical methods are very useful for mapping subsurface formation, aquifer mapping and estimation of groundwater quality. Electrical resistivity and time domain electromagnetic surveys were carried out in and around the domestic waste disposal site near Roorkee, India. The groundwater constitutes the major source for domestic, industrial and agricultural use. Hence, the need to understand the source and potential routes by which pollutants may reach to the groundwater. The present study indicates that the groundwater present in the unconfined aquifer in the vicinity of the disposal area is contaminated which is being indicated by low resistivity of unconfined aquifer in the vicinity of waste disposal site. There is a good correlation between electrical resistivity obtained from resistivity tomography and time domain electromagnetic results and groundwater quality in the area.

## **S4 6 Effiziente und hochgenaue Positionierung in der oberflächennahen Geophysik mittels moderner Totalstationen**

*Urs Böniger, Jens Tronicke (Institut für Geowissenschaften, Uni Potsdam)*

E-Mail: [jens@geo.uni-potsdam.de](mailto:jens@geo.uni-potsdam.de)

Basierend auf den Resultaten geophysikalischer Messungen werden häufig weitere Aktivitäten wie z.B. Grabungen oder Bohrungen geplant. Somit kommt der möglichst exakten Vermessung der geophysikalischen Messpunkte eine besondere Bedeutung zu. Weiterhin werden möglichst präzise Koordinaten auch für die verlässliche Bearbeitung und Interpretation der geophysikalischen Daten benötigt. Für hochauflösende Verfahren bzw. Anwendungen liegt die geforderte Genauigkeit der Positionierung im Zentimeterbereich. Als Beispiele seien hier das Georadar sowie magnetische und elektromagnetische Kartierverfahren genannt, wie sie bei verschiedensten Fragestellungen zur strukturellen und parameterbezogenen Charakterisierung des oberflächennahen Untergrundes eingesetzt werden.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und die Positionsbestimmung möglichst effizient zu gestalten, wird vor allem GPS basierte Vermessungstechnik eingesetzt. Entsprechend weisen moderne,

mobile geophysikalische Messgeräte in der Regel GPS-Schnittstellen auf, so dass Positionierungsdaten und geophysikalische Messwerte in Echtzeit miteinander verknüpft werden können. In der Anwendung stößt die GPS-Messtechnik jedoch an ihre Grenzen, wenn z.B. der Sichtkontakt zwischen GPS-Antennen und den Satelliten eingeschränkt bzw. nicht gegeben ist (z.B. in Tälern, Wald- und Stadtgebieten oder in Gebäuden). Dann empfiehlt es sich, optische Totalstationen (TPS) zu verwenden oder diese mit GPS zu kombinieren, um die geforderte Genauigkeit zu erreichen. TPS basierte Messstrategien sind bisher in der Geophysik kaum zu finden, obwohl automatische Zielerkennung und Verfolgung im Vermessungswesen seit Jahren erfolgreich eingesetzt werden. Der Hauptgrund hierfür ist die Schwierigkeit, TPS und geophysikalisches Messgerät miteinander zu kombinieren, so dass auch hier Positionierungsdaten und geophysikalische Messwerte in Echtzeit miteinander verknüpft werden. Bisher vorgestellte TPS basierte Lösungen benötigen Modifikationen der Hardware und Nachbearbeitung der Daten bzw. ist deren Anwendbarkeit und Flexibilität durch Kabelverbindungen stark eingeschränkt.

In dieser Studie stellen wir einen neuen TPS basierten Ansatz vor, der die technischen Möglichkeiten der neuesten Generation von TPS Geräten ausnutzt. Wir verwenden eine Leica TPS1200+, mit der bei automatischer Zielverfolgung eine Reichweite von ca. 1 km und eine Vermessungsgenauigkeit im Millimeterbereich erzielt werden kann. Wir nutzen weiterhin die Möglichkeit, die gemessenen Koordinaten in ein Standard-GPS-Datenformat (Pseudo NMEA Strings) auszugeben und diese direkt via Funkmodems an das mobile geophysikalische Messgerät zu übertragen. Im Vortrag werden neben der technischen Realisierung auch Messbeispiele gezeigt, die die Genauigkeit, Effizienz und Flexibilität dieses Ansatzes verdeutlichen.

## S4 7 Erkundung eines Heißwasservorkommens in Süd-Chile mit TEM und Geolektrik

*Gernot Reitmayr (BGR)*

E-Mail: [reitmayr@bgr.de](mailto:reitmayr@bgr.de)

Bei der Exploration einer potentiellen Hochenthalpie-Lagerstätte in Süd-Chile wurde bei TEM-Messungen am Rande des Messgebietes ein guter Leiter ( $< 10 - 20 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ ) in etwa 100 m Tiefe unter der Überdeckung von vulkanischen Gesteinen nachgewiesen. In einigen km Entfernung von dieser Anomalie ist ein Heißwasser-Vorkommen erbohrt, das als Ursache der gemessenen niederen Widerstände vermutet werden konnte. In einer zweiten Messkampagne wurden sodann die TEM-Messungen in dem Gebiet um die genannte Bohrung ergänzt. Mit mehr als 100 Sondierungen konnte das Heißwasser-Vorkommen gut erfasst und abgegrenzt werden. Es erstreckt sich etwa 10 km EW mit einer Breite von 1-2 km und liegt je nach der topographischen Höhe in einer Tiefe von 100 bis 250 m. Von den lokalen Behörden wurde die Frage gestellt, wo man eine Bohrung abteufen wüsste, um heißes Wasser zur Beheizung der kommunalen Schule des Dorfes Manzanar zu nutzen, das am Rande des Messgebietes liegt. Da unsere Datendichte nur sehr unsichere Aussagen dazu erlaubte, wurde eine ergänzende detaillierte Vermessung mit 35 Schlumberger- Sondierungen in dem Dorf und darum herum durchgeführt. Sehr deutlich erkennt man dabei wiederum den gut leitenden Aquifer. Die Strukturen scheinen jedoch komplizierter zu sein, als man es auf Grund des gröbermaschigen TEM-Messnetzes vermutet hatte. Ein möglicher Bohrpunkt liegt etwa 500 m von der erwähnten Schule entfernt. Dieses Ergebnis ist eine wichtige Information für die betriebswirtschaftliche Abschätzung der Kosten eines geothermischen Heizsystems.

## **S4 8 Erkundung struktureller Eigenschaften einer magmatischen Entgasungszone im Eger-Rift/NW-Böhmen - Ergebnisse geoelektrischer und sedimentologischer Untersuchungen**

*Claudia Schütze, Christina Flechsig (Institut für Geophysik und Geologie Leipzig), Robert Bussert (TU Berlin), Jana Rechner (Institut für Geophysik und Geologie Leipzig)*

E-Mail: [schuetze@uni-leipzig.de](mailto:schuetze@uni-leipzig.de)

Mofetten als eine Form von Extremstandorten natürlicher, magmatisch verursachter CO<sub>2</sub>-Entgasung stehen sowohl in aktiven vulkanischen Regionen als auch in nicht-vulkanischen, aber seismisch aktiven Gebieten (wie NW-Böhmen/Vogtland) im Blickpunkt der Forschung. Infolge der erhöhten Permeabilität in Bereich tektonischer Störungszonen können Wegsamkeiten entstehen, die den Aufstieg und die Freisetzung von Tiefenfluiden ermöglichen. Wie sich die aus der Tiefe kommende Fluidströmung im unmittelbaren Umfeld der Mofette vollzieht, wie sich tieferreichende Strukturen, Wegsamkeiten, Sedimenteigenschaften und Materialunterschiede auf den Fluß auswirken, ob sich langfristige Trends in der Entgasung, die durch isotopengeochemische Untersuchungen nachweisen wurden (Bräuer et al. 2007), in ihren Auswirkungen an der Oberfläche detektieren und quantifizieren lassen, sind Fragestellungen, die bisher noch nicht systematisch an einer Lokation untersucht wurden. Kombinierte geoelektrische und sedimentologische Untersuchungen an der Beispiellokation Mofette Hartousov zeigen deutliche strukturelle Veränderungen in den tonreichen Sedimentschichten im Bereich der Entgasungsstelle an der Pocatky-Plesna-Störungzone. Der Entgasungsprozess wird an der Erdoberfläche von mehreren Faktoren gesteuert, so spielen die meteorologischen Bedingungen, wechselnde Grundwasserstände und GW-Strömungsverhältnisse in den von quellfähigen Tonanteilen dominierten Sedimentschichten eine wesentliche Rolle.

## **S4 9 Geoelektrisches Monitoring im Gebirgspermafrost zur Quantifizierung der Permafrost-Degradation**

*Christin Hilbich, Christian Hauck*

E-Mail: [c7hich@uni-jena.de](mailto:c7hich@uni-jena.de)

Im Rahmen des Schweizer Permafrost-Monitoring-Netzwerkes PERMOS wird seit 2 Jahren ein geophysikalisches Monitoring-Netzwerk in den Schweizer Alpen aufgebaut. Ziel ist die langfristige Erfassung der Permafrost-Degradation als Folge der globalen Erwärmung. Dabei werden gemessene Änderungen der elektrischen Widerstände auf Veränderungen im Eis- und Wassergehalt des Untergrundes zurückgeführt. Gerade in eisreichem Permafrost (z.B. in Blockgletschern) gelangt die Geoelektrik jedoch an ihre Grenzen, da die vorherrschenden Widerstände häufig im MΩm-Bereich liegen. Zudem erschwert der extrem hohe Kontrast der Widerstände zwischen gefrorenem und ungefrorenem Material sowohl die Inversion als auch die Interpretation der Daten. Vor dem Hintergrund einer Quantifizierung des Eis- und Wassergehaltes und deren zeitlicher Änderungen wird die Qualität und Genauigkeit geoelektrischer (Monitoring-)Datensätze und deren Informationsgehalt kritisch diskutiert. Erste Ergebnisse des geoelektrischen Monitorings zeigen trotz der genannten Schwierigkeiten gut reproduzierbare Werte. Es werden sowohl saisonale als auch jährliche Änderungen der Widerstände erfasst, welche einen deutlichen Zusammenhang mit Temperaturänderungen in unmittelbar benachbarten Bohrlöchern zeigen. Eine semi-quantitative Validierung des sogenannten 4-Phasen Modells (basierend auf elektrischen Widerständen und P-Wellengeschwindigkeiten) zur Quantifizierung der Gehalte an Eis, Wasser, Luft und der mineralischen Komponente im Untergrund an einem aufgeschlossenen Blockgletscher

zeigt eine zufriedenstellende Übereinstimmung.

## PS4 1 Das Parallel-Seismic-Verfahrens zur Bestimmung der Länge von Fundamentpfählen

*Ernst Niederleithinger (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung)*

E-Mail: [Ernst.Niederleithinger@bam.de](mailto:Ernst.Niederleithinger@bam.de)

Das Parallel-Seismic-Verfahren wird schon seit längerem zur Bestimmung der Länge von Fundamentpfählen eingesetzt. Das Messprinzip beruht auf Hammerschlag auf den Pfahlkopf der Registrierung von Ersteinsätzen mit einer Hydrophonkette in einem nahen Bohrloch. Oberhalb und unterhalb des Pfahlfußes werden unterschiedliche Scheingeschwindigkeiten beobachtet. Das Verfahren benötigte anders als das üblicherweise eingesetzte Verfahren der Pfahlintegritätsprüfung keine Kalibrierung und ist daher genauer.

Bisher wurden nur sehr einfach Auswertemethoden angewendet, die die Pfahllänge üblicherweise überschätzen. Schon durch einfache geometrische Überlegungen lässt sich die Genauigkeit erheblich verbessern. Durch Simulationsrechnungen kann außerdem der Einfluss von Pfahl- und Bodenparametern geklärt werden. Hierfür wurde ein Programm auf Basis der CEFIT-Technik entwickelt.

Messprinzip, Simulation und verbesserte Auswertemethodik werden an theoretischen und praktischen Beispielen demonstriert. Anwendungsbereiche der Technik liegen beispielsweise bei Standsicherheitsnachweisen oder Umnutzungsprojekten, bei denen die Bestandsunterlagen fehlen.

## PS4 2 Detektion der römischen Eifelwasserleitung bei Urfe (Mechernich, Eifel) mit Geoelektrik

*Iris Maria Audenrieth-Kersten, Bülent Tezkan, Rainer Bergers (Universität zu Köln)*

E-Mail: [iris.audenrieth@gmx.de](mailto:iris.audenrieth@gmx.de)

Colonia Claudia Ara Agrippinensium, das heutige Köln, hatte als Provinzhauptstadt Niedergermaniens einen erheblichen Bedarf an qualitativ hochwertigem Trinkwasser. Daher hat man gegen Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. die Leitung aus der Eifel gebaut, welche bis zum 3. Jahrhundert in Betrieb war. Durch den Höhenunterschied Eifel-Köln und aufgrund topologischer Besonderheiten konnte die Eifelleitung als Gefälleleitung konzipiert werden, was für damalige architektur- und ingenieurtechnische Möglichkeiten als Meisterleistung gilt. So musste die Rhein-Maas-Wasserscheide, wie auch die Täler der Erft und Swistbach überwunden werden. Die Eifelwasserleitung war mit 95,4km einfacher Trassenlänge eine der längsten Fernwasserleitungen im Imperium Romanum und zählt allein von ihren Ausmaßen zu den größten Römerbauten nördlich der Alpen.

Obwohl vom Bau der Leitung keine Schriften überliefert wurden, war die grobe Trassenführung schon lange bekannt. Anhand von Höhenlinienplänen und Aufschlüssen konnte eine ungefähre Kartierung erfolgen. Vier Quellen der Eifel sind von den Römern gefasst und schließlich in eine Leitung zusammengeführt worden. Alle diese Quellen liegen im Bereich der „Sötenicher Kalkmulde“. Hartes Wasser galt vor 2000 Jahren als schmackhaft. Während die Quellen bzw. Quell- oder Brunnenfassungen von Kallmuth, Dreimühlen und am Grünen Pütz im Urfttal schon gefunden und freigelegt worden sind, gilt der Ort der Quellfassung bei Urfe, sowie der Verlauf des von dieser Quellfassung abgehenden Leitungsstranges als unbekannt. Dies ist Thema unserer Arbeit:

Detektion der römischen Eifelwasserleitung bei Urfey (Mechernich, Eifel) Die Oberkante der römischen Wasserleitung befindet sich, je nach Topographie, in einer Tiefe von 0.5 bis 3m. Die U-förmige oder rechteckige Leitung hat eine lichte Breite von 0.5m und eine lichte Höhe von 0.9m, durch die Wasser fließen konnte und heute teilweise sogar noch fließt. Sie wurde aus Gussbeton und Grauwacken gefertigt. Als Methode dient Geoelektrik. Diese Methode bietet sich aufgrund des hohen spezifischen elektrischen Widerstandskontrastes eines luft- oder lockermaterialgefüllten Hohlraumes im Vergleich zum umliegenden Boden oder Kalkstein an. Die gemessenen Profile schneiden den vermuteten Verlauf der Leitung möglichst senkrecht. Gemessen wird mit einem Multielektroden Terrameter SAS4000 von ABEM mit insgesamt 64 Elektroden. Die Elektrodenabstände richten sich nach der vermuteten Tiefe der Leitung.

### **PS4 3 Geophysical investigation of the 8th century Danewerk fortification wall (N Germany)**

*Filiz Bilgili, Ali Ismael, Wolfgang Rabbel, Hans-Jürgen Götze, Katja Iwanowski (Kiel, CAU), Nuray Alparslan (Turkey, Kocaeli University)*

E-Mail: [bilgili@geophysik.uni-kiel.de](mailto:bilgili@geophysik.uni-kiel.de)

The Danewerk is an about 30 km long fortification wall located near the Viking city of Haithabu (near Schleswig, Northern Germany). It was constructed in the 8th century and formed the southern borderline of the Danish Realm in the mid-age. Several construction phases have been identified the most important of which are a 4 km long brick wall, the so-called Waldemarsmauer, and a 11 km long stone wall. The brick wall is the largest historic monument of Northern Europe. The Danewerk has been intensively investigated by archaeologists during the last century. However, since the brick and stone parts of the wall are covered beneath soil layers, a lot of unanswered questions related to the evolution and structure still exist, for example, the location of gateways and the exact extent of the brick wall and the shape and location of the western end of the building which seems to fade out in the landscape.

As a pilot study for a large scale investigation we applied geomagnetic and dc-geolectric measurements along a profile crossing the wall near an archaeological excavation where parts of the wall are exposed. The geoelectric measurements were carried out in Wenner-Alpha configuration and inverted with the tomographic software of Loke and Barker (Res2Dinv Geotomo Software). The resistivity tomograms show two central anomalies where brick and stone sections are expected. The geomagnetic investigation was carried out with a Overhauser proton magnetometer recording the total field intensity. To support magnetic modelling we measured the magnetic susceptibilities of the brick and stone walls and of the surrounding soil at the excavation site. To interpret the magnetic measurements and to study their sensitivity a 3D modelling was performed using the inhouse software IGMAS. The modelling results show that a good fit between measured and calculated magnetic fields can be achieved only if a brick wall is incorporated in the model. So, the large scale investigation can be based on magnetics. To improve the resolution of the inner wall structure seismics and georadar will be applied.



## PS4 4 Archäologie und Geophysik - Das Zisterzienserinnen-Kloster Wiebrechtshausen, Northeim

Andreas Fettig, Marcus Möller (TU Clausthal, Institut für Geophysik), Thomas Moritz (Arbeitsgruppe "resurrectioII", Goslar)

E-Mail: [andreas.fettig@tu-clausthal.de](mailto:andreas.fettig@tu-clausthal.de)

Im Jahre 1245 erstmals urkundlich erwähnt, besteht das Zisterzienserinnen-Kloster Wiebrechtshausen heute nur noch aus der Klosterkirche und den angrenzenden Außenmauern des Nonnenhauses. Diese wurden überbaut und dienen bis heute als Heu- und Gerätelager des angrenzenden Bauernhofes. Von dem meist vorhandenen Kreuzgang in direkter Nachbarschaft der Kirche sind oberflächlich keine Spuren mehr sichtbar – die betreffende Fläche wird als Pferdeweide genutzt. Mit Hilfe geophysikalischer Messmethoden sollten weitere Spuren des Klosters – die Raumaufteilung im Inneren des Nonnenhauses und der Kreuzgang – gesucht und schematisch dargestellt werden.

Im Nonnenhaus kam das Georadar mit einer abgeschirmten 250MHz Antenne sowie einer nicht abgeschirmten 100MHz Antenne zum Einsatz. Erste Ansätze lieferten die noch vorhandenen bzw. zugemauerten Öffnungen in der Mauer. Die registrierten Strukturen beschränken sich auf zwei Tiefenhorizonte unterhalb von 25ns bzw. 45ns TWT. Zwischen den parallel zueinander orientierten Profilen zeigen sich plausible Zusammenhänge – auch in Bezug auf die in der Außenwand sichtbaren Spuren der Baustruktur.

Der Kreuzgang sollte zunächst nur mit der Geoelektrik eruiert werden. Profillängen von 24m mit Elektrodenabständen von 0.5m liefern oberflächennahe, hochohmige Strukturen. Diese sind aber nicht nur im Bereich des Kreuzganges zu finden, so dass durchaus weitere Bauten vermutet werden können.

## PS4 5 Dependence of NMR parameters on clay content and saturation degree

Firas Alali, Ugur Yaramanci (TU Berlin)

E-Mail: [firasalali@yahoo.com](mailto:firasalali@yahoo.com)

The main objective of this study is to determine the relationship between the clay content of the sandy samples ( $CC$ ) and the saturation degree with distilled water ( $S$ ) and the relaxation time ( $T_1$ ,  $T_2$ ) measured using nuclear magnetic resonance method (NMR). NMR is mainly known in geophysics from well logging applications and laboratory measurements. The advantage of NMR is based on its direct sensitivity to hydrogen atoms ( $^1H$ ) (Kenyon, 1997). There are not many studies available for loose materials like clayey sand, which however are getting important for shallow depth NMR investigations.

Sand samples (0.125-0.5 mm of grain size) were studied with different proportions of clay content (*Kaolin*) with 0, 1, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 20, 30, 50, 70, 100 W. % of clay content and different saturation degrees were established with distilled water from 10% up to 100%. It is known from extensive measurements that with the increase of the clay content and the decrease of the saturation degree the relaxation time ( $T_1$ ,  $T_2$ ) decreases (Alali, 2007). The way, however, in which this occurs is unknown, and is subject of this study. Curves that reflect the relationship between the relaxation time ( $T_1$ ,  $T_2$ ) and saturation degree at stability content of clay were drawn. These curves are polynomials of the second degree:  $T = aS^2 + bS + c$ , where  $a, b, c$  are empirical functions to the clay content. From these curves, curves were derived for clay content and relaxation time ( $T_1$ ,  $T_2$ ) at stability degree of saturation. These relationships basically reflect for small amount of clay content (0 – 30%) an increase of clay content with  $T_1$ ,  $T_2$  strongly decreasing. For the more clayey samples (30 – 100%) the decrease

of  $T_1$ ,  $T_2$  becomes less strong. These relationships are complicated and regional, but can be determined. The next step is to refine this relationship into an equation to determine the clay content by saturation degree given and the relaxation time measured by NMR.

#### References

- Alali, F., 2007. Dependence of NMR and SIP parameter on clay content, MSc Thesis, TU-Berlin, Germany.
- Kenyon, W., 1997. Petrophysical principles of applications of NMR logging. *The Log Analyst* 38 (2), 21-43.

### **PS4 6 Modellierung und Optimierung von Magnetischer Resonanz Sondierung mit multiplen Sendespulen**

*Jochen Kamm, Mike Müller-Petke, Ugur Yaramanci (TU Berlin)*

E-Mail: [jochen.kamm@gmx.net](mailto:jochen.kamm@gmx.net)

Multi-Sender-Anordnungen in der Magnetischen Resonanz Sondierung (MRS) stellen eine Erweiterung der Coincident-Loop-Standardanordnung dar, die obwohl technisch noch nicht hinreichend realisiert, eine verbesserte oberflächennahe Erkundung versprechen. Es wurden verschiedene systematische Ansätze zur Aufstellung dieser Multi-Sender-Anordnungen modelliert und hinsichtlich ihrer Abbildungseigenschaften untersucht.

Zunächst werden konzentrische, gegenphasig gepulste Sendespulen und symmetrisch um den Empfänger verteilte Sendespulen bezüglich Sensitivität sowie mittels Inversion synthetischer Daten betrachtet. Beide Ansätze ermöglichen eine Verbesserung der 1D-Auflösung bei Verlust von Eindringtiefe, im Vergleich zur Coincident-Loop-Standardanordnung.

Als Zweites werden die Möglichkeiten individuell gepulster Sender untersucht. Es deutet sich an, dass die Sensitivitäten sich in beinahe tomographischer Weise verschieben lassen. Dieser Ansatz ist besonders dazu geeignet, die laterale Abbildungsgenauigkeit bezüglich oberflächennaher Strukturen zu verbessern.

Im letzten Punkt sind Sendefelder unterschiedlicher Phasen eingesetzt. Dies erlaubt die Identifizierung von Phaseninformation mit der Richtung, aus welcher das Signal im Untergrund stammt.

Es kann gezeigt werden, dass Multi-Sender-MRS eine Verbesserung der räumlichen Auflösung zu Lasten der Signalstärke und der Eindringtiefe ermöglicht.

### **PS4 7 Resistivity imaging of subsurface structures and saltwater intrusion at Lüdingworth, Cuxhaven area**

*Mohamed Attwa, Franz Binot, Michael Grinat, Thomas Günther (Leibniz-Institut für Angewandte Geowissenschaften (GGA), Hannover)*

E-Mail: [mohamed.attwa@gga-hannover.de](mailto:mohamed.attwa@gga-hannover.de)

Electrical Resistivity Imaging (ERI) in the form of 2D and 3D is an advanced and powerful tool for mapping saltwater and clay structures. In the Lüdingworth site, north part of Cuxhaven area, the resistivity imaging techniques were used and intergraded with aerolelectromagnetic profiling to study the relationship between the saltwater and clay structures. DC resistivity measurements were started by distribution of Twenty-three Schlumberger sounding points to delineate the subsurface layer distribution in the whole area. Three areoelectromagnetic profiles were carried out and inverted in the

form of 2D models. According to these measurements, three 2D resistivity profiles were measured using Wenner beta, combined Wenner beta-Schlumberger and combined Wenner alpha-beta electrode arrays with 5m electrode spacing. The 3D resistivity survey was carried out using dipole-dipole array with electrode spacing of 5 m. The complete set field technique was applied to measure the apparent resistivity by  $16 \times 8$  electrodes grid.

The resistivity measurements (2D and 3D) were inverted using a Quasi-Newton method and confirmed with available borehole data. The inverted sections and slices indicated that the subsurface resistivity distributions in the whole area is highly inhomogeneous and can change rapidly in both horizontal and vertical directions. According to the deduced resistivity distributions, two main saltwater layers can be differentiated in the area. The shallow layer with a resistivity of 3 Ohm m and maximum depth of 17 m indicates a perched saltwater aquifer on interglacial Eemian clay layer and within the tidal flat deposits. The second layer was imaged outside the Bremerhaven-Cuxhaven buried valley at a depth of about 60 m within Tertiary sediments with 2 Ohm m resistivity. Another low resistivity layer was detected below freshwater sand, inside the buried valley, which was interpreted as Lauenburg clay and/or saltwater intrusion.

## PS4 8 Geoelektrische Untersuchungen sedimentärer Speicher in einem 'Dryland River' System

*Markus Felber, Christina Salat, Ralf Hoinkis, Andreas Junge (Universität Frankfurt)*

E-Mail: [felber@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:felber@geophysik.uni-frankfurt.de)

Im Rahmen des DFG-Projektes „Morpho-Sedimentologie und Radarstratigraphie sedimentärer Speicher in einem 'Dryland River' System“ (WU-206/2-1) wurden geoelektrische Messungen im Flussbett des Rio Palancia in Spanien, ca. 40km nördlich von Valencia durchgeführt. Bei diesem Projekt sollen Erkenntnisse über Erosion und Zwischenlagerung entlang des Flussbettes gewonnen werden, um eine Sedimentbilanzierung des Flusseinzugsgebietes erstellen zu können. Mit Hilfe einer Multielektrodenanordnung sollte an ausgewählten Orten der Widerstandsverlauf entlang des Flussbettes zum Delta hin ermittelt werden. An vier repräsentativen Stellen wurde der Untergrund sondiert, um die Widerstandsverteilung dem Fluss folgend zu vergleichen. Um die für das System typischen Werte für den Grundwasserkörper aufzulösen wurde an einem Standort eine 50m Auslage mit 50 Elektroden gewählt, während an den anderen drei Standorten die Auslagenlänge 250m bei 50 Elektroden betrug. Das jeweils Anstehende lässt sich anhand der unterschiedlichen Widerstandswerte gut unterscheiden. Man erkennt sehr gut die obere Deckschicht (Schotterkörper), wobei trockene und feuchtere Regionen gut aufgelöst wurden. Des Weiteren befindet sich unter der Deckschicht ein guter Leiter, gefolgt von einem Bereich deutlich schlechterer Leitfähigkeit. Zum Flussdelta hin deutet sich unter diesem wieder ein Bereich deutlich besserer Leitfähigkeit an.

## **PS4 9 Geoelektrische Messungen am Rövenicher Sprung bei Oberelvenich, Niederrheinische Bucht**

*Sascha Fricke, Marcus Fabian (Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik/Sensorik)*

E-Mail: [sfricke@uni-bremen.de](mailto:sfricke@uni-bremen.de)

Mit geoelektrischen Messungen wurde im Untersuchungsgebiet Oberelvenich in der Niederrheinischen Bucht, Großraum Köln-Bonn, der Verlauf der Verwerfung ‚Rövenicher Sprung‘ ermittelt und die Tiefenlage der Oberkante des oberen Grundwassers, der Übergang zwischen vadoser Zone und Sättigungsbereich, kartiert. Es wurden insgesamt sieben geoelektrische Längsprofile mit Auslagen zwischen 360 und 520 m mittels einer Wenner-Multikanal Anordnung (Gerät Campus Geopulse) vermessen und an drei Punkten auf diesen Profilen je eine Schlumberger-Tiefensondierung (Gerät GGA 30) mit Auslagen bis 1000 m durchgeführt. Die Daten wurden mittels der Geoelektrikprogramme DC2DInvRes sowie IPI2win unter Berücksichtigung von vorhandenen Bohrprofilen und Grundwasserstandsangaben invertiert und interpretiert. Es zeigte sich eine weitgehend horizontale Schichtung in den oberen 20 m sowie ein Abfallen der Grundwasseroberkante zur Verwerfung hin. Der Verlauf der Verwerfung in den oberen 20 m wurde lateral auf wenige 10 er Meter genau ermittelt.

## **PS4 10 Ein apparativer und auswertetechnischer Ansatz zur routinemäßigen Untersuchung des Seebodens mittels Geoelektrik**

*Thomas Günther, Wolfgang Südekum (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik)*

E-Mail: [Thomas.Guenther@gga-hannover.de](mailto:Thomas.Guenther@gga-hannover.de)

Die Untersuchung der sedimentären Strukturen im küstennahen Bereich kann wertvolle Hinweise über die Küstenbildung und -erosion liefern, aber auch als Grundlage für mögliche Baumaßnahmen dienen. Dazu ist eine schnelle und routinierte Untersuchungsmethodik notwendig. Geoelektrische Messungen können aufgrund der unterschiedlichen Leitfähigkeit einen wichtigen Beitrag leisten. Herausforderungen für die erfolgreiche Anwendung sind eine hohe Messgeschwindigkeit und die im Salzwasser sehr geringen Spannungen.

Wir präsentieren einen ganzheitlichen Ansatz aus Messtechnik und Auswertung: Grundlage ist ein speziell entwickeltes Schleppkabel mit annähernd logarithmisch äquidistanten Abständen für die Resecs-Apparatur. Mit der inversen Schlumberger-Anordnung ist es möglich, 8 Kanäle gleichzeitig aufzuzeichnen. Durch Alternierung von zwei Einspeisungen wird eine Sondierungskurve von 16 Punkten im Abstand von wenigen Sekunden erzeugt. Zusätzlich werden die Tiefe des Kabels, die Leitfähigkeit sowie die Tiefe des Wassers durch Sensoren aufgezeichnet.

In einem automatisierten Verfahren werden alle Messwerte ausgewertet und zeitlich korreliert. Da die Messungen starkes Rauschen aufweisen, werden mit robusten Verfahren auf der Basis der harmonischen Analyse räumlich gestapelte Sondierungen erzeugt. Diese werden dann sequentiell mit dem Verfahren LCI (laterally constrained inversion) ausgewertet. In interessanten Bereichen kann zudem ein genaueres Bild mit der 2D-Roll-Along-Technik erhalten werden.

Messungen im Greifswalder Botten verdeutlichen, wie eine routinierte Geoelektrik-Messung bereits bestehende Erkenntnisse über den Aufbau des Untergrundes bestätigen und weitere Informationen liefern kann.

## PS4 11 Fallbeispiele zur Bestimmung hydraulischer Leitfähigkeit mit spektraler induzierter Polarisation auf der Feldskala

Andreas Hördt, Roland Blaschek (TU Braunschweig), Franz Binot (GGA-Institut Hannover), Anthony Druiventak, Andreas Kemna (Universität Bonn), Norbert Klitzsch (RWTH Aachen), Norbert Zisser (Universität Bonn)

E-Mail: [a.hoerdt@tu-bs.de](mailto:a.hoerdt@tu-bs.de)

Die hydraulische Leitfähigkeit ist ein fundamentaler Parameter im Grundwassermanagement und zur Bewertung der Vulnerabilität von Aquiferen. Sie wird in der Regel durch Pumptests oder Korngrößenanalysen bestimmt, welche allerdings nur punktuelle, oder über ein großes Volumen integrierende Information liefern. Die spektrale induzierte Polarisation besitzt das Potential, hydraulische Leitfähigkeit von der Oberfläche aus zu bestimmen. Mit physikalischen Betrachtungen und Labormessungen wurde nachgewiesen, dass prinzipiell Zusammenhänge zwischen der komplexen elektrischen Leitfähigkeit und der hydraulischen Leitfähigkeit bestehen. Bisher gibt es jedoch nur wenig Fallbeispiele, wo diese Idee mit Feldmessungen umgesetzt wurde.

Hier werden Ergebnisse von Feldmessungen in mehreren Messgebieten vorgestellt, die ein lithologisches Spektrum von Schluff bis Kies, mit einer Variation der hydraulischen Leitfähigkeit ( $k_f$ ) über 3 Größenordnungen abdecken. Aus den mit 2-D Inversion bestimmten Real- und Imaginärteilen wurde jeweils der  $k_f$ -Wert abgeschätzt und mit Werten aus Pumptests und Korngrößenanalysen verglichen. Unsere Ergebnisse legen die Schlussfolgerung nahe, dass die existierenden Gesteinsmodelle mit den teils stark vereinfachenden Annahmen modifiziert und verfeinert werden müssen, wenn sie ohne lithologische Vorkenntnisse angewandt werden sollen. Insbesondere wird es bei den Feldmessungen von Bedeutung sein, den messbaren Frequenzbereich zu erweitern, um ein möglichst breites Spektrum auswerten zu können.

## PS4 12 Übergangswiderstände galvanisch und kapazitiv gekoppelter Elektroden

Andreas Hördt (TU Braunschweig)

E-Mail: [a.hoerdt@tu-bs.de](mailto:a.hoerdt@tu-bs.de)

Für die technische Realisierung geoelektrischer Messungen ist es wichtig, abzuschätzen, wieviel Strom bei einer vorgegebenen Spannung durch 2 Elektroden in den Untergrund eingespeist werden kann. Dies gilt insbesondere bei schlecht leitendem Untergrund, wo die Stromstärke u.U. ein begrenzender Faktor ist. Dort bieten sich kapazitiv gekoppelte Elektroden an, die eine geringere Übergangsimpedanz aufweisen können, als galvanisch gekoppelte. Für die Kapazität, die eine Elektrode gegen den Halbraum bildet, wird in der Literatur meist die Annahme eines ideal leitenden Halbraumes verwendet. Bei hohem spezifischen Widerstand muss die Kapazität jedoch auch von den Eigenschaften des Halbraumes abhängen.

Hier werden einfache Beziehungen für die Übergangsimpedanz einer kugelförmigen Elektrode im Vollraum hergeleitet und diskutiert. Der Übergangswiderstand einer galvanisch gekoppelten Kugel, und damit der eingespeiste Strom, hängt von der unmittelbaren Umgebung der Kugel ab, aber z.B. nicht von der Lokation einer zweiten Elektrode, oder von der großräumigen Leitfähigkeitsverteilung. Bei kapazitiver Ankopplung wird die häufig benutzte Näherung eines ideal leitenden Halbraumes ungültig, wenn Frequenz oder spezifischer Widerstand zu hoch werden. Bei 10000 Ohm müssen Widerstand und Dielektrizitätszahl ab einer Frequenz von ca. 10 kHz explizit berücksichtigt werden.

## **PS4 13 Messungen der spektralen induzierten Polarisation (SIP) an vertikalen Elektrodenstrecken**

*Annegret Raschick (GGA Institut)*

E-Mail: [Annegret.Raschick@gga-hannover.de](mailto:Annegret.Raschick@gga-hannover.de)

Bei geoelektrischen Messungen zeigt sich der Effekt der Induzierten Polarisation (IP) dadurch, dass nach Einschalten des Speisestroms die Spannung nicht sofort ihren Maximalwert erreicht, sondern erst einen Teilbetrag. Von diesem Teilbetrag aus baut sich die Spannung kontinuierlich bis zu ihrem maximalen Wert auf. Ein vergleichbarer Effekt mit umgekehrtem Vorzeichen lässt sich beim Abschalten des Stromes beobachten. Die Ursachen der IP liegen zum einen im Wechsel zwischen der elektronischen Leitfähigkeit erzhaltiger Matrixkomponenten und der elektrolytischen Leitfähigkeit des Porenfluides, zum anderen in der unterschiedlichen Beweglichkeit der Ionen im Porenfluid. Die IP ist eine Methode, die die Frequenz- bzw. Zeitabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit verwendet. Die Messung kann sowohl im Zeitbereich als auch im Frequenzbereich erfolgen. Die sogenannten spektralen IP-Messungen (SIP) ermöglichen die Ermittlung des Betrages des scheinbaren spezifischen Widerstandes und der Phasenverschiebung zwischen dem Strom- und dem Spannungssignal über einen großen Frequenzbereich.

Um das Verhalten von spezifischem Widerstand und Phasenverschiebung im Bereich von Schadstoffbelastungen zu untersuchen, wurden an vertikalen Elektrodenstrecken auf dem Flughafengelände Schwerin-Parchim wiederholt Messungen der spektralen Induzierten Polarisation durchgeführt. Auf dem Flughafen werden zurzeit zwei mit Kerosin belastete Flächen saniert. Bei Kerosin handelt es sich um ein Light Non-Aqueous Phase Liquid, das sich im Grundwasserschwankungsbereich ansammelt. Bei allen Messungen war die Phase bei Teilsättigung dem Betrag nach größer als bei Vollsättigung. Die Messungen auf dem Flughafengelände zeigten erniedrigte spezifische Widerstände im Aquifer unterhalb des belasteten Bereiches, aber keine signifikanten Änderungen im Phasenverlauf, die direkt auf das Kerosin schließen lassen.

An einer unbelasteten vertikalen Elektrodenstrecke in Hannover innerhalb einer Zone mit erhöhten DNAPL-Konzentrationen (Dense Non-Aqueous Phase Liquid) fand sich zusätzlich zu den Phasenänderungen zwischen Voll- und Teilsättigung eine erhöhte Phasenverschiebung im Bereich der Schichtgrenze Kies/Sand – Ton, d.h. an der Basis des Aquifers. An dieser vertikalen Elektrodenstrecke wurden auch Messungen mit verschiedenen Apparaturen durchgeführt.

## **PS4 14 Neues Messsystem für MMR-Messungen im Bohrloch**

*Egon Zimmermann (Forschungszentrum Jülich, Zentralinstitut für Elektronik), Daniel Fielitz (Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre - ICG 4), Walter Glaas (Forschungszentrum Jülich, Zentralinstitut für Elektronik), Andreas Kemna (Universität Bonn, Abteilung für Angewandte Geophysik)*

E-Mail: [e.zimmermann@fz-juelich.de](mailto:e.zimmermann@fz-juelich.de)

Für die tomographische Messung der komplexen elektrischen Leitfähigkeitsverteilung im Untergrund mittels der Magnetometrischen Widerstands-Methode (MMR) wurden ein neues Messsystem und eine neue Messmethode entwickelt. Das System ist für Magnetfeldmessungen im Bohrloch ausgelegt.

Für die Anregung wird ein sinusförmiges Spannungssignal mit einer Amplitude von bis zu 600 V<sub>pp</sub> verwendet, um die erforderliche Stromdichte im Boden zu erzeugen. Hierfür werden ein frequenzstabilisierter Funktionsgenerator (Agilent 33220A), ein Leistungsverstärker (Kepco BOB100) und ein nachgeschalteter Transformator eingesetzt. Das Anregungssignal wird über ein Strommessmodul

zu kommerziellen Umschaltboxen (GeoServe RESECS) geführt und von dort auf die Elektroden geschaltet.

Mittels einer neuen Messmethode werden parasitäre korrelierte Störfelder eliminiert. Für alle vorgesehenen Stromeinspeisungen werden Messungen mit normaler und umgekehrter Polarität (Phasendrehung von 180 Grad) durchgeführt. Die Umschaltbox schaltet dazu die Elektroden-Paare entsprechend durch. Aus den beiden Datensätzen werden die Differenzen berechnet. Hiermit werden alle korrelierten parasitären Magnetfelder eliminiert, die ihre Phase nicht ändern. Dies sind zum Beispiel Magnetfelder, die von den Leistungsstufen erzeugt werden, beziehungsweise von den Strömen, die vom Generator bis zur Umschaltbox fließen.

Die stimulierten Magnetfelder und das Erdmagnetfeld werden mittels dreier hochempfindlicher Dreiachsen-Fluxgate-Sensoren (Bartington Mag-03) gemessen. Zwei messen die Magnetfelder im Bohrloch und das dritte dient als Referenz-Sensor. Die gemessenen DC-Werte des Erdmagnetfeldes werden zur Winkelbestimmung der Sensoren verwendet. Hierfür wird ein nahezu homogenes Erdmagnetfeld im Untergrund vorausgesetzt. Die gemessenen komplexen Spannungsamplituden der Magnetfeldwerte werden mittels der gemessenen Richtungsvektoren des Erdmagnetfeldes in das gewünschte Koordinatensystem transformiert.

Um sowohl das relativ große Erdmagnetfeld von  $50 \mu\text{T}$  als auch die kleinen AC-Magnetfelder von einigen nT zu messen, wird ein DAQ-System verwendet, das mit 24 simultan abtastenden 24 Bit Sigma-Delta-ADC bestückt ist (National Instruments NI-PXI-4472). Das DAQ-System misst zusätzlich die Stromsignale und optional die Elektrodenspannungen. Für die nachträgliche Signalverarbeitung werden die Zeitreihen der Signale gespeichert.

Ergebnisse einer ersten Feldanwendung sind im gleichen Tagungsband unter Fielitz et al. beschrieben.

## **PS4 15 Zwei Messmethoden, ein Ziel - Georadar und Magnetik in gemeinsamer Anwendung**

*Andreas Fettig (TU Clausthal, Institut für Geophysik)*

E-Mail: [andreas.fettig@tu-clausthal.de](mailto:andreas.fettig@tu-clausthal.de)

Südlich von Clausthal-Zellerfeld, gelegen in einem ruhigen Waldstück, befindet sich die „Flambacher Mühle“ – eine ehemalige Wassermühle, die über die umliegenden Teiche und Gräben mit Wasser versorgt wurde. In unmittelbarer Umgebung des heute nicht mehr bestehenden Wasserrades wurden die Gräben teils zugeschüttet, teils durch ein Betonrohr ersetzt. Sichtbare Anhaltspunkte bieten ein offener Zu- sowie Abfluss. Diese werden derzeit noch als Ablauf des benachbarten Teiches verwendet. Die nicht mehr sichtbare Infrastruktur ist nur noch durch ungenaue oder widersprüchliche Angaben im Plan bekannt – soll aber zwecks Neubau des Wasserrades zur Stromerzeugung genutzt werden.

Mit Hilfe einer abgeschirmten 250MHz Georadarantenne, einem 300ns Messfenster und ein Messpunktabstand von 0.1m sollte eine sichere Ortung des Grabens/Rohres ermöglicht werden. Als Referenz kam zusätzlich ein Protonenmagnetometer zum Einsatz. Es wurden das Totalfeld als auch der Gradient (0.5m Sondenabstand) erfasst.

Die Interpretation der Messdaten fand „in situ“ statt, so dass bereits vor Ort die Lage des Grabens/Rohres markiert werden konnte. Bereits das Georadar zeigte deutlich sichtbare Strukturen (Reflektionshyperbeln). Die Geomagnetik lieferte durch deutlich ausgeprägte Anomaliekurven die Bestätigung – trotz der umgebenden Bebauung!

## PS4 16 Radar, Elektrik und Bohrungen auf Flussterrassen in Spanien

*Christina Salat, Markus Felber, Ralf Hoinkis, Andreas Junge (Universität Frankfurt)*

E-Mail: [salat@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:salat@geophysik.uni-frankfurt.de)

Das DFG-Projekt „Geomorphologie, Sedimentologie und Radarstratigraphie sedimentärer Speicher in einem ‚Dryland River‘ System“ beschäftigt sich mit der Entwicklungsgeschichte eines Flusssystemes im mediterranen Raum während der letzten 10.000 Jahre. Geophysiker und physische Geographen untersuchen dabei gemeinsam die Sedimentspeicher und den Sedimenthaushalt im Einzugsgebiet des Rio Palancia, der etwa 40 km nördlich von Valencia (Spanien) ins Mittelmeer mündet. Das Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von 980 qkm. Als Vorbereitung zur Erstellung einer Sediment-Massenbilanz wurden repräsentative Flächen ausgewählt und mit verschiedenen geowissenschaftlichen Methoden auf Schichtmächtigkeiten und Aufbau hin untersucht.

In unserem Posterbeitrag stellen wir den Standort „Teresa“ vor. Dabei handelt es sich um eine Talweitung mit mehreren breiten Flussterrassen in einem ansonsten durch steiles Relief charakterisierten Flusstal. Insgesamt wurden hier 78 Radarprofile und 5 Elektrikprofile gemessen. Eine 8,5 mal 50 Meter große Fläche wurde durch 18 parallele Radarprofile quasi 3D aufgenommen und mit Multielektroden-geoelektrik sondiert. Zusätzlich wurden auf der Fläche drei Rammkernsondierungen durchgeführt und daraus Proben entnommen, die auf Wassergehalt, Korngrößenverteilung und Kalkgehalt hin analysiert wurden.

Der Aufbau der Flussterrassen wird von den Radargrammen abgebildet. Der Verlauf einiger charakteristischer Reflektoren lässt sich im 3D-Datensatz über die gesamte untersuchte Fläche verfolgen. Zu erkennen sind unterschiedliche Vorzeichen bei den Reflexionen, die durch Änderungen zu größeren oder zu kleineren Dielektrizitätskoeffizienten bedingt sind. Die Radarfazies ist für Flussablagerungen typisch. Der Vergleich von Radar- und Elektrikergebnissen zeigt eine hohe Korrelation: Interpretierte Schichtgrenzen stimmen gut überein, und in Bereichen höherer Leitfähigkeit sind die Radargramme deutlich gedämpft. Die in den Bohrungen erkannten Schichtgrenzen findet man in den Radargrammen in entsprechenden Tiefen wieder. Meist sind die Reflexionen durch eine Änderung des Wassergehaltes bedingt.

## PS4 17 Dielectric relaxation behaviour of moist soil

*Norman Wagner, Klaus Kupfer, Eberhard Trinks (MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar, Soil Moisture Group (SMG), Universität Karlsruhe)*

E-Mail: [norman.wagner@mfpa.de](mailto:norman.wagner@mfpa.de)

Accurate monitoring of spatial and temporal moisture variation in structures of flood protecting and subsurface disposal with spatial time domain reflectometry (spatial-TDR [4]) requires precise knowledge of the dielectric relaxation behaviour of the appropriate porous material [2,3]. In this study, the complex effective dielectric permittivity  $\epsilon^*(\omega, T, p)$  or complex electrical conductivity  $\sigma^*(\omega, T, p) = j\omega\epsilon^*(\omega, T, p)$  of a silty clay loam from a dike at the river Unstrut/Thuringia was examined in the frequency range 1MHz-20GHz at room temperature and atmospheric pressure with an Agilent PNA E8363B, a HP8720D- as well as a R&S ZVR network analyzer. This was performed using a combination of open-ended coaxial-line (HP85070B) and coaxial transmission line technique. In addition, selected soil-samples were examined in the frequency range 100Hz-1MHz with a Solartron Si 1260 - impedance analyzer. Three soil-specific relaxation processes are assumed to act in the investigated frequency-temperature-pressure range ([1, 2, 5]): one primary  $\alpha$ -process (main water



relaxation) and two secondary ( $\alpha'$ ,  $\beta$ )-processes due to clay-water-ion interactions (bound water relaxation and the Maxwell-Wagner effect). The dielectric relaxation behaviour of each process is parameterized as a function of moisture with a fractional relaxation model [5]. The chosen approach provides a basis for an improved characterization and modelling of the high frequency electromagnetic material properties of moist soils.

#### References

- [1] Ishida, T., Makino T., Wang C. (2000), 48(1):75-84.
- [2] Kelleners, T. J., Robinson, D. A., Shouse, P. J., Ayars, J. E., Skaggs, T. H. (2005) *Soil Sci Soc Am J*, 69(1):67-76.
- [3] Kupfer K., Trinks, E., Wagner N., Hübner, Ch. (2007) *Meas. Sci. Technol.*, 18:1118-1136.
- [4] Schlaeger, S. (2005) *Hydrology and Earth System Sciences*, 9:481-492.
- [5] Wagner N., Kupfer K., Trinks, E. (2007) *Meas. Sci. Technol.*, 18:1137-1146.

### **PS4 18 P- und S-Wellengenerierung mittels magnetostriktiver Vibrationsquellen – erste Ergebnisse von 2 Meßkampagnen im Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ in Freiberg**

*Silke Hock, Ulrich Polom (GGA-Institut Hannover), Stefan Mikulla, Kay Krüger, Rüdiger Giese, Stefan Lüth (GFZ Potsdam)*

E-Mail: [silke.hock@gga-hannover.de](mailto:silke.hock@gga-hannover.de)

Im Verbundprojekt OnSITE soll ein neues, hochauflösendes online-seismisches Vorauserkundungssystem für den Tunnelbau entwickelt werden. Dazu wird am GFZ Potsdam in Zusammenarbeit mit dem GGA-Institut Hannover in einem Teilprojekt eine kaskadierte Vibrationsquelle mit magnetostriktivem Antrieb zur Generierung sowohl von Kompressions- (P) als auch Scher- (S) Wellen entwickelt.

Im Jahr 2007 wurden zwei Meßkampagnen im Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ in Freiberg durchgeführt. Als Empfänger dienten 24 vom GFZ Potsdam entwickelte 3-Komponenten-Geophonanker, die in Abständen von ca. 7,5 m in zwei Stollen verteilt angebracht sind. Der maximale Quellen-Empfängerabstand betrug ca. 40 m. Für das seismische Quellensystem werden Aktuatoren – Sonderanfertigungen der Fa. ETREMA Products, Inc.(USA) – verwendet, die auf dem magnetostriktiven Effekt basieren. Die beiden Aktuatoren werden durch eine adaptive Echtzeitreglung mit einem Sweep-Signal im Frequenzbereich von 100-6000 Hz synchron bzw. gegenläufig gesteuert. Je nachdem ob die Aktuatoren in Phase (0° Phasendifferenz zwischen den Aktuatoren) oder um 180° phasenverschoben gesteuert werden, dominiert die P- oder S-Wellengenerierung. Während die erste Meßkampagne der prinzipiellen Erprobung des Quellensystems diente, lag der Fokus der zweiten Meßkampagne auf dem Testen der Signalreproduzierbarkeit und dem Vergleich verschiedener Registrierapparaturen. Erste Ergebnisse dieser Testmessungen, welche zur Optimierung des Quellensystems beitragen sollen, werden vorgestellt.

## **PS4 19 Exploring the very near surface depth range with seismic methods – three different ways**

*Genet Tamiru, Helga Wiederhold, Ulrich Polom (GGA Institut)*

E-Mail: [gentamiru@hotmail.com](mailto:gentamiru@hotmail.com)

Seismic reflection data commonly suffer from poor data quality in the upper time range because of shot-associated noise, surface waves, and direct arrivals that obscure the reflected energy. To alleviate this problem arrival time of direct or refracted waves – unwanted signals in the reflection survey – are interpreted by the refraction tomography method with the aim to complement the stacked seismic section by a detailed velocity model to the near-surface area. Besides, high resolution P- and S-wave seismic reflection surveys were made with the survey parameters adapted to high resolution near-surface information. By this also P- and S-wave velocities for lithological classification were obtained.

The surveys were carried out in the scope of the BurVal project and in the project area Ellerbeker Rinne, which is located Northwest of Hamburg. Here, a standard seismic reflection survey was carried out in 2005 for mapping the extension of the buried valley and to define the aquifer (BurVal working group 2006). This data is used for refraction tomography analysis. The travel time data are inverted with a two-dimensional tomographic algorithm. Inversion results are evaluated and various tests are carried out with different initial velocity models and synthetic traveltimes. A near-surface velocity model is derived, that gives insight into lateral changes in shallow structure and stratigraphy.

In the same area, but restricted to a short profile, very shallow P- and S-wave reflection data was acquired in 2006. For the P-wave reflection data a vibrator source with a sweep frequency of 40-440 Hz and shot spacing 2 m was used. The signal were received by a landstreamer with 72 vertical geophones and geophone spacing of 1 m. S-wave reflection data were acquired along the same profile with 2 m shotpoint spacing by S-wave vibrator with a sweep frequency of 20–200 Hz and a land-streamer containing 72 horizontal geophones with 1 m spacing. By these high resolution P-and S-wave reflection data very detailed seismic sections are processed, that possess several interpretable near-surface reflection events.  $V_p$  and  $V_s$  velocities are calculated which in turn may be used for lithological identification. The integrated interpretation of all results is shown in the poster.

### References

BurVal working group (2006): Groundwater resource in buried valley – a challenge of geosciences. 303 pages; Leibniz Institute for Applied Geosciences, Hannover.

## **PS4 20 Kombination von Scherwellenseismik und Direct-Push-Methoden in der Erkundung von Grundwasserleitern unter urbanen Bedingungen**

*Thies Beilecke, Ulrich Polom (GGA-Institut), Ulrike Werban, Carsten Leven (Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle), Sven Hoffmann, Bernhard Engeser (LBEG Hannover)*

E-Mail: [thies.beilecke@gga-hannover.de](mailto:thies.beilecke@gga-hannover.de)

In einem urbanen, gut durchlässigen Lockergesteinsaquifer mit unterkreidezeitlichem Tonsteinaquiclude in Hannover Südstadt wurde eine quasistationäre, abgerissene LHKW-Fahne untersucht. Dabei werden als mögliche Sekundärquelle Schadstoffpools in einer glazialen Rinne im Umfeld des primären Schadenseintragsortes vermutet. Die Morphologie der Rinne und damit mögliche Wegsamkeiten konnte jedoch aufgrund der dichten Bebauung mit Bohrungen allein nicht hinreichend genau kartiert

werden.

Mittels eines eigens entwickelten mobilen Land-Streamers wurde die Aquiferstruktur deshalb mit Scherwellenseismik kartiert. Die Seismik wurde mit Bohrungen und Direct-Push-Messungen (Leitfähigkeits- und Eindringgeschwindigkeitslogs) kalibriert.

Die Kombination von Seismik und Direct-Push-Methoden eignet sich aufgrund ihrer Mobilität ausgezeichnet für die Arbeit auf versiegelten Flächen. Vielversprechend erscheint die Analyse der quantitativen Korrelation der seismischen Reflexionsamplitude und der Direct-Push Eindringgeschwindigkeit. Durch die Ergänzung der mittels Direct-Push gemessenen Logs der elektrischen Leitfähigkeit können die Lithologie und Gesteinseigenschaften wie Lagerungsdichte oder Permeabilität punktuell abgeschätzt und mit Hilfe der Seismik extrapoliert werden. Allerdings ist das derzeit nur standortspezifisch möglich.

## **PS4 21 Multielektrodengeoelektrik im Bereich einer Kerosinbelastung auf dem Flughafen Schwerin-Parchim**

*Michael Grinat (GGA-Institut Hannover), Katharina Haase, Simone Heinig (Hannover)*

E-Mail: [m.grinat@gga-hannover.de](mailto:m.grinat@gga-hannover.de)

Das GGA-Institut führt seit einigen Jahren geoelektrische Monitoring-Messungen im Bereich von zwei mit Kerosin belasteten Flächen auf dem Flughafen Schwerin-Parchim durch. Neben Messungen des scheinbaren spezifischen Widerstandes (und neuerdings auch der Spektralen Induzierten Polarisation) auf vier fest installierten vertikalen Elektrodenstrecken erfolgen auch Multielektrodenmessungen auf drei Monitoring-Profilen an der Erdoberfläche (minimaler Elektrodenabstand 2 m).

Das Monitoring-Profil 2n verbindet zwei vertikale Elektrodenstrecken, von denen die eine im belasteten, die andere im unbelasteten Bereich steht. Die bisherigen, mit Res2Dinv invertierten Daten dieses Profils deuten an, dass im Grundwasserbereich unterhalb der mit Kerosin belasteten Zone erniedrigte spezifische Widerstände auftreten. Die Anpassungsfehler zwischen den Messdaten und den synthetischen Werten betragen maximal etwa 4 %. Von den beiden vertikalen Elektrodenstrecken ist bekannt, dass die spezifischen Widerstände im oberen Teil des Grundwasserleiters unterhalb der aufschwimmenden Phase erniedrigt sind. Hier sind vom Ingenieurbüro Übersohn Geotechnik & Umweltconsult auch erhöhte Grundwasserleitfähigkeiten gemessen worden.

Um zu prüfen, ob die Ergebnisse des Profils 2n auf die gesamte Sanierungsfläche übertragen werden können, wurden im August / September 2007 in Zusammenarbeit mit der Leibniz Universität Hannover im Rahmen von zwei Diplomkartierungen im Studiengang Geowissenschaften flächenhaft geoelektrische Messungen mit der Multielektrodengeoelektrik durchgeführt. Die Messungen erfolgten in der Wenner-Alpha- und (teilweise) der Wenner-Beta-Elektrodenanordnung mit einem minimalen Elektrodenabstand von 2m. Insgesamt wurden die geoelektrischen Messungen auf elf Profilen vom belasteten in den unbelasteten Bereich (Profilabstand etwa 40 m) sowie auf vier Querprofilen durchgeführt. Die Gesamtlänge der Profile betrug etwa 2800 m. Als Messgerät wurde die Apparatur 4-Punkt light hP (Hersteller: LGM) verwendet. Die Auswertung der Messungen dauert noch an; erste Ergebnisse zeigen jedoch eine deutliche Heterogenität des Untersuchungsgebietes und ermöglichen noch keine eindeutigen Aussagen.

## **PS4 22 Oberflächennahe Seismoelektrik im Vergleich mit anderen geophysikalischen Messverfahren**

*Katja Iwanowski, Matthias Strahser, Wolfgang Rabbel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften), Friedrich Schildknecht (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)*

E-Mail: [katja@geophysik.uni-kiel.de](mailto:katja@geophysik.uni-kiel.de)

Seismoelektrische Signale finden ihren Ursprung in der Kopplung von mechanischen und elektromagnetischen Störungen durch elektrokinetische Effekte. Die Theorie setzt ein poröses, mit einem fluiden Elektrolyten gesättigtes Medium voraus, in dem die Ausbildung einer diffusen Doppelschicht eine entscheidende Rolle spielt. Seismische Kompressionswellen führen elektrische Signale mit sich und können an Grenzschichten elektromagnetische, sog. konvertierte, Signale hervorrufen. Aufgrund ihres potenziellen Informationsgehaltes bezüglich der konvertierenden Grenzschicht sind diese von besonderem Interesse.

Obwohl Theorie und Feldmessungen besonders in den letzten Jahren immer weiter fortgeschritten sind, ist noch nicht vollkommen geklärt, welche Art von Schichtgrenzen derartige konvertierte Signale erzeugen und welche Parameteränderungen diese am stärksten beeinflussen.

Im Zuge dieser Problematik wurden an verschiedenen Lokationen Deutschlands seismoelektrische Messungen in Verbindung mit der Akquisition seismischer, geoelektrischer und Georadar – Daten durchgeführt. Um Störsignale zu vermeiden, wurde stets manuell getriggert und Schlagplatten aus verschiedenen isolierenden Materialien verwendet. Als Quelle diente ein Vorschlaghammer, sowie zwei verschieden starke Fallgewichte.

An den meisten Lokationen ergab sich eine gute Übereinstimmung der Seismoelektrik mit den Ergebnissen der übrigen geophysikalischen Messverfahren. Rückschlüsse auf den Einfluss der Untergrundparameter sind noch nicht eindeutig bestimmbar.

Unsere Daten scheinen dennoch eine Korrelation mit der P-Wellengeschwindigkeit aufzuweisen. Änderungen in Permeabilität und Porosität erwiesen sich als weniger entscheidend, obgleich eine hohe Permeabilität eine hohe Datenqualität zu begünstigen scheint.

Fast alle Signale, die von uns gemessen werden konnten, hatte ihren Ursprung am, teils auch oberhalb des Grundwasserspiegels. Auffällig ist jedoch, dass keine konvertierten Signale unterhalb des Grundwasserspiegels gemessen werden konnten. Die Maximaltiefe der Konversionen belief sich auf 5 m. Die Wahl einer größeren Dipollänge zur Akquisition von Signalen tieferen Ursprungs war aufgrund starker anthropogener Störungen nicht durchführbar.

## **PS4 23 Schnelle flächenhafte Kartierung der Bodenfeuchte auf grossen Flächen**

*Karin Marschall, Nico Renneberg, Ulrike Werban, Steffen Zacharias, Peter Dietrich (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ)*

E-Mail: [Karin.Marschall@ufz.de](mailto:Karin.Marschall@ufz.de)

Die räumliche und zeitliche Feuchteverteilung im Boden hat für vielerlei Bodenfunktionen eine wichtige Bedeutung. Sie beeinflusst hydraulische (z.B. Abfluss, hydraulische Leitfähigkeit), biologische (z.B. mikrobiologische Aktivität) und chemische Prozesse im Boden (z.B. Reduktion) und hat Anteil am physikalischen Zustand des Bodens (z.B. Aggregatstabilität, Bodensteifigkeit, Wasserretentionsvermögen). Für die Wasserhaushaltsmodellierung, für die Landwirtschaft und für den Bodenschutz ist die Erfassung der Bodenfeuchte von grossem Nutzen. Bisher wird die Bodenfeuchte meist nur punktuell

mit Hilfe von Bodenproben oder Sonden (z.B. TDR) gemessen. Die Möglichkeit die Bodenfeuchte schnell, räumlich kontinuierlich auf grossen Flächen erfassen und beobachten zu können, wäre für die Landwirtschaft und Bodenforschung ein grosser Gewinn. In der Präzisionslandwirtschaft (Precision farming) werden bereits seit Jahren grossflächige elektromagnetische Induktionsmessungen (vorwiegend durch das EM38) genutzt, um Strukturunterschiede innerhalb der Ackerschläge zu erfassen. Verschiedene Bodeneigenschaften, wie z.B. Textur und Bodenfeuchte, korrelieren bekanntlich mit der elektrischen Leitfähigkeit des Untergrundes. Da diese aber mehrdeutig bzw. multivariat ist, kann auf Grundlage einer elektromagnetischen Messung noch nicht sicher auf die Verteilung der Bodenfeuchte geschlossen werden. Auch eine vertikale Auflösung der Bodenfeuchte ist, wenn überhaupt (meist nur vertikale Dipolmessungen), nur sehr begrenzt möglich. In der angestrebten Arbeit wird daher ein methodisches Verfahren entwickelt, um mit Hilfe der Kombination verschiedener geophysikalischer Verfahren (z.B. Gamma-Spektrometer in Kombination mit EMI), mit bestimmten Verfahrensweisen (z.B. Messwiederholungen, adaptive Punktmessungen) und geostatistischen Verfahren relativ sicher und schnell die Verteilung der Bodenfeuchte auf grossen Flächen zu bestimmen und zu beobachten. In der Präsentation werden wir erste Ergebnisse vorstellen und bewerten.

## PS4 24 Geophysikalische Modellierung des Tuffschlotes bei Ebersbrunn, Westsachsen

*H. Schütze, C. Kroner, T. Jahr, G. Jentzsch (Institut für Geowissenschaften, Universität Jena)*

E-Mail: [gerhard.jentzsch@uni-jena.de](mailto:gerhard.jentzsch@uni-jena.de)

Während der letzten 20 Jahre traten in der Nähe der Ortschaft Ebersbrunn Erdbebenschwärme auf. Die Assoziation von Schwarmbeben in Intraplatten-Regionen mit aktivem Vulkanismus und Fluidaufstieg lenkte die Aufmerksamkeit auf den erodierten Vulkan bei Ebersbrunn als mögliches Indiz für vergangenen Vulkanismus, da Anzeichen für rezente vulkanische Aktivität in der Region fehlen. Auf Grund von petrologischen Untersuchungen, die in den 1960er Jahren vorgenommen wurden, wird der Schlot als Diatrem eingestuft, als tief erodierter Rest eines Maar-Diatrem-Vulkans. Diese These wurde mittels einer Modellierung des Schwerfeldes sowie des magnetischen Totalfeldes gestützt.

In der Bouguer-Karte zeichnet sich die vulkanische Struktur als elliptisches Minimum von -2.5 mGal ab, mit einer Ausdehnung von 2.2 km × 2 km. Die elliptische Anomalie im magnetischen Totalfeld mit Werten zwischen -250 nT und 1000 nT hat eine Ausdehnung von 2.2 km × 1.5 km und liegt südlich innerhalb der Anomalie des Schwerfeldes. Als Randbedingungen für die Modellierung des Schlotkörpers wurden Kartierungen des scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstandes sowie Messungen der Leitfähigkeit nach dem Slingram-Verfahren, Ergebnissen von Kartierungsbohrungen und Schürfen sowie Dichte- und Suszeptibilitätsdaten aus vorhandenen Arbeiten verwendet.

Die Modellierung ergibt einen konisch geformten Körper mit einem Oberflächendurchmesser von 2 km und einem Einfallswinkel der Flanken von etwa 82°. Es zeigt sich ein Zentralbereich (Durchmesser von 800–900 m), der im Vergleich zum restlichen Schlot eine bis zu  $9000 \cdot 10^{-6}$  SI höhere Suszeptibilität sowie eine bis zu 220 kg/m<sup>3</sup> niedrigere Dichte aufweist. Die Suszeptibilitätsverteilung zeigt im gesamten Schlotkörper eine Zunahme der Suszeptibilität mit der Tiefe. Dies wird als Abnahme des Verwitterungsgrades und damit einhergehend geringere Umbildung von Magnetit und Chromit in Minerale mit geringerer Suszeptibilität interpretiert.

Die durch das Modell gefundenen Geometrien entsprechen der Struktur des Diatrembereichs eines Maar-Diatrem-Vulkans. Unter Einbeziehen der petrologischen Informationen, dem Auftreten von 'pelletal lapilli' als juvenile Phase, dem basaltischen Charakter des Tuffes und einem Nebengesteinsanteil

des Schlotmaterials von etwa 80%, kann der Tuffschlot von Ebersbrunn als partiell erodierter Rest eines Maar-Diatrem-Vulkans eingestuft werden.

## **PS4 25 Water content determination on the Rhone glacier (Valais, Switzerland) using sample-scale-NMR, surface-NMR and GPR methods**

*Jan Walbrecker, Marian Hertrich, Jan van der Kruk (ETH Zürich)*

E-Mail: [Walbrecker@aug.ig.erdw.ethz.ch](mailto:Walbrecker@aug.ig.erdw.ethz.ch)

The water content of glacier ice has a significant influence on glacier rheology (i.e. glacier flow and stability of thermal layering). It is thus an important parameter for the understanding and modeling of glacier dynamics. Glacier ice can be subdivided into two categories. Temperate ice contains up to a few percent (typically 1 – 5%) of liquid water and cold ice has no liquid water. Liquid water occurs in different forms in glacier ice: (i) it saturates voids in firn layers, residing on top of the nearly impermeable ice similar to a perched aquifer); (ii) it percolates through englacial conduits; (iii) it flows through crevasses; and (iv) it exists at intersections of grain boundaries in polycrystalline ice. We have investigated the potential for detecting and quantifying liquid water in Rhone glacier ice using sample-scale nuclear-magnetic-resonance (NMR), surface-NMR and ground-penetrating-radar (GPR) methods. We detected relatively high relaxation times of 0.7 – 1.5s and an average water content of  $6 \pm 2\%$  in several sets of ice samples from the very near surface ( $\sim 1m$  depth). Under low noise conditions, we were able to record good quality surface-NMR data using 50-m-diameter loops. Inversion of these data yielded a water content of  $1 \pm 0.5\%$  down to a depth of 50m. Below 50m the water content was too small for detection (i.e. it must have been  $< 5\%$  to a depth of  $\sim 80m$ , the maximum penetration depth of a 50-m-loop system operating on resistive ice). Velocities of 0.16m/ns were obtained from a series of common-mid-point GPR measurements. Using empirical formulas, such a velocity is indicative of 1.7% water content, similar to the results obtained from the surface-NMR measurements.

## **Archäogeophysik**

## **PAG 1 Auswirkungen der Variabilität oberflächennaher Untergrundsbedingungen während eines einjährigen aktiven seismischen Überwachungsexperiments an der Kontintalen Tiefbohrung (KTB)**

*Thies Beilecke, Kurt Bram (GGA-Institut), Stefan Buske (FU Berlin)*

E-Mail: [thies.beilecke@gga-hannover.de](mailto:thies.beilecke@gga-hannover.de)

Das Ziel des Projektes war die Bestimmung von Änderungen der Reflexionsamplituden der SE2-Scherzone im Kristallin der Kontinentalen Tiefbohrung (KTB) als Folge von gezielt durch eine Injektionsbohrung hervorgerufene hydraulische Druckerhöhungen im Bereich der Scherzone mit Hilfe eines aktiven seismischen Wiederholungsexperiments über einen Zeitraum von einem Jahr.

Die Datenanalyse erbrachte die folgenden zentralen Ergebnisse: Die aufgezeichneten seismischen Signale scheinen sehr viel stärker von oberflächennahen Variationen der Untergrundsbedingungen beeinflusst zu sein, als von Änderungen im Bereich des Zielhorizonts. So zeigen sich Ähnlichkeiten in der Signalamplitude und in der Signatur der seismischen Spuren, je nachdem in welchem Zeitabschnitt sie innerhalb des einjährigen Messzeitraums gemessen wurden. Ein Grund kann die Variabilität der Coda der Oberflächenwellen sein, die möglicherweise die späten Reflexionen überlagert. Oberflächenwellen zeigen z. B. bei zwei Messzyklen innerhalb eines Tages im Gegensatz zu den direkten Wellen eine Phasendifferenz von ca. 180° bzw. entsprechende Laufzeitunterschiede. Die Ursache kann in der Bodenfeuchte begründet sein. Untersuchungen, die sich „passive seismic imaging“ zu Nutze machen, müssen die Auswirkungen solcher Bodenveränderungen einkalkulieren.

## **PAG 2 Haft Tappeh - Geophysikalische Prospektion einer antiken Stadtlage im Iran**

*Christina Klein, Ercan Erkul, Harald Stümpel (Kiel/Institut für Geowissenschaften - Abteilung Geophysik, Christian-Albrechts-Universität), Behzad Mofidi (Mainz/Institut für Ägyptologie und Altorientalistik, Johannes-Gutenberg-Universität)*

E-Mail: [cklein@geophysik.uni-kiel.de](mailto:cklein@geophysik.uni-kiel.de)

Die antike Stadt Haft Tappeh liegt südwestlich von Susa in der Region Khuzestan. In Zusammenarbeit mit der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz wurden in den Jahren 2002 bis 2007 wiederholt geophysikalische Messungen von der Archäometriegruppe des Instituts für Geowissenschaften der Universität Kiel durchgeführt. Im Vordergrund der dortigen Messungen standen großflächige geomagnetische Messungen, die vorerst einen Gesamtüberblick über die Baustruktur in Haft Tappeh schaffen sollten. Vor dem Hintergrund, dass der Boden hier einen vornehmlich lehmigen Charakter aufweist und dieser zugleich den Grundstoff für die luftgetrockneten Ziegel der Gebäude liefert war ein Erfolg der Messungen nicht gesichert. In der ersten Kampagne wurden jedoch bereits mehrere größere Gebäudekomplexe sichtbar. Es folgten hierauf mehrere geomagnetischen Messungen mit dem Ziel die bereits gemessene Fläche zu vergrößern. Die Geoelektrik wurde als weiteres Verfahren angewandt um zusätzliche Aussagen über die Gebäudestruktur treffen zu können.- Mit Hilfe der geophysikalischen Messungen war es möglich in Haft Tappeh einige archäologisch interessante Objekte zu entdecken und in anschließenden Grabungen zu bergen. Als besonderer Fund kann ein Archivraum mit einer großen Anzahl an Tontafelfragmenten bezeichnet werden. Dieser Fundplatz korreliert mit einer deutlichen geomagnetischen Anomalie. Die Ausgrabungen zeigen, dass das Gebäude durch einen Brand zerstört wurde.



## **Bohrlochgeophysik und Petrophysik**

## **BP 1 Methodische Untersuchungen zum bohrlochgeophysikalischen Nachweis der Dichtungswirkung von Tonsperren**

*Christian Koller, Frank Börner (Dresdner Grundwasserforschungszentrum e. V.)*

E-Mail: [ckoller@dgfz.de](mailto:ckoller@dgfz.de)

Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung und der Bau einer azimuthal messenden Bohrlochsonde, mit der die Funktionsfähigkeit insbesondere von Grundwassermessstellen und Brunnen hinsichtlich der Wirksamkeit ihrer Ringraumabdichtungen überprüft werden kann. Gegenwärtig sind die Arbeiten auf die Methodenentwicklung konzentriert. Partner im Vorhaben sind die LogIn Bohrlochmessgeräte GmbH und die BBI Brunnen- und Bohrlochinspektion GmbH Gommern. Die Erkennung von Vertikalströmungen hinter der Verrohrung wird methodisch durch die Kombination (1) einer azimuthalen Gamma- oder Gamma-Gamma-Dichte-Messung mit (2) einer azimuthalen Temperatur-Messung realisiert. Azimuthal messende radiometrische Sonden sind bereits im Einsatz z.B. für die Formationsbewertung im Rahmen der Kohlenwasserstofferkundung. Die radiometrische Messung dient der Erkennung von Fehlstellen in den Tondichtungen, die jedoch noch nicht zwangsläufig zu einer Hinterströmung führen müssen. Eine gleichzeitige Messung der Temperatur an der Rohroberfläche soll Hinweise auf azimuthal differenzierte vertikale Strömungen hinter der Verrohrung liefern. Die Messsonde wird vier um 90° versetzte Andrückbügel haben, auf denen Quellen und Sensoren installiert sind. Das System ist für Rohrdurchmesser bis 500 mm einsetzbar. Zur Unterstützung der Methodenentwicklung wurde im Grundwasserzentrum Dresden ein 2,5 m hohes und 6000 kg schweres Bohrlochmodell aufgebaut, mit dem realitätsnah Dichtungsdefekte und Vertikalströmungen im Ringraum simuliert und deren Nachweisbarkeit mittels Bohrlochmessung untersucht werden kann. Erste azimuthale Gamma-/Gamma-Gamma-Dichte Messungen zeigen die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Verfahrens aber auch dessen methodische Grenzen für eine belastbare Ringraumbewertung. Im Weiteren ist die Erzeugung hinsichtlich Volumenstrom und Temperatur definierter Strömungen im Ringraum und deren Nachweis mit azimuthal verteilten Temperaturmessungen und ggf. weiteren Verfahren in Vorbereitung.

## **BP 2 Forschungsbohrungen Heidelberger Becken: Interpretation von Bohrlochmessungen**

*Sabine Hunze, Thomas Wonik (GGA-Institut Hannover)*

E-Mail: [sabine.hunze@gga-hannover.de](mailto:sabine.hunze@gga-hannover.de)

Das Heidelberger Becken ist durch seine zentrale Stellung im Geosystem Alpen - Oberrheingraben - Nordsee charakterisiert und gleichzeitig durch die mächtigsten Quartärfolgen im Oberrheingraben gekennzeichnet. Wissenschaftliche Ziele sind neben der Klimaentwicklung im Quartär, auch neue Erkenntnisse zur tektonischen Entwicklung des nördlichen Oberrheingrabens, zu Liefergebieten der Sande und Kiese und zur zeitlichen Stellung der abgelagerten Sedimente. Mit den drei Bohrungen Ludwigshafen-Parkinsel, Viernheim und Heidelberg UniNord werden unterschiedliche Faziesräume des Heidelberger Beckens erkundet: Die Bohrung in Heidelberg erfasst die vollständigste Abfolge quartärer Sedimente, da diese im Subsidenzzentrums des Beckens abgelagert wurden. Die Bohrung bei Viernheim kennzeichnet dagegen die Normalsituation, wie sie in weiten Teilen des Heidelberger Beckens angetroffen wird. Als distaler Ablagerungsraum ist den Bohrungen der Eintrag alpiner (rheinischer) Sedimente gemeinsam, während die proximalen Schüttungen in Heidelberg und Viernheim durch das Neckareinzugsgebiet und die in Ludwigshafen durch den Pfälzerwald dominiert werden.

An den drei Bohrlokationen wurden bohrlochgeophysikalischen Messungen vom GGA-Institut Hannover durchgeführt. Ziel ist es, aufgrund der petrophysikalischen Charakterisierung der Gesteine sequenzstratigraphische Einheiten, aber auch Ablagerungen mit gleichen physikalischen Parametern zu identifizieren und zu klassifizieren. Die Ergebnisse werden mit den makroskopischen Kernaufnahmen verknüpft und dadurch die Aussagefähigkeit der stratigraphischen Profile erhöht. Hinsichtlich der Identifizierung der Ursachen der beobachteten „Klimaschwankungen“ wird die Bohrlochgeophysik über das Erkennen von festen Zyklizitäten einen Beitrag leisten.

### **BP 3 Neutronprofilierung zur Bodenuntersuchung**

*Klaus Buckup (Bohrlochmessungen-Dr. Buckup)*

E-Mail: [drkbuckup@bohrlochmesser.de](mailto:drkbuckup@bohrlochmesser.de)

Für viele landwirtschaftliche Belange fehlen ausreichende Möglichkeiten zur Optimierung des Düngungsprozesses und der Beregnung. Neutronmessungen wurden dafür eingesetzt, Effekte aus verschiedenen Bodenbehandlungen zu untersuchen. Die Impuls-Neutronmessung liefert dabei sowohl quantitative Werte für die Bodenfeuchte, detaillierte Angaben zur Bodencharakteristik und Hinweise auf die Verteilung der eingesetzten Düngemittel. Es wurden Neutronprofile entlang der Beregnungsanlage gezogen und entsprechender Bearbeitung unterworfen. Mit einer Zwei-Kanal-Neutronsonde wurden quantitative Angaben zur Porosität und zur Wassersättigung ermittelt und über die Abklingkurven Konzentrationswerte qualitativ bestimmt. Es war möglich, tiefenbezogen Verteilungen für organische (z. B. Gülle) und anorganische (z. B. Phosphor) Materialien im Untergrund zu erkennen und Beziehungen zu bodengeologischen Parametern herzustellen. Die Datendichte bei Samplingraten von 10 cm erlaubt es, dynamische Prozesse im Boden zu verfolgen und für die landwirtschaftliche Nutzung heranzuziehen. Zusätzliche Möglichkeiten zur Aussageverbesserung ergeben sich durch Auslegung der Neutronsonde für Durchstrahlungsmessungen.

### **BP 4 Der sensitive Blick auf Gefügemerkmale und Hydrodynamik bei der Erkundung von Kluftgrundwasserleitern**

*Jens Blumtritt, Martin Lehmer (BLM GmbH)*

E-Mail: [muenchen@blm-online.de](mailto:muenchen@blm-online.de)

Die Ermittlung der hydraulischen Eigenschaften von Grundwasserleitern in heterogenen Kluftaquiferen mit in der Regel geringen Durchlässigkeiten ist stark abhängig von der Auflösung der einzusetzenden Messverfahren. Neben präzisen hydraulischen Testverfahren erfreuen sich in den letzten Jahren vor allem auch integrierte bohrlochgeophysikalische Lösungsansätze einer zunehmenden Anwendung. In der Kombination aus hoch auflösenden bildgebenden Scannerverfahren zur Ermittlung der Gefügeeigenschaften von wasserwegsamen Klüften und Störungen sowie hydrodynamischen Tracermethoden zur Bestimmung kleinster Fließbewegungen, können vielfach noch exaktere Charakterisierungen zu den hydraulischen Eigenschaften eines Kluftgrundwasserleiters erzielt werden. Dieses bildet eine Voraussetzung für den gezielten Ansatz für Beprobungen, Analysen und Modellierungen im Bereich der Erkundung, Überwachung und Sanierung von ingenieurgeologischen Bauwerken und industriellen Altlastverdachtsflächen und führt in letzter Konsequenz zu einem verbesserten Untergrundmodell.

## **PBP 1 Monitoring near surface movements and recognizing hydrological characteristics induced by an asteriated distributed pump well in Fuhrberger Feld, Lower Saxony**

*Hsiao-Chih Chen, Siegfried Grüneberg, Haifa Rifai (GGA), Hans-Joachim Kümpel (BGR)*

E-Mail: [lisa.chen@gga-hannover.de](mailto:lisa.chen@gga-hannover.de)

Ground deformation induced by pump wells may be a cause of considerable concern where large amounts of water are discharged. By use of the poroelasticity theory, we can simulate the changes of pore pressure gradients induced by pump actions and their consequent effect on ground deformation. At Fuhrberger Feld, north of the city of Hannover, Lower Saxony, a central pit with two pumps connects eight horizontal wells arranged in an asterisk manner. The wells have 50 m long screen sections (outwards) and 20 m long transport sections (inwards). The area is forested and can maintain sufficient rainfall and mostly steady aquifer conditions. The underlying layers present rather simple lithology of type sandy aquifer.

The well screen or filtered parts of the horizontal tubes are of particular concern here as they may contribute to pump induced ground deformation. Thus, monitoring using tiltmeters has been initiated to measure changes in vertical inclinations. Additionally, pressure sensors were installed in five vertical observation wells to measure fluctuations in the water table and to obtain some idea about the size of the local pore pressure gradients.

The tilt signals induced by pumping generally point towards the central pit, approximately parallel to the orientation of the transport tubes. Yet, the azimuth between the forcing pore pressure gradients and the response directions generally deviates by some  $10^\circ$ , in some cases by more than  $20^\circ$ . The average induced tilt amplitude is  $0.3 - 0.45 \mu\text{rad}$  in response to a change in pumping rate of  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ . The trend of the water table changes in all observation wells presents pore pressure gradients as a concentric flow system.

The tilt observations reveal existence of some inhomogeneities in the sediments at shallow depth. Additional geophysical measurements were carried out to verify this finding. So far, coupling between instruments and ground was not optimal because the geomorphology of the test profile is rather uneven. An improvement will be made in the near future. Numerical analysis to simulate the induced ground deformations in the wells' vicinity will be made as well.

## **PBP 2 Vergleich statisch und dynamisch bestimmter elastischer Moduln am Beispiel eines Bentheim Sandsteins**

*Derik Demond, Thomas Meier, Michael Alber (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik der Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [meier@geophysik.rub.de](mailto:meier@geophysik.rub.de)

Die Bestimmung elastischer Moduln an Gesteinsproben ist wesentlich für die Einschätzung der Festigkeit des Gesteins. Unter ein-axialer Belastung kann eine Spannungs-Dehnungskurve aufgenommen werden, deren Anstieg im linearen Bereich eine Schätzung elastischer Moduln ermöglicht. Für die untersuchte Probe eines Bentheim Sandsteins ergibt sich ein Wert von ca. 11 GPa für den E-Modul. Neben dieser statischen Bestimmung elastischer Moduln können die Geschwindigkeiten zweier unterschiedlicher elastischer Wellen mit Ultraschall gemessen werden, um daraus die elastischen Moduln zu berechnen. Diese Methode hat den Vorzug zerstörungsfrei zu sein, allerdings weichen die dynamisch bestimmten Werte oft erheblich von den statisch gemessenen ab. Um diese Unterschiede

näher zu untersuchen, wurde die Gesteinsprobe eines Bentheim Sandsteins während eines ein-axialen Belastungsversuchs kontinuierlich mittels Ultraschall durchschallt. Die gemessenen Wellenformen weisen auf eine kontinuierliche Änderung der Geschwindigkeiten der P- und S- Wellen hin, wobei die Geschwindigkeiten zunächst ansteigen, was mit der Schließung von Poren erklärt werden kann. Danach nehmen die Geschwindigkeiten der elastischen Wellen durch Entstehung von Mikrorissen wieder ab. Berechnet man aus den Geschwindigkeiten die elastischen Moduln, zeigt sich für den E-Modul ein ähnlicher Verlauf. Der E-Modul steigt von ca. 10.5 GPa auf ca. 11.5 GPa bevor er abnimmt. Wird die Spannungs-Dehnungskurve stückweise linear approximiert, können auch die statisch bestimmten Moduln als Funktion der Zeit beziehungsweise der Spannung angegeben werden. Im Vergleich zu den dynamisch bestimmten E-Moduln ist der statische E-Modul zunächst wesentlich kleiner, erreicht aber bei einer axialen Spannung von ca. 20 MPa den Wert des dynamisch bestimmten E-Moduls.

### **PBP 3 Spektrale Induzierte Polarisation an Lockermaterial: Anforderungen an die Probenvorbereitung**

*Matthias Halisch (GGA-Institut, Hannover), Andreas Weller (Institut für Geophysik, TU Clausthal)*

E-Mail: [matthias.halisch@gga-hannover.de](mailto:matthias.halisch@gga-hannover.de)

Während Festgesteinsproben im Labor recht einfach zu handhaben sind, stellen Untersuchungen an Lockermaterialien hohe Anforderungen an die Proben-vorbereitung. Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden verschiedene SIP-Versuchsreihen an einem kiesig sandigen Straßenbauschotter bei Variation des Feinkornanteils durchgeführt. Im Laufe dieser Untersuchungen ergaben sich drei wesentliche Ergebnisse. Die Probenverdichtung nimmt wesentlichen Einfluss auf die Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Messdaten. Da bei gleicher Korn-größenverteilung aber unterschiedlicher Verdichtung abweichende Spektren entstehen, wird durch die Ergebnisse bestätigt, dass die Porenraumgeometrie und nicht die Korngröße die Polarisationseffekte maßgeblich beeinflussen. Der Fein-kornanteil des Probenmaterials bestimmt durch Membranpolarisation von Tonpartikeln und die Konstriktivität des Porenraumes die Ausbildung der Phasenanomalien. Der Wassergehalt nimmt Einfluss auf die Amplitude der Anomalie, wobei ein Übergang von dominierender Oberflächenleitfähigkeit zu elektrolytischer Leitfähigkeit vollzogen wird. Gerade im Hinblick auf den Austausch von Messergebnissen zwischen Institutionen ist eine Vereinheitlichung bzw. Normierung der Probenvorbereitung bei Untersuchungen an Lockermaterialien mit SIP notwendig.

### **PBP 4 A set of petrophysical parameters relevant for geothermal energy extraction from tight sediments**

*Matthias Halisch, Stefan Wessling, Rüdiger Schellschmidt (GGA-Institut, Hannover), Werner Muck (Westphal Präzisionstechnik, Celle), Jörg Renner (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [matthias.halisch@gga-hannover.de](mailto:matthias.halisch@gga-hannover.de)

Characterization of geothermal reservoirs by petrophysical parameters is essential to investigate processes which take place during energy recovery. Knowledge about the processes helps to predict the reservoir's efficiency and long-term behaviour. Once the processes have been understood, concepts for energy extraction can be transferred between sites. We provide a set of petrophysical parameters which are relevant to investigate processes in a tight sedimentary geothermal reservoir. Such a reservoir is

developed in the context of the GeneSys-project, aiming to heat the GeoZentrum Hannover. Processes include energy transport, hydro-mechanical fracture-matrix flow and fracture propagation. Hence, the parameters characterize the geothermal reservoir at different stages, ranging from hydraulic stimulation over the injection/production into/from fractured sediments up to its long-term thermal behaviour. In addition to the commonly determined parameters (rock density, porosity, permeability, thermal conductivity, specific heat capacity), we measured the fracture toughness, Young's modulus and Poisson's ratio, which are particularly relevant for tight sedimentary geothermal reservoirs. The parameters were determined from core samples over a sequence of horizons from the Bunter Sandstone. Therefore, the influence of a sequence of lithologies can be investigated, which is crucial to understand involved processes.

### **PBP 5 Porosity prediction from well log data by NRBF network**

*Zabih O. Khaxar, Majid Nabi-Bidhendi, Mohammad K. Hafizi, Navid Kargahi (Institute of Geophysics, University of Tehran)*

E-Mail: [zkhaxar@gmail.com](mailto:zkhaxar@gmail.com)

Porosity is one fundamental reservoir characteristic which relates to the amount of fluid contained in a reservoir. In the case of un-cored intervals and wells to heterogeneous formations, porosity estimation from conventional well logs will be a difficult and complex task by conventional statistical approaches. Thus, we use an alternative intelligent computing technique, i. e., a normalized radial basis function (NRBF) network, to resolve this problem. An RBF network consists of several RBF neurons in parallel as the hidden layer connected to an output neuron as the output layer. The RBF neuron as the most important unit of RBF networks operates in two steps. In the first step, the distance of the input vector to the center vector with respect to the norm matrix is calculated. This is, in fact, the radial construction mechanism and, center vector along with norm matrix entries are hidden layer parameters. In the second step, the obtained distance is transformed by the nonlinear activation function. The activation function is usually selected to have local character and a maximum in zero, typically the Gaussian function as we used. Finally, the NRBF network output is calculated via normalizing the RBF network output by the sum of all hidden layer neuron outputs. For training the NRBF network several strategies are existent that we utilized nonlinear optimization technique for the hidden layer parameters. Implementing the proposed approach and testing the results are discussed through a case study. The approach developed from the study could be extended to other applications as well.

### **PBP 6 The Estimation of Permeability by Using Neuro-fuzzy Local Linear Network with LOLIMOT Algorithm from Well-log Data**

*Zabih O. Khaxar, Majid Nabi-Bidhendi, Mohammad K. Hafizi (Institute of Geophysics, University of Tehran)*

E-Mail: [zkhaxar@gmail.com](mailto:zkhaxar@gmail.com)

Permeability is most important parameter associated with the characterization of any hydrocarbon reservoir. Achieving accurate solutions to many petroleum engineering problems without having accurate permeability value is not actually possible. The interest in intelligent computing approaches to the modeling of nonlinear processes has recently increased such that techniques based on fuzzy sets, rule-based systems and neural networks have proven suitable. What we exploited for permeability prediction is almost newest and most effective one, i.e., neuro-fuzzy local linear network with Local

Linear Model Tree (LOLIMOT) algorithm. The local linear modeling approach is on the basis of a divide-and-conquer strategy. A complex modeling problem is divided into a number of smaller and thus simpler subproblems which are solved almost independently by identifying simple linear models. The most important factor for this approach to be successful is division strategy of the original complex problem, i.e., LOLIMOT algorithm. In addition, the local linear modeling approaches can be distinguished according to the manner in which they combine the local linear models that soft partitioning arisen from a fuzzy logic formulation is used for our approach. In fact, the used fuzzy model is drawn in a neural network structure and learning methods utilized for neural networks are applied to this neuro-fuzzy network. The performance and applicability of the proposed approach are demonstrated for predicting permeability from well log data. The approach developed from the study could be used to other applications.

## **PBP 7 Die Zeitkonstante in Modellen der Cole-Cole-Familie**

*Sven Nordsiek, Andreas Weller (TU Clausthal, Institut für Geophysik)*

E-Mail: [sven.nordsiek@tu-clausthal.de](mailto:sven.nordsiek@tu-clausthal.de)

Eines der bekanntesten Verfahren zur quantitativen Auswertung spektraler IP-Daten ist die Anpassung eines Modells aus der Cole-Cole-Familie. Bei der Ableitung charakteristischer Materialeigenschaften aus den ermittelten Modellparametern spielt der Zusammenhang der Zeitkonstante mit der Korngröße des untersuchten Materials eine wichtige Rolle. Um die Bedeutung der Zeitkonstante unter kontrollierten Bedingungen zu untersuchen, wurden Modelle der Cole-Cole-Familie an IP-Spektren von Schlacke-Sand-Gemischen unterschiedlicher Korngröße angepasst.

Die Anpassung des allgemeinen Cole-Cole Modells, des einfachen Cole-Cole Modells und des Cole-Davidson Modells mit einem auf dem Marquardt-Levenberg Algorithmus und Singulärwertzerlegung basierenden Programm liefert Ergebnisse von sehr unterschiedlicher Qualität. Auf Grund des zusätzlichen Freiheitsgrades kann das allgemeine Cole-Cole Modell am besten angepasst werden. Ein Vergleich der Zeitkonstanten der drei Modelle durch Auftragung gegen die maximale Korngröße der untersuchten Proben lässt für das einfache Cole-Cole Modell einen Zusammenhang mit dem Quadrat der Korngröße der Schlackekörner erkennen. Für das Cole-Davidson Modell zeichnet sich eine Korrelation der Zeitkonstante mit der dritten Potenz der Korngröße ab. Die Zeitkonstante des allgemeinen Cole-Cole Modells lässt keinen Zusammenhang mit der Korngröße erkennen. Beim Vergleich der Modelle der Cole-Cole Familie zeigt sich, dass die Zeitkonstanten der Modelle nicht identisch sind, sondern teilweise eine erheblich Streuung aufweisen. Die Zeitkonstanten können daher nicht als eine charakteristische Größe aufgefasst werden, sondern müssen nach Modellen getrennt betrachtet werden.

## **PBP 8 Reservoirs characterization using the Continuous Wavelet Transform(CWT) combined with the Self Organizing Map(SOM) neural network**

*Sid Ali Ouadfeul (University of sciences and technology, USTHB, Algeria)*

E-Mail: [geol434@yahoo.fr](mailto:geol434@yahoo.fr)

The purpose of this work is to identify lithologies from well-logs data using the continuous wavelet transform CWT combined with the self organizing map (SOM) , we based at the fractional Brownian motion character of well-logs data we estimate the Holder exponent at each depth . The set of Holder

exponents calculated for all well-logs data represents the input of the neural machine. Our system gives at each entry a specified lithology. We applied this technique at two wells located in Algerian Sahara, obtained results showed that the proposed technique is a powerful tool for reservoir characterization, which is a crucial problem in geophysics. Because it attribute at each set of roughness coefficients (which are directly related to the rocks types) a particular lithology.

## **PBP 9 Vergleich 2-dimensionaler NMR-Relaxometrie an Sand- und Karbonatgesteinen aus Aquiferen**

*Wiete Schönfelder, Carsten Horch, Frank Stallmach (Universität Leipzig)*

E-Mail: [w.schoenfelder@physik.uni-leipzig.de](mailto:w.schoenfelder@physik.uni-leipzig.de)

Petrophysikalisch relevante Größen wie Porosität, Porengrößenverteilung, Haftwasseranteil und hydraulische Permeabilität poröser, gesättigter Gesteine können direkt bzw. über empirische Korrelationen aus den Ergebnissen der NMR-Relaxometrie, den Relaxationszeiten  $T_1$  und  $T_2$ , berechnet werden. Vor wenigen Jahren wurde außerdem eine zweidimensionale Methode entwickelt, die die simultane Bestimmung von  $T_1$  und  $T_2$  erlaubt (Song *et al.*, 2002). Niedrigfeld NMR-Untersuchungen an wassergesättigten Sand- und Karbonatgesteinen wurden durchgeführt und zur Charakterisierung des Porenraums der Gesteine herangezogen. Die Ergebnisse gehen über die qualitative Bestimmung von Porengrößenverteilungen, wie sie aus eindimensionalen Relaxationszeitmessungen erfolgt, hinaus.

Literatur

Song, Y. Q., L. Venkataramanan, M. D. Hülimann, M. Flaum, P. Frulla und C. Straley, 2002: T1-T2 correlation spectra obtained using a fast two-dimensional Laplace inversion. *Journal of Magnetic Resonance*, 154, 261-268.

## **PBP 10 SIP-Messungen in Abhängigkeit vom hydrostatischen Umgebungsdruck bei besonderer Betrachtung der Anisotropie**

*Norbert Zisser, Georg Nover (Uni Bonn)*

E-Mail: [zisser@geo.uni-bonn.de](mailto:zisser@geo.uni-bonn.de)

Vielfältige Messungen der spektralen induzierten Polarisation (SIP) hinsichtlich der Grundlagen und Ursachen der zu beobachtenden Spektren sind zurzeit Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten. Bisher weitgehend unbeachtet blieben Messungen in Abhängigkeit vom hydrostatischen Umgebungsdruck. Solche Messungen ermöglichen die Betrachtung der SIP-Messwerte an einem natürlichen Gestein bei ausschließlicher Veränderung des Porenraums und erlauben somit erweiterte Aussagen zur Ursache der Polarisation. Hierfür wurde eine Messzelle mit 4-Pol-Anordnung konzipiert, in der Messungen bis zu einem Umgebungsdruck von 300 MPa möglich sind. Zudem wird gleichzeitig die Veränderung der Porosität aufgezeichnet. Die Abhängigkeit der Permeabilität vom Umgebungsdruck wird zuvor separat bestimmt. Somit lässt sich die Abhängigkeit von Porosität, Permeabilität und SIP vom Umgebungsdruck an einer identischen Probe ermitteln. Zudem werden die Messungen von Permeabilität und SIP richtungsabhängig durchgeführt, so dass auch die Druckabhängigkeit der Anisotropie beider Größen interpretiert werden kann. Auf dem Poster-Beitrag werden der experimentelle Aufbau sowie erste Messergebnisse vorgestellt.



# Elektromagnetik

## EM 1 Gemeinsame Interpretation von Magnetischer Resonanz Sondierung und NMR-Bohrloch Daten

Thomas Hiller, Ugur Yaramanci (Technische Universität Berlin), Jean-Pierre Delhomme (Schlumberger Water Services)

E-Mail: [hiller@geophysik.tu-berlin.de](mailto:hiller@geophysik.tu-berlin.de)

In einem gemeinsamen Forschungsvorhaben der TU Berlin und Schlumberger Water Services wurde die Verbesserung bzw. auch die Verifizierung der Magnetischen Resonanz Sondierung (MRS) durch Hinzunahme des Bohrloch-NMR (CMR) untersucht und evaluiert. Das beim MRS gemessene, exponentiell abklingende Antwortsignal ( $E_0$  - Initialamplitude,  $T_2$  - NMR-Abklingzeit) ermöglicht die direkte Bestimmung des freien Grundwassers und der Größenverteilung des entsprechenden Porenraumes. Das MRS-Verfahren gewinnt daher eine immer größere Bedeutung in der Hydrogeophysik.

Auf einem Grundwasserspeicher-Testfeld in Abu Dhabi wurde ein MRS-Profil bestehend aus 11 Sondierungen zwischen zwei vorhandenen Observationsbohrungen gemessen. Ein Hauptaugenmerk galt vor allem den Sondierungen direkt neben einem Bohrloch, da hier ein direkter Vergleich zwischen den hochauflösenden Bohrlochmessungen und den MRS Messungen von der Oberfläche aus möglich ist.

Die verwendete koinzidente Spulenanordnung (100x100m) und das hohe maximale Pulsmoment des NUMIS Plus Systems (*IRIS Instruments*) ermöglichten eine Eindringtiefe von ca. 100m. Es war damit möglich den Aquifer in seiner kompletten Mächtigkeit (35 – 75m unter GOK) zu detektieren und zu erfassen. In den CMR-Messungen liegt ein Teil des transienten Signals im  $T_2$ -Spektrum zwischen 0.3 und 30ms. Die messtechnisch bedingte Totzeit der NUMIS Plus ist allerdings 40ms, sodass diese schnell abklingenden Signalanteile mit MRS nicht erfasst werden können. Vergleicht man den invertierten MRS-Wassergehalt mit dem kumulativen Wassergehalt der äquivalenten  $T_2$ -CMR-Klassen, so ergibt sich eine Wassergehaltsverhältnis von nahezu 1 : 1, was die Verlässlichkeit der MRS-Messungen bestätigt. Durch Vergleichen der CMR-Daten mit den bohrlochnahen MRS-Messungen, können für die weiteren MRS-Messungen auch die prozentualen Wasseranteile der unteren  $T_2$ -Klassen abgeschätzt werden.

## EM 2 Vollständige Inversion von Magnetischer Resonanz Sondierung: Wassergehalt, Abklingzeit und Resistivität

Martina Braun, Jochen Kamm, Ugur Yaramanci (Technische Universität Berlin)

E-Mail: [martina.braun@tu-berlin.de](mailto:martina.braun@tu-berlin.de)

Das Verfahren der Magnetischen Resonanz Sondierung (MRS, oder Oberflächen Nuklear Magnetischen Resonanz – SNMR) wird zunehmend insbesondere zur direkten Grundwassererkundung und zur verbesserten Charakterisierung des Aquifers eingesetzt. Als bisher einzige geophysikalische Methode erlaubt es die direkte Bestimmung des freien Wassergehaltes sowie der Porengröße bzw. hydraulischen Leitfähigkeit des Aquifers im Untergrund.

Durch Inversion der MRS Grundgleichungen kann bisher entweder die Resistivität oder die Abklingzeit zusätzlich zur Wassergehaltsverteilung ermittelt werden, während der jeweils andere Parameter oft als a priori Information vonnöten ist. Die Anfangsamplituden und Phasen, die mit der Resistivität sowie dem Wassergehalt zusammenhängen, können nicht direkt gemessen werden, da das Signal erst nach einer geräteabhängigen Totzeit gemessen wird. Deswegen muss die Anfangsamplitude mittels der Abklingzeit extrapoliert werden. Dies geschieht herkömmlich mittels einer monoexponentiellen

Abklingkurve; die Phase wird implizit als zeitlich konstant angenommen. Darüber hinaus enthalten die Abklingzeiten die Information über die Porengrößen im Untergrund.

Für eine vollständige Inversion ohne a priori Informationen werden die extrapolierten Anfangsamplituden und Phasen in einem iterativen Verfahren auf der Basis des physikalischen Abklingverhaltens ermittelt. Erstmals wird hier die vollständige Inversion von MRS bezüglich Wassergehalt, Abklingzeit und Resistivität sowohl für synthetische als auch für Felddaten gezeigt. Auf diese Weise können MRS Daten ohne weitere Zusatzinformationen ausgewertet werden und liefern die maximal enthaltene Information.

### EM 3 Finite Elemente Modellierung des NMR-response Signals in teilgesättigten Porenräumen

*Stephan Strehl, Ugur Yaramanci (Technische Universität Berlin)*

E-Mail: [strehl@geophysik.tu-berlin.de](mailto:strehl@geophysik.tu-berlin.de)

In wassergesättigten porösen Gesteinen ist die Abklingzeit des nuklearmagnetischen Antwortsignals ein Indikator für die Mobilität des Wassers innerhalb des Porenraumes. Durch geeignete Kalibration kann - bei Vollsättigung des Materials - mithilfe empirischer Formeln die Permeabilität aus den NMR-Abklingzeiten bestimmt werden. Auch bei Teilsättigung ist die relative Permeabilität (bzw. ungesättigte Wasserdurchlässigkeit) mit der Abklingzeit korreliert. Die Abhängigkeit der Abklingzeiten vom Sättigungskoeffizienten ist noch nicht gänzlich verstanden, die Bestimmung der relativen Permeabilität mithilfe von NMR ist nur für den Fall der monodispersen Kugelpackung, d.h. mono-exponentielles NMR-Verhalten bestätigt. Unser Ziel ist es, die relative Permeabilität auch für reale Geomaterialien mit in der Regel multi-exponentiellem Abklingverhalten bestimmen zu können.

Wir haben die bekannten analytischen Lösungen für das NMR-Abklingverhalten eines Fluides innerhalb von platten-, zylinder- und kugelförmigen Poren um den Aspekt der Teilsättigung erweitert. Mithilfe dieser einfachen Geometrien haben wir die Eignung der Finiten Elemente Modellierung (FEM) zur Lösung der zugrunde liegenden Diffusionsgleichung für beliebige Sättigungsgrade überprüft und können diese bestätigen. Damit ist die Grundlage für die Entwicklung von beliebigen Porenmodellen gegeben, deren sättigungsabhängiges NMR-Verhalten wir nun mithilfe der FEM-Methode untersuchen können. Als Beispiel zeigen und diskutieren wir die FE-Modellierungen an einem 2D-Porenmodell, welches die direkte Ableitung der relativen Permeabilität aus geometrischen Parametern ermöglicht. Das modellierte NMR-Signal dieser Porengeometrie stimmt für verschiedene Sättigungsgrade gut mit realen NMR-Messungen überein.

### EM 4 Aspects in crosshole MMR surveying

*Daniel Fielitz (Agrosphere - ICG 4, Forschungszentrum Jülich), Andreas Kemna (Department of Applied Geophysics, University Bonn), Egon Zimmermann, Walter Glaas (Central Institute for Electronics, Forschungszentrum Jülich), Giorgio Cassiani (Department of Geosciences, University of Padua, Italy), Harry Vereecken (Agrosphere - ICG 4, Forschungszentrum Jülich)*

E-Mail: [d.fielitz@fz-juelich.de](mailto:d.fielitz@fz-juelich.de)

Computational and instrumental advances within the domain of multi-dimensional modelling and magnetic-field sensing revived the idea of using magnetic-field measurements as a complement to standard geoelectrical methods. The magnetometric resistivity method (MMR) measures the magnetic field in response to an injected low-frequency electric current in the subsurface. As a step towards the

implementation of MMR for crosshole imaging, this paper addresses various aspects of importance in crosshole MMR surveying. Results from synthetic model studies, which were performed in order to ascertain the most suitable data acquisition geometry, as well as results from a first field survey are presented. The model studies consider both the anomalous magnetic field of interest due to simple but relevant subsurface structures and the overlapping magnetic field due to current flow in the wires to and from the injection electrodes. Modelling of anomalous magnetic fields was performed using the newly developed 2.5D code [1]. Magnitude of the cable effect is calculated using a numerical implementation of a simplified form of the Biot-Savart law. Response characteristics according to single-borehole, cross-borehole and uphole current excitations are investigated. Inhole configurations are found to be most suitable as they combine sufficiently high anomalous field values, model curve characteristics advantageous for detecting the subsurface structures, and low-level source-generated noise. The described field measurements involve low-frequency (25 Hz) current injection in one borehole and total magnetic field measurements in another one. Data acquisition was realized using prototype field instrumentation, developed at the Central Institute of Electronics [2] and three-axes Bartington fluxgate sensors. Measuring density is determined by constant electrode separations of 2.4m and sensor separations of 0.8m. In order to compensate for the arbitrary azimuthal positioning of the borehole sensors, we implemented an orientation correction that transforms all recorded data into a local coordinate system. Data reduction is based on normal and reverse current injections as well as on analytical estimates of the primary and normal magnetic fields. Due to the current lack of an inversion routine, the processed data are only qualitatively validated, based on a conductivity distribution obtained from the inversion of independently collected ERT data. Measured and modelled data show an overall good fit. Data interpretation benefits from the derived model curves and reveals that complementary information is obtained by analyzing ERT and MMR data. The described adaptation of MMR to near-surface crosshole imaging is intended as a preliminary step within the scope of introducing the Magneto-Electrical Resistivity Imaging Technique (MERIT) as a new tool for hydrogeophysical investigations. MERIT considers simultaneous acquisition and joint inversion of ERT and MMR data, and is intended to be capable to resolve subsurface structures better than ERT or MMR alone.

#### References

- [1] Kemna, A.; Fielitz, D.; Cassiani, G. and Zimmermann, E.: 2.5D MMR-Modellierung auf kompakten Gittern; Abstracts der 68. Jahrestagung der DGG
- [2] Zimmermann, E.; Fielitz, D.; Glaas, W. and Kemna, A.: Neues Messsystem für MMR-Messungen im Bohrloch; Abstracts der 68. Jahrestagung der DGG

## **EM 5 Untersuchung zur Verbesserung der Objektidentifizierung von Multifrequenz-EMI-Minensuchgeräten**

*Christopher Virgil, Andreas Hördt (Inst. f. Geophysik u. Extraterrestrische Physik, TU-Braunschweig)*

E-Mail: [c.virgil@tu-bs.de](mailto:c.virgil@tu-bs.de)

Viele Länder in Afrika und Asien, aber auch Regionen in Europa, wie der Kosovo sind auch heute noch mit Antipersonenminen verseucht. Bei der Räumung der Minen werden größtenteils tragbare Metalldetektoren eingesetzt, welche nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion (EMI) funktionieren. Die bisher benutzten Frequenzbereichs-Metalldetektoren arbeiten meist mit nur 2 Frequenzen. Diese Geräte besitzen zwar die nötige Empfindlichkeit für die Antipersonenminensuche, aber es gibt noch keine serienreifen Systeme, die die Minen zuverlässig identifizieren. Bisherige Untersuchungen mit

auf dem Markt befindlichen Geräten führten zur Entwicklung eines Inversionsalgorithmus, der die Signale der Minen mittels analytischen Lösungen für Ellipsoiden nähert und mit recht hoher Wahrscheinlichkeit Minen identifizieren kann.

Diese Arbeit befasst sich nun mit der Untersuchung des Einflusses eines größeren Frequenzbandes ( $1\text{kHz} < f < 100\text{kHz}$ ) und einer größeren Anzahl an Frequenzen auf die Objektidentifizierung. Dazu wurden umfangreiche numerische Simulationen mit dem auf Finiten Elementen basierenden Programm COMSOL-Multiphysics durchgeführt, um synthetische Signale von Minen und typischen Störobjekten zu erstellen. Diese wurden dann mit einem Inversionsprogramm analysiert.

Es zeigt sich, dass der Zugewinn an Information durch die Verwendung zusätzlicher Frequenzen prinzipiell eine bessere Unterscheidbarkeit der Minen ermöglicht.

## EM 6 3D Inversion und Sensitivitäten von TEM Daten

*Roland Martin, Bülent Tezkan (Universität zu Köln, Institut für Geophysik und Meteorologie)*

E-Mail: [roland.martin@uni-koeln.de](mailto:roland.martin@uni-koeln.de)

Die Erkundung der Erde mit transientser Elektromagnetik (TEM) ist schon seit über 20 Jahren ein Forschungsschwerpunkt am Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln. In unserem Beitrag zeigen wir Ergebnisse unserer Arbeit zur Inversion von TEM Daten in drei Dimensionen. Zur Inversion von realistischen 3D TEM Felddaten begegnen wir gegenwärtig einigen limitierenden Problemen. Zum einen sind die Ansprüche an Computerhardware zur Lösung des 3D-TEM Vorwärtsproblems sehr hoch und zum anderen ist die zugrundeliegende Optimierungsaufgabe schlecht gestellt und dessen lineares Gleichungssystem dicht besetzt.

Ein wesentlicher Punkt bei unserem Ansatz ist die Verwendung eines effizienten Vorwärtslöser der auf der Methode der Spektralen-Lanczos-Zerlegung (SLDM), ähnlich zum Arnoldi Prozess, arbeitet. Zur Lösung der Optimierungsaufgabe werden herkömmliche deterministische Verfahren mit und ohne Nebenbedingungen benutzt, wobei im besonderen auf die Berechnung von Sensitivitäten eingegangen wird. Mit numerischen Tests an 3D-LOTEM und -SHOTEM Daten sowie einer ersten Anwendung auf realen -SHOTEM Daten zeigen wir die Praktikabilität des Ansatzes.

## EM 7 Treatment of the Air-Earth Interface with a Nonuniform FFT for Three-Dimensional TEM Simulation

*Martin Afanasjew, Ralph-Uwe Börner, Michael Eiermann, Oliver G. Ernst, Stefan Güttel, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [martin.afanasjew@math.tu-freiberg.de](mailto:martin.afanasjew@math.tu-freiberg.de)

Modeling the forward problem in transient electromagnetic exploration requires the numerical solution of a linear constant-coefficient initial-value problem for Maxwell's equations in the diffusive limit. Discretization in space reduces the problem to a large system of ordinary differential equations, which is often solved using finite-difference time-stepping techniques. Of high interest are models with an air-earth interface. These models lead to a very low conductivity in the air layer thus forcing the time-stepping methods to perform prohibitively small time steps. This can be avoided by replacing the air layer with an inhomogeneous Dirichlet boundary condition at the air-earth interface.

However, this inhomogeneous boundary condition requires us to perform a FFT in every time step. Since nonuniform staggered grids are usually employed, we have to interpolate from this given grid to a

uniform one suitable to perform an upward continuation by means of a FFT and finally interpolate back to our nonuniform grid in every step. This interpolation together with the evaluation of a high-order two-dimensional uniform FFT are the most computationally expensive parts in the whole simulation. In this talk we explain the fundamentals of a nonuniform FFT and show its application to the simulation of a homogeneous half space. We illustrate the performance of our approach with some numerical examples.

## **EM 8 Magnetotellurische Messungen zur Erkundung einer geothermalen Resource im Afar-Dreieck (Äthiopien)**

*Ulrich Kalberkamp (BGR)*

E-Mail: [ulrich.kalberkamp@bgr.de](mailto:ulrich.kalberkamp@bgr.de)

Die elektrische Leitfähigkeit des Untergrundes stellt für die Erkundung geothermaler Ressourcen einen geeigneten Parameter dar. Im vorliegenden Fall einer Hochtemperatur Lagerstätte ( $T > 200\text{ °C}$ ) im Afar-Dreieck sind sowohl durch Alterationsprodukte (Semictite) als auch magmatische Schmelzen in unterschiedlichen Teufenbereichen niedrige elektrische Widerstände zu erwarten.

Mit geoelektrischen Sondierungen mit Auslagen bis zu 4 km Länge konnte bislang nur ein oberflächennaher Bereich bis ca. 500 m Teufe erkundet werden, da die überlagernden Sedimente ebenfalls gut leiten und die erzielbare Erkundungstiefe stark einschränken. Um die Struktur der Resource bis zu einer Teufe von ca. 10 km zu erfassen wurden 33 magnetotellurische Sondierungen von 1 kHz bis 0,01 Hz (100 s) durchgeführt und 2-dimensional invertiert. In der modellierten Widerstandsverteilung kann man gut die oberflächennahe Resource von dem in größerer Tiefe liegenden Quellbereich unterscheiden. Letzterer nimmt für Teufen ab ca. 8 km die Form einer Spalte an. Diese Struktur wird als Teil des Tendaho Grabens (NW-SE) interpretiert. In nordwestlicher Verlängerung trifft dieser auf die Dabbahu Rift Struktur, deren vulkanische Eruptionen 2005 als Neubildung ozeanischer Kruste auf kontinentaler Lithosphäre angesehen wird (Wright et al. 2006).

Zitat: Wright, T.J., Ebinger, C., Biggs, J., Ayele, A., Yirgu, G., Keir, D. & Stork, A., 2006, Magma-maintained rift segmentation at continental rupture in the 2005 Afar dyking episode, Nature, Vol 442, 291-294

## **EM 9 Untersuchung qualitativer Eigenschaften seismoelektrischer Effekte mit Finiten Elementen**

*Bernd Kröger (Universität Bonn), Ugur Yaramanci (TU Berlin)*

E-Mail: [kroeger@geo.uni-bonn.de](mailto:kroeger@geo.uni-bonn.de)

Seismische Wellen erzeugen beim Durchgang flüssigkeitsgesättigter Gesteine elektrische und magnetische Signale, die aufgrund von Kompression und Dilatation des Gesteins an der elektrischen Doppelschicht entstehen. Bei diesen seismoelektrischen Effekten kommt es prinzipiell zu drei verschiedenen, gekoppelten Phänomenen: dem „direkten Feld“, der „koseismischen Welle“ und der „konvertierten Welle“. Im Rahmen einer numerischen Analyse seismoelektrischer Effekte werden über eine Volle-Wellenfront-Modellierung im Zeitbereich die qualitativen Eigenschaften seismoelektrischer Punkt-Quellen-Antworten in einem fluidgesättigten, geschichteten porösen Medium über die Finite-Elemente-Methode beschrieben. Abweichend von dem üblichen, etablierten Prideschen Gleichungssystem zur Beschreibung seismoelektrischer Effekte (1994) wird für diese Modellierung

unter Vernachlässigung der langsamen Biot-Welle ein vereinfachtes Gleichungssystem eingeführt. Die Modellierung des reduzierten Gleichungssystems erfolgt über das Softwarepaket COMSOL und ergibt für die „konvertierte Welle“ synthetische Elektro- und Magnetogramme sowie für die „koseismische Welle“ Schnappschüsse im Zeitbereich. Die Modellierungsergebnisse werden genutzt, um die seismischen, elektromagnetischen und seismoelektrischen Welleneigenschaften im fluidgesättigten porösen Medium qualitativ zu untersuchen. Hauptaugenmerk wird dabei insbesondere auf die Eigenschaften der „konvertierten Welle“ im „PSVTM-System“ gelegt, d.h. dieser Modellierungsteil beschäftigt sich ausschließlich mit der an einer Materialgrenze stattfindenden Konversion von P- und SV-Wellen zu transversal-polarisierten magnetischen (TM-)Wellen.

## **PEM 1 Sensitivitätsanalysen seismoelektrischer Effekte mit Finiten Elementen**

*Bernd Kröger (Universität Bonn), Ugur Yaramanci (TU Berlin)*

E-Mail: [kroeger@geo.uni-bonn.de](mailto:kroeger@geo.uni-bonn.de)

Im Rahmen einer numerischen Studie seismoelektrischer Effekte im fluidgesättigten, geschichteten porösen Medium mit Finiten Elementen werden die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse hinsichtlich ausgewählter petrophysikalischer Systemparameter vorgestellt. Im Gegensatz zur üblichen Systembeschreibung mit den Prideschen Grundgleichungen von 1994 wird für die Modellierung ein vereinfachtes Gleichungssystem in Form einer sogenannten „u-p-Formulierung“ eingeführt, d.h. die statische und dynamische Systembeschreibung erfolgt für den Niederfrequenzbereich ausschließlich über die Verschiebung (u) und den Druck (p). Das reduzierte Gleichungssystem verbindet unter Vernachlässigung der langsamen Biot-Welle die lineare Poroelastizitätstheorie und die Maxwell-Gleichungen über gekoppelte Transportgleichungen im thermodynamischen Sinne.

Für die Sensitivitätsanalyse werden die einzelnen, relevanten petrophysikalischen Parameter des Systems jeweils variiert und die aus dieser Variation resultierende seismoelektrische Systemantwort mit derjenigen des Ausgangsmodells verglichen. Dabei ist die an der Materialgrenze aufgrund von seismischer-zu-elektromagnetischer Wellenkonversion generierte Vertikalkomponente des elektrischen Feldes von besonderem Interesse, da über ihre Dipolstruktur quantitative Aussagen über die physikalischen Parameter an der Materialgrenze gemacht werden können. Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die „konvertierten Wellen“, die an der Materialgrenze erzeugt werden, sensitiv auf Kontraste der Permeabilität, der Salinität des Fluids und des Zeta-Potentials reagieren. Die „konvertierten Wellen“ könnten demnach aufgrund des Informationsgehaltes über die konvertierende Materialgrenze für die Charakterisierung von Untergrundparametern und Fluideigenschaften genutzt werden.

## **PEM 2 1D-Laterally Constraint Inversion (1D-LCI) radiomagnetotellurischer Daten aus einem Messgebiet in Dänemark**

*Thilo Schmalz, Bülent Tezkan (Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln)*

E-Mail: [thiloschmalz@gmx.de](mailto:thiloschmalz@gmx.de)

Im Rahmen eines EU-Projektes wurde ein Radiomagnetotellurik (RMT-F)-Gerät, sowie die Prozessierungs- und Inversionssoftware für die damit gemessenen Daten entwickelt. Das Gerät ermöglicht die gleichzeitige Messung von jeweils zwei elektrischen und zwei magnetischen Komponenten des elektromagnetischen Feldes. Der Frequenzbereich erstreckt sich von 10 kHz bis 1 MHz. Die gemessenen

Daten werden mit dem Programm SM 25 prozessiert, wobei die Bestimmung der Übertragungsfunktionen mittels Spektralanalyse geschieht.

Zur Inversion der prozessierten Daten wird das Programm Workbench benutzt. Das Kernstück dieses Inversionsprogramms ist die Verwendung des 1D-Laterally Constraint Inversionsalgorithmus (1D-LCI). Der Untergrund wird hierbei in separate 1D-Modelle unterteilt, wobei zwischen den Modellen laterale Randbedingungen (constraints) wirken. Auf diese Weise werden mehrere 1D-Modelle als ein System invertiert. Das Ergebnis sind geglättete Sektionen, die die wesentlichen Eigenschaften des Untergrundes widerspiegeln. Aufgrund ihrer Zusammenbindung können die invertierten Sektionen als Pseudo-2D-Sektionen angesehen werden. Die Rechenzeit ist im Vergleich zu 2D-Inversionen wesentlich kürzer.

Das RMT-F wurde auf einem Messgebiet in Dänemark zur Charakterisierung eines Aquifers für die Grundwasserexploration angewendet. Dabei wurde an 89 Messstationen auf sieben Profilen gemessen. Die gemessenen Daten wurden mit dem Programm SM 25 prozessiert und mit dem Programm Workbench (1D-LCI), sowie mit einem 2D-Inversionsprogramm (Rodi und Mackie) invertiert. Die Inversionsergebnisse wurden anschließend sowohl miteinander, als auch mit anderen auf dem Messgebiet verwendeten Methoden (PACES, SkyTEM, GroundTEM) verglichen und interpretiert.

### **PEM 3 Das Horizontal-Gradientenverfahren zur elektromagnetischen Tiefensondierung, angewandt auf unterschiedliche Datensätze erdmagnetischer Variationen**

*Ulrich Schmucker (Göttingen)*

E-Mail: [uschmuc@geo.physik.uni-goettingen.de](mailto:uschmuc@geo.physik.uni-goettingen.de)

Ausgehend von stündlichen Mittelwerten in Europa gelegener Observatorien werden für Perioden von vier Stunden bis zehn Tagen in trivariaten Analysen örtliche Eindringtiefen ( $C$ ) zusammen mit den magnetischen Übertragungsfunktionen ( $z_H, z_D$ ) bestimmt. Außerdem wird versucht, zusätzlich die Anisotropie und Schiefe (skew) der tensoriellen  $C$ -Respons abzuleiten. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse von drei Datensätzen miteinander verglichen, welche zu verschiedenen Zeiten und mit teilweise unterschiedlichen Variometern gewonnen worden sind. Es sind dies:

1. IQSY Daten 1964–65 mit 30 europäischen Observatorien (Winch Sammlung),
2. IGY Daten Juli 1957–58 (59) mit 24 europäischen Observatorien (Gupta Sammlung),
3. Oktober 1982–März 1983 mit 28 europäischen Observatorien unter Einbeziehung von drei temporären Feldstationen im Solling, Westerwald und Hunsrück.

Während die erstgenannten Datensätze mit klassischen Torsionsfaden-Variometern gewonnen worden sind und die stündlichen Mittelwerten der drei erdmagnetischen Elemente auf photographischen Registrierungen manuell geschätzt wurden, beruht der dritte Datensatz zum Teil schon auf der Verwendung von Fluxgate-Variometern mit digitaler Aufzeichnung. Der genannte Vergleich hat zum Ziel, die Gültigkeit der berechneten Vertrauensbereiche der Übertragungsfunktionen zu prüfen, und zu zeigen, welche Fortschritte gegebenenfalls mit modernen Variometern und Datenloggern erzielt werden können. Da jeder der drei Datensätze Stundenmittelwerte von Observatorien in z. T. unterschiedlichen Kombinationen enthält, kann deren Einfluss auf die Polynomentwicklung der Variationsfelder



untersucht werden, aus welchen sowohl der örtliche Horizontal-Gradient gewonnen wird als auch die Horizontalkomponenten selbst.

## PEM 4 Berechnung der Sensitivitäten für die Inversion elektromagnetischer Daten

Angelika Ullmann, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)

E-Mail: [Angelika.Ullmann@student.tu-freiberg.de](mailto:Angelika.Ullmann@student.tu-freiberg.de)

Zur Auswertung von geophysikalischen Messungen ist die Inversion der gemessenen Daten ein gängiges Verfahren um ein Abbild der Parameterverteilung im Untergrund zu erhalten. In der Elektromagnetik stellt dieses jedoch ein nichtlineares Problem dar. Klassischerweise wird eine Linearisierung der Aufgabe vorgenommen um nach einem Iterationsprozess eine Lösung zu erhalten. Im Fall der Elektromagnetik handelt es sich dabei um die Verteilung von Leitfähigkeiten. Bei der Inversion von EM-Daten ist die Kenntnis der Sensitivitäten von grundlegender Bedeutung. Als Sensitivität eines Datums  $d_i$  gegenüber einem Modellparameter  $m_j$  bezeichnet man die partielle Ableitung  $S_{ij} = \frac{\partial d_i}{\partial m_j}$ , wobei  $i = 1, \dots, M$  und  $j = 1, \dots, N$ . Dabei entspricht  $M$  der Anzahl der Messungen und  $N$  der Anzahl der Modellparameter. Daraus ergibt sich die Sensitivitätsmatrix  $S$ , auch als Jacobi-Matrix bekannt.

Für den Fall eines unterbestimmten Problems, also  $M < N$ , bietet die adjoint-equation-Methode einen besonders effektiven Ansatz. Dazu werden als Hilfsfelder die berechneten elektromagnetischen Felder der Dipolquellen am Messpunkt eingeführt. Damit lässt sich die Sensitivität als Gebietsintegral über das Skalarprodukt aus dem elektrischen Hilfsfeld, dem gemessenen elektrischen Feld und einer gewählten Basisfunktion darstellen.

Die Berechnung der Hilfsfelder erfolgt, ausgehend von den Maxwellgleichungen, über das Aufstellen der TE- und TM-Vektorpotenziale. Daraus lassen sich alle Feldkomponenten ableiten. Die sich ergebenden Hankelintegralen lösen wir numerisch über eine schnelle Hankeltransformation.

Behandelt werden der vertikale magnetische, der horizontale magnetische sowie der horizontale elektrische Dipol sowohl für den Fall homogener Erde als auch eines horizontal geschichteten Halbraums. Die Positionierung von Sender und Empfänger sei dabei im Sinne geophysikalischer Plausibilität beliebig.

## PEM 5 1D-Inversion elektromagnetischer Daten von Hubschraubermessungen

Margarete Vasterling, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (TU Bergakademie Freiberg)

E-Mail: [Margarete.Vasterling@student.tu-freiberg.de](mailto:Margarete.Vasterling@student.tu-freiberg.de)

Luftgestützte Elektromagnetikmessungen gehören zu den effizientesten Messverfahren der Geophysik. Als Standardverfahren zur Auswertung der großen Datenmengen kommen 1D-Inversionstechniken zum Einsatz. Die lokalen 1D-Modelle können später zu Pseudo-2D- oder -3D-Modellen zusammengesetzt werden. Diese „stitched models“ geben näherungsweise die Leitfähigkeitsverhältnisse wieder. Schwierigkeiten ergeben sich, wenn auf Grund von lateralen Leitfähigkeitskontrasten keine 1D-Auswertung sinnvoll ist. Es soll gezeigt werden, welchen Einfluß derartige Leitfähigkeitsstrukturen auf eine konventionelle 1D-Auswertung haben. Wir betrachten den Fall einer horizontal koplanaren Spulenanordnung. Die Quelle wird durch einen wechselstromdurchflossenen vertikalen magnetischen

Dipol (VMD) repräsentiert. Zur Berechnung der Felder des VMD über einem horizontal geschichteten Medium wird die schnelle Hankeltransformation benutzt. Zur Inversion von Messdaten werden Sensitivitäten benötigt. Im Fall der 1D-Inversion können diese leicht mit der Pertubationsmethode bereitgestellt werden. Neben synthetischen 1D-Daten sollen schließlich auch Daten von 2D-Modellen invertiert werden. Die Studie soll zeigen, welchen Einfluß laterale Leitfähigkeitskontraste auf die 1D-Inversionsergebnisse haben. Des weiteren soll untersucht werden, ob qualitative Kriterien zur Diskriminierung derartiger Effekte existieren.

## **Extraterrestrische Geophysik**

EP

## EP 1 Vorüberlegungen zur elektrischen Erkundung des Untergrundes auf dem Marsmond Phobos

Erik Pennewitz, Andreas Hördt (Inst. für Geophysik und extraterrestrische Physik; TU Braunschweig)

E-Mail: [e.pennewitz@tu-bs.de](mailto:e.pennewitz@tu-bs.de)

Kapazitive Geoelektrik ist auf der Erde eine etablierte Methode zum Erkunden des Untergrundes. Mit jenem Verfahren können bebaute oder eisige Flächen untersucht und Messungen schnell durchgeführt werden. Die Methode soll nun im Rahmen einer Weltraummission zum Marsmond *Phobos* Verwendung finden. Die zu erwartenden hohen Widerstände auf diesem Mond ( $10^6$  bis  $10^8 \Omega\text{m}$ ) und die spezielle Geometrie des *Phobos*-Landers stellen besondere Forderungen an dieses Bodenexperiment.

Theoretische Überlegungen und Experimente werden durchgeführt, um eine optimale technische Realisierung des Messprinzips zu erreichen. Der *Phobos*-Lander besitzt lediglich drei Beine. Dies macht Untersuchungen nötig, wie die vierte Elektrode angebracht sein muß, um noch empfindlich gegenüber den Eigenschaften des Untergrundes zu bleiben. Aber auch andere, für die Messung wichtige Parameter, wie die Frequenz und die Wirkung des Experimentes auf die anderen Messgeräte auf dem Lander werden untersucht.

Unsere Betrachtungen zeigen, dass eine Erkundung des Untergrundes im Verlaufe der *Phobos*-Mission möglich ist. Drei der vier nötigen Elektroden können unter den drei Lander-Füßen befestigt werden, wo sie sich möglichst nah am Boden befinden. Die vierte Elektrode kann unter dem Körper des Landers selbst befestigt werden. Die daraus resultierende Erhöhung des Sensors über dem Boden läßt weiterhin ein Ermitteln der Untergrundeigenschaften zu. Auch andere Parameter, wie der Frequenzbereich und die maximal messbare Spannung in Abhängigkeit vom eingespeisten Strom etc. erlauben eine Realisierung dieses Weltraumexperimentes.

## EP 2 Die Morphologie der UV-Emission aus der Atmosphäre des Jupitermondes Europa

Lorenz Roth, Joachim Saur, Nico Schilling (Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln)

E-Mail: [roth@geo.uni-koeln.de](mailto:roth@geo.uni-koeln.de)

Aufnahmen des Hubble Space Telescope von der Atmosphäre des Jupitermondes Europa zeigen eine äußerst komplexe Morphologie der emittierten UV-Strahlung. Der ungleichmäßigen Verteilung der Strahlungsintensität in der Atmosphäre können nicht nur örtliche Inhomogenitäten, sondern auch zeitliche Variationen zugrundeliegen. Als Ursache für das ungleichmäßige Emissionsbild kommen sowohl eine inhomogene Atmosphäre als auch eine komplexe elektrodynamische Wechselwirkung mit dem Plasma, in das der Mond eingebettet ist, in Frage. Für die Untersuchung dieser Fragestellung entwickeln wir ein Modell, das die Wechselwirkungsprozesse mit der Atmosphäre sowie mögliche magnetische Induktion in einem hypothetischen Ozean innerhalb Europas berücksichtigt. In unserem Vortrag werden erste Ergebnisse dieser Modellrechnung vorgestellt. Ergeben sich aus den endgültigen Ergebnissen Inhomogenitäten in der Atmosphäre des Mondes, könnte dies mögliche Hinweise auf variierende Eigenschaften der Eisoberfläche und des darunterliegenden Ozeans liefern.

# Geodynamik

GD

## **GD 1 GeoFlow: Ein Experiment zur Darstellung konvektiver Strömungen im Erdinneren**

*Birgit Futterer (Lehrstuhl Aerodynamik und Strömungslehre, BTU Cottbus), Rainer Hollerbach (Dept. of Applied Mathematics, University of Leeds, Großbritannien), Pascal Chossat (CNRS, Nice, Frankreich), Philippe Beltrame (MPI für Physik komplexer Systeme, Dresden), Laurette Tuckerman (PMMH-ESPCI, Paris, Frankreich), Fred Feudel (Institut für Physik, Universität Potsdam), Christoph Egbers (Lehrstuhl Aerodynamik und Strömungslehre, BTU Cottbus)*

E-Mail: [futterer@tu-cottbus.de](mailto:futterer@tu-cottbus.de)

Die experimentelle Untersuchung der thermischen Konvektion im rotierenden Kugelspalt unter dem Einfluss eines künstlich aufgebauten Zentralkraftfeldes ist Thema des Mikrogravitationsexperimentes GEOFLOW, das im *Fluid Science Laboratory FSL* im europäischen COLUMBUS-Modul der Internationalen Raumstation ISS betrieben werden soll. Die auf einem Drehteller montierte Experimentzelle wird im Inneren geheizt und von außen gekühlt, um einen radialen Temperaturgradienten aufzubauen. Der Kugelspalt ist mit einem Silikonöl befüllt. An die Innenkugel wird ein Hochspannungswechselfeld angelegt. Mit den dielektrischen Eigenschaften des Arbeitsfluides entsteht so ein Zentralkraftfeld. Die im Experiment erreichbaren Ähnlichkeitskennzahlen, Radienverhältnis zur Modellierung der Geometrie, Prandtl-Zahl zur Beschreibung der Materialeigenschaften, Rayleigh-Zahl als Maß für die Stärke des temperaturbedingten Auftriebs und Taylor-Zahl für die Rotation, erreichen nicht die Parameterwerte für das Erdinnere. Numerische und theoretische Analysen zeigen, dass mit dem GEOFLOW-Experiment der qualitative Charakter von Strömungen im Erdinneren erfasst wird.

## **GD 2 Anwendung der geoelektrischen 3D-Tomographie für die Analyse thermisch induzierter Strömungen im Labor**

*Melanie Bock (Institut für Geowissenschaften, Universität Mainz), Klaus Regenauer-Lieb (School of Earth and Geographical Sciences, The University of Western Australia), Martin Lotze, Thorsten Wilke (Schott AG, Mainz), Carsten Rücker (Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig)*

E-Mail: [melanibo@students.uni-mainz.de](mailto:melanibo@students.uni-mainz.de)

Sowohl im Erdmantel als auch in Glasschmelzwannen entstehen durch Unterschiede in der Temperatur, der Dichte und der Konzentration Konvektionen, die mit der Plattentektonik verknüpft sind bzw. zu einer Homogenisierung der Glasschmelze führen. Über numerische Modellierungen soll das Verständnis für diese Prozesse verbessert werden. Für die Verifizierung der so gewonnenen Erkenntnisse sind Untersuchungen im Labor unerlässlich. Ein wesentlicher Bestandteil der Laboranalysen ist die Bestimmung der dreidimensionalen Temperaturverteilung im Versuchsbecken. Allerdings sind direkte Temperaturmessungen ohne Beeinflussung der Strömungen nur am Rand des Beckens möglich. Während der Laborexperimente wird ein viskoses Gemisch aus Wasser und Polyethylenglykol erhitzt, um auf diese Weise Konvektionen im Inneren der Flüssigkeit zu erzeugen. Da mit steigender Temperatur die spezifische elektrische Leitfähigkeit zunimmt, kann mittels der gleichstromgeoelektrischen 3D-Tomographie zunächst die dreidimensionale Leitfähigkeitsverteilung und daraus die Temperaturverteilung im Versuchsbecken berechnet werden. Die Grundlage dafür bildet eine Gleichung, die den Zusammenhang zwischen Temperatur und Leitfähigkeit definiert und analog der Formel von Vogel (1921), Fulcher (1925) und Tammann & Hesse (1926) bestimmt wird. Die mit Hilfe der Geoelektrik indirekt ermittelten Temperaturen werden anschließend mit den 29 am Rand des Beckens gemessenen Temperaturen verglichen. Die relativ geringen Abweichungen zwischen

diesen Temperaturen belegen die Eignung der Methode für die dreidimensionale Temperaturbestimmung.

Literaturnachweis

Vogel, H. (1921), Temperaturabhängigkeitsgesetz der Viskosität von Flüssigkeiten, *Physikalische Zeitschrift*, 22: 645-646.

Fulcher, G.S. (1925), Analysis of recent measurements of the viscosity of glasses, *J. Am. Ceramic Soc.* 8 (6): 339-355, doi:10.1111/j.1151-2916.1925.tb16731.x.

Tammann, G. und Hesse, W. (1926), Die Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur bei unterkühlten Flüssigkeiten, *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 156: 245-257.

### **GD 3 Surface response of mantle convection: Results from numerical simulations**

A. Fahl, C. Stein, U. Hansen (*Institut für Geophysik Münster*)

E-Mail: [afahl@uni-muenster.de](mailto:afahl@uni-muenster.de)

Earth's interior structure can be inferred from results of seismic tomography, which invert seismic velocities from traveltime-curves of earthquakes. Horizontal variations in the velocity of propagating seismic waves result from differences in the elastic constants and density. These can be related to the horizontal gradients in density that drive mantle flow.

A difficulty in interpreting seismic tomographic images is due to the fact that variations in seismic velocity are not only related to density variations, but also to phase changes and chemical composition. Laboratory experiments which investigate material under the mantle conditions can give important indications for these relations.

Another hint is given by the surface response of mantle convection. Due to pressure and velocity perturbations the mantle flow generates dynamic topography at the surface. Additionally, density variations in mantle plumes generate anomalies in Earth's gravitational field.

By means of numerical simulations we investigate the topographic and gravitational surface response of flows related to mantle convection. We show the connection between the variations and structures like plumelike upwellings and sheetlike downwellings. This can give an insight to understand long wave fluctuations of Earth's real gravitational field and dynamic topography and their relation to the interior.

### **GD 4 Double-diffusive convection - a possible mechanism for layered mantle convection in planetary bodies**

Sabine Dude, Ullrich Hansen (*Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster*),  
Stephan Stellmach (*University of California, Santa Cruz*)

E-Mail: [sabinedude@uni-muenster.de](mailto:sabinedude@uni-muenster.de)

Already in the 1970's geochemists proposed the existence of a chemically layered mantle, with a depleted upper and a undepleted lower layer. Support of this idea came from seismological evidence showing an increase in seismic velocity at a depth of 660km. From the point of fluid dynamics pure thermal convection is not able to generate separately convecting layers.

The so called double-diffusive convection is known to be a potential mechanism behind the formation of such discrete fluid layers. This type of convection is characterized by two components (temperature and composition) determining the density of the material.

We have carried out a series of numerical experiments to study the process of layer formation and the finally evolving structure. Here, our main focus lies on the questions under which circumstances such layers are formed and what the typical size of these layers is. The results indicate that typically the lower layer reaches a larger thickness than the subsequently formed layers. We discuss the results in the framework of mantle dynamics.

## **GD 5 Wie entstand der enorme Vulkanismus an passiven Kontinenträndern?**

*Dieter Franke, Sönke Neben, Stefan Ladage, Bernd Schreckenberger, Axel Ehrhardt, Karl Hinz (BGR)*

E-Mail: [Dieter.Franke@bgr.de](mailto:Dieter.Franke@bgr.de)

Passive Kontinentränder vom „Atlantischen Typ“ gehören zu den größten magmatischen Provinzen der Erde. Entlang dieser Kontinentränder lagern mächtige Abfolgen vulkanischer Gesteine im Übergangsbereich von kontinentaler zu ozeanischer Kruste. Traditionell werden Konvektionsströme aus zähflüssigem Gestein im Erdmantel, die vom heißen Erdkern angetrieben werden nicht nur als Ursache für das Aufbrechen von Kontinenten sondern auch für die meisten Vulkanausbrüche innerhalb der Lithosphärenplatten verantwortlich gemacht. Eine detailliert Untersuchung der Struktur und Verteilung vulkanischer Eruptivgesteine entlang des südwestlichen Kontinentrandes des Südatlantiks zeigt, dass die Annahme eines „Mantelplumes“ die Beobachtungen nicht erklärt. Nach dieser neuen Studie öffnete sich der Südatlantik reißverschlussartig von Süden nach Norden in Richtung des Tristan da Cunha „Hot Spot“ schrittweise in etwa 400 km langen Segmenten. Innerhalb der einzelnen Segmente strömten systematisch die größten und mächtigsten Abfolgen vulkanischen Materials am südlichen Ende aus und die Ausdehnung nimmt nach Norden zu ab. An der Grenze zum nächsten Segment versiegt der Magmatismus vollständig. Im nächsten, nördlich angrenzenden Segment ergibt sich das gleiche Bild: Wieder werden die mächtigsten Abfolgen gleich nördlich der Segmentgrenze angetroffen und die Menge nimmt nach Norden hin ab. Von den Autoren wird vorgeschlagen, dass die Öffnung des Südatlantiks und die vulkanischen Abfolgen nicht primär durch einen „Mantelplume“ verursacht sind, sondern dass vielmehr der Vulkanismus eine direkte Folge des Aufbrechens des Kontinents ist. Durch die Dehnung und Ausdünnung der kontinentalen Kruste, die dem Aufbrechen und der anschließenden Anlage eines ozeanischen Beckens vorausgeht, werden möglicherweise von oben kleinräumige Konvektionsströme im Mantel induziert. Diese wäre beschränkt auf die einzelnen Segmente, die gerade aufbrechen und können somit die vorgefundene Struktur und Verteilung der vulkanischen Eruptivgesteine entlang des Kontinentrandes erklären.

## **GD 6 Warum ist das Rwenzori Gebirge so hoch?**

*Herbert Wallner, Harro Schmeling (Institut für Geowissenschaften, J.-W.-Goethe-Universität, Frankfurt am Main)*

E-Mail: [wallner@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:wallner@geophysik.uni-frankfurt.de)

Mit Höhen von 4 – 5 km wirft die Topographie des Rwenzori Gebirges, das sich mitten in einer Riftzone befindet, die Titel-Frage auf. Das Western Rift des Ostafrikanischen Großen Grabenbruchs (EARS) liegt in dem spätproterozoischen mobilen Gürtel zwischen dem archaischen Tansania Kraton und dem Kongo Kraton. Im Übergang vom Rwenzori Belt im Norden zum Kibaran Belt im Süden liegt das



ca. 130 Ma alte Bergmassiv zwischen dem südlichen Ende des Lake Albert Rifts und dem nördlichen Ende des Lake Edward Rifts, die seit 20 – 15 Ma wachsen. Wir verfolgen verschiedene Ansätze, die starke Hebung geodynamisch zu erklären. Hier wird Isostasie als dominante Antriebskraft angenommen; isostatische Situationen werden dargestellt. Wenn sich kalter lithosphärischer Mantel von dicker Kruste löst, hebt sich diese, möglicherweise schnell und extrem. Wahrscheinliche Ursachen einer Delamination sind thermische Anomalien unter den Rifts, welche die Festigkeit im Bereich der Kruste-Mantelgrenze reduziert, möglicherweise auch Schmelzen bildet; Einfluß des vermuteten Plumes und Extension würden den Prozeß fördern. Viskoplastisches Fließen von 2d-Modellen wird mit der Methode Finiter Differenzen in einer Euler-Formulierung numerische approximiert. Die Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie werden für ein Mehrkomponenten- und 2-Phasen-System gelöst. Basierend auf Labordaten geeigneter Proben wird eine temperatur-, druck- und spannungsabhängige Rheologie angenommen. Erste Ergebnisse der Modellrechnungen werden präsentiert.

## **GD 7 Geometry and internal structure of the temperate ice cap of King George Island, Antarctica, from GPR and GPS measurements**

*Sonja Suckro, Norbert Blindow, Martin Rückamp (Institut für Geophysik, Universität Münster)*

E-Mail: [s\\_suck01@uni-muenster.de](mailto:s_suck01@uni-muenster.de)

The project DATIC (Dynamics of an Antarctic Temperate Ice Cap, DFG research grant BI 307/3-1) investigates the dynamics of the ice cap of King George Island which is situated at the tip of the Antarctic Peninsula and is subject to a rapid warming in this area. The results of ground penetrating radar (GPR) measurements in 1997 and 2007 show that this ice cap consists of predominantly temperate ice which has much higher absorption than cold ice and causes scattering by water inclusions.

In 2007, we measured with a 25MHz monopulse radar and were able to detect the bedrock on all profiles which are located around the center of the ice cap with a total length of more than 300km. Migration was applied to enhance the energy and the resolution of the bedrock returns. The roughness of the volcanic bedrock is high. The known ice cap geometry based on processed GPR data on profile grids with 500 to 1000 m spacing now comprises the higher parts of about half of the island.

The internal structure of the ice cap of King George Island is also revealed by GPR-measurements at center frequencies of 25MHz and 150MHz. Over the whole surveyed area a water saturated layer can be traced in an average depth of 33m. This clearly indicates the high temperature of the ice cap of King George Island.

Most profiles show reflections of internal layers, agreed to be isochrones. These are variable in amplitude and number, possibly originating from different volcanic eruptions. A comparison with dated volcanic events in the area of the Antarctic Peninsular can be used to determine accumulation rates as well. Another feature is the uparching of isochrones beneath the ice divide (“Raymond-bumps”). The apexes of the arches are shifted in different directions relative to today’s divide, indicating the complex dynamics of the ice cap and the difficulty of probing an undisturbed stratigraphy. The accumulation rates found in literature for King George Island vary significantly. In areas above 600m a.s.l. rates of 2000mm we/a as well as 590mm we/a can be found. The evaluation of the depth to the watertable and to the volcanic isochrones indicates values around 600mm we/a.

## **GD 8 Transition from Nicaraguan to northern Costa Rican subduction zone: controlled by the stress state of the overriding plate**

*A. Nilay Dinc, M. Thorwart, W. Rabbel (Kiel, CAU), E. Flüh (Kiel, IFM-GEOMAR)*

E-Mail: [nilay@geophysik.uni-kiel.de](mailto:nilay@geophysik.uni-kiel.de)

The Nicaragua/Costa Rica margin is characterized by pronounced lateral changes such as a decreasing dip of the slab to the south and a shift in the volcanic front. To investigate this transition, a joint on- and offshore local earthquake tomography is performed. High resolution P- and S-wave tomographic images and hypocenter locations provided such informations about the changes from north to south at the Nicaragua/Costa Rica margin respectively: 1) shallowing of the cold and dense slab, 2) decreasing of the anomaly of the hydration at the mantle wedge corner which also coincides with the borders of the Sandino basin, the jump in the active volcanic front and most probably the southern termination of the Chortis block, 3) a decrease of partial melt and 5) a crustal thickening. All these features are interpreted as the result of different stress regimes of the overriding plate from north to south. The Nicaraguan margin is believed to be influenced extensional forces, which could explain the sharp transition between the Nicaraguan and northern Costa Rican margins.

## **GD 9 Wrench faulting and deep seismicity at the external zones of the Hellenides**

*Joanna Papoulia (Hellenic Center for Marine Research), Jannis Makris (GeoPro GmbH)*

E-Mail: [nana@ath.hcmr.gr](mailto:nana@ath.hcmr.gr)

In Fall 2006 a combined on/offshore seismic array consisting of 17 ocean bottom seismographs and 17 land-stations was deployed in the Kyparissiakos Gulf and surrounding area, southwestern Hellenic arc, operating for a period of 2 months. More than 3,500 earthquakes were located by using minimum of 6 stations, and a local velocity model that was obtained from active seismic experiments. One third of these events were crustal and partially associated with the thrusting processes of the Hellenic napes progressively moving westwards. More than 2,000 microearthquakes were located within a spacially confined narrow zone associated with a transtensional basin mapped by swath bathymetry and resolved by focal mechanisms indicating wrench faulting. These events extend to 80 km focal depths. This deep seismicity can be interpreted as the result of differential loading creating stresses due to the westwards moving napes over the oceanic lithosphere. The present study is a contribution to the EC, FP6 FrameWork, SEHELLARC project no. 037004.

## **PGD 1 Geophysikalische Untersuchungen im Tienschan im Rahmen des Projekts „Seismic hazard assessment for Almaty“**

*Jewgenij Torizin, Gerhard Jentzsch, Jonas Kley, Peter Malischewsky (Friedrich-Schiller Universität Jena)*

E-Mail: [torizin@web.de](mailto:torizin@web.de)

Im Rahmen des Projekts „Seismic hazard assessment for Almaty“ soll ein geodynamisches Modell der Region erstellt werden, auf dessen Basis die seismische Gefährdung für die Stadt Almaty erfasst und die bereits vorhandene Gefährdungskarten verbessert werden können. Die Daten aus den seismischen Katalogen sowie Schwerefeld- und Straindaten sollen dabei Rahmenbedingungen für die anstehende

FE-Modellierung liefern. Vorläufig ist ebenfalls eine 3-D-Schwermodellierung in IGMAS vorgesehen. In der ersten Phase des Projektes, der Datenerfassung, wurde für die Region des Nord-Tianschan ein seismischer Katalog zusammengestellt, der für starke Erdbeben bis 250 v. Chr. zurückreicht. Für den Zeitraum der instrumentellen Beobachtungen von 1923-2006 können die Erdbeben mit der Magnitude  $> 4$  erfasst werden, während für kleinere Ereignisse mit den Magnituden der Stärke 2,2-2,8 erst ab 1980 sichere Daten vorhanden sind. Als Grundlage für den Katalog dienen lokale Kataloge der KNDC (Kazakhstan National Data Center), NEIC-Katalog des USGS sowie veröffentlichte regionale Kataloge über starke Ereignisse der früheren UdSSR. Es zeigt sich, dass größere Erdbeben an große Störungszonen im Norden und Süden des Tianschan geknüpft sind, während kleinere Ereignisse, mit der Magnitude 4 und kleiner, scheinbar überall auftreten können. Aus den ersten Ergebnissen wurden seismische Ereignisdichtekarten erstellt, um ein Grad für die Seismizität in der Region abzuschätzen und seismische Quellen zu identifizieren. Unter der Anwendung der Standardansätze der probabilistischen Methodik wurde eine Wiederkehrperiode für Ereignisse bestimmter Magnitude ermittelt. Die Tiefenverteilung der Erdbeben deutet auf eine Verdickung der seismisch aktiven Kruste nach Süden zum Tarim-Becken hin. Eine Korrelation mit den GPS-Beobachtungen und Satellitengravimetrie-Daten aus der GRACE-Mission, soll ein Ansatz zur Lösung der aktiven Deformationsprozesse, speziell hinsichtlich rezenter Hebung, liefern und zur Wahl besserer Parameter für das FE-Modell beitragen.



## Geoelektrik

GE

## **GE 1 Interpretation geoelektrischer Messungen in einem Salzbergwerk mit Hilfe von 3D Finite-Elemente-Modellierungen**

*Anita Just, Carsten Rücker, Ulrich Serfling, Claudia Schütze (Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie)*

E-Mail: [ajust@rz.uni-leipzig.de](mailto:ajust@rz.uni-leipzig.de)

Geoelektrische Messungen sind prinzipiell gut geeignet, um in Salzbergwerken Salzlösungsvorkommen oder Feuchtezonen zu erkunden, da der spezifische elektrische Widerstand von Salzgesteinen sehr stark vom Wassergehalt abhängt. Er variiert von weniger als  $100 \Omega\text{m}$  in salzlösungsgesättigten Zonen bis zu Werten  $>10^8 \Omega\text{m}$  für trockenes Salzgestein. Ein großes Problem stellt jedoch neben messtechnischen Schwierigkeiten infolge sehr hoher Übergangswiderstände die Interpretation der Messwerte dar, da die Messprofile auf die vorhandenen Strecken beschränkt sind und sich gleichzeitig quasi im Vollraum befinden. Meist ist man auf 1D-Profilauslagen am Stoß, auf der Sohle oder an der Firste der Strecke angewiesen. Die Inversion der Daten erfolgt zunächst mit einem 2D-Inversionsprogramm. Der damit erhaltene 2D-Schnitt wird als Schnitt der Widerstandsverteilung im Gebirge unter bzw. vor dem Messprofil angesehen. In Wirklichkeit spiegeln sich darin jedoch Einflüsse aus allen Raumrichtungen wider. Gefundene Anomalien einer solchen Stoßmessung können ihre Ursache im Gebirge in Stoßrichtung, oben, unten oder sogar auf der der Messung gegenüber liegenden Seite der Strecke haben. Mit Hilfe von 3D Finite-Elemente-Modellierungen lässt sich der Einfluss von in verschiedenen Richtungen gelegenen Störkörpern auf geoelektrische Messungen analysieren. Zudem können für konkrete Messsituationen unter Einbeziehung von Informationen z. B. aus weiteren geophysikalischen Messungen, Bohrungen und geologischen Untersuchungen plausible numerische Modelle von 3D-Widerstandsverteilungen erzeugt werden, die die gemessenen Daten erklären. Im Vortrag wird das Beispiel einer geoelektrischen Messung am Stoß einer Bergwerksstrecke, die sich unter horizontalen Lagerungsverhältnissen im Steinsalz befindet, vorgestellt. Die Oberkante des Hauptanhydrits im Liegenden verläuft in 10-20 m Tiefe unterhalb der Strecke. Die Fragestellung der geophysikalischen Messungen, die im Rahmen eines Verbundprojektes der Universität Leipzig, GGA Hannover und Fraunhofer IfZP Dresden (BMBF 02C1305, 02C1315, 02C1325) durchgeführt wurden, betrifft das mögliche Vorhandensein von Störungszonen im Liegenden.

## **GE 2 Numerische Modellierung des IP-Effekts auf Porenskala**

*Roland Blaschek, Andreas Hördt (TU Braunschweig)*

E-Mail: [a.hoerdt@tu-bs.de](mailto:a.hoerdt@tu-bs.de)

In der Angewandten Geophysik versucht man bereits seit längerem, mit Hilfe der induzierten Polarisaton (IP) den für die Hydrogeophysik wichtigen Parameter der hydraulischen Leitfähigkeit zu bestimmen. Bisher ist es jedoch nicht gelungen, Korrelationen zu finden, die mehr als nur auf wenige Spezialfälle anwendbar sind. Benutzte empirische Formeln und Ersatzschaltkreise vernachlässigen hierbei oftmals die Beschreibung der realen Vorgänge im Porenraum. Ein Grund sind die noch nicht vollständig verstandenen Ursachen des IP-Effekts. Die Vorgänge numerisch zu simulieren ist ein neuer Weg, und wir erhoffen uns von ihm neue Beiträge zum Verständnis. Unsere Modellierungen basieren auf einer Arbeit aus den 1950er Jahren, die beschreibt, wie man den maximalen Frequenzeffekt abschätzen kann, bei einem eindimensionalen Porenraum mit zwei sich abwechselnden Materialien. Benötigt werden dabei neben der Geometrie die Mobilitäten der Anionen und Kationen (und Diffusionskoeffizienten) für die verschiedenen Materialien. Die gesuchten zeitlich und räumlich veränderlichen Ionenkonzentrationen

trationen hängen dabei sowohl von der Diffusion entlang der Konzentrationsgradienten als auch von der Kopplung über die elektrischen Felder ab. Das numerische Problem kann mittels kommerzieller Modellierungssoftware (COMSOL multiphysics) gelöst werden. Die Lösung ist möglich für flexible Geometrien, Materialien und elektrische Felder; auch können vollständige Spektren in Betrag und Phase bestimmt werden. Dies bedeutet eine starke Erweiterung, da nun auch Aussagen über die Relaxationszeit getroffen werden können. Dieser Parameter wird in anderen Studien häufig in Zusammenhang mit der Korngröße gebracht; die wiederum korreliert mit der hydraulischen Leitfähigkeit. In unseren Ergebnissen zeigen sich deutliche Abhängigkeiten zwischen Mobilität und Relaxationszeit, sowie Mobilitätskontrast und maximaler Phasenverschiebung; auch sind Zusammenhänge mit der Geometrie zu erkennen. Darüber hinaus treten bereits bei einfachen Geometrien Spektren auf, wie sie auch für Feldmessungen typisch sind. Die Kurven ähneln dabei denen aus den etablierten Cole-Cole Modellen. Die Methode hat damit das Potenzial, deutlich zum Verständnis des IP-Effektes beizutragen.

### **GE 3 Analysis and model description of data errors in induced polarization imaging**

*Adrian Flores-Orozco (Agrosphere (ICG 4), Forschungszentrum Jülich - now at Department of Applied Geophysics, University of Bonn), Andreas Kemna (Department of Applied Geophysics, University of Bonn), Egonn Zimmermann (Central Institute for Electronics (ZEL), Forschungszentrum Jülich )*

E-Mail: [flores@geo.uni-bonn.de](mailto:flores@geo.uni-bonn.de)

Although the use of induced polarization (IP) imaging in near-surface geophysical studies is increasing, particularly for hydrogeological and environmental applications, the issue of IP data error analysis prior to inversion has not yet received much attention. While models for the description of data errors in electrical resistance tomography have been suggested, a thorough analysis of the characteristics of noise present in the phase values (or imaginary components) of electrical impedance tomography (EIT) data sets is still lacking. Based on the analysis of real data sets, the aim of the presented study is to find an appropriate model for the description of data errors in EIT measurements and to show that its implementation in an inversion scheme leads to improved IP imaging results. The analyzed EIT data sets were collected on a 2-D experimental tank using a new measurement system with high phase accuracy. A set of models with different polarizability characteristics were realized in the tank, comprising a copper and/or a clay target embedded in either water or in saturated sand. To extend the analysis to spectral IP, a wide range of frequencies was measured (0.1 Hz – 10 kHz). Two different measurement protocols were used to investigate the data errors for different resistance ranges covered by the data sets. Data errors were evaluated in terms of discrepancy between normal and reciprocal measurements, and the dependency of resistance and phase errors on resistance and of the phase error on the absolute phase value was investigated. In agreement with previous studies, the normal-reciprocal resistance error increases linearly with resistance. For the phase error we found an exponentially decreasing behaviour with increasing resistance, i.e., with increasing signal strength. Moreover, for the scenario with higher polarizability (copper target), a linear increase of the phase error with increasing absolute phase value can be observed. Based on these findings, a model is proposed to describe phase errors in EIT data sets. The proposed model was implemented in a complex resistivity inversion scheme, and inversions were performed with and without the new error description. An improved image quality is obtained with the new error model, in particular for the more complex scenario with two different targets, demonstrating the effectiveness of our approach.

## **GE 4 Complex resistivity (CR) an Baumaterial, vom Labor- zum Gelände- maßstab**

*Sabine Kruschwitz, Ernst Niederleithinger (BAM)*

E-Mail: [sabine.kruschwitz@bam.de](mailto:sabine.kruschwitz@bam.de)

Eindringende Feuchte und anschließende Salzkristallisation zählen zu den häufigsten Schadensursachen von Mauerwerk. Es ist bekannt, daß CR generell sensitiv für die Textur, den Chemismus des Porenfluids und den Sättigungsgrad eines porösen Mediums ist. In einem umfangreichen Laborprogramm hat sich für typische Baustoffe (Sandstein, Ziegel, Porenbeton, Kalksandsteine u.a.), die mit mehreren Schadsalzen versetzt wurden, gezeigt, dass derartige Schäden durch die Änderung der komplexen elektrischen Eigenschaften zerstörungsfrei nachweisbar sein müßten (Kruschwitz, 2007). Die Mehrdeutigkeit reiner Amplituden- (oder Realteil-) Messungen kann überwunden werden, wenn zusätzlich der Imaginärteil der elektrischen Leitfähigkeit aufgenommen wird. In Labormessungen hat sich angedeutet, dass sich eine materialabhängige Kennlinie ergibt, wenn Real- ( $\sigma'$ ) und Imaginärteil ( $\sigma''$ ) der Leitfähigkeit gegeneinander aufgetragen werden. Zwar ist nicht jeder Kombination von Feuchte- und Salzgehalt ein eigenes Wertepaar ( $\sigma'$ ,  $\sigma''$ ) zugeordnet, generell sind aber Wertebereiche voneinander abgrenzbar: ein wachsender Salzgehalt bewirkt eine Zunahme von beider Komponenten, eine Abnahme des Wassergehalts eine Abnahme beider Komponenten. Es wird vermutet, dass derartige Kennlinien für Materialgruppen (womöglich in Einzelfällen materialspezifisch) zu ermitteln sind, und dann mit einer CR-Einzelmessung die gleichzeitige Bestimmung von Salz und Feuchte möglich sein könnte. Mit einer Multielektrodenapparatur wurden erste tomographische Widerstandsmessungen an einem Mauerwerksprobekörper aufgenommen, der in einer Wasserwanne gelagert wurde, um den Einfluss von aufsteigender Feuchte zu simulieren. Durch den Vergleich elektrischer Tomogramme in verschiedenen Höhen, sind Aussagen über die Wassergehaltsverteilung im Inneren möglich. Langfristig wird angestrebt durch andere zerstörungsfreie Verfahren, Informationen über den Wassergehalt zu gewinnen und diese in die Auswertung von CR Tomogrammen zu integrieren, um Hinweise auf mögliche Salzbelastungen zu erhalten. Zum Beispiel ist es möglich, durch die Inversion von Radarlaufzeiten die Geschwindigkeitsverteilung im Inneren eines Probekörpers zu bestimmen. Unter Zuhilfenahme von Mischgesetzen (CRIM, z.B. Schön) kann anschließend bei bekannter Porosität der Sättigungsgrad eines Mediums abgeschätzt werden.

Literatur

Kruschwitz, S. (2007) Assessment of the complex resistivity behavior of salt affected building materials, Technical University Berlin, Dissertation.

Schön, J. H. (1996) Physical properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics, Elsevier Science Publishers, Oxford. 2.2.

## **PGE 1 Aufbereitung großer Gleichstromgeoelektrischer Datensätze im Frequenzbereich**

*Thomas Agricola, Andreas Junge (Universität Frankfurt), Thomas Günther (GGA-Institut Hannover), Jörn Schünemann (GGA-Insitut Hannover)*

E-Mail: [agricola@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:agricola@geophysik.uni-frankfurt.de)

Im Oktober 2006 wurde in der Umgebung der Kinzigtalsperre(Hessen) ein gleichstromgeoelektrischer Feldversuch durchgeführt (Agricola et al 2006, 2007). Hierbei wurden Dipol-Dipol Anordnungen mit einer Dipollänge von ca. 50m verwendet. Die maximale Entfernung der Dipole zueinander betrug



ca. 1,5 km, die Einspeisung erfolgte mittels einer programmierbaren Hochstromquelle (Südekum et al. 2004). Es wurden maximal 40A und 1000V eingespeist. Die Spannungssignale wurde mit dem Datenlogger GELORE (Rossberg et al. 2004) kontinuierlich aufgezeichnet und im Frequenzbereich ausgewertet. Hierzu wurden die Daten auf die Zeitabschnitte der Einspeisung begrenzt und Fourier transformiert. Anschließend wurde für ein schmales Frequenzband, um die Grundschiwingung der Einspeisung, die Energiedichte des Stromes und der Spannung berechnet. Aus dem Verhältnis der Energiedichten wurde der scheinbare Widerstand bestimmt. Das Vorzeichen der Widerstände wurde über die Veränderungen der Phasenwinkel bestimmt. Zurzeit werden die auf diese Weise gewonnen scheinbaren Widerstände mittels der Programmbibliothek DCMatLab (Günther 2005) modelliert.

#### Literatur

- Agricola, T., Schünemann, J. & Junge, A. (2006): Großflächige Gleichstrommessungen an Land und im Wasser: Technische Aspekte - Mitteilungen der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, 4, 6-17.
- Agricola, T., Schünemann, J. & Junge, A. (2006): Großräumige gleichstromgeoelektrische Messungen in einem Flachsee – Poster Präsentation DGG-Tagung 2007.
- Günther, T. (2005): Inversion Methods and Resolution Analysis for the 2D/3D Reconstruction of Resistivity Structures from DC Measurements, PhD Thesis, University of Mining and Technology, Freiberg (Germany), <https://fridolin.tu-freiberg.de/archiv/pdf/GeowissenschaftenGXntherThomas415227.pdf>.
- Roßberg, R., Golden, S., Beblo, M.(2004): Datensammeln,- fast ohne Energie, Geolore - Ein batteriegestützter Datenlogger für wissenschaftliche Meßwerterfassung. – Elektronik, 18, S.78-86.
- Südekum, W., Brost, G., Sauer, J., Worzyk, P. & Grinat, M. (2004): Eine programmierbare Hochstromquelle - mit 50 A von DC bis AC - GGA-Institut, [www.gga-hannover.de](http://www.gga-hannover.de).

## PGE 2 Kombinierte elektrische und hydraulische Messungen an Böden

*Katrin Breede (Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre (ICG-4)), Andreas Kemna (Uni Bonn), Odilia Esser (Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre (ICG-4)), Egon Zimmermann (Forschungszentrum Jülich, Zentralinstitut für Elektronik (ZEL)), Roy Kasteel, Jan Vanderborcht (Forschungszentrum Jülich, Agrosphäre (ICG-4))*

E-Mail: [k.breede@fz-juelich.de](mailto:k.breede@fz-juelich.de)

Fließ- und Transportprozesse in Böden werden durch deren strukturelle und textuelle Zusammensetzung beeinflusst. Aufgrund unzureichender Kenntnisse über Heterogenitäten von Böden werden Vorhersagemöglichkeiten von ungesättigten Fließ- und Transportmodellen stark eingeschränkt. Geophysikalische Methoden bieten das Potenzial, Heterogenitäten mit relativ hoher räumlicher Auflösung zu erfassen.

Am Forschungszentrum Jülich wurden eine Multi-Step-Outflow-Anlage und Messapparaturen für elektrische Impedanzspektroskopie (SIP) und -tomographie (EIT) entwickelt, die für kombinierte hydraulische und elektrische Messungen genutzt werden.

Ziel der Arbeit ist die Charakterisierung uni- und multi-modaler hydraulischer Eigenschaften von Böden in der cm- bis dm-Skala mittels SIP und EIT.

Für erste Testmessungen an einem natürlichen Boden wurden die Druckstufen 15, 40, 80 und 160 mbar verwendet. Während der letzten beiden Druckstufen wurden mehrere SIP-Messungen durchgeführt, um zeitliche Änderungen während der Wasser-Neuverteilung im Boden zu erfassen. Bei 80 mbar bildet sich bei einer Frequenz von ungefähr 0,2 Hz ein Phasenmaximum, das mit abnehmendem Wassergehalt

im Boden abnimmt. Für 160 mbar ist kein einheitlicher Trend in den Phasenspektren zu erkennen. Der Realteil der komplexen elektrischen Leitfähigkeit nimmt für alle Druckstufen mit abnehmender Sättigung ab.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Änderungen im Wassergehalt zu Änderungen in den elektrischen Spektren führen. Ein klarer Trend über alle Druckstufen hinweg lässt sich nur im Realteil der komplexen elektrischen Leitfähigkeit erkennen. Die Phasenspektren zeigen für eine Druckstufe von 80 mbar einen klaren Trend, der allerdings bei größeren Druckstufen nicht bestätigt werden kann. Möglicherweise wurde hier eine kritische Sättigungsgrenze erreicht bzw. unterschritten, unterhalb derer der Wasserfilm an den Kornoberflächen (teilweise) abreißt, so dass Polarisationsprozesse behindert werden.

### **PGE 3 Anwendung geophysikalischer Messmethoden zur Abschätzung eines Tonvorkommens**

*Anne-Kristin Pusch (Helmholtz - Zentrum für Umweltforschung UFZ)*

E-Mail: [anne.pusch@ufz.de](mailto:anne.pusch@ufz.de)

Mit dem Ziel die Ressourcen eines Tonvorkommens abzuschätzen und die Kombination verschiedener Messverfahren zu verifizieren, führte das Helmholtz Zentrum für Umweltforschung UFZ Leipzig im Herbst 2007 auf dem Gelände der Tongrube der Firma Rösl GmbH bei Taucha (Sachsen, Dtl.) verschiedene geophysikalische Messungen durch. Der geologische Aufbau des Untergrundes ist sehr heterogen und von quartären Rinnenstrukturen durchzogen. Im Zuge des weiteren Tonabbaus soll ein Abgleich mit den tatsächlichen geologischen Verhältnissen und der geoelektrischen Messmethode erfolgen. Auf einem Bereich von ca. 100 x 100 m wurden fünf Geoelektrikprofile (Länge jeweils 100 m, Elektrodenabstand 1 m), fünf direct push Sondierungen (EC-Logs, Profile der elektrischen Leitfähigkeit) und Untersuchungen mit Georadar (Profillänge 100 m) durchgeführt. Die Interpretation erfolgte unter Zuhilfenahme von Schichtenverzeichnissen älterer Bohrungen. In die geoelektrische Inversion wurden die Ergebnisse der anderen Messmethoden als a priori Informationen mit einbezogen. Dadurch können die vorhandenen Tongrenzen abgeschätzt und ein Überblick über noch vorhandene Ressourcen gewonnen werden. Die Grenzen des abbaurelevanten Tonvorkommens konnten mit den Methoden gut abgeschätzt werden. Im Zuge des weiteren Abbaus der Tongrube werden die Ergebnisse der geophysikalischen Messungen und deren Interpretation mit den tatsächlichen geologischen Gegebenheiten verglichen.

### **PGE 4 Tensorgeoelektrische Messungen über einer eiszeitlichen Rinne - Ergebnisse**

*Jörn Schüenemann, Thomas Günther (Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, Hannover), Andreas Junge (Universität Frankfurt, Institut für Geowissenschaften)*

E-Mail: [joern.schuenemann@gga-hannover.de](mailto:joern.schuenemann@gga-hannover.de)

Zur genaueren Untersuchung einer eiszeitlichen Rinnenstruktur im Raum Cuxhaven wurden großskalige elektrische Dipolmessungen durchgeführt. Es waren verschiedene Schritte zur Bearbeitung der Zeitreihen notwendig, um die gewünschten Ergebnisse zu erreichen. Zu Beginn wurden eine Zeitkorrektur und ein Resampling der Stromdaten durchgeführt. Es folgten der Einsatz verschiedener Filter, um die Datenqualität der Spannungszeitreihen zu verbessern.

Der Ohmsche Widerstand als Quotient  $U/I$  kann durch verschiedene Methoden bestimmt werden: Im Frequenzbereich aus den Amplituden der Grundfrequenzen von Strom- und Spannungssignal, durch Stapelung der Signale und Bestimmung von Plateauwerten sowie aus einer Ausgleichsrechnung, bei der durch einen Least-Squares Ansatz eine Korrelation zwischen Strom und Spannung bestimmt wird. Ergebnis ist ein Widerstand und sein Fehler. Es werden ein Vergleich der Methoden anhand von synthetischen und gemessenen Signalen gezeigt und Vor- und Nachteile erörtert.

Die Resultate lassen sich in unterschiedlicher Form präsentieren. Aus den Daten können zunächst skalare  $\rho_a$  Werte mit Hilfe des Geometrie-Faktors ermittelt und für jede Sender-Empfänger Kombination dargestellt werden. Für jeweils zwei Sender und zwei Empfänger erfolgt im nächsten Schritt die Bestimmung eines scheinbaren Widerstandstensors. Zusätzlich lassen sich Invarianten des Tensors berechnen, die mittlere Widerstände angeben können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Ergebnisse in Form von Widerstandsellipsen verdeutlicht werden. Diese deuten durch ihre Richtung auf Widerstandskontraste im Untergrund hin. Sie können also vorrangige Fließrichtungen des Strom anzeigen. Unter Verwendung verschiedener dreidimensionale Modellrechnungen und Inversionsrechnungen werden weitere Informationen über die geologischen Verhältnisse des Untergrundes gewonnen.



## **Geodäsie und Fernerkundung**

GF

## **GF 1 Detektion und Messung oberflächennaher Deformationen aufgrund unterirdischer Kernexplosionen mit dem Verfahren der differentiellen SAR Interferometrie**

Xiaoying Cong, Jörg Schlittenhardt (BGR), Karl-Heiz Gutjahr (Joanneum Research), Uwe Sörgel (Leibniz Universität Hannover)

E-Mail: [debra.cong@gmx.de](mailto:debra.cong@gmx.de)

Zur Ergänzung der im CTBT (Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty) vorgesehenen seismischen Verfahren wird im Rahmen des EU-Projekts GMOSS die Eignung satellitengestützter Methoden zur genaueren Lokalisierung und Identifikation unterirdischer Kernexplosionen untersucht. Zur Validierung des Verfahrens wurden Daten bekannter Kernwaffenversuche aus der Nevada Test Site (NTS), USA, (Vincent *et al.*, 2003) anhand des Mikrowellen-Daten basierten DInSAR (Differential SAR Interferometry) Verfahrens untersucht. Die über längere Zeitintervalle auf großen Flächen stattfindenden Absenkungen werden durch die Phasenmessung mit Genauigkeiten im Subzentimeter Bereich erfasst (Cong *et al.*, 2007). Zur Verbesserung der Ortungsgenauigkeit bei dem DInSAR Verfahren wird die Sensormodellierung anhand des vorhandenen DEMs (Digital Elevation Model) eingeführt, um systematische Fehler bei der Bildgenerierung zu verringern.

Als kritisches Beispiel für die Anwendung des Verfahrens werden Ergebnisse der Untersuchung des in gebirgiger Topographie durchgeführten Nukleartests geringer Ladungsstärke in Nordkorea (Oktober 2006) vorgestellt. Es wird erwartet, dass die Satellitenverfahren mit dem Start neuer ziviler Satelliten zukünftig an Potential gewinnen, um die globalen Nuklearaktivitäten anhand kommerziell erhältlicher Daten zu überwachen, und somit nützliche Informationen zur Ergänzung der etablierten Verifikationstechnologien zu liefern.

### Literatur

Vincent, P., S. Larsen, D. Galloway, R. J. Lacznia, W. R. Walter, W. Foxall, and J. J. Zucca, 2003, New signatures of underground nuclear tests revealed by satellite radar interferometry, *Geophys. Res. Letters*, 30(22), 2141.

Cong, X., K. Gutjahr, J. Schlittenhardt and U. Sörgel, 2007, The application of differential SAR interferometry to the measurement of surface displacement caused by underground nuclear explosions, *ISPRS Workshop*, Hannover

## **GF 2 Luftbilderfassung einer Großhangbewegung in Vorarlberg mit Hilfe von UAVs**

Uwe Niethammer, Manfred Joswig (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)

E-Mail: [uwe.niethammer@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:uwe.niethammer@geophys.uni-stuttgart.de)

Am Heumöser Hang (Vorarlberg, Österreich) werden vom Institut für Geophysik der Universität Stuttgart im Rahmen der DFG-Forschergruppe 581 seismische Verfahren zur Feststellung von Bruchprozessen einer Großhangbewegung eingesetzt. Die bisher registrierten seismischen Impulse werden durch Spannungsabbauprozesse während der Rutschung hervorgerufen.

Um Unstetigkeiten am Hang anhand von Luftbildern zu erfassen, wird nun erstmals eine hochauflösende Luftbilderfassung mit Hilfe von unbemannten Flugzeugen durchgeführt. Hierfür werden manuell gesteuerte Motorseglar, GPS/INS-gesteuerte Elektromodelle und IMU-stabilisierte Quadrocopter ver-

wendet. Die Vorteile einer Befliegung mit UAVs liegen vor allem in der flexiblen und kostengünstigen Einsatzfähigkeit.

Es liegen nun erste Ergebnisse der Befliegungen vor. Abrisskanten und Vegetationskontraste lassen sich mit Hilfe der hochauflösenden Luftbilder gut lokalisieren. Diese Unstetigkeiten liefern Hinweise auf Scherzonen und Wasserwegsamkeiten, welche die Stabilität des Hanges beeinflussen können. Um die Lage der registrierten Epizentren mit diesen Unstetigkeiten zusammenzuführen, lassen sich mit Hilfe der Bildverarbeitung weitere Analysen durchführen. Zusätzlich können aus den Luftaufnahmen photogrammetrische Auswertungen und hochauflösende digitale Geländemodellen erstellt werden.

## **PGF 1 Terrestrische Validierung von Schwerefeldvariationen aus Satellitengestützten Beobachtungen (GRACE) mit Supraleitenden Gravimetern und Absolutgravimetern**

*Adelheid Weise (Institut für Geowissenschaften, Universität Jena), Corinna Kroner, Maiko Abe (GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)), Johannes Ihde (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Frankfurt/M. (BKG)), Gerhard Jentzsch (Institut für Geowissenschaften, Universität Jena), Jürgen Neumeyer, Markus Rothacher (GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)), Herbert Wilmes, Hartmut Wziontek (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Frankfurt/M. (BKG))*

E-Mail: [gerhard.jentzsch@uni-jena.de](mailto:gerhard.jentzsch@uni-jena.de)

Beobachtungen aus dem Netz supraleitender Gravimeter des ‚Global Geodynamics Project‘ (GGP) bieten in Kombination mit wiederholten Absolutschweremessungen und Daten permanenter GPS-Stationen die Möglichkeit, aus der GRACE-Mission abgeleitete Schwerefeldvariationen zu ergänzen bzw. zu validieren. Da Schweredaten sowohl terrestrischer als auch Satellitengestützter Beobachtungen wesentliche Informationen zu Massentransporten enthalten, eignen sie sich zur Evaluierung hydrologischer Modelle, wobei deren Optimierung gleichzeitig zu einer verbesserten Reduktion hydrologischer Signale in den Schwerebeobachtungen beiträgt.

Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Auflösung der verschiedenen gravimetrischen Datensätze liegt in deren Kombination ein größtmöglicher Informationsgewinn. Für eine konsistente Verknüpfung sind die Auflösungsunterschiede zwischen den Datensätzen zu überwinden. Eine weitere Aufgabe liegt in der Trennung lokaler und regionaler Einflüsse in den terrestrischen Schwerefeldbeobachtungen.

Die Ergebnisse der Arbeiten werden zu einer Optimierung in der Nutzung Satellitengestützter Schweredaten zum Nachweis großräumiger Massenverlagerungen und zu einer Verbesserung von Massentransfer-Modellen beitragen. Die Arbeiten konzentrieren sich zunächst auf Europa, wo ein dichtes Stationsnetz mit Langzeitbeobachtungen vorhanden ist. Das Verfahren zur Verknüpfung von terrestrischen mit aus Satellitendaten abgeleiteten Schwerefeldvariationen wird auf andere Regionen der Erde übertragbar sein. Erste Vergleiche zwischen terrestrisch beobachteten Schwerefeldvariationen und aus Satellitendaten abgeleitete Änderungen zeigen neben grundsätzlichen Übereinstimmungen auch systematische Abweichungen hinsichtlich Amplitude und Phase.





## **Geothermie und Radiometrie**

GR

## **GR 1 Airborne gamma-ray spectrometry in the Czech part of the Fichtelgebirge and Erzgebirge - Natural radioactive pattern and radioactive pollution**

*Ivan Gnojek, Jirí Sedlák, Stanislav Zabadal (Miligal, s.r.o.)*

E-Mail: [gnojek@miligal.cz](mailto:gnojek@miligal.cz)

The detail and highly responsive airborne gamma-ray spectrometric mapping was realized in the western part of Bohemia covering the territories of the Cheb, Sokolov, Karlovy Vary and Chomutov districts, total area of c. 3000 km<sup>2</sup>. The high responsiveness of this mapping was attained using the Exploranium 256-channel gamma-ray spectrometer with 33.6 litres of the NaI(Tl) scintillation detectors. The detailed survey was ensured with the application of 250 m flight line spacing and by using low 100 m ground clearance.

The maps showing distributions of potassium, uranium and thorium concentrations, square activity of cesium (<sup>137</sup>Cs), total count gamma activity, gamma air dose rate and so called map of radiation load to the inhabitation were gained of this airborne mapping. The mentioned maps reflect variegated geology of the area and show a lot of localities polluted by mining (mostly uranium) industry. The resulting gamma-ray spectrometric maps will be presented and commented together with aeromagnetic map.

## **PGR 1 Die Wärmeleitfähigkeit von 2-Komponentensystemen**

*Günter Buntebarth (Clausthal-Zellerfeld), Michael Jobmann (Peine)*

E-Mail: [guenter.buntebarth@tu-clausthal.de](mailto:guenter.buntebarth@tu-clausthal.de)

Zur Abschätzung der Wärmeleitfähigkeit von Gemischen aus zwei oder mehr Komponenten wird das Hilfsmittel einer Mischungsregel genutzt. Häufig findet das geometrische Mittel Anwendung, weil es in vielen Fällen den Messergebnissen nahe kommt. Auf physikalischer Basis beruht die WIENER'sche Mischungsregel, bei der jedoch neben dem Mischungsverhältnis noch ein Strukturparameter eingeht, der separat ermittelt werden muß. Grenzfälle dieser Regel sind das gewichtete Mittel der Wärmeleitfähigkeiten der Komponenten und dasjenige der Wärmewiderstände. Es werden systematische Untersuchungen vorgestellt, bei denen ein Ton (Bentonit) sowohl mit Quarz als auch mit Graphit gemischt wird. Am hergestellten Preßling wird die Wärmeleitfähigkeit bestimmt und der erhaltene Wert mit dem theoretischen Wert aus den unterschiedlichen Mischungsregeln verglichen. Die Grenzen der Gültigkeit der einzelnen Mischungsregeln wird damit aufgezeigt.

## **PGR 2 Hochauflösende reflexionsseismische Erkundung von oberflächennahen Störzonen im südlichen Oberrheingraben: Erste Ergebnisse**

*Patrick Musmann, Herman Bunness, Hanna-Maria Rumpel (GGA-Institut)*

E-Mail: [Patrick.Musmann@gga-hannover.de](mailto:Patrick.Musmann@gga-hannover.de)

Im Oberrheingraben führte die känozoische Grabenbildung zur Ausbildung zahlreicher Störungssysteme, die wichtige Fluid-Wegsamkeiten für die geothermische Nutzung darstellen können (*kluftdominierte* Aquifere). Zur seismischen Charakterisierung solcher Störungssysteme wurden im Herbst 2007 im Rahmen des Forschungsprojektes "Der Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten" reflexionsseismische 2D-Messungen in der Region Offenburg/Neuried

durchgeführt. Dabei wurden gezielt auf Störungen, die bis weit an die Oberfläche reichen, einzelne Profile angesetzt. Folgende Fragestellungen sollen beantwortet werden:

- Reichen 2D-Messungen zur Erkennung des oberflächennahen Störungsmusters aus?
- Welche Processingverfahren sind zur Abbildung der Störungen geeignet?
- Wie lange sind die Störungssysteme aktiv gewesen?
- Wie hochauflösend müssen solche Messungen sein?

Angeregt wurde mit dem 2,7t P-Wellen-Kleinvibrator des GGA-Instituts in einem Frequenzbereich von 30-360Hz. Registriert wurde entlang einer 500m langen Auslage mit 2m Geophonabstand.

Die Qualität der aufgenommenen Daten ist sehr gut. In den Einzelschüssen lassen sich Reflexionen bis zu einer Tiefe von gut 500m und über die gesamte Auslagenlänge verfolgen.

Erste Stapelsektionen lösen die Einheiten des jüngeren Tertiärs und des Quartärs hoch auf. Der oberflächennahe Bereich bis 200m weist eine hohe Reflektivität auf. In ca. 200m Tiefe zeichnet sich durchgängig ein starker Reflektor ab, der als Quartär-Tertiär-Grenze interpretiert wird. Darunter wechseln sich sölige und geneigte Reflektorlagen mit stark variierenden Reflektivitäten ab. Insbesondere der Bereich der Störzone ist äußerst heterogen. Dort zeichnet sich ein komplexes Muster von steil einfallenden Störungssystemen ab.

### **PGR 3 Der Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten**

*Hanna-Maria Rumpel, Thies Beilecke, Hermann Bunes, Patrick Musmann, Hartwig von Hartmann (GGA-Institut)*

E-Mail: [Hanna-Maria.Rumpel@gga-hannover.de](mailto:Hanna-Maria.Rumpel@gga-hannover.de)

Die hydrothermale Geothermie besitzt ein großes Potenzial für die Energieversorgung in Deutschland. Ein wesentliches Hemmnis für die kommerzielle Nutzung, ist das Fündigkeitsrisiko, da Tiefbohrungen für eine geothermische Anlage einen sehr hohen finanziellen Aufwand erfordern. Eine Risikoverminderung wird durch den Einsatz seismischer Verfahren erreicht, wie sie auch in der Kohlenwasserstoffexploration angewendet werden.

Für die Anwendung der Seismik auf geothermische Fragestellungen gibt es eine Reihe offener Fragen, die im Rahmen dieses Projektes diskutiert werden sollen: (1) Welche notwendigen Zusatzinformationen ermöglichen 3D gegenüber 2D seismischen Messungen? (2) Welche seismische Auflösung wird für ein hydrothermales Lagerstättenmodell benötigt? (3) Welche methodischen Ansätze zur Faziesmodellierung, der Kartierung lithologischer Parameter und der Klufiterkennung sind speziell für die geothermische Exploration praktikabel oder müssen hierfür weiterentwickelt werden? (4) Welche Informationen können aus seismischen Bohrlochmessungen (VSP, MSP) gewonnen werden?

In Deutschland können drei ganz unterschiedliche geologische Regionen aufgrund der Art der Aquifere unterschieden werden: (1) Die verkarsteten Malmkalke unterhalb des süddeutschen Molassebeckens, (2) die zergliederten Einheiten des Muschelkalk und Buntsandsteins des Oberrheingrabens und (3) der Buntsandstein des norddeutschen Beckens. Aus jeder dieser drei Regionen wird ein 3D sowie mehrere 2D Datensätze untersucht, die einen konkreten Bezug zu geothermischen Fragestellungen aufweisen.



## **Geschichte der Geophysik**

## **PGS 1 Ludwig F. Weickmann (1882-1961) - Pionier und Schrittmacher der Geophysik**

*Franz Jacobs (Universität Leipzig), Michael Börngen (Sächsische Akademie der Wissenschaften Leipzig)*

E-Mail: [jacobs@uni-leipzig.de](mailto:jacobs@uni-leipzig.de)

Ludwig F. Weickmann war von 1923 bis 1945 Ordinarius für Geophysik an der Universität Leipzig und dort Direktor des 1913 gegründeten Geophysikalischen Instituts sowie des 1932 eröffneten Observatoriums Collm.

Weickmann hat die Entwicklung der Geophysik im Zusammenwirken der Teilgebiete Atmosphäre, Feste Erde und Hydrosphäre beispielhaft gefördert. Aus der Meteorologie kommend gelangen ihm und seinen Schülern bahnbrechende Arbeiten auch auf dem Gebiet der Angewandten Geophysik, beispielsweise bei geomagnetischen Untersuchungen in Sachsen und bei der Konstruktion eines Horizontal-Doppelpendels.

Ludwig Weickmann setzte u.a. Beno Gutenbergs Herausgabe des HANDBUCH DER GEOPHYSIK fort, war seit 1932 Mitglied der Leopoldina, Präsident der Sächsischen Akademie der Wissenschaften und über ein Jahrzehnt auch Stellvertretender Vorsitzender der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft.

## **PGS 2 The Discovery of the Occurrence of Earthquakes on Tectonic Faults by Eduard Sueß in 1873**

*Jürgen Strehlau (Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel)*

E-Mail: [strehlau@pclab.ifg.uni-kiel.de](mailto:strehlau@pclab.ifg.uni-kiel.de)

The idea that earthquakes are associated with sudden displacements on fractures and faults is closely related to the incipient development of tectonics in the early 19th century. Initially, however, little evidence supported the view that tectonic faulting causes earthquakes; observations of ground rupture were still rare and anecdotal, and the opposite interpretation (that strong seismic shaking generates fault offsets) could not be ruled out. Consequently, most Earth scientists continued to adhere to the traditional view that all earthquakes are of volcanic origin or are caused by the collapse of subterranean cavities.

Progress began to accelerate when the Austrian geologist Eduard Sueß (1831-1914) examined the question "whether...great fracture lines...have an effect on the distribution of earthquakes or not". In two papers presented to the Imperial Academy of Sciences in Vienna in June and November of 1873 (published in 1874 and 1875), Sueß plotted the locations of maximum felt intensities of historic earthquakes in Lower Austria and southern Italy. He found that epicentral areas were not distributed diffusely but appeared to be aligned along conspicuous lineaments, one of which he termed the Mur-Mürz line (now known as a section of the Vienna Basin Transfer Fault). Sueß deduced from his observations that earthquakes occur on "...lines remaining constant for centuries, representing fractures or faults or some other discontinuity in the Earth's crust". Sueß was thus probably the first who used aligned epicenters to infer the presence of active faults. Since most of the earthquakes he studied were spatially distinct from volcanic areas, he concluded that earthquakes are mainly associated with tectonic, rather than volcanic, processes.

Sueß' results motivated other geologists, among them Rudolf Hoernes (one of his students, Vienna/Graz), Hermann Credner (Leipzig), and Arnold von Lasaulx (Bonn/Breslau/Kiel), to correlate

the strike of elongated isoseismals of individual earthquakes with tectonic faults that had previously been mapped in the epicentral regions (the strong effect of local site conditions on ground shaking was still largely unknown). Although this approach generally supported the concept of earthquakes occurring on faults, the seismometers required for observing the actual faulting process had not yet been invented.

From the late 1880s onward, photographs of fresh fault scarps offsetting roads, fencelines, railroad tracks, etc. provided effective documentation that helped resolve the question as to whether earthquakes cause faulting or whether faulting causes earthquakes. Following the 1906 San Francisco earthquake, tectonic faulting became widely accepted as a major cause of earthquakes. Finally, after more than a century of research, the fundamental importance of seismogenic faulting was confirmed in the mid 1960s by hypocentral locations from seismic station networks and the physical analysis of seismograms in terms of fault slip.





## Gravimetrie

## **GV 1 Gravimetrische Detektion von Höhenänderungen trotz saisonaler Schwereänderungen**

*Hans-Martin Münch (Angewandte Geophysik, Geologisches Institut, Universität Bonn)*

E-Mail: [H.-M.Muench@Web.de](mailto:H.-M.Muench@Web.de)

Von 1998 bis 2001 wurden in einem Messnetz über dem Erftsprung, einer tektonisch aktiven Verwerfung in der Niederrheinischen Bucht, Relativ-Schweremessungen mit dem LaCoste & Romberg (jetzt: Micro-g LaCoste - A division of LRS) Gravimeter LCR G-1029 durchgeführt. Die Messungen mit einer Auflösung unter  $100\text{nm s}^{-2}$  ( $10\mu\text{Gal}$ ) fanden zunächst im Rahmen des Teilprojektes C1 des Bonner Sonderforschungsbereiches (SFB) 350 *Wechselwirkung kontinentaler Stoffsysteme und ihre Modellierung* statt (KEYSERS, 2001). Dort war die Zielsetzung die gravimetrische Detektion von Höhenänderungen zwischen den Messpunkten, die sich auf entgegengesetzten Seiten des Verwerfungssystems befinden. Bei den gravimetrischen Messungen zeigte sich eine signifikante saisonale Änderung in den Schweredifferenzen (Amplitude bis zu  $16\mu\text{Gal}$ ). Dieser Jahresgang weist eine zeitliche Übereinstimmung auf mit dem Verhältnis der elektrischen Widerstände (Bodenfeuchte) beidseits des Erftsprungs. Nach Reduktion der Schweredifferenzänderungen auf einen linearen Anteil wurde nun der Vergleich mit geodätisch beobachteten Höhenänderungen (Senkraten bis über  $3,3\text{cm/y}$ ) möglich (MÜNCH, 2007): Die durchschnittliche Differenz zwischen aus gravimetrischen Messungen berechneter und gemessener Höhendifferenzänderung beträgt nur  $0,5\text{cm}$  ( $\sigma_{n-1} = 1,0\text{cm}$ ). Die Genauigkeit für einen einzelnen Messpunkt reicht dabei zwar nicht an die direkte Höhenmessung heran, ist aber bei den vorliegenden saisonalen Schweredifferenzänderungen bemerkenswert und macht die Methode interessant für Gebiete, die keine saisonalen Schwereänderungen aufweisen.

### Literatur

Keyzers, C. J. (2001): Erfassung von Schwereänderungen in zwei lokalen Netzen in der Niederrheinischen Bucht von 1998 bis 2000. Dissertation, Math.-Nat. Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Shaker-Verlag, Aachen 2001.

Münch, H.-M. (2007): Zeitliche Schwereänderungen an einer Verwerfung in der Niederrheinischen Bucht und ihre möglichen Ursachen. Grin Verlag für akademische Texte GbR, München 2007: <http://tinyurl.com/37rgrt>.

## **GV 2 Aerogravimetrische Vermessung im deutschen Nordseesektor**

*Ingo Heyde (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)*

E-Mail: [ingo.heyde@bgr.de](mailto:ingo.heyde@bgr.de)

Die BGR führt seit den 60er Jahren seegravimetrische Messungen auf Forschungsschiffen durch. Seit 1984 wird dafür das KSS31 der Bodenseewerk Geosystem GmbH verwendet. Das System wurde in den letzten Jahren modifiziert und ergänzt, um es auch für die Aerogravimetrie einzusetzen.

Im Mai 2007 erfolgte der erste längere Feldeinsatz des Gesamtsystems. Dabei wurde ein Großteil des deutschen Nordseesektors aerogravimetrisch vermessen. Die Flüge erfolgten mit einer Aero Commander 680 LV vom Flugplatz Wilhelmshaven-Mariensiel aus. Während 17 Flüge wurden 32 NW-SE Profile mit einem Profilabstand von 5 km und 11 Querprofile mit 20 bzw. 30 km Abstand gemessen. Die Gesamtprofillänge beträgt etwa 10500 km. Die Messflughöhe lag in der Regel bei 350 m. Die Fluggeschwindigkeit betrug windabhängig 95-115 kn über Grund.

Zur Bestimmung der Freiluftschwereanomalien müssen etliche Reduktionen und Korrekturen bestimmt

werden. Für diese sind hochgenaue Positionen und Geschwindigkeiten notwendig. Die kinematischen GPS Daten wurden von 3 Antennen registriert und mit einer INS Einheit gekoppelt. Eine eigene GPS Basisstation wurde am Flugplatz Mariensiel betrieben, weitere Stationsdaten wurden nach Bedarf vom LGN Niedersachsen bzw. GEONORD (Schleswig-Holstein/Hamburg) beschafft.

Vergleichende Schweremessungen wurden auf der marinen Nordseefahrt BGR07 mit R/V FRANKLIN im Juni/Juli 2007 durchgeführt.

### **GV 3 Einfluss des geologischen Untergrundes auf das oberflächennahe Schwerefeld**

*Karin U. Kessler-Schulz, H. Richard Schulz (Rosengarten Angewandte Gravimetrie Dr. H. Richard Schulz)*

E-Mail: [office@angewandte-gravimetrie.de](mailto:office@angewandte-gravimetrie.de)

Bei mikrogravimetrischen Aufnahmen ist es wichtig den Einfluss der geologischen Einheiten zu berücksichtigen. Hierbei spielt die Dichte des anstehenden Materials eine entscheidende Rolle bei der Berechnung von Bougueranomalien. Es wird exemplarisch der Einfluss des Geländes auf den Bouguerschwerewert durch unterschiedliche Dichten im Gelände dargestellt. Hierbei wird kurz die Arbeitsweise, um zum Geländemodell zu gelangen, erläutert. Der Schwerpunkt liegt in der Betrachtung der erzielbaren Verbesserung der Geländekorrektur bei ausgeprägter lithologischer Heterogenität. Die Anwendung dieser verbesserten Geländekorrektur bei oberflächennaher Geophysik konnte bereits bei Fragen des Verkarstungsgrades im nahen Untergrund erfolgreich eingesetzt werden.

### **GV 4 Produkte der Schwerefeldmission GOCE**

*Anja Schlicht, Sabine Lange (GOCE-Projektbüro am IAPG der TU München), Thomas Gruber (IAPG der TU München)*

E-Mail: [schlicht@bv.tum.de](mailto:schlicht@bv.tum.de)

GOCE (gravity field and steady state ocean circulation explorer) ist die Schweregradiometriemission der ESA. Er ist der erste Kernsatellit aus dem Living Planet Programm.

Die im Frühjahr startende Mission wird folgende Produkte liefern:

- Schwerefeldgradienten im Gradiometerbezugssystem mit Fehlerabschätzung
- Schwerefeldgradienten im lokal nordorientiertem Bezugssystem mit Fehlerabschätzung
- Die präzise Bahn aus SST im erdfesten Bezugssystem sowohl aus der reduziert dynamischen Methode als auch mit der kinematischen Methode. Für die zweite wird die Varianz-Kovarianz-Information mitgeliefert. Außerdem ist die Rotationsmatrix ins inertielle Bezugssystem angegeben.
- Das GOCE Schwerefeld als Kugelflächenfunktionskoeffizienten. Und als Rasterdaten mit  $30' \times 30'$  zwischen  $82^\circ$  geographischer Breite die Geoidhöhen, die Schwerefeldanomalie und die Abweichung von der Vertikalen.
- Die volle Varianz-Kovarianz-Matrix für die Kugelflächenfunktionskoeffizienten des GOCE Schwerefeldmodells

## **PGV 1 Contribution of filtering gravity anomalies in the cartography of tectonic accidents related to saline area (north-west of Tunisia)**

*Imen Hamdi, Abdelhamid Ben Salem, Mohamed Hedi Inoubl, Said Tlig (University of Science of Tunis)*

E-Mail: [imenhamdi79@yahoo.fr](mailto:imenhamdi79@yahoo.fr)

Gravity data were analyzed in conjunction with available geological data to understand the organization of the underlying structures in saline area within the Northern Tunisian Atlas. The gravity data analysis included the construction of a Bouguer gravity anomaly, residual gravity anomaly and enhanced horizontal gravity gradient maps and upward continuation maps. Gravity data cover the 1/50 000 scale map of Saline. Gravity measurements were performed using a grid of one station/Km<sup>2</sup>.

Comparison of gravity maps, geological and structural maps allows the identification of major structural directions and trends of the study area. It confirms some structural elements gathered from outcrops and defines new ones. The gravity anomaly maps shows a prominent negative anomaly oriented NW-SE it is related to collapsed structure limited by two NW-SE fault systems.

## **PGV 2 Die GOCE-Mission**

*Sabine Lange, Anja Schlicht (GOCE-Projektbüro am IAPG der TU München), Thomas Gruber (IAPG der TU München)*

E-Mail: [lange@bv.tum.de](mailto:lange@bv.tum.de)

Der Gravity Field and Steady State Ocean Circulation Explorer (GOCE) ist der erste Kernsatellit des Living Planet Programms der ESA. Dieses Programm hat die Aufgabe, mehr über das System Erde zu lernen, um z.B. zuverlässigere Vorhersagen über Effekte, die ein verändertes Klima mit sich bringt, machen zu können.

GOCE wurde geschaffen, um das Gravitationsfeld der Erde in bisher unerreichter Genauigkeit und räumlicher Auflösung (100 km) zu vermessen: die Erdschwereanomalien sollen mit einer Genauigkeit von 1 mGAL erfasst, das Geoid mit einer Genauigkeit von 1-2 cm ermittelt werden.

Was ist nun an GOCE einmalig?

- Erstmals wird ein in Europa hergestellter wissenschaftlicher GPS-Empfänger an Bord eines Satelliten eingesetzt. Der Satellit selbst wird als Probemasse im Erdschwerefeld gesehen und seine Position mit Hilfe von GPS bestimmt. Damit werden vor allem die großskaligen Strukturen im Erdschwerefeld erfasst.
- Erstmals ist ein Gravitationsgradiometer an Bord eines Satelliten. Dieses löst alle kleinskaligen Schwankungen des Gravitationsfeldes auf.
- Der Satellit fliegt auf einer extrem niedrigen Umlaufbahn (ca. 250 km).
- Ein Drag-free-System gleicht Störkräfte auf den Satelliten aus und hält den Satelliten praktisch im freien Fall.
- Die Lageregelung fährt den Satelliten butterweich um die Erde.
- Durch die Verwendung absolut formstabiler Baumaterialien und durch eine perfekte Thermostatisierung führt das Gravitationsgradiometer störungsfrei seine Messungen durch.

Anwendung finden diese Daten im Vermessungswesen, in der Ozeanographie und Meeresspiegelforschung, in der Glaziologie und im Forschungsbereich Physik der festen Erde.



## **Erdmagnetismus**

## **PME 1 Aufbau einer erdmagnetischen Messstation mit Spannbandmagnetometern**

*Tony Ballhause, Ralph-Uwe Börner, Klaus Spitzer (TU Freiberg)*

E-Mail: [warriorz774@gmx.net](mailto:warriorz774@gmx.net)

Die Erforschung der zeitlichen Veränderungen des Erdmagnetfelds hat eine lange Geschichte. Zur Registrierung erdmagnetischer Variationen wurden Magnetometer unterschiedlicher Funktionsweise eingesetzt. In den späten 1980er Jahren wurden am Institut für Geophysik der damaligen Bergakademie Freiberg Spannbandmagnetometer konstruiert. Diese Geräte wurden für die langperiodische Magnetotellurik entwickelt und in den 1990er Jahren durch Induktionsspulen für kurzperiodische Registrierungen abgelöst. Zweck dieser Arbeit ist eine Wiederinbetriebnahme der Spannbandmagnetometer mit dem Ziel der späteren Nutzung als Registrierstation für erdmagnetische Variationen. Zunächst gilt es, die Messgeräte technisch wieder in einen einsatzbereiten Zustand zu bringen. Dies beinhaltet die Erneuerung der Spannbänder sowie die Überprüfung der Registrierapparatur. Zentraler Bestandteil der experimentellen Arbeiten ist die Kalibrierung der Magnetometer in einer Helmholtzspule. Es wird beabsichtigt, im Lehr- und Forschungsbergwerk „Reiche Zeche“ der TU Bergakademie Freiberg eine erdmagnetische Messstation zu errichten, die weitgehend frei von mechanischen Erschütterungen und elektromagnetischem Rauschen ist. Besonderes Augenmerk gilt auch der Messwertübermittlung zwischen UntertageLabor und Institut. Dazu soll eine Datenübertragung auf TCP/IP-Basis entwickelt werden.



# **Marine Geophysik**

## **MG 1 Seismische und aeromagnetische Untersuchungen des nordwestlichen Yermak-Plateaus**

*Wolfram Geissler, Wilfried Jokat, Max Voss (Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven)*

E-Mail: [Wolfram.Geissler@awi.de](mailto:Wolfram.Geissler@awi.de)

Die Trennung von Nordostgrönland und Svalbard erfolgt im Känozoikum durch großräumige Seitenverschiebungen. Geologische Beweise für diese Bewegungen können an Land sowohl in Nordgrönland wie auch auf der Insel Spitsbergen gefunden werden. Jedoch ist die Rolle des submarinen Yermak-Plateaus in nördlicher Verlängerung des Svalbard-Archipels in diesem Prozess immer noch unklar. Neue mehrkanal-seismische (10 km Linienabstand) und aeromagnetische Daten (7.5 km Linienabstand) über dem nordwestlichen Teil des Plateaus zeigen, dass das akustische Grundgebirge eine ähnliche Streichrichtung hat wie die geologischen Einheiten auf Spitsbergen. Eine bedeutende Störungszone trennt die wahrscheinlich durch Transtension/Transpression beeinflussten kontinentalen Strukturen im Westen von einem mehr in N-S-Richtung erweiterten krustalen Block im östlichen Bereich des Plateaus. Dieser Block ist charakterisiert durch starke aeromagnetische Anomalien, die zumindest auf eine stark intrudierte und erweiterte kontinentale oder gar ozeanische Kruste hindeuten. Die seismischen Daten zeigen außerdem, dass gleichmäßige Wassertiefe des Plateaus relativ jung ist. Während des größten Teils der känozoischen Vergangenheit des Yermak-Plateaus besaß dieses eine raue (Meeresboden-) Topographie, vergleichbar zur Topographie von Spitsbergen. Somit mag diese Paläobathymetrie eine bedeutende Rolle im Wasseraustausch zwischen dem arktischen Ozean und dem Nordatlantik vor der Öffnung der Fram-Straße gespielt haben. Letztere ist heute verantwortlich für Austausch der Wassermassen zwischen beiden Ozeanen. Nahe dem Meeresboden ausstreichende seismische Einheiten deuten darauf hin, dass es im Bereich des nordwestlichen Yermak-Plateaus glaziale Erosion gegeben hat.

## **MG 2 Das Agulhas Plateau: Struktur und Entstehung einer Large Igneous Province**

*Nicole Parsiegla, Karsten Gohl, Gabriele Uenzelmann-Neben (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven)*

E-Mail: [nicole.parsiegla@awi.de](mailto:nicole.parsiegla@awi.de)

Das Agulhas Plateau ist ein ozeanisches Plateau im indischen Ozean südlich Afrikas. Es erhebt sich 2500 m über den umgebenden Meeresboden und hat eine Fläche von 230000 km<sup>2</sup>. Mit dem Ziel, mehr über die Struktur, Entwicklung und die Auswirkungen von dessen Entstehung auf die Umwelt und das Klima zu erfahren, wurden refraktions- und reflexionsseismische sowie Potentialfelddaten entlang eines Profils über das Agulhas Plateau gesammelt. Ein resultierendes P-Wellen-Geschwindigkeitstiefenmodell zeigt eine Krustenmächtigkeit von durchschnittlich 20 km, wobei in den unteren 10 km hohe seismische Geschwindigkeiten über 7 km/s beobachtet werden. Die Hypothese einer Entstehung des Agulhas Plateaus als Large Igneous Province (LIP) wird von der ermittelten Geschwindigkeitstiefenstruktur bestätigt. Plattentektonische Rekonstruktionen zeigen, dass das Agulhas Plateau ein Teil einer viel größeren LIP war, zu der auch der Maud Rise und der Northeast Georgia Rise gehörten. Mit Hilfe zweier sich kreuzender refraktionsseismischer Profile, wurden das Gesamtvolumen des Plateaus ( $4 \times 10^6$  km<sup>3</sup>) und der Anteil an extrudiertem Material ( $4 \times 10^5$  km<sup>3</sup>) abgeschätzt. Für Schlussfolgerungen auf die Auswirkungen der Entstehung des Agulhas Plateaus auf Klima und Umwelt in der Kreidezeit ist das extrudierte Material von Interesse, da es durch Emission von Gasen wie z.B.

Kohlendioxid und Schwefeldioxid in Atmosphäre und Ozean, einen Einfluss ausüben kann. Werte für Kohlendioxid- und Schwefeldioxidemission konnten abgeschätzt werden. Schwefeldioxid könnte durch die Versauerung angrenzender Wassermassen einen deutlichen Einfluss auf die Umwelt gehabt haben. Im Gegensatz zu früheren Annahmen hatte die Kohlendioxidemission wahrscheinlich einen relativ geringen Einfluss. Zusätzlich führte eine Erwärmung des Wassers im Bereich des Agulhas Plateaus zu Freisetzung von im Wasser gelöstem Sauerstoff, was anoxische Bedingungen zu Folge hatte.

### MG 3 Seafloor compliance estimations at the Aegean Sea, Greece

*Celia Rios, Torsten Dahm (Universitaet Hamburg), Wolfgang Friederich (Ruhr-University Bochum)*

E-Mail: [celia.rios@zmaw.de](mailto:celia.rios@zmaw.de)

Seafloor compliance is the transfer function between vertical displacement and pressure at the seafloor. Infragravity waves in the oceanic layer have long periods in the range of 30 – 500 s and obey a simple frequency-wavenumber relation. Thus, seafloor compliance from infragravity waves can be analyzed with single station recordings to invert sub-seafloor shear wave velocities. Previous studies in the Atlantic and Pacific Ocean have demonstrated that reliable near-surface shear wave profiles can be derived from infragravity wave compliance. However, these studies indicate that, beside the water depth the compliance measurements are limited by instrument sensitivity, calibration uncertainties and possibly other effects.

In this work seafloor compliance and infragravity waves are for the first time observed in the Aegean Sea, using novel measurements acquired with ocean bottom stations of the German instrument pool for amphibian seismology (DEPAS). The data have been recorded within the scope of the EGELADOS Project. For our study, own calibration measurements have been conducted for the seismic and pressure sensors. After restitution, the vertical velocity and pressure data from four OBS stations were used to calculate power spectral densities and compliance curves at different sites in the Aegean Sea. The power spectral densities show a dominant peak at low frequencies (0.01-0.06Hz) limited by the expected depth-dependent cut-off frequency at each station. The peak has been interpreted as strong infragravity wave signal and further analysed. The depth resolution is from about 50 to 1000 meters for the shallow water stations and 200 to 2500 m for the deep water stations. Preliminary modeling indicates increasing shear wave velocities between about 200 and 3500 m/s. An observed steep slope in the compliance curve, however, cannot be modelled so far. The models will be presented and compared to surface wave derived shear wave velocities in the region.

#### References

DEPAS. Web page: [www.awi.de/en/research/research\\_divisions/geosciences/geophysics/depas\\_german\\_instrument\\_pool\\_for\\_amphibian\\_seismology](http://www.awi.de/en/research/research_divisions/geosciences/geophysics/depas_german_instrument_pool_for_amphibian_seismology)  
EGELADOS Project. Web page: [www.geophysik.ruhr-uni-bochum.de/research/egelados](http://www.geophysik.ruhr-uni-bochum.de/research/egelados)

## **MG 4 Drift-Analysis of ocean bottom pressure measurements**

*André Polster (Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik und Sensorik)*

E-Mail: [apolster@uni-bremen.de](mailto:apolster@uni-bremen.de)

Since the 1980s, the Paroscientific Digi-Quarz sensor is deployed by deep ocean bottom pressure measurements. The NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) use the sensors for there DART™ (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis) System since 1986. Here the mobile sensors repeatedly deployed on the ocean bottom. The present IODP (Integrated Ocean Drilling Program) also installed the sensors in there CORK (Circulation Obviation Retrofit Kit) System since 1992. Here the sensors will fix in the stationary CORK-Stations for some years on the ocean bottom. For the Paroscientific Digi-Quars sensors doesn't exist longtime drift analysis, because mostly deployment are only single measurements for one year. Now it is possible to analysing the longtime drift of the mobile DART and stationary CORK sensors and view there contrast. The ambition in this analysis is to view the limit and range of the drift. Before the drift can be analyses, the dominant tidal signals should be reduce. Therefore two programs were available, the program T-Tide and ETERNA. Both programs don't have reduce all periodic signals in the frequency range of the tides, for this reason a Notch filter was designed for filtering the frequency range of the tides in the raw data. All in all 79 datasets of 33 mobile sensors from the NOAA DART-Stations and 33 datasets of 19 stationary sensors from the IODP CORK-Stations were available. The mobile sensors of the DART-Stations show different linear drift on their deployments, the stationary sensors of the CORK-Stations show different linear drift partly with exponential part in the beginning. All sensors together don't show in the drift a dependence on depth. For the reduction of the drift, all sensors and deployments have to be reckoning individually. After the present analysis, it is not possible to give a prognosis of the drift with one ore more sensors.

## **MG 5 Long-Term Sea Floor Deformations in the Logatchev Hydrothermal Vent Field, Mid-Atlantic Ridge, Measured by the Bremen Ocean Bottom Tiltmeter OBT**

*Marcus Fabian, Morelia Urlaub, Heinrich Villinger (Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik/Sensorik)*

E-Mail: [marcus.fabian@uni-bremen.de](mailto:marcus.fabian@uni-bremen.de)

The Bremen Ocean Bottom Tiltmeter (OBT) was deployed in May 2005 at the Logatchev Hydrothermal Vent Field (Mid-Atlantic Ridge, 14°45',11.7" N, 44°58',47.0" W) in a water depth of 3053 m. The main goal was to monitor seafloor deformation processes, which cause local tilt and acceleration and are connected to subsurface mass movements, tectonics, seismicity or hydrothermally driven fluid circulation. The OBT recorded 384 days and was recovered in January 2007. Strong episodic tilt in the range of some 10 mrad was observed, possibly related to nearby mass movements. Regular elliptic motion patterns with about 1 mrad amplitude and distinct orientations of the ellipses toward hydrothermal vents appear in hodograph plots of the data. A strong background signal level of 2.5 mm/s<sup>2</sup> in vertical acceleration is obvious. Amplitude spectra of tilt and acceleration show discrete lines mostly between 0.3 and 50 mHz, whose origin is not known yet. It appears that seafloor tilt at the Logatchev Vent Field is significantly larger compared to observed tilt signals on land.

## References

Fabian, M. & Villinger, H. (2007). The Bremen Ocean Bottom Tiltmeter (OBT) – A Technical Article on a New Instrument to Monitor Deep Sea Floor Deformation and Seismicity Level, *Marine Geophysical Researches*, 28, pp.13–26.

## **PMG 1 Pseudo-3D analysis of seismic data in the Wairarapa area offshore New Zealand**

Jörg Bialas (IFM-GEOMAR), Martin Hardieck (CORELAB Universität Kiel), Gesa Netzeband, Anne Krabbenhöft (IFM-GEOMAR)

E-Mail: [gnetzeband@ifm-geomar.de](mailto:gnetzeband@ifm-geomar.de)

Gas hydrates constitute a large reservoir for hydrocarbon gases, forming at continental slopes at high pressures and low temperatures. They may play a role in slope stability although the influence of changes in the hydrate stability conditions on slope failures are not yet fully explored. During the cruise SO 191-1 on RV Sonne, a number of multichannel seismic profiles have been recorded together with wide-angle observations to analyze gas and gas hydrate deposits in the area of Wairarapa, south-east of the Northern Island of New Zealand. This area is dominated by a compressional/transpressional tectonic setting related to the subduction of the Pacific Plate under the Australian Plate. Bottom simulating reflections (BSR) have been observed along the entire margin and also on our profiles. Where the base of gas hydrate stability (BGHSZ) follows the stratigraphy, a bundle of high-amplitude reflections appears instead of the BSR. Considerable signal attenuation beneath the BGHSZ reduces the signal penetration from up to 1.5 s TWT beneath the seafloor to 0.5s TWT. Several slumps and apparent sediment wave formations are found where the slope steepens. While the present seafloor bathymetry shows an elongated high, the seismic sections reveal a second anticlinal structure in the subsurface and a depression in between indicating a change of tectonic regime presumably in the past 1 or 2 million years. This corresponds to a rotation of the Hikurangi forearc of 50° from WNW in early Miocene to ENE today. The stratigraphy above the BSR seems to be dominated by relatively rapid deposition from mass wasting processes such as turbidites and channelized sediment transport deposits. Other than some minor fault displacements and fractures the structural deformation imprints appear to have ceased in the upper stratigraphic record. The position of a paleo-canyon can be clearly traced in deeper strata in between the structural highs. Heat flow values estimated from the depth of the BSR are constant in the working area except beneath the slumps. This indicates that the BSR has not yet adapted to the new seafloor level, i.e. the slumping has happened within the last few thousand years.

MG

## **PMG 2 Identification of the Bottom Simulating Reflector (BSR) with a predictive 1-D model and far-offset stacks**

Romina Gehrman (University of Leipzig), Christian Müller, Thomas Henke (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover), Peter Schikowsky (University of Leipzig)

E-Mail: [rominagehrmann@hotmail.com](mailto:rominagehrmann@hotmail.com)

At the pacific margin offshore Costa Rica, where the oceanic Cocos Plate is subducting beneath the continental Caribbean Plate, gas hydrates have been found by drilling. The distribution of the base of the gas hydrate zone has been pictured via the Bottom Simulating Reflector (BSR) on 2-D marine reflection seismic profiles. The combination of far-offset stacks and a 1-D model of the potential BSR

depth is used for BSR identification in cases of light or ambiguous reflections.

The BSR is the impedance echo of free gas below gas hydrates within the pore space. Inside the gas hydrate stability zone water and gas are underlying high pressure and moderate temperature and form crystalline structures. Those ice-like gas hydrates have an elevated seismic velocity. Below the gas hydrate zone free gas is trapped at a semi-permeable boundary. The drop of seismic velocity and density causes a negative reflection coefficient.

On a reflection seismic profile the BSR is a continuous reflector with a phase reversal compared to the seafloor reflection. Non-zero incident angles cause a transformation of the horizontal component of the compressional wave into a shear wave. In the case of the BSR higher incident angles induce a growth of the reflection amplitude dependent on Poisson's ratio. This so called „Amplitude Variation with Offset“ (AVO) effect is qualitatively used by comparing near-offset to far-offset stacks.

The BSR represents the base of the gas hydrate stability zone and its depth is controlled by pressure and temperature. The temperature distribution in the sediments below the seafloor depends on the heat flow. As a consequence the BSR appears to mimic the seafloor and cuts through strata. With knowledge of the stability conditions of gas hydrates a 1-D model is developed to predict the potential depth of a BSR and therefore the potential base of gas hydrates.

The combination of two independent BSR characteristics, the AVO effect and the stability dependencies, offer an approved indication of the BSR depth in reflection seismic profiles. This method enhances the determination of the BSR in cases of ambiguous reflections.

### **PMG 3 Data and first results from Longtime Environmental Monitoring at the Logatchev Hydrothermal Field**

*Hans-Hermann Gennerich, Heinrich Villinger (Universität Bremen)*

E-Mail: [hherm@uni-bremen.de](mailto:hherm@uni-bremen.de)

The mid oceanic spreading axis are centers of recent ore generation, accomodate little known chemotrophic biological communities, 90 per cent of the global volcanism and contribute 25 per cent of the heat released from the earth. But little is known about these systems because there location in the depth of the oceans and much less about there changes in time. Target of a joint multidisciplinary approach to learn more about the temporal variations of a hydrothermal field was and is the Logatchev Hydrothermal Field (LHF) at the Mid Atlantic Ridge in the framework of the SPP1144 of the German Research Foundation. It was chosen because of its high representativity with its moderate spreading rate, the mixture of basaltic and mantle rocks in the subsurface and its pronounced bathymetric relief. In the Logatchev Hydrothermal Field (LHF) hydrothermal activity is observed at several distinct sites. Focussed high temperature outlets at black smokers were found as well as diffuse warm water outflow. Four locations in the LHF were equipped with instruments, to monitor physical parameters for about one year. At OBP-site an ocean-bottom-pressuremeter (OBP) and an ocean-bottom-tiltmeter (OBT) were installed, monitoring water pressure, temperature at two minutes intervals as well as the sea floor inclination. At Mooring-site a sensor chain scanned the temperatures of the bottom water every 6 minutes in 1 m intervals, from the sea floor to 25 m vertically above. Quest and Irina2 mussel fields were instrumented with 10 temperature loggers each, registering the temperatures every 5 minutes. In this poster first data and results from the monitoring stations are presented.

## PMG 4 Entwicklung eines Beschleunigungsmesssystems zur Erfassung des Eindringvorganges einer Lanze in den Meeresboden

*Tom Gmeinder (Hochschule Bremen, Fachbereich Elektrotechnik und Informatik & Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik/Sensorik), Marcus Fabian, Bernd Heesemann, Norbert Kaul, Heinrich Villinger (Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik/Sensorik)*

E-Mail: [tom.gmeinder@arcor.de](mailto:tom.gmeinder@arcor.de)

Die Scherfestigkeit des Meeresbodens in seinen oberen Metern ist für viele geotechnische Fragestellungen eine wichtige Kenngröße. Sie kann durch verschiedene ingenieurgeologische Verfahren ermittelt werden, bei denen z.B. eine Lanze von definierten Abmessungen mit einem bestimmten Druck in den Meeresboden gepresst wird. Diese Messungen am Meeresboden erfordern eine aufwendige Instrumentierung. Das Eindringen einer am Tiefseedraht mit konstanter Geschwindigkeit gefierten Lanze in den Meeresboden wird in der vorliegenden Arbeit genutzt, um aus den negativen Beschleunigungen, die die Lanze beim Eindringen erfährt, Rückschlüsse auf die Scherfestigkeit des Meeresbodens zu schließen. Die Beobachtung des Eindringvorganges kann dabei parallel zu anderen Messungen wie z.B. Wärmestromdichtemessungen oder der Probennahme mit einem Schwerelot erfolgen.

Es wurde ein Beschleunigungsmessmodul auf Basis eines kompakten 3-achsigen MEMS-Sensors entwickelt, das die negativen Beschleunigungen beim Eindringen von Lanzen (z.B. Schwereloten oder Wärmestromdichtesonden) erfasst. Abgetastet wird die Beschleunigung mit 500 Hz in einem Bereich von  $\pm 3.6$  g und einer Auflösung von  $0.45 \cdot 10^{-3}$  g. Die aufgenommenen Daten, werden auf einer Compact Flash Speicherkarte gespeichert und mit einem Matlab Programm ausgewertet. Dabei werden die Beschleunigungsdaten zweifach integriert, um die Eindringgeschwindigkeit und Eindringtiefe zu berechnen. Damit ist es möglich, markante Änderungen der Beschleunigung der Tiefenlage von Schichten unterschiedlicher Scherfestigkeiten zuzuordnen. Ergebnisse der Labortests, der ersten in situ Messungen in der Ostsee wie auch der Tiefsee werden vorgestellt.

## PMG 5 Plattenkinematische Rekonstruktionen mittels Bilanzierung von Krustenmächtigkeiten

*Jan Grobys, Karsten Gohl, Graeme Eagles (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung)*

E-Mail: [jangrobys@bwb.org](mailto:jangrobys@bwb.org)

Plattenkinematische Rekonstruktionen mit herkömmlichen Methoden können zu großen Fehlern führen, wenn sie in Regionen angewandt werden, in denen Spreizungsanomalien und Fracture Zones fehlen. Die Folgen solcher Fehler sind Überlappungen von Platten, weil deren Ausdehnung in früheren Zeiten geringer ist als die Annahme starrer Plattengrenzen vorhersagt. Dies ist insbesondere der Fall in gedehnter kontinentaler Kruste, weil hier die Information, die in ozeanischer Kruste gespeichert sind, fehlen. Dort ist die Krustenmächtigkeit oft das einzige Indiz zur Rekonstruktion. Liegen flächenhafte Krustenmächtigkeitsdaten vor, so können damit die Lage der Platten rekonstruiert werden.

Wir stellen eine neue Rekonstruktionsmethode vor, die eine Krustenmächtigkeitskarte aufteilt in verschiedene Platten, indem Extension durch tiefe Störungen simuliert wird. Dadurch können Teile des Krustenmächtigkeitsgrids wie in einer herkömmlichen Rekonstruktionsmethode rotiert und gegeneinander verschoben werden. Wird eine Verteilung der Krustenmächtigkeiten vor der Extension angenommen werden (z.B. gleichmäßige Mächtigkeiten), kann dies die Qualität einer Rotation anzeigen und verschiedene Rotationen können miteinander verglichen werden, so daß der beste Rotationspol

ermittelt werden kann. Wir zeigen den Erfolg dieser Methode am Beispiel Neuseelands, das von etlichen Gebieten gedehnter kontinentaler Kruste, wie z.B. dem Great South Basin, umgeben ist.

## **PMG 6 Submarine gas flow monitoring at Panarea, Italy**

*Jens Heinicke (Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig), Francesco Italiano, Roberto Maugeri (INGV Palermo), Peter Görlitz (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie), Broder Merkel, Mandy Schipek (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geologie), Thomas Pohl (Geo-Dive Freiberg)*

E-Mail: [heinicke@physik.tu-freiberg.de](mailto:heinicke@physik.tu-freiberg.de)

Long-term records of submarine gas exhalations at shallow depths are difficult due to harsh conditions, highly corrosive water, and impact of waves, tidal currents, fisher nets, anchors, and vandalism attacks. Low power consumption of the instruments is a further constraint to realize long term observations. A robust device based on indirect gas flow monitoring by means of acoustic noise recording emitted during the gas emission was developed, named ABCO. This kind of acoustic “bubble counting” utilizes acoustic oscillations generated during the bubble forming at the vents. A self designed circuit consists of a microphone, preamplifier, counter, and data logger like a single channel spectrometer. The main advantages of this device are high acoustic (gas flow) sensitivity combined with low power consumption. The recorded values are relative information about the gas flow variation. The geophysical interpretation utilizes the temporal variations of the recorded signal also in comparison with other parameters (tides, sea water level, weather, etc) and neighboring stations. A first application at hydrothermal fluid vents at the Panarea volcanic edifice provides an important insight into different gas flow variations. Besides well-known influences by earth tides (M1), also unpredicted fluctuations are shown by our long term records September 2006 till May 2007. We assume that the recent geodynamic and magmatic activity in the crustal reservoir trigger the eruptions at Stromboli as well as the gas emission at Panarea. The coincidence between the seismic activity at Stromboli (e.g. VLP) and the gas flow fluctuations at Panarea is remarkable. We have recorded 8 anomalies in the gas flow in coincidence with variations of the seismic activity at Stromboli (increasing or decreasing). Patane et al. (2007) discuss also an additional trigger effect by meteorological conditions in some cases, which we can also confirm with our data.

## **PMG 7 HOBIT - Das neue Hamburg Ozean Boden Tiltmeter: Der erste Einsatz am Columbo Seamount in der Ägäis**

*Martin Hensch, Matthias Hort, Sven Winter, Malin Klawonn, Torsten Dahm (Institut für Geophysik, Universität Hamburg)*

E-Mail: [martin.hensch@zmaw.de](mailto:martin.hensch@zmaw.de)

Den Aktivitätszustand von subaerischen Vulkanen zu erfassen ist komplex, aber den Aktivitätszustand submariner Vulkane zu bestimmen ist nicht zuletzt wegen der Schwierigkeiten der Instrumentierung noch aufwendiger. An Land kommen verschiedenste Techniken zum Einsatz (seismische Netzwerke, Deformationsbeobachtungen, Gas Messungen usw.). Zur See finden dagegen bis heute fast ausschließlich seismische Messungen statt, sieht man einmal von den einigen Tiltmetermessungen auf der Juan de Fuca Platte ab. Nicht zuletzt weil INSAR Messungen an Land aber so erfolgreich bei der Erfassung des Aktivitätszustands magmatischer Systeme sind, haben wir ein selbstnivillierendes Freifall Tiltmeter entwickelt, das in eine 17“ Glaskugel eingebaut ist. Als Tiltmeter kommt ein hochauflösendes Gerät der



Firma Lipmann Geophysikalische Messgeräte ([www.l-gm.de](http://www.l-gm.de)) zum Einsatz. Das Instrument hat eine Auflösung von ungefähr 2nrad ( $0.15\mu^\circ$ ) und eine maximale Neigung von ungefähr 0.045 rad ( $0.5^\circ$ ) kann erfasst werden. Das Tiltmeter ist in einem Nivelliertisch montiert, der Neigungen von bis zu  $\pm 5^\circ$  mit einer Genauigkeit von  $0.006^\circ$  ausgleichen kann. Während der Messung steht dieser Nivelliertisch frei auf dem Boden der Glaskugel. Um Neigungen größer als  $\pm 5^\circ$  auszugleichen kann der Tisch angehoben werden und durch eine kardanische Aufhängung können so Neigungen bis  $\pm 40^\circ$  ausgeglichen werden. Das Gerät wird zu vorgegebenen Zeiten immer wieder neu nivelliert. Die Daten werden in einem MLS Geolon Datenlogger mit einer Auflösung von 18bit bei 50Hz aufgezeichnet. Zudem ist die Tiltmeterstation mit einem Hydrophon, einem Temperatursensor, und einem absoluten Drucksensor zur Messung von Hebung und Subsidenz sowie einem Kompass zur Orientierungsbestimmung, ausgestattet. 4 HOBIT Systeme wurden für 10 Monate (Jun06-Mar07) am Columbo Seamount, einem submarinen Vulkan nord-östlich von Santorini, Ägäis, entlang eines 3km langen Profils senkrecht zur Hauptspannungsrichtung des regionalen Stressfeldes ausgesetzt. Drei der Instrumente liefen die gesamte Zeit, eines fiel aufgrund eines Lecks im Batteriezyylinder nach kurzer Zeit aus. Eine erste Datendurchsicht zeigt, dass sowohl kleine regional Erdbeben als auch große tektonische Erdbeben zusätzlich zu sehr langsamen Neigungsänderungen aufgezeichnet wurden. Insbesondere fallen Neigungsänderungen nach lokalen Erdbebenschwärmern auf. Zudem wurde eine Subsidenz zweier Stationen relativ zu einer dritten beobachtet. Die Implikationen dieser Beobachtungen sowie das Design des Gerätes werden im Detail dargestellt.

## **PMG 8 Ergebnisse magnetischer und gravimetrischer Messungen am Columbo-Unterseevulkan (Ägäis, Griechenland)**

*Karin Landschulze, Torsten Dahm, Martin Hensch, Ali Dehghani (IfG Uni Hamburg)*

E-Mail: [karin.landschulze@zmaw.de](mailto:karin.landschulze@zmaw.de)

Der unterseeische Vulkan Columbo ist Teil des vulkanischen Komplexes von Santorini und befindet sich im Zentrum des hellenischen vulkanischen Bogens in der Ägäis, etwa 8km nordöstlich von Santorini (Insel Thera).

Der Columbo zeigt seit mehreren Jahren erhöhte Seismizität und Anzeichen für Oberflächendeformation (Tilt).

Im Rahmen der Forschungsfahrt P338 mit der FS Poseidon wurden magnetische, gravimetrische, seismische Messungen sowie ein seismologisches Monitoring über einen Zeitraum von 10 Monaten durchgeführt. Ziel der unterschiedlichen geophysikalischen Messungen ist es, die Aktivität und das Eruptionspotenzial des Columbo besser einzustufen. Die gravimetrischen und magnetischen Messungen sollen dabei helfen, die Struktur des Vulkans sowie die Position und Orientierung von Intrusionskörpern zu erkennen.

Insgesamt wurden Messwerte auf ca. 1550 Profilkilometer gesammelt, wobei der Columbo in einem Bereich von etwa  $66\text{km} \times 76\text{km}$  ( $\text{ca.} 5000\text{km}^2$ ) mit einem mittleren Messintervall von 30m flächenhaft vermessen wurde. Nach der Korrektur des Referenzfeldes zeigt das magnetische Totalfeld deutliche (dipolartige) Anomalien von bis zu  $+425\text{nT}$  im Bereich des Vulkans, die vermutlich durch eine erhöhte Magnetisierung von magmatischen Intrusionen erzeugt werden. Die Schweredaten wurden unter Verwendung der gemessenen Bathymetrie auf Bougueranomalien reduziert. Im Bereich des Vulkans sind deutliche Bougueranomlien zu erkennen.

In diesem Beitrag werden erste Modellierungen der magnetischen und gravimetrischen Anomalien präsentiert. Ziel der Arbeit ist es, die Potentialdaten durch ein einheitliches Untergrundmodell zu

erklären und unter Einbeziehung seismologischer und morphologischer Daten zu interpretieren.

## **PMG 9 Cold vents: A study from Wairarapa offshore New Zealand**

*Gesa Netzeband, Anne Krabbenhöft (IFM-GEOMAR), Matthias Zillmer (Institute de Physique du Globe, Strasbourg), Ingo Klaucke (IFM-GEOMAR), Carl Jörg Petersen (Universität Tromsø), Jörg Bialas (IFM-GEOMAR)*

E-Mail: [gnetzeband@ifm-geomar.de](mailto:gnetzeband@ifm-geomar.de)

The role of methane in the global bio-geo-system is one of the most important issues of present-day research. Cold seeps, where methane leaves the seafloor and enters the water column, provide valuable evidence of subsurface methane paths. The cruise SO 191-1 (Jan. 2007) on RV Sonne was dedicated to the investigation of local and regional transport processes of methane and gas hydrate deposits east of New Zealand. The eastern coast of New Zealand is shaped by intensive compressional tectonics caused by the subduction of the Pacific Plate under the Australian Plate. In the area of Wairarapa, offshore the southern tip of the north island, a number of extremely active seeps have been discovered. High resolution seismic sections show a variety of seep appearances. We see seismic chimneys either characterized by high amplitude reflections or by acoustic turbidity and faults acting as fluid paths. The bathymetric expression of the seeps also varies, we see seeps beneath a flat seafloor as well as pockmarks and small mounds. The images of the 3.5kHz Parasound system and of the deep-towed subbottom profiler system reveal the near- surface structure of the vent sites. While high amplitude spots within the uppermost 50mbsf are observed at the majority of the seeps, indicating carbonate concretions, a few seep sites are characterized by the complete absence of reflections, indicating a high gas content. Five ocean bottom methane sensors had been deployed, which continuously measured the methane concentration and water temperature over a period of several days. The results are most intriguing: One instrument near a seep measured a peak concentration of several microMol/l, while another sensor about 300m further recorded values by a factor of 10 less. This demonstrates the spatial confinement of methane expulsion at seeps. The temporal methane concentration varies over several orders of magnitude without any correlation between the five instrument locations or the tidal signal, in contrast to the temperature variation.

## **PMG 10 The Sunda-Banda Arc Transition: New Insights From Marine Wide-Angle Seismic Data Acquired Offshore Eastern Indonesia**

*Lars Planert, Alexey Shulgin, Heidrun Kopp (Kiel/IFM-GEOMAR), Christian Müller (Hannover/BGR), Ernst Flüh (Kiel/IFM-GEOMAR), Ewald Lüschen, Martin Engels (Hannover/BGR)*

E-Mail: [lplanert@ifm-geomar.de](mailto:lplanert@ifm-geomar.de)

The Sunda-Banda arc transition is the region of active convergence and collision of the Indo-Australian Plate in the South and the Eurasian Plate in the North. The style of subduction changes from an oceanic-island arc type along the eastern Sunda margin to a continental-island arc collision along the Banda margin. Moreover, the character of the incoming oceanic plate varies from the rough topography of the Roo Rise subducting off eastern Java, to the smooth oceanic seafloor of the Argo Abyssal Plain subducting off Bali, Lombok, and Sumbawa. Forearc structures along this margin include well-developed forearc basins and an accretionary prism/outer forearc high of variable size and shape. The tectonic evolution of forearc structures is obviously closely linked to the variability of the lower plate.

In order to quantify the variability of the lower plate (sediment supply, crustal thickness and velocity structure, upper mantle structure, geometry of subduction/subcretion processes) and the resulting tectonic consequences on the upper plate (development of outer forearc high and forearc basin, accretionary and erosive processes), a refraction seismic survey was carried out on RV Sonne cruise SO190-2. A total of 245 ocean bottom hydrophones and seismometers were deployed along 1.020 nm of wide-angle seismic profiles in four major north-south oriented corridors on different sections of the margin. To assess the velocity structure we used a tomographic method which jointly inverts for refracted and reflected phases. Applying a top to bottom approach, we consecutively used secondary arrivals like sediment refractions and distinctive reflections from different interfaces. Where available, the sedimentary layers of the models, obtained by the analysis of high-resolution BGR MCS data, were incorporated into the starting model and held fixed during the iterations.

The obtained models exhibit strong changes of the incoming oceanic crust for the different portions of the margin: The westernmost profile off eastern Java shows a crustal thickness of more than 15 km, most likely related to the presence of an oceanic plateau (Roo Rise).

Profiles off Lombok reveal an oceanic crust of 8-9 km average thickness in the Argo Abyssal Plain. The crust and the trench are largely devoid of sediments. Crustal and upper mantle velocities are slightly decreased within an area of about 50-60 km seaward of the trench, indicating fracturing and related serpentinization due to bending of the oceanic crust and associated normal faulting. Reflections from the top of the subducting plate constrain the dip of the subducting slab down to  $\sim 13$  km depth. The outer forearc high is characterized by velocities of 2.5-5.5 km/s. For the Lombok Basin, the profiles show a sedimentary infill of up to 3.5 km thickness and typical sediment velocities of 1.75-3.0 km/s. A reflector at  $\sim 17$  km depth and velocity values of 7.4-7.8 km/s beneath this reflector suggest the presence of a shallow forearc mantle and a hydrated mantle wedge in this part of the margin. Shallow mantle material underneath the forearc high and forearc basin would have important implications for the seismogenic behaviour of this margin in terms of minimizing the extent of the seismic coupling zone.

This project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF).

## **PMG 11 Determination of MEMS-Sensor Transfer Functions for Application in the Bremen Ocean Bottom Accelerometer OBA**

*Sebastian Stephan, Marcus Fabian (Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik/Sensorik)*

E-Mail: [sebastian@stephan-hb.de](mailto:sebastian@stephan-hb.de)

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) technology provides miniaturized acceleration sensors, which seem to be ideal for deep seafloor long-term monitoring applications. The sensors have a good signal resolution, are of compact size and need only a small amount of electrical power. Six MEMS-accelerometers of type Kistler Corp. Servo K-Beam operate in the Bremen Ocean Bottom Accelerometer OBA and record 3-axes seafloor acceleration in the Logatchev Hydrothermal Vent Field, Mid-Atlantic Ridge,  $14^{\circ}45'N$ , 3050 m water depth, in the frequency range from DC to 10 Hz. As the manufacturer calibrates the MEMS accelerometers for frequencies above 20 Hz, the accelerometers were re-calibrated on a shaking table of Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, with respect to a reference sensor to determine their transfer functions for frequencies below 10 Hz by a correlation-coherency calculation. For each of the sensors, the transfer function corresponds with the interpolated linear function between the DC acceleration value and the acceleration value for

20 Hz from the datasheet. As all MEMS accelerometers show nearly identical transfer properties they are adequate for the application in the OBA, where they are arranged pair wise for each direction of space. The OBA was developed in the frame of Schwerpunktprogramm SPP 1144 'Vom Mantel zum Ozean' of Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG, which is gratefully acknowledged.

## **PMG 12 Identification of two submarine slide complexes at the northern margin of Crete, Cretan Sea**

*Frank Strozyk, Katrin Huhn, Sebastian Krastel, Michael Strasser, Ingo Kock, Achim Kopf (RCOM, Universität Bremen)*

E-Mail: [strozyk@uni-bremen.de](mailto:strozyk@uni-bremen.de)

Subduction related earthquakes and the associated effect of massive submarine landslides are commonly seen in the Aegean Sea, eastern Mediterranean (Lykousis et al., 2002). At Poseidon cruise P336 (CRESTS) north of Crete in 2006 a dense bathymetric grid and multi-channel reflection seismic profiles were collected. The continuous seismic sub-bottom profiles have revealed two large submarine landslide complexes north of Malia and within the Mirambelo bay in 400 m to 800 m water depth. Both slide complexes are interpreted as multi-phase events, indicated by several slide bodies differing in geometries, grades of deformation and their transport directions and paths. Wide-spread slump bodies as well as block rotational parts near their sources are identifiable within seismic data of both slide complexes. Different grades of internal deformation indicate either short or longer transport distances. In general, slid sediments show lateral extensions of 60 – 120 m<sup>2</sup> and thicknesses between 20-85 m which allows estimations of volumes of 1.7 to 2.6 km<sup>3</sup>. Bathymetry also displays headwalls which could be identified as potential source areas. This enables the reconstruction of slide evolution within conceptual models for both slide complexes. Furthermore, core samples at least from the westernmost slide reveal Holocene sediments in the topmost part which gives evidence of a prominent sapropelitic layer. This layer was dated to 6.4 - 9.2 ka, representing a minimum age of this slides and enabling a kinematical model for this complex. In addition, numerous fault-sets at the slope-basin-transitions correlate with the positions, geometries and orientations of headwalls and may indicate the most potential trigger mechanism of these slide events. Seismicity and sedimentological aspects like liquefaction of ash-layers are also potential but unconfirmed triggers.

### References

Lykousis, V., Roussakis, G., Alexandri, M., Pavlakis, P., Papoulia, I., 2002: Sliding and regional slope stability in active margins: North Aegean Trough (Mediterranean), *Marine Geology* 186, 281-298.

## **PMG 13 Morphological and structural features of the Siberut fore-arc basin offshore southern Sumatra**

*Hauke Thöle (Leibniz Universität Hannover), Stefan Ladage, Christoph Gaedicke (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)), Yusuf Djajadihardja (Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT))*

E-Mail: [Hauke.Thoele@bgr.de](mailto:Hauke.Thoele@bgr.de)

During several cruises with RV SONNE in 2005 and 2006 (SO186/SO189) swath bathymetry, 3.5-kHz subbottom profiling and multi-channel seismic (MCS) data were recorded offshore Sumatra. Based upon these data the morphotectonic structure of the Siberut fore-arc basin offshore southern Sumatra

(Indonesia) has been mapped with special focus on the Mentawai Fault Zone (MFZ). The Siberut Basin is the widest and longest of several fore-arc basins off Sumatra. It extends from the Sunda Strait in the south-east to the Batee Islands off Central Sumatra and has a maximum width of 140 km between the islands of Siberut and Sumatra. The basin floor in general is between 1500-1700 m deep. The deepest part lies south-east off Siberut with a depth of 1770 m below sea level. The subbottom profiles and 2D MCS lines are spaced some 50km apart aligned mostly perpendicular to the basin axis. The bathymetric data coverage is far from complete. However, during the survey large parts of the Mentawai Fault Zone were mapped. Based on the existing data a morphotectonic map could be developed, focusing especially on the surface trace of the MFZ. The Mentawai fault, located at the western termination of the basin, is a dextral strike slip system which runs parallel to the prominent Sumatra fault zone. The MFZ takes up part of the longitudinal component of the oblique plate movement between the subducting Indo-Australian plate and Sundaland. In the bathymetric data the Mentawai fault is often visible by positive relief of a few tens of meters or even up to 100 m. Along strike it builds en echelon ridges or depressions which relate to positive or negative flower structures as revealed by the MCS data and subbottom profiles. The fault zone can be traced along the whole western basin boundary and is at least 800 km long. At its southeastern end, in the Sunda Strait, the fault may be connected to the Sumatra fault zone. On the northernmost part between Siberut and Batu islands the Mentawai fault is absent and it remains unclear whether the fault continues, diminishes or is deflected to the east towards Sumatra.

## **PMG 14 Spectrogram analysis of long-term tilt and acceleration data from the Logatchev Hydrothermal Vent Field, Mid-Atlantic Ridge**

*Morelia Urlaub, Marcus Fabian, Heinrich Villinger (Fachbereich Geowissenschaften, Meerestechnik/Sensorik, Universität Bremen)*

E-Mail: [murlaub@uni-bremen.de](mailto:murlaub@uni-bremen.de)

The Logatchev Hydrothermal Vent Field (LHF), Mid-Atlantic Ridge 14° 45' N, has been a “hot-spot” of geoscientific research for many years. Generation of oceanic crust and mantle upwelling provides energy for local tectonic activity, mass movements, micro-seismicity or hydrothermal fluid circulation in the upper subsurface. Those processes are known to cause sea floor deformations. The Bremen Ocean Bottom Tiltmeter (OBT) was developed in the frame of Schwerpunktprogramm 1144 “Vom Mantel zum Ozean“ of Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG and deployed in the LHF (Fabian & Villinger, 2007) to record tilt and vertical acceleration related to local sea floor deformations. The OBT recorded 384 days long-term data. The most prominent signals are strong steps in tilt of some 10 mrad and a smaller periodic tilting of up to 1 mrad, which appears in a characteristic frequency range between 0.3 and 50 mHz. Spectrograms show that the periodic tilting has distinct frequency lines with temporal and spectral variations throughout the recorded time series.

### References

Fabian, M. & Villinger, H. (2007). The Bremen Ocean Bottom Tiltmeter (OBT) – A Technical Article on a New Instrument to Monitor Deep Sea Floor Deformation and Seismicity Level, *Marine Geophysical Researches*, 28, pp.13–26.



## **Planetologie**

## **PPL 1 Mapping and modeling of glacial deposits on Hecates Tholus, Mars**

*Monika Bauch, Harald Hiesinger, Dennis Reiss (Institut für Planetologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster), Ernst Hauber (Institut für Planetenforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin)*

E-Mail: [monika.bauch@uni-muenster.de](mailto:monika.bauch@uni-muenster.de)

Hecates Tholus is one of the three large shield volcanoes (Elysium Mons, Albor Tholus, Hecates Tholus) in the Elysium Region on Mars and is located at 150°E and 32°N [1]. On the northwestern flank of Hecates Tholus are several tens of kilometer large depressions interpreted to be either flank calderas formed by explosive eruptions about 350 m.y. ago or impact craters [2]. Hauber et al. [2005] proposed that the floor of this depression was glaciated 5-24 m.y. ago. In order to assess the extent, timing and evolution of glacial deposits in low- to mid-latitudes, in a first step we mapped morphologic ridges that possibly resulted from a former glaciation. For this purpose we geo-referenced images of the High Resolution Stereo Camera (HRSC), the Context Imager (CTX) and the High Resolution Imaging Science Experiment (HiRise) in a Geographic Information System (ESRI ArcGIS) project. First results of our mapping effort show that the general direction of the postulated glacial flow within the depression was from southeast to northwest, following the local topography in this region. CTX and HiRise images of the base of the cliff show numerous parallel troughs oriented perpendicular to the flow direction, which we interpret as glacial crevasses. While we see numerous morphologic ridges on the depression floor that can be interpreted as median and end moraines, we do not observe such features on the volcano flanks immediately above the depression. In several locations the glacial features can be traced back to the mouth of valleys that dissect the steep cliffs of the depression. On the basis of our detailed map of possible glacial morphologies we found that the putative debris-covered glacier measured at least 20-25 km in length from the base of the cliff to the distal extent of the moraine-like ridges. On the basis of the small number of superposed impact craters we conclude that the glaciation must have occurred in rather recent times, probably related to changes in Mars' obliquity [3,4]. Models of [5] indicate that ice can be stable within 1-2 m below the surface over several 10 k.y. In a second step we will utilize our morphologic map to constrain models of the ice thickness and the flow behavior of Martian glaciers.

### References

- [1] J. B. Plescia, LPSC XXXVIII, 2140, 2007.
- [2] E. Hauber et al., Nature, 434, 356-361, 2005.
- [3] J. Laskar et al., Icarus 170, 343-364, 2004.
- [4] J. W. Head et al., Earth Plan. Sci. Lett., 241, 663-671, 2006.
- [5] Helbert et al., Geophys. Res. Lett., 32, 10.1029/2005GL023712, 2005.

## **PPL 2 Heat flow perturbations from isolated rock bodies in the martian regolith**

*Steffen Uhlmann (TU Bergakademie Freiberg), Matthias Grott, and the HP3 team (DLR Institute of Planetary Research, Berlin)*

E-Mail: [flyerathome@gmx.net](mailto:flyerathome@gmx.net)

One of the key quantities for accessing the present thermal state of a planet is measuring its planetary heat flow. It yields information about tectonic and magmatic processes and is essential to resolve the thermal evolution. Upcoming in situ measurements are designed to log the temperature and



thermal conductivity in the upper 5 m of the Martian regolith. In a previous study it was shown that a determination of the planetary heat flow is feasible if the annual mean temperatures in the subsurface can be determined by, e. g., extending the measurement period over at least a full Martian year.

So far, modelling has been done for a homogeneous fine- or coarse-grained regolith without regarding isolated rock or ice bodies within the regolith which are expected to disturb the heat flow seriously. A 2D numerical modelling approach gives a first impression of how heterogeneities could affect temperature logging and planetary heat flow. For the simulations we have used material properties that correspond to those of similar terrestrial rock.

We find that the amount of heat flow perturbation from isolated rock bodies is mainly dependent on the vertical dimensions of the rock. We receive errors of less than 5% in a distance of 1m, if the vertical size of the rock body does not exceed 1m. It is shown that the object radius and variations in heat conductivity have only little influence onto the maximum deviation. Using simulated data, we try to predict how embedded rock bodies disturb the soil temperature readings and how disturbances can be filtered out to improve the scientific return of the instrument.

Our results are part of the feasibility studies for the Heat Flow and Physical Properties Package HP3 and help to quantify the expected heat flow errors.



## **Georadar**

## **RD 1 Gemeinsame Inversion von Ultraschall- und Georadarwellenlaufzeiten zur zerstörungsfreien Detektion von Hohlräumen in Mauerwerk**

*Hendrik Paasche (Universität Potsdam), Astrid Wendrich (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin), Jens Tronicke (Universität Potsdam)*

E-Mail: [hendrik@geo.uni-potsdam.de](mailto:hendrik@geo.uni-potsdam.de)

Bei geophysikalischen Untersuchungen werden in der Regel Datensätze mit verschiedenen geophysikalischen Verfahren über dem gleichen Beprobungsbereich gesammelt. Um die Qualität und Zuverlässigkeit bei der Auswertung der Daten und bei deren anschließender Interpretation zu verbessern, ist es erforderlich, die gesammelten Informationen und erhaltenen Modelle möglichst quantitativ zu integrieren. Die effizienteste Möglichkeit, den Informationsgehalt der einzelnen Datensätze quantitativ in einem geophysikalischen Multiparametermodell zusammenzufassen, besteht in der Integration der gesammelten Datensätze während des Prozesses der Modellgenerierung durch gemeinsame Inversion aller Datensätze. Im Rahmen einer zerstörungsfreien Untersuchung zur Auffindung von Hohlräumen in Mauerwerk verwenden wir einen Ansatz zur gemeinsamen Inversion, der auf der Kombination konventioneller Inversionsalgorithmen („regularized least squares inversion“ für die Inversion der einzelnen Datensätze) mit fuzzy c-means Clusteranalyse basiert. Unter Verwendung von Ultraschall- und Georadarwellenlaufzeiten untersuchen wir in einer synthetischen Studie das Potential der gemeinsamen Inversionsmethodik, luftgefüllte Hohlräume in Mauerwerk zu detektieren und abzubilden. Anschliessend stellen wir die Ergebnisse eines Feldexperiments vor, bei dem, an einem Mauerwerksprobekörper gesammelte, Ultraschall- und Georadarwellenlaufzeiten gemeinsam invertiert werden. Der Aufbau des Probekörpers ist bekannt, wodurch eine sichere Beurteilung der Ergebnisse, die mittels gemeinsamer Inversion der Laufzeitdatensätze erhalten wurden, ermöglicht wird. Im Vergleich zu den Ergebnissen, die mittels getrennter Inversion der verschiedenen Laufzeitdatensätze erhalten werden, ermöglicht die gemeinsame Inversion eine zuverlässigere Abgrenzung von Grössen und Positionen der im Mauerwerk detektierten Hohlräume. Die P-wellen und Georadarwellengeschwindigkeiten, die bei der gemeinsamen Inversion für die Hohlräume ermittelt werden, entsprechen den erwarteten Werten in höherem Masse als die Geschwindigkeiten, die bei getrennter Inversion der Datensätze erhalten werden.

## **RD 2 Common-Midpoint- und Multi-Offset-Messungen als Interpretationshilfe und zur Verbesserung von Georadarmessungen untertage**

*Sven Uchtmann (GGA-Institut Hannover)*

E-Mail: [sven.uchtmann@gga-hannover.de](mailto:sven.uchtmann@gga-hannover.de)

Im Salzbergbau wird das Georadar standardmäßig in Constant-Offset-Anordnung, das heißt mit festem Sender-Empfänger-Abstand zur Strukturerkundung eingesetzt. Im Gegensatz zum überragigen Einsatz müssen allerdings insbesondere bei der Verwendung von nicht abgeschirmten Antennen die Vollraumbedingungen berücksichtigt werden. Bei einer Untersuchung des Liegenden treten neben den von Übertagemessungen her bekannten Reflexionen zahlreiche störende Signale auf. Bei flacher Lagerung haben diese ihre Ursache in der Streckenfirste sowie im hangenden Gestein. Betrachtet man eine CMP-Messung (Common-Midpoint), so unterscheiden sich die beschriebenen zwei Arten von Reflexionen durch ihre Steigung. Die gesuchten Liegendreflexionen und ihre Multiplen verlaufen entsprechend der Geschwindigkeit im Salz, die Störsignale entsprechend der Lichtgeschwindigkeit. Durch eine Korrektur auf die Lotzeiten (NMO-, Normal-Moveout-Korrektur) und anschlie-

ßender Stapelung können die störenden Reflexionen gegenüber den gesuchten abgeschwächt werden. In der Praxis eignen sich CMP-Messungen nur punktuell, da sie sehr zeitintensiv sind. Mit Hilfe von Multi-Offset-Messungen können CMP-Sektionen auf großen Profilen gewonnen und anschließend der beschriebenen Bearbeitung unterzogen werden. Als Ergebnis erhält man ein verbessertes Abbild der gesuchten Reflexionen im Untergrund.

### **RD 3 Mustererkennung mittels Neuronaler Netze in Signalen des Georadars von geologischen Strukturen im Salz**

*Volker Gundelach, Dieter Eisenburger (BGR), Michael de Paly (Uni Tübingen)*

E-Mail: [gundelach@bgr.de](mailto:gundelach@bgr.de)

Ziel einer Radarmessung ist nicht nur die räumliche Position einer reflektierenden Struktur zu kartieren, sondern sie nach Möglichkeit auch geologisch anzusprechen. Die Reflexionskoeffizienten mit denen ein gesendetes Signal zurück reflektiert wird sind materialabhängig. Zahlreiche Eigenschaften des reflektierten Signals könnten dazu verwendet werden eine Zuordnung zur Geologie vorzunehmen. Dabei ist die Kenntnis eindeutiger Parameter notwendig, mit denen sich eine Zuordnung herstellen und anhand von Ergebnissen aus bekannten Gebieten validieren lässt. Messdaten aus detailliert erkundeten Salzbergwerken ermöglichen diese Zuordnung. Ein Verfahren, um Parametersätze oder Muster auf ihre Aussagerelevanz zu optimieren oder zu testen, sind neuronale Netze. Ein neuronales Netz besteht aus zahlreichen einfachen Neuronen, die Eingangsdaten summieren, transformieren und gerichtet an die nächste Ebene weiterleiten. Die Verbindungen zwischen den Neuronen sind durch Gewichte gekennzeichnet, die mit Hilfe von Lernverfahren verändert werden. Ein neuronales Netz kann durch Training anhand bekannter Parametersätze Assoziationsmuster lernen und auf unbekanntem Daten wieder erkennen. So wird eine Verknüpfung zwischen einer Ein- und einer Ausgabe hergestellt, ohne die deterministischen Regeln dazwischen konkret kennen zu müssen. Mit Hilfe des neuronalen Netzwerksimulators SNNS, der an der Universität Stuttgart entwickelt worden ist, wird in diesem Beitrag untersucht welche Parameter des Signals für eine gute Wiedererkennbarkeit geologischer Strukturen erfasst werden müssen, welche neuronalen Netzstrukturen sich eignen und unter welchen Randbedingungen diese Verfahren funktionieren.

### **RD 4 Georadar-Untersuchungen vor, während und nach einer Million Schwerlastüberrollungen auf einer Autobahn**

*Johannes Hugenschmidt, Alexis Kalogeropoulos (Empa, Schweiz)*

E-Mail: [johannes.hugenschmidt@empa.ch](mailto:johannes.hugenschmidt@empa.ch)

Georadar wird seit über zehn Jahren als zerstörungsfreies Prüfverfahren für Verkehrsbauwerke eingesetzt. In der Vergangenheit standen Untersuchungen des Aufbaus von Strukturen im Vordergrund. Beispiele hier für sind die Untersuchung von Schichtdicken (Asphalt, Eisenbahnschotter, Tunnelwände, Eisenüberdeckung) oder die Ortung von Objekten (Vorspannkabel, Verankerungen, Einbauten). Zumindest in der Forschung gewinnt heute die Untersuchung von Materialeigenschaften zunehmend an Bedeutung. Aktuelle Themen sind beispielsweise der Chloridgehalt von Brückenplatten aus Beton, (schadhafte Abdichtungen in Kombination mit Tausalz sind heute für einen grossen Teil der Kosten für Brückensanierungen verantwortlich), der Feuchtegehalt von Mauerwerken oder die Alterung von Asphaltbelägen.

Im Herbst 2007 wurde in der Schweiz erstmals der Prototyp eines Verkehrslastsimulators eingesetzt. Dieses weltweit einzigartige Gerät ermöglicht eine beschleunigte Simulation der Auswirkung des Schwerverkehrs auf Asphaltbeläge. Innerhalb von 8 Wochen wurden eine Million Überrollungen mit einer Radlast von 7t durchgeführt. Parallel dazu fanden zahlreiche Tests und Untersuchungen statt und es wurden zu verschiedenen Zeitpunkten Belagsproben entnommen und mit klassischen Laborverfahren untersucht. Vor, während und nach den Überrollungen aufgezeichnete Radardaten erlaubten eine Analyse der Auswirkung der Schwerverkehrssimulation auf die Materialeigenschaften und einen Vergleich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungsmethoden.

## **RD 5 Neuentwicklungen von Georadarbohrlochsonden zur verbesserten räumlichen Erkundung geologischer Strukturen**

*Dieter Eisenburger (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), Volker Gundelach, Denis Otto, Ulrich Buschmann (BGR)*

E-Mail: [eisenburger@bgr.de](mailto:eisenburger@bgr.de)

Richtungssensitive Georadarmessungen gewinnen immer mehr an Bedeutung für die Konstruktion von geologischen 3D Modellen. Richtungssensitive Georadarsonden bieten die Möglichkeit, aus einer alleinstehenden Bohrung räumliche Informationen über die Struktur des anliegenden Gebirges zu gewinnen. Erste Systeme wurden erfolgreich bei der Erkundung des Salzstockes Gorleben eingesetzt. Die BGR verfolgt, als einen der Schwerpunkte in ihrem Bereich der Georadaranwendung, die Weiterentwicklung dieses Messverfahrens sowohl von der Messtechnik als auch von der Datenauswertung her. So wird eine richtungssensitive Bohrlochsonde für kurze Bohrungen in eigener Entwicklung erstellt (AT-Sonde) und gleichzeitig seit 2004 in einem Verbundvorhaben zwischen der BGR der Universität Wuppertal und der DMT eine neue richtungssensitive Georadarbohrlochsonde (DABOR) für tiefe Bohrungen neu konzipiert. Die beiden Sonden unterscheiden sich im wesentlichen durch ihre richtungssensitiven Empfangsantennen. Die Empfangsantenne der AT-Sonde kann Exzentrizitäten der Sonde im Bohrloch ausgleichen und besitzt eine erhöhte Richtungssensibilität durch die Kombination von mehreren Rahmenantennen. Da die AT-Sonde für Untertage für kurze Bohrungen vorgesehen ist, wurde sie in Leichtbauweise erstellt und kann somit mit einem Kunststoffschubgestänge manuell in horizontale Bohrlöcher eingebracht werden. Die DABOR-Sonde zeichnet sich neben einer allgemein erhöhten Empfindlichkeit durch eine bessere Richtungssensitivität im Fernfeld aus. Sie ist für Messungen in Bohrungen größerer Tiefe konzipiert. Für die Auswertung der richtungssensitiven Messdaten wurde eine entsprechende Software in der BGR erstellt, die die Positionen der einzelnen Reflektoren im Raume über eine Schnittstelle einem entsprechendem 3D Grafiksystem zur Visualisierung und Modellkonstruktion übergeben kann.

## **PRD 1 Optimierte Messanordnung einer Georadar Transmissionsmessung in der Laborskala**

*Marco Heigel, Ugur Yaramanci (TU Berlin)*

E-Mail: [heigel@geophysik.tu-berlin.de](mailto:heigel@geophysik.tu-berlin.de)

In der Laborskala sollen Effekte von Streuung elektromagnetischer Wellen untersucht werden. Dazu wurden zwei Glasbehälter (103x 68 x 70 cm), befüllt mit trockenen Sanden verschiedener Korngröße, verwendet. Mit einer kommerziellen Georadarapparatur wurden an diesen Glasbehältern Transmissions-

messungen durchgeführt. Die Radargramme zeigten neben der direkten Welle weitere Wellenphasen, welche zum Teil mit der direkten Wellen interferierten. Eine Auswertung z.B. der relativen Amplituden und der Spektren ist wegen Interferenzeffekte nicht möglich. Um zu klären, welche Wellen die Interferenz verursachen und einen optimierte Messanordnung zu finden, wurden Modellierungen und Messungen durchgeführt.

Es wurden in verschiedene Modellierung Messungen entlang der Längsachse (103 cm) bzw. der Querachse (68 cm) des Glasbehälters simuliert. Die Modellierungen zeigten, daß die Reflexionen an den Seiten des Glasbehälters deutlich messbare Wellenphasen erzeugen, welche zeitlich kurz nach der direkten Wellen folgen. Diese reflektierten Wellen werden zum Teil beim Austritt aus der Rückseite des Glasbehälters kritisch refraktiert. Transmissionsmessungen entlang der Querachse zeigten eine deutlich bessere zeitliche Trennung der direkten Wellen von den Wellenphasen der Reflexionen.

In den durchgeführten Messungen wurde der Abstand des Transmitters und des Receivers zum Glasbehälter variiert, außerdem wurde versucht durch Abschirmung die Seitenreflexionen zu verhindern. Diese Abschirmung ist aufgebaut wie eine Blende, nur ein kleiner Teil der Seite des Glasbehälters ist für die elektromagnetische Wellen durchgängig. Die Blende besteht aus Metall, der Transmitter muß deshalb einen Abstand zur Blende und zum Glasbehälter haben um Ringing Effekte zu verhindern. Optimal für den Receiver stellte sich ein Abstand zum Glasbehälter von 0 cm heraus. Bei einem größeren Abstand kommt es zu multiplen Wellen zwischen Receiver und der Wand des Glasbehälters. Diese multiplen Wellen überlagern die späten Teile des Wavelets der direkten Welle.

Durch die optimierte Messanordnung konnten die Interferenzeffekte stark minimiert werden. Es ist es nun möglich die direkte Welle zu untersuchen.





## Seismik

## **SM 1 Einfache 3D-Seismik im Süddeutschen Molassebecken zur Erkundung des Oberen Jura (Malm)**

*Rüdiger Thomas (GGA-Institut)*

E-Mail: [ruediger.thomas@gga-hannover.de](mailto:ruediger.thomas@gga-hannover.de)

Zur Untersuchung von Karstphänomenen wurden in der Geothermiebohrung Unterhaching Gt 1 Messungen mit flächenhaft angeordneten Vibrationspunkten durchgeführt und mit einer 120-kanaligen reflexionsseismischen Apparatur mitregistriert. Vier 2D-Profile und ein 3D-Datensatz konnten hinsichtlich ihrer Aussagefähigkeit auf Fragestellungen der Malmproblematik processiert und interpretiert werden. Die Auswertung der 3D-Schnitte zeigt eine hohe Auflösung. Hierbei kann der Lithothamnienkalk als annähernd durchhaltender Reflektor identifiziert werden, während die Strukturen im Liegenden bis zum Top Malm deutliche Variationen erkennen lassen. Hieraus ist abzuleiten, dass die oft beobachteten Schwierigkeiten bei der faziellen Zuordnung des Bohrkleins, insbesondere zur Bestimmung des Purbeck und des Top Malm, auch durch die geologische Schichtabfolge und nicht nur durch technische Faktoren (Einsatz eines PDC-Meißels) hervorgerufen werden. Im Malm zeigt der 3D-Datensatz extrem kleinräumige Veränderungen, die auf strukturelle und vermutlich auch fazielle Wechsel im Datenvolumen (600 m x 2500 m) hinweisen. Darüber hinaus ermöglicht der 3D-Datenblock die exakte räumliche Interpretation einer Störungszone. Die Tatsache, dass im Malmkarst mit einer hohen lokalen Variabilität der Thermalwasserschüttung zu rechnen ist, kann mit diesem Datensatz belegt werden.

## **SM 2 Ergebnisse 3D-seismischer Untersuchungen zur Erkundung komplexer geologischer Lagerungsverhältnisse in einem Tagebaufeld der Lausitz**

*Tobias Karp, Matthias Bauer (Geophysik GGD mbH), Rüdiger Misiek (DMT GmbH), Hellfried Petzold (GMB mbH), Rainer Thiele (Vattenfall Europe Mining AG), Raimund Seitz (Geophysik GGD mbH)*

E-Mail: [karp@geophysik-ggd.com](mailto:karp@geophysik-ggd.com)

Zur Erkundung komplexer, glazigen geprägter Lagerungsverhältnisse im 2. Miozänen Flözkomplex wurden auf einer Fläche von 0,45 km<sup>2</sup> 3D-seismische Messungen durchgeführt. Die Energieanregung erfolgte mit dem Minivibrator MHV III, die Aufnahme mit einem Profilabstand von 20 m und einem Anregungspunkt- und Geophonabstand von jeweils 5 m. Zur Registrierung wurde eine Apparatur Sercel 408/428 mit 1500 Messkanälen verwendet.

Die Datenbearbeitung erfolgte bis zur Zeitmigration. Wegen der oberflächennah (in 10-100 m unter Geländeoberkante) gelagerten Zielhorizonte und der fortgeschrittenen Entwässerung waren die Auswahl des Muting-Fensters sowie die statischen und reststatischen Korrekturen von besonderer Bedeutung. Zur Berechnung der statischen Korrekturen standen 45 Nahlinien zur Verfügung. Die Tiefenstreckung wurde mit den Stapelgeschwindigkeiten, den Ergebnisse eines VSP (Vertical Seismic Profiling) sowie unter Einbeziehung von 103 Bohrungen im Messgebiet durchgeführt.

Die geologische Interpretation umfasste die Korrelation von acht Schichtgrenzen in einer stark glazigen deformierten Lagerstätte. Zusätzlich stellten die auftretenden Neigungen bis über 70° hohe Anforderungen an die seismische Bearbeitung und die Interpretation. Wichtiges Hilfsmittel bei der Interpretation war neben den Bohrungen die Einbeziehung der vorhandenen gravimetrischen Messung. Das Ergebnis der hoch auflösenden seismischen Untersuchungen ist ein detailliertes 3D-Modell der oberflächennahen Schichten und Störungen, das alle verfügbaren geologischen und geophysikalischen Informationen integriert. Das Modell zeigt eine deutliche Zweiteilung des Bearbeitungsgebietes in

einen stark deformierten Nordwestteil mit vorrangig nach Norden einfallenden Überschiebungen und einen Südostteil mit SW/NE-streichenden Auffaltungen des 2. Lausitzer Flözhorizontes.

Neben der direkten Nutzung des Modells für die zukünftige Tagebauführung wurden auf seiner Grundlage zusätzliche Bohransatzpunkte zur Klärung weiterer Detailfragen ausgewählt. Die Ergebnisse dieser Bohrungen werden in einer Nachinterpretation in das Modell eingearbeitet. Darüber hinaus bietet das Modell vielfältige Möglichkeiten zur weiteren Nutzung, z.B. für die hydrogeologische Bewertung (Restwasser) oder eine auf Böschungen und Arbeitsebenen bezogene Auswertung der Ergebnisse für die geotechnische Arbeit in der Monats- und Wochentechnologie des Tagebaues.

### SM 3 Seismische Abbildung des San-Andreas-Verwerfungssystems

*Stefan Buske, Stine Gutjahr, Serge Shapiro (Freie Universität Berlin)*

E-Mail: [buske@geophysik.fu-berlin.de](mailto:buske@geophysik.fu-berlin.de)

Im Rahmen des Projektes SAFOD (San-Andreas-Fault-Observatory-at-Depth) wurde im Jahr 2003 ein ca. 50 km langes seismisches Reflexionsprofil senkrecht zum Streichen der San-Andreas-Verwerfung acquiriert. Wir präsentieren hier die Anwendung moderner Abbildungsverfahren (Fresnel-Volumen-Migration) auf diesen dreikomponentigen Datensatz. Dazu wurde mit Hilfe der einzelnen Komponenten das Wellenfeld in P- und S-Wellenanteil zerlegt und für jeden Anteil separate Abbilder berechnet.

Das Ergebnis sind hochaufgelöste seismische Abbilder dieses komplexen Störungssystems. Die Strukturen sind zum Grossteil sehr steil stehende Strukturen in der Nähe der San-Andreas-Verwerfung und des SAFOD Bohrloches, aber auch sekundäre kleinere Störungen, die keine bisher bekannten Merkmale entlang der Erdoberfläche aufweisen und geologisch unbekannt sind. Der derzeit durchgeführte Vergleich der P- bzw. S-Abbilder erlaubt im weiteren eine Interpretation hinsichtlich der petrophysikalischen Eigenschaften der einzelnen Strukturelemente und deren Kopplung. Ein Vergleich mit dem Auftreten und den Lokationen von Mikrobeben sowie den Ergebnissen anderer geophysikalischer Methoden sowie kleinskaliger seismischer Experimente in der Nähe des SAFOD Bohrlochs erlaubt eine integrative geophysikalische Interpretation und liefert zusätzliche Randbedingungen zum Verständnis der Dynamik und der seismogenen Prozesse an diesem bedeutenden Plattenrand.

### SM 4 Vergleich der Aufnahmequalität von geschleppten und gesteckten Geophonen in der Nahseismik

*Martin Wahle (Universität Leipzig / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ), Peter Schikowsky (Universität Leipzig), Peter Dietrich (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ)*

E-Mail: [martin.wahle@ufz.de](mailto:martin.wahle@ufz.de)

Im UFZ-Teilprojekt des Verbundprojektes COMEXTECH, werden seismische Verfahren zur effektiven und zuverlässigen Abbildung der Untergrundstrukturen eingesetzt. Eine Steigerung der Effektivität in der seismischen Datenaufnahme wird durch die Verwendung seismischer Landstreamer erwartet. Dabei werden die Geophone, ähnlich der marinen Seismik, in fester Anordnung von einem Zugfahrzeug, an dem sich die auch seismische Quelle befindet, über das zu vermessene Profil geschleppt. Die sich ergebende Fragestellung ist jedoch, ob trotz der signifikanten Erhöhung des Messfortschritts und der damit einhergehenden Reduzierung des Personal- und Zeitaufwandes, die Qualität der aufgezeichneten Daten denen in klassischer Form, mit gesteckten Geophonen entspricht, oder zumindest der Effektivitätsgewinn gegenüber den etwaigen Qualitätseinbußen überwiegt. Zur Klärung dieser

Frage konnten Testmessungen an verschiedenen Standorten vorgenommen werden, von denen bereits detaillierte Informationen über den Untergrund vorliegen. Sowohl in Gebieten mit unterschiedlichen Untergrundverhältnissen, als auch auf unterschiedlichen Oberflächen (Gras, Straße, Schotter) wurde die Durchführbarkeit getestet. Im Rahmen der Präsentation werden erste Ergebnisse aus reflexionsseismischen CMP Feldmessungen im Gebiet der Leipziger Tieflandsbucht vorgestellt. Zum Einsatz kamen Kombinationen aus mehreren 24-kanaligen Landstreamern, die mit 14 Hz Vertikal Geophonen versehen waren. Im Vergleich dazu wurden Messungen mit gesteckten Geophonen desselben Typs durchgeführt. Diese wurden so konfiguriert, dass zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Datensätze, dieselbe Geometrie und damit derselbe Überdeckungsgrad realisiert wurde. Um gleichartige Signale zu erzeugen, diente als seismische Quelle ein beschleunigtes Fallgewicht (PEG-40). Die Datensätze wurden einem seismischen CMP Processing mit identischen Flowcharts und Parameterlisten unterzogen. Darüber hinaus werden während der Messungen auftretende Probleme erläutert und an Beispielen veranschaulicht.

## **SM 5 OnSITE - Tunnelseismik I: Seismische Vorauserkundung im Tunnelbau mit Lockergestein - Neuer Schlüchterner Tunnel (Hessen)**

*Stefan Lüth, Aissa Rechlin, Rüdiger Giese (GeoForschungsZentrum Potsdam), Stephan Besser (Universität Karlsruhe), Edwin Fecker (GIF Ettlingen GmbH)*

E-Mail: [slueth@gfz-potsdam.de](mailto:slueth@gfz-potsdam.de)

Durch den zunehmenden Bedarf nach leistungsfähiger Verkehrsinfrastruktur (z.B. für das Europäische Hochgeschwindigkeits-Eisenbahnnetz) befinden sich eine Reihe Basistunnel im Bau bzw. in der Planungsphase. Diese durchqueren in der Regel geologisch und geotechnisch komplexe Gesteinsformationen in großer Tiefe, so dass oft eine Vorauserkundung vor dem Bau von der Erdoberfläche aus für ein exaktes Baugrundmodell nicht ausreicht. Deshalb werden verschiedene Vorauserkundungsmethoden in den Tunnelvortrieb integriert, um während der Bauarbeiten das Baugrundmodell zu präzisieren und so einen sicheren und effizienten Vortrieb zu gewährleisten. Neben direkten Verfahren (Vorauserkundungsbohrungen) werden vor allem reflexionsseismische Messungen direkt von der Ortsbrust oder kurz dahinter angewandt.

Im Rahmen des GEOTECHNOLOGIEN-Verbundvorhabens OnSITE werden die technischen Komponenten, Auswerte- und Interpretationsverfahren für reflexionsseismische Messungen im Tunnel- und Untertagebau weiterentwickelt. Dabei liegt ein Schwerpunkt in der Entwicklung für Tunnelvortriebe, die sowohl Locker- als auch Festgestein durchfahren. Die Herausforderung für geophysikalische (seismische) Messungen in Tunneln des Lockergestein besteht dabei darin, dass sowohl die Ortsbrust als auch das seitlich den Tunnel umgebende Gebirge nicht direkt für Quellen und Empfänger zugänglich sind. Die Messungen müssen daher aus dem Inneren der Betonverschalung des Tunnels durchgeführt werden. In Zusammenarbeit mit den OnSITE-Partnern Hochtief Construction, Züblin und dem Ingenieurbüro Fecker hat das GFZ Potsdam drei seismische Messkampagnen auf der Baustelle des Neuen Schlüchterner Tunnels (Bahnstrecke Fulda-Frankfurt) durchgeführt. Ergänzt wurden die seismischen Messungen durch die geotechnische Untersuchung von Vorauserkundungsbohrungen mit einem optischen Scanner. Außerdem werden Steuerparameter der Tunnelvortriebsmaschine verwendet, um die Grundlagen für eine integrierte Interpretation für die Vorauserkundung zu schaffen. Die Ergebnisse der seismischen Messungen zeigen Strukturen in bis zu 80 m Entfernung vom Tunnel, wobei aber vor allem Strukturen seitlich bzw. unterhalb des Tunnels abgebildet wurden. Im Festgestein (siehe Rechlin et al., diese Tagung) ist eine Vorauserkundung mit seitlich an der Tunnelwand angeregten Oberflächenwellen

Erfolg versprechend, da diese das Wellenfeld deutlich dominieren. Im Lockergestein bzw. im Inneren von Betonverschalungen deuten die Ergebnisse der Testmessungen darauf hin, dass hier vor allem direkte Raumwellen angeregt werden. Die Auswerte- und Interpretationsstrategie von OnSITE zielt deshalb sowohl auf die Verwendung von an der Tunnelwand entlang laufenden Oberflächenwellen, als auch von direkt an der Quelle erzeugten Kompressions- und Scherwellen ab, und ermöglicht so eine Vor- und Umfelderkundung während einer Baumaßnahme.

## **SM 6 OnSITE – Tunnelseismik II: Seismische Vorauserkundung für den Tunnelbau im Hartgestein (Glendoe Wasserkraftwerk/Schottland)**

*Aissa Rechlin, Rüdiger Giese, Stefan Lüth (GeoForschungsZentrum Potsdam), André Heim (Herrenknecht AG)*

E-Mail: [arechlin@gfz-potsdam.de](mailto:arechlin@gfz-potsdam.de)

Das ISIS (Integrated Seismic Imaging System) besteht aus den Hardwarekomponenten (Quellen und Empfänger) und der Auswertesoftware für die seismische Vorauserkundung im Tunnelbau. Das System wurde für den Einsatz auf Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) im Festgestein am GFZ Potsdam entwickelt. Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Herrenknecht AG wurden Anfang 2007 tunnelseismische Messungen am Glendoe Wasserkraftwerk am südwestlichen Ufer des Loch Ness (Schottland) durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen war es ISIS erstmals in einem Langzeitversuch von vier Wochen Dauer und insgesamt 300m Vortriebsleistung zu testen. Die 3K-Empfänger wurden in 1m tiefen Bohrungen im Abstand von 130° zueinander auf beiden Seiten des Tunnels im Kämpferbereich gesetzt. Als Quelle wurden zwei pneumatische Impulshämmer verwendet, welche im Abstand von 180° auf der TVM installiert wurden. Die Schüsse wurden jeweils von vier Empfängern registriert. Der mittlere Quellpunktabstand betrug 1,8m und das mittlere Geophonintervall lag bei 13m. Die seismischen Messergebnisse wurden mit einer unabhängig durchgeführten geologischen Tunnelwandkartierung verglichen. Das Datenprozessing bis zur Migration wurde hierfür mit einem homogenen Geschwindigkeitsmodell noch vor Ort durchgeführt. Es wurde eine sehr gute Übereinstimmung zwischen seismischen Reflektoren und kartierten tektonischen Strukturen im durchfahrenen, petrographisch homogen ausgebildeten, Quarzglimmerschiefer nachgewiesen. Anhand der kartierten Geologie und der Ersteinsätze wird das Geschwindigkeitsmodell in laufenden Untersuchungen für den Migrationsprozess optimiert, um die Position der Reflektoren noch genauer bestimmen zu können als in der Analyse vor Ort. Die interne Beschaffenheit gestörter Bereiche und die Orientierung der Grenzflächen können derzeit in der Praxis noch nicht eindeutig bestimmt werden. Im nächsten Schritt werden Steuerparameter der Tunnelvortriebsmaschine verwendet und auf ihre Beziehung zu den seismischen und geologischen Daten untersucht. Die Korrelation von Vortriebsparametern, seismischen und geologischen Daten soll die Basis für eine integrierte Interpretation in der Vorauserkundung im Tunnelbau schaffen.

## **SM 7 Imaging of geological structures ahead of the tunnel by interpretation of RSSR-wave polarization**

*Stefan Jetschny, Thomas Bohlen, Denise De Nil (TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik)*

E-Mail: [stefan.jetschny@geophysik.tu-freiberg.de](mailto:stefan.jetschny@geophysik.tu-freiberg.de)

To increase safety and efficiency of tunnel constructions, online seismic exploration ahead of a tunnel can become a valuable tool. Within the *OnSite* project founded by the BMBF (german Ministry of Education and Research) within *GeoTechnologien* a new forward looking seismic imaging technique is developed to e.g. determine weak and water bearing zones ahead of the constructions.

Our approach is based on the excitation and registration of *tunnel surface-waves*. These waves are excited at the tunnel face behind the cutter head of a tunnel boring machine and travel into drilling direction. Arriving at the front face they generate body waves (mainly S-waves) propagating further ahead. At geological interfaces ahead of the tunnel, S-waves can be reflected and back-convert into tunnel surface-waves when approaching the tunnel. According to the wavepath we call these waves RSSR-waves.

One single first arrival measurement along the tunnel wall provides the travel time of the RSSR wave which can be used to determine the distance of heterogeneities ahead of the tunnel. However, no information about spatial orientation (e.g. dip) is given and has to be gained by repeating measurements while the tunnel construction progresses. To reduce imaging ambiguities even at a single measurement, polarization information of the back-converted tunnel surface-wave can be useful. 3-D Finite Difference modelling revealed that the dip of the interface is related to the elliptical polarization of the RSSR-wave. In a homogeneous model the ratio of major axis to minor axis of the RSSR polarization ellipse is depending on the dip of the reflected wave front. Field data acquired by the GFZ Potsdam is used to show if the RSSR polarization information can be recorded and interpreted under real conditions.

## **SM 8 Beamforming with RSSR-waves for imaging structures ahead of a tunnel face**

*Denise De Nil, Daniel Köhn, Stefan Jetschny, Thomas Bohlen (TU Bergakademie Freiberg)*

E-Mail: [denise.denil@tu-freiberg.de](mailto:denise.denil@tu-freiberg.de)

One major aim of the GEOTECHNOLOGIEN-project OnSITE is to improve seismic imaging of geological structures ahead of the tunnel face using RSSR-waves. This may be realized by adapting array techniques to tunnel seismics.

RSSR-waves are Rayleigh waves excited some decameters behind the tunnel face, which convert into shear waves when reaching the tunnel face. These shear waves propagate into the subsurface in front of the tunnel face. If they are reflected and hit the tunnel again, they convert back into Rayleigh waves which can be recorded by receivers some decameters behind the tunnel face. The possibility to place sources and receivers on the tunnel wall behind the actual construction site as well as their usually high amplitude in the typically rather noisy environment make them attractive for seismic prediction.

At very low frequency, the influence of the tunnel on the wavefield is small, except for effective characteristics of sources and receivers close to the tunnel surface. With this limitation, groups of sources and receivers can be regarded as conventional arrays with unfavorable geometry, but there are no typical Rayleigh waves due to the relatively small surface. At very high frequency, the fullspace with the tunnel can be approximated by a wound up half space. Reflection and transmission of a Rayleigh wave at the edge of the tunnel face can be approximated by those at a three-quarter space, or

more precisely at two such edges. However, due to small-scale heterogeneities and attenuation, very high frequencies usually do not provide good signal to noise ratio.

Comparisons of main features of simple beams derived from these approximations with synthetic wavefields modeled by finite difference show that major characteristics of the wavefield can be described this way. Another interesting feature is that sources (and receivers, respectively) placed on only two asymmetric lines along the tunnel enable 3D beamforming.

## SM 9 Tunnel seismic investigations – 3D imaging

*Jannis Tzavaras, Stefan Buske, Kolja Groß, S. A. Shapiro (Institut für geologische Wissenschaften, FU Berlin)*

E-Mail: [itzavara@geophysik.fu-berlin.de](mailto:itzavara@geophysik.fu-berlin.de)

The project OnSITE (Online Seismic Imaging for Tunnel Excavation in hard rock) aims at developing an integrated approach for seismic imaging around the tunnel and prediction ahead of the tunnel face during construction work. We present the recent results of our subproject which is concerned with the determination of the spatial locations of faults, fractures and heterogeneities by advanced seismic imaging techniques.

So far we have extended existing 2D imaging techniques to 3D. We have implemented 3D versions of “Kirchhoff prestack depth migration” (KPSDM), “Fresnel-Volume-Migration” (FVM) and “Reflection-Image-Spectroscopy” (RIS). The 3D P- and S-velocity models required for the calculation of the Green’s functions have been generated by using the 2D first-break tomography velocity models and rotating them around the tunnel axis. The 3D images were obtained by stacking the migrated data taking into account either the true phase or the absolute value.

The application of the mentioned imaging techniques to data from the Gotthard base tunnel (Piora adit) show significant improvements compared to standard (KPSDM) processing. The 3D RIS approach suppresses scattering effects in the low frequency band and increases resolution in the high frequency band so that some of the geological structures are much better visible. The 3D FVM technique uses slowness and polarization based estimates of the emergence angles at the receivers and restricts the imaging to the region around the actual reflection or diffraction point. We observe less spatial ambiguity and a higher resolution of most structures already in single receiver gathers.

Further work will be concentrated towards the integration of both approaches (RIS and FVM) in order to exploit their advantages and to deliver an even more pronounced and clear image of the tunnel environment.

## PSM 1 Improvement density of seismic lines network in order to perform detailed defining of structures in Kisacka depression

*Milovan Beric, Miroslav Francuski (Nis-Naftagas )*

E-Mail: [mifran.c@nis-naftagas.co.yu](mailto:mifran.c@nis-naftagas.co.yu)

Kisacka depression is located in the northern part of Serbia, in the SE Vojvodina. Study area investigated by reflection seismics is 1382 km<sup>2</sup>. Seismic 2D exploration has been performed since 1966, and some structures were defined. In order to define the structures more precisely, new network of seismic lines has been planned. In 2005, 391km-long 2D seismic lines were recorded. After processing and interpretation of obtained data, it was concluded that the most promising part of the depression is the one including large Sirig structure. The structure is made of two parts, separated with fault. In the

northern part ( Srbobran ), gas field is existent, while in southern part, one negative borehole is present. On the basis of lithological analysis and interpretation of well-logging results for S-1 borehole, it was realized that the Sirig structure is made of the following chronostratigraphic units: Palaeozoic, Miocene, Pliocene and Quaternary. Palaeozoic formations are made of schists of unknown origin. Miocene sediments are predominant in the Sirig structure, with thickness 600-700m. Lithologically, they are defined as Badenian Lithothamnion limestone, while Panonian and Pontian sediments are made of marl, sandstone, sand and clay. In all analyzed sediments of the Sirig structure hydrocarbon content has not been defined. That is why network of 2D seismic lines was performed with improved density – in order to analyze in detail tectonic relationships in the study area and, on the basis of all available data, to develop new geological models as basis for locating new exploratory boreholes.

## **PSM 2 Imaging of the Nazca Plate using Kirchhoff Prestack Depth Migration**

*Daniel Chalbaud, Stefan Buske (Freie Universitaet Berlin)*

E-Mail: [daniel@geophysik.fu-berlin.de](mailto:daniel@geophysik.fu-berlin.de)

Kirchhoff prestack depth migration (KPSDM) and a novel extension, Fresnel Volume Migration (FVM), were applied to wide-angle seismic data to image the seismogenic coupling zone between 21°S – 23.5°S in the North of Chile. The dataset corresponds to the amphibious project CINCA-95 which has been carried out to fill the gap between previous off/on-shore investigations and define the major lithospheric structures of the lower Nazca plate and the overriding South American Plate.

KPSDM applied to profiles up to 250 km maximal offset images the Nazca plate as a strong reflector at an angle of 18° around 70 km from the coast at 25-35 km depth. In FVM the migration operator is restricted to the region or volume in the subsurface which physically contributes to a reflection event. The restriction of the migration operator leads to an improved signal-to-noise ratio and avoids the stacking of undesirable noise. The FVM migrated sections show the subducted Nazca plate at the same location and depth but with higher resolution and less migration artefacts than the KPSDM sections. An offset analysis was performed by migrating the data separately for near, intermediate and far offsets. The far offsets represent the major contribution to the imaging process showing the subducting slab at a similar location compared to the full offset section.

In the future this methodology will be applied to the SPOC-2001 wide-angle dataset to contribute with the knowledge of the geometry of the convergent margin in South-Central Chile.

## **PSM 3 Tiefenmigrationsergebnisse aus dem östlichen Mittelmeer / Levante Becken**

*Stefan Dümmong, Kristina Meier, Christian Hübscher (Universität Hamburg, Institut für Geophysik)*

E-Mail: [stefan.duemmong@zmaw.de](mailto:stefan.duemmong@zmaw.de)

Im Rahmen dieses Vortages werden Tiefenmigrationsergebnisse aus dem östlichen Mittelmeer / Levante Becken präsentiert. Hierbei wurden hochauflösende Industriedatensätze verwendet, welche durch ihre große Aufnahmegeometrie besonders detailreiche Abbildungen ermöglichen. Zur Erzeugung der Migrationsgeschwindigkeitsmodelle wurde ein spezielles Tomographieverfahren verwendet (NIP-wave Tomographie), welches nicht nur Laufzeitinformationen, sondern auch zusätzliche seismische Attribute invertiert. Die prestack Tiefenmigration wurde mit Fokus auf der strukturellen Abbildung der Messinischen Evaporite durchgeführt, so dass dessen interne Struktur sehr gut abgebildet werden



konnte. Hierbei lassen sich sechs einzelne Evaporitschichten identifizieren. Zusätzlich wurden Refraktionsgeschwindigkeiten aus den Daten gewonnen. Hierbei lässt sich eine Korrelation zwischen Geschwindigkeitssprüngen und dem Ausbeißern der einzelnen Evaporitschichten herstellen. Diese Schichten können mit unterschiedlichen Ablagerungsbedingungen der Evaporite in Verbindung gebracht werden. Die Geschwindigkeitskontraste innerhalb der Evaporite könnten sich z.B. durch eine Wechsellagerung von Haliten und eingelagerten Kalstika ergeben. Somit ergeben sich aus der Auswertung der Tiefenmigrationen und der Refraktionsgeschwindigkeitsprofile neue Implikationen für die tektonische und strukturelle Interpretation der Messinischen Evaporite im östlichen Mittelmeer / Levante Becken. Die tiefenmigrierten Daten erlauben erstmalig die Quantifizierung von Störungen, die durch Platten- und Salztektone hervorgerufen werden.

#### **PSM 4 Application of 3D seismics in developing geological model of doline structure**

*Miroslav Francuski, Milovan Beric (Nis-Naftagas)*

E-Mail: [mifran.c@nis-naftagas.co.yu](mailto:mifran.c@nis-naftagas.co.yu)

Doline structure is located in NE Backa, in the southern part of Pannonian basin. By developing geological model of the structure, some markers have been defined, suggesting continuation of activities on outlining and defining location of the field in both directions. Model which integrates geological data and makes their analysis from the viewpoint of production possible, can provide base for defining optimum strategic solutions during the stage of defining the most optimal way of the field management. The fact is that each field is unique and that is why multidisciplinary approach in space and time is necessary. On the basis of detailed interpretation of 3D seismic lines and analysis of geological data for D-1 and D-2 boreholes, deposition medium and lithological content of collector rocks within the Doline structure have been determined. According to lithological analyses and well-logging data interpretation for D-1 and D-2 boreholes, the Doline structure is made of the following hronostratigraphic units: Triassic, Miocene, Pliocene and Quaternary. From the viewpoint of hydrocarbon accumulation, Lower Pontian medium-grain quartz-mica sandstone is the most important formation. As a result of D-1 borehole exploration, oil and gas occurrences have been obtained and that is why detailed interpretation of 3D seismics was performed, in order to define space distribution of the structure, as well as strike of the fault and defining migration paths for hydrocarbons. According to synthesis of detailed interpretation 3D seismic lines A-A', B-B' and C-C', but also of borehole data, it has been distinguished that the Doline structure extends to smaller depth to south and SW, and so – that part of the structure is the most convenient from the viewpoint of hydrocarbon accumulation.

#### **PSM 5 Morphotectonic of the accretionary prism off southern Sumatra**

*Sabrina Glaubitz (Universität Hannover), Stefan Ladage, Christoph Gaedicke (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover), Wilhelm Weinrebe (IFM-GEOMAR, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften), Yusuf Djajadihardja (Agency for the Assessment and Application of Technology (BPPT))*

E-Mail: [s.glaubitz@web.de](mailto:s.glaubitz@web.de)

After the Great Sumatra earthquake and tsunami of Dec 26th, 2004 several cruises with the German research vessel SONNE were conducted offshore Sumatra. Geophysical profiling has led to comprehensive data set along the Sumatra margin and trench. Here we present a morphotectonic interpretation

of the trench and accretionary prism off central and southern Sumatra. Based on swath bathymetry, 3.5 kHz subbottom profiles and multichannel reflection seismic data the structural inventory has been mapped. The geomorphologic setting of the oceanic crust of the subducting Indo-Australian plate is characterised by normal faulting at the outer trench wall. This faulting is due to the bending of the lithosphere as it enters the subduction zone. Three normal fault populations are observed: the first one trend approximately N-S and forms an acute angle of  $25^\circ$  with the trench axis. The second fault population trends E-W. The N-S and E-W trending fault populations run parallel the strike of extinct N-S trending fracture zones and E-W striking spreading axis of the oceanic crust, respectively. They are interpreted to be reactivated as the plate bends and enters the subduction zone. The third normal fault set strikes NW – SE parallel to the trench axis. This fault set is assumed to be newly formed during the bending of the plate. In the study area the depth of the trench gradually increases from 5800meters in the NW up to 6300meters in the SE. A turbidite channel in the trench fill can be followed for some 130km along the trench axis. The frontal slope and accretionary prism is dominated by thrust faults and folds. At the deformation front these are up to 50km long and about 400meter high. Their fold axis generally parallels the NW strike of the trench. At several locations the deformation front steps back with the large offsets up to 12km. At  $4^\circ\text{S}/90^\circ\text{E}$  this offset of the deformation front is clearly associated to subduction of an abyssal hill of 1000meter relief. Subduction of the abyssal hill leads to local rotation of fold axis and fault systems at the frontal slope. Further NE in the accretionary prism there are three more tectonical features. Slump structures are formed by retrograde erosion. Other characteristics are piggy-back basins and channels distributed over the whole investigation area. Piggy-back basins are developed through an uplift of folds or thrusts. The piggy-back basins are fed with sediments from the outer arc high through channels which cut into the slope. In the upper part of the wedge the basins become broader and the folds and thrust faults are less steep as in the lower part of the slope.

## **PSM 6 Tunnel seismic investigations – 3D modeling and rock-physical characterization**

*Kolja Groß, Jannis Tzavaras, Stefan Buske, Serge A. Shapiro (Freie Universität Berlin)*

E-Mail: [kolja@geophysik.fu-berlin.de](mailto:kolja@geophysik.fu-berlin.de)

The project OnSITE (Online Seismic Imaging for Tunnel Excavation in hard rock) aims at developing an integrated approach for seismic imaging around the tunnel and prediction ahead of the tunnel face during construction work. We present the recent results of our subproject which is concerned with the determination of the spatial locations of faults, fractures and heterogeneities by advanced seismic imaging techniques and the investigation of the seismic properties of these heterogeneities by numerical modeling.

We have implemented 3D versions of “Kirchhoff prestack depth migration” (KPSDM), “Fresnel-Volume-Migration” (FVM) and “Reflection-Image- Spectroscopy” (RIS). The 3D RIS approach suppresses scattering effects in the low frequency band and increases resolution in the high frequency band so that some of the geological structures are much better visible. The 3D FVM technique uses slowness and polarization based estimates of the emergence angles at the receivers and restricts the imaging to the region around the actual reflection or diffraction point. We observe less spatial ambiguity and a higher resolution of most structures already in single receiver gathers.

The seismic image of a fractured layer obtained by the techniques mentioned above (RIS, FVM) varies with the wavelength of the used signal, thus systematic modeling studies of scattering reflectors in a

statistically heterogeneous medium are necessary. Seismic finite difference (FD) modeling in 3D to determine elastic and petrophysical properties for poroelastic media is ongoing work in our group. In our models we test different fracture geometries and fillings (dry, fluid-saturated).

In the future the integration of the numerical modeling results with actually observed data and the imaging results will provide a basis for the interpretation of the observations in terms of potential danger for underground construction.

## **PSM 7 Numerical modeling and interpretation of microseismic signatures related to nonlinear pore pressure diffusion**

*Nicolas Hummel, T. M. Müller (Universität Karlsruhe / Geophysikalisches Institut)*

E-Mail: [nicolas.hummel@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:nicolas.hummel@gpi.uni-karlsruhe.de)

In the past few years, many efforts have been made to characterize fluid transport properties of rocks using induced microseismicity. While injecting or extracting fluid into boreholes small magnitude earthquakes are often observed for various types of rocks. The dependence of the coefficient of diffusion on pore pressure of some rock masses is slight, so the coefficient of diffusion can be assumed to be constant. In fractured porous rocks, however, the pressure dependence is usually strong.

Therefore the motivation is to devolve this feature to pressure dependent diffusivities to find out more about the microseismic signatures. Another incitement is to understand if nonlinear diffusion can explain microseismicity related to fluid injection experiments and hydraulic fracturing. The nonlinear diffusion equation is solved by using the finite element method on an adaptive grid. Following the SBRC- approach (seismicity based reservoir characterization) microseismic earthquakes are triggered and analyzed regarding their spatio-temporal distribution. I will show that there are significant differences in the microseismic signatures of linear and nonlinear pore pressure diffusion. Furthermore it is presented that the microseismic event distribution is governed by two event triggering processes. One of these that can be interpreted as *fracturing front* and that changes significantly the fluid transport properties and inducing a large number of microearthquakes. The other is the triggering front that induces only a small number of microearthquakes ahead of the fracturing front. For the Fenton Hill hydrofrac experiment the existence of these nonlinear pore pressure diffusion signatures is shown.

## **PSM 8 Three-component Seismic Observations from the NE Tibetan Plateau to the Qaidam Basin along the INDEPTH IV Transect**

*James Mechie, Rainer Kind (GFZ Potsdam), Rolf Meissner (Christian Albrechts University, Kiel), Zhao Wenjin, Shi Danian, Wu Zhenhan (Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, China), Larry Brown (Cornell University, USA), Simon Klemperer, Marianne Karplus (Stanford University, USA)*

E-Mail: [jimmy@gfz-potsdam.de](mailto:jimmy@gfz-potsdam.de)

As part of the INDEPTH IV controlled-source experiment in June 2007, 20 broadband and 29 short-period three-component seismographs at 5-6 km station spacing recorded 5 large shots (1000-2000 kg) and 100 small shots (80 kg) along a 270 km long profile across the Kunlun mountains in northeast Tibet. Following the controlled-source experiment, 50 broadband seismographs (35 from GIPP, Germany and 15 from SEIS-UK) were deployed for a period of one year along two profiles across the Kunlun mountains and the Jinsha river suture in northeast Tibet. The aims of the project are to determine the crust and upper mantle structure beneath northeast Tibet, detect the sharpness of any steps in major

crustal boundaries (e.g. Moho) as major geological features e.g. sutures and the transition to the Qaidam basin, are crossed and detect how deep major faults penetrate in order to examine the viability of the crustal flow hypothesis. A description of the field experiment and data examples from both the controlled-source and passive-source components of the project will be presented, together with some preliminary results from the controlled-source data.

## **PSM 9 The Deep Structure Across the Southern Dead Sea Basin as Revealed by Seismic Wide-Angle Reflection / Refraction Profiling from the DESIRE Project**

*James Mechie, Michael Weber, Khalil Abu-Ayyash (GFZ Potsdam), Zvi Ben-Avraham (Tel-Aviv University, Israel), Radwan El-Kelani (An-Najah National University, Palestine), Issam Qabbani (Natural Resources Authority, Amman, Jordan), DESIRE Group*

E-Mail: [jimmy@gfz-potsdam.de](mailto:jimmy@gfz-potsdam.de)

As part of the DESIRE project a 240 km long seismic wide-angle reflection / refraction (WRR) profile was completed in spring 2006 across the Dead Sea Transform (DST) in the region of the southern Dead Sea basin. The DST with a total of about 105 km multi-stage left-lateral shear since about 18 Ma ago, accommodates the movement between the Arabian and African plates. It connects the spreading centre in the Red Sea with the Taurus collision zone in Turkey over a length of about 1100 km. With a sedimentary infill of about 10 km in places, the southern Dead Sea basin is the largest pull-apart basin along the DST and one of the largest pull-apart basins on Earth. The WRR measurements comprised 11 shots recorded by 200 three-component and 400 one-component instruments spaced 300 m to 1.2 km apart along the whole length of the E-W trending profile. Models of the P-wave velocity structure derived from the WRR data show that the sedimentary infill associated with the formation of the southern Dead Sea basin is about 8.5 km thick beneath the profile. With around an additional 2 km of older sediments, the depth to the seismic basement beneath the southern Dead Sea basin is about 11 km below sea level beneath the profile. In contrast, the interfaces below about 20 km depth, including the top of the lower crust and the Moho, show less than 3 km variation in depth beneath the profile as it crosses the southern Dead Sea basin. Thus the Dead Sea pull-apart basin might be essentially an upper crustal feature with N-S upper crustal extension associated with the left-lateral motion along the DST. E-W extension may be a very minor component. The boundary between the upper and lower crust at about 20 km depth could act as a decoupling zone. Below this boundary the two plates move past each other in what may be essentially a shearing motion. Thermo-mechanical modelling of the Dead Sea basin supports such a scenario.

## **PSM 10 Noise Removal from Seismic Data Using the Wavelet Transform Modulus Maxima Lines(WTMM) Combined with the DWT**

*Sid Ali Ouadfeul (University of sciences and technology, USTHB, Algeria)*

E-Mail: [geo1434@yahoo.fr](mailto:geo1434@yahoo.fr)

Determination of reservoirs forms and lithologies from seismic data is a crucial problem in geophysics; indeed the presence of the noise in seismic traces can deteriorate information and hide important hydrocarbons accumulations. For that we use in this paper the multifractal formalism revisited by the wavelet transform, to denoising traces and characterize each amplitude in the seismic trace by an

exponent of Holder. Our objective is to separate information due of a significant geological lithologies variation to the various noises. Application at VSP data shows that the proposed technique can enhance seismic data processing.



## **Seismologie**

## SO 1 Modellierung von H/V-Messungen

*Stefan Stange (Regierungspräsidium Freiburg, Landeserdbebendienst), Claudia Pohl (Universität Freiburg)*

E-Mail: [stange@lgrb.uni-freiburg.de](mailto:stange@lgrb.uni-freiburg.de)

Die H/V-Methode (auch Horizontal over Vertical Spectral Ratio) ist ein vielbenutzter Ansatz zur Untersuchung des flachen Untergrundes (Zehner bis Hunderter Meter Tiefe), vor allem im Zusammenhang mit seismischer Mikrozonierung. Im einfachsten 1D-Fall wird in erster Linie die Tiefenverteilung der Scherwellengeschwindigkeit mit den messbaren Eigenschaften des H/V-Spektrums in Verbindung gebracht. Eine Inversion des Spektrums auf die S-Wellen-Struktur bleibt aber hochgradig uneindeutig, da der Frequenzmesswert nur einen einzigen Punkt auf der Dispersionskurve (z.B. der Rayleigh-Grundmode) abbildet. Amplitudenbetrachtungen werden zusätzlich durch residuale Effekte der Quellverteilung erschwert.

Im Rahmen des Mikrozonierungsprojektes Lörrach/Weil am Rhein wurden auf einem Gebiet von nur gut 50 Quadratkilometern über 1000 H/V-Messungen gewonnen. Aus diesem exzellenten Datensatz wurden Beispiele ausgewählt, für die möglichst präzise und geeignete geologische Informationen vorlagen. Die Modellierung folgte dann einem Ansatz aus der Reflektivitätsmethode, der rein auf den Übertragungseigenschaften eines Schichtpaketes basiert und auf diskrete Quellen verzichtet. Plausible Geschwindigkeits-Tiefen-Modelle konnten zwar gefunden werden, noch deutlicher wurden aber die engen Grenzen, die einer solchen H/V-Modellierung prinzipiell gesetzt sind.

## SO 2 Investigation of H/V in "Layer over half-space" model: peaks, troughs and osculation points

*Tuan Tran, Peter G. Malischewsky (Friedrich-Schiller-Universität Jena), Frank Scherbaum (Universität Potsdam)*

E-Mail: [thanhtuan9980@yahoo.com](mailto:thanhtuan9980@yahoo.com)

The H/V method was originally proposed by Nogoshi and Igarashi (1971) and disseminated by Nakamura (1989). It consists of estimating the ratio between the Fourier amplitude spectra of the horizontal (H) to vertical (V) components of the ambient noise vibrations recorded at one single station. This is a well-known method and it concentrates on the peak and the trough (if exists) of the H/V curve generated from the measured data. One question addressed here is under which condition the peak and zero points exist and when they exist, at which frequency do they occur. For the model "Layer over half-space" the condition of existence of peak and zero points and their position is discussed. Additionally, the osculation point is explained as a critical point at which the H/V-ratio curve changes its property from having two peaks to having one peak and one zero point.

## SO 3 Modelle und Effekte seismischer Anisotropie im Bereich mittelozeanischer Rücken

*Carolin Böse, Georg Rümpker, Harro Schmeling (JWG Universität Frankfurt)*

E-Mail: [CarolinBoese@yahoo.de](mailto:CarolinBoese@yahoo.de)

Wir präsentieren ein fluid-dynamisches Modell für die Entwicklung seismischer Anisotropie im Bereich eines stationären mittelozeanischen Rückens. Das Modell simuliert die LPO (*lattice preferred orientation*) von Mantel-Kristallen aufgrund von Deformationsvorgängen im Bereich des Rückens.



Ausgehend von diesem Modell untersuchen wir den Einfluss der komplexen anisotropen Struktur im Bereich des Rückens auf die Ausbreitung von SKS-Wellen. Eine homogene anisotrope Schicht führt zur Aufspaltung der Scherwellen in zwei Komponenten, die senkrecht zueinander polarisiert sind und sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausbreiten. Dieser Effekt kann durch die beiden Splittingparameter  $\delta t$  (Verzögerungszeit zwischen schneller und langsamer Welle) und  $\phi$  (Polarisationsrichtung der schnellen Welle) charakterisiert werden. Im Gegensatz hierzu verursacht die Anisotropie im Bereich des mittelozeanischen Rückens kontinuierliches Schwerwellensplitting entlang des Strahlweges. Allerdings kann auch in diesem Fall der Effekt auf die SKS-Wellenformen durch zwei effektive Splittingparameter charakterisiert werden – vorausgesetzt die effektive Verzögerungszeit ist klein im Vergleich zur dominanten Periode der SKS Welle. Die effektiven Splittingparameter sind von der anfänglichen Polarisation, dem Backazimut, dem Einfallswinkel, sowie der Frequenz der SKS-Welle abhängig.

Wir simulieren die effektiven Splittingparameter für unterschiedliche Einfallswinkel und Backazimute als Funktion des Abstandes vom mittelozeanischen Rücken. Die Ergebnisse zeigen eine Zunahme der Verzögerungszeit mit dem Abstand vom Rücken auf etwa 2,5 s in einer Entfernung von 300 km. Für einen NS-orientierten Rücken ergeben sich die größten Abweichungen zwischen der effektiven Polarisationsrichtung und der Spreadingrichtung für Strahlen im Backazimutbereich um 330° – unabhängig von der Entfernung vom Rücken. Für alle Backazimute gilt, dass die Abweichung zwischen effektiver Polarisationsrichtung und der Spreadingrichtung für steilere Einfallswinkel (bzw. zunehmende Epizentralentfernung) abnimmt. Diese Ergebnisse sollen als Vergleichswerte für experimentelle Messungen dienen und Rückschlüsse auf das Strömungsfeld an realen mittelozeanischen Rücken ermöglichen.

#### **SO 4 Constraints on seismic anisotropy and Moho-depth for the Rwenzori region in western Uganda.**

*Ingo Wölbern, Georg Rümpker (J.-W. Goethe Universität Frankfurt)*

E-Mail: [woelbern@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:woelbern@geophysik.uni-frankfurt.de)

We present initial results from a passive-source seismological study of the Rwenzori Mountains in western Uganda close to the Congo border. The Rwenzori range is situated within the western branch of the East-African rift system. It is composed of metamorphic rocks and reaches altitudes of more than 5000 Meters. The project was carried out within the framework of the multidisciplinary **RiftLink** research group.

Local and teleseismic events are used to analyse the structure of the crust and upper mantle in the region. The temporary network consisted of 8 broad-band and 15 short-period seismic station and was in operation for a period of about 18 months. The initial deployment started during April of 2006.

Most of the stations were located along two profiles: one almost parallel to the rift close to the eastern flank of the Rwenzori mountains and a second roughly perpendicular this. Receiver-function and shear-wave splitting analyses are used to infer Moho depths and seismic anisotropy beneath the network.

The measured splitting parameters exhibit fast-polarization directions that are parallel to the rift with delaytimes of about 1.2 seconds. The rift-parallel polarizations indicate that rifting in this region may be assisted by magmatic intrusions. Indications for spatial changes in anisotropy come from the frequency dependence of the splitting parameters at some stations of the network.

The mapping of crustal thickness provides evidence for the absence of a deep crustal root underneath the Rwenzori mountains. Preliminary results indicate a Moho depth close to 25 km within the rift. The

depth increases to about 35 km beneath the rift shoulders.

The Rwenzori range is characterized by a complex intercrustal structure. A pronounced negative converted phase can be observed beneath the southern part of the network. This anomaly is interpreted as resulting from a low-velocity layer at roughly 15 km depth.

## **SO 5 Automatic centroid moment tensor inversions at regional and teleseismic distances**

*Simone Cesca, Sebastian Heimann (University of Hamburg), Klaus Stammler (SZGRF Erlangen, BGR), Torsten Dahm (University of Hamburg)*

E-Mail: [simone.cesca@zmaw.de](mailto:simone.cesca@zmaw.de)

The development of fast automatic routines for the retrieval of point source parameters of medium to large earthquakes has characterized the last years and decades, providing an increasing number of focal mechanism solutions and allowing a better interpretation of the seismotectonic settings at several areas. Original applications to large earthquakes at teleseismic distances have been successively improved, being now able to analyze events with magnitude down to  $M_w = 5.5$ , and have been more recently accompanied by specific routines for the analysis of regional datasets, which allowed similar applications to smaller events in certain areas. The majority of these methods are based on a similar approach, which is the fit of low-passed time traces, thus basically retrieving the source mechanism that best reproduces surface waves. We present here a new technique for the automatic retrieval of point source parameters at regional and teleseismic distances. In our approach, we use a larger set of information to better constrain the point source parameters, including the fit of amplitude spectra and displacements at different phases and different frequency ranges. The fitting process and the time consumption of the inversion process are significantly improved, thanks to the preliminary implementation of Green's functions databases and a new approach for their interpolation. The inversion method consists in a multi-step fitting procedure, finally providing the focal mechanism, the magnitude and the centroid location of the point source. We present examples of applications to a set of significant earthquakes, with different characteristics (focal mechanism, magnitude, centroid depth, range of epicentral distances), and discuss the implementation of automatic routines at the Seismological Observatory Gräfenberg, Germany.

## **SO 6 Momententensorinversion des nordkoreanischen Kernwaffentests vom 9. Oktober 2007 unter Verwendung eines regionalen 3D-Erdmodells**

*Andreas Barth (Universität Karlsruhe, Heidelberger Akademie der Wissenschaften), Gunnar Jahnke (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover)*

E-Mail: [andreas.barth@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:andreas.barth@gpi.uni-karlsruhe.de)

Der nordkoreanische Kernwaffentest vom 9. Oktober 2006 konnte aufgrund seiner geringen Ladungsstärke mit seismischen Methoden allein nicht zweifelsfrei identifiziert werden. Letzte Gewissheit lieferten schließlich Ergebnisse von Radionukleidmessungen, die prinzipbedingt erst einige Zeit nach dem Ereignis vorlagen. Es besteht daher ein großes Interesse an der Verfeinerung seismischer Diskriminationsmethoden, um schwache Ereignisse zeitnah einschätzen zu können. Der seismologische Nachweis wird durch die geringe Magnitude von  $m_b$  3.9 und dem daraus resultierenden niedrigen Signal-Rauschen-Verhältniss erschwert. Wir bestimmen den isotropen (explosiven) Anteil des Quell-

mechanismus mit Hilfe der Momententensorinversion (*MTI*), um ein weiteres Indiz zur Verifizierung beizutragen.

Prinzipiell sind langperiodische Wellenanteile für die Analyse des Herdmechanismus besser geeignet als kurzperiodische, weil sie weniger sensitiv für krustale Heterogenitäten sind. Jedoch ist man bei der Auswertung von Ereignissen geringer Magnituden auf verhältnismäßig kurze Perioden beschränkt, da meist nur diese deutlich aus dem seismischen Rauschen hervortreten. Um diesen Periodenbereich besser nutzen zu können, verwenden wir ein regionales 3D-Erdmodell zur Berechnung der synthetischen Wellenformen, das die wichtigsten tektonischen Charakteristika der Region beinhaltet und aus dem Modell *Crust 2.0* (Bassin et al., 2000) abgeleitet ist. Wir untersuchen den Einfluss dieses Erdmodells gegenüber einem 1D-Modell auf die Inversion und vergleichen die Ergebnisse mit denen für ein tektonisches Beben ähnlicher Magnitude, das sich am 16. April 2002 in 34 km Entfernung ereignete. Dazu verwenden wir seismische Registrierungen im Entfernungsbereich von 300 km bis 2600 km.

Wir beobachten einen deutlich erhöhten isotropen Anteil des Momententensors ( $M_{iso}$ ) für den Atomtest im Vergleich zum Erdbeben. Der Betrag von  $M_{iso}$  hängt von der gewählten Inversionsdämpfung ab, so dass eine absolute Quantifizierung von  $M_{iso}$  nicht möglich ist. Um den Einfluss des seismischen Rauschens auf  $M_{iso}$  zu untersuchen, addieren wir auf die Daten des tektonischen Ereignisses statistisch verteiltes Rauschen und führen die *MTI* unter den selben Bedingungen durch. Im Vergleich zu den Originaldaten finden wir auch hier einen leicht erhöhten Wert für  $M_{iso}$ , der allerdings andere Abhängigkeitsmuster von der Inversionsdämpfung zeigt. Die berechneten Tradeoff-Kurven, die das Verhältnis von  $M_{iso}$  zu  $M_W$  für verschiedene Dämpfungen zeigen, können einen weiteren Beitrag zur zeitnahen Verifizierung von fraglichen Nukleartests leisten.

## SO 7 Das Mw 6.4 Bantul Erdbeben 2007 – Ein überraschendes Desaster?

*Birger-G. Lühr (Geoforschungszentrum Potsdam), Thomas Walter (Potsdam / GFZ Potsdam), Joachim Wassermann (München / LMU), Ade Anggraini (Yogyakarta / UGM), Rongjang Wang (Potsdam / GFZ Potsdam), Diana Wagner (Kiel / CAU), Stefano Parolai, Jochen Zschau (Potsdam / GFZ Potsdam), Prih Harjadi (Jakarta / BMG)*

E-Mail: [ase@gfz-potsdam.de](mailto:ase@gfz-potsdam.de)

Am 26. Mai 2006 (UTC) wurde das Bantul-Gebiet im Sultanat Yogyakarta von einem katastrophalen Erbeben erschüttert, das mehr als 6.000 Todesopfer forderte. Eine erste Analyse von teleseismischen Registrierungen lokalisierte das Hypozentrum nahe der Südküste von Zentraljava, Indonesien, in eine Tiefe von 10 km bis 38 km. Das Beben verursachte beträchtlichen Schaden, 130.000 Häuser wurden zerstört, eine halbe Million Menschen wurden obdachlos. Nicht nur Prophanbauten wurden schwer geschädigt, sondern auch die historisch bedeutenden und ca. 250 Jahre alten Sultansgräber in Imogiri sowie die berühmte hinduistische Tempelanlage Prambanan aus dem 9. Jahrhundert. In historischer Zeit ist kein vergleichbares Ereignis im Raum Yogyakarta dokumentiert. Schaut man in den ISC Katalog so zeichnet sich der Bereich Yogyakarta durch eine sehr schwache Seismizität aus, im Vergleich zu benachbarten und anderen Regionen entlang des Sunda-Bogens. Das Bantul-Beben hat ein nur flaches Hypozentrum und steht als Seitenverschiebung somit nicht im direkten Zusammenhang mit dem Abtauchen der indoaustralischen Platte unter die Eurasische. Ursache ist eher eine Stress-Akkumulation in der Oberkruste, induziert durch den Subduktionsprozess. Da sich die größten Zerstörungen in einem relativ schmalen Streifen zwischen dem Küsten Ort Parangtritis und der Stadt Klaten konzentrierten, wurde angenommen, dass die als Geländestufe sichtbare und parallel zum Schadensgebiet verlaufende Opak-Verwerfung aktiviert worden war, auch wenn außer Sekundäreffekten keine Brüche an der

Erdoberfläche gefunden wurden. Drei Tage nach dem Beben wurde durch die Erdbeben Task Force des GFZ in Zusammenarbeit mit dem Bureau Meteorology and Geophysics, Jakarta, und Studenten der Gadjah Mada Universität von Yogyakarta, ein seismisches Netz aus 12 Station aufgebaut, das über einen Zeitraum von 3 Monaten ca. 3000 Nachbeben registrierte. Eine erste Auswertung dieser Daten zeigte überraschend, dass die Nachbeben nicht im Bereich der Opak-Verwerfung auftraten, sondern eine parallele und bis dato unbekannte Bruchfläche ca. 10 km weiter östlich abzeichneten. Die Ausrichtung der Nachbeben korreliert dabei sehr gut mit den von NEIC und Harvard ermittelten Herdflächenlösungen. Durch dies Ergebnis ergibt sich ein neues Bild bezüglich der Schadenursachen. Hauptgründe für die enormen Schäden sind einerseits eine nicht erdbebensichere Konstruktion vieler Gebäude, sowie topographische Effekte im Randbereich des Gunung Kidul Gebirges. Daneben lässt jedoch ein detaillierter Blick erkennen, dass sich eine starke Amplitudenzunahme der Bodenbeschleunigung auf die unkonsolidierten alluvialen Sedimente im Schadensgebiet ergeben hat. So berichteten Betroffene, dass die Bodenerschütterung während des Bebens bis zu 2 Minuten gedauert habe. Damit sind sogenannte „Site Effects“ vermutlich hauptverantwortlich für das Desaster im Bantul Gebiet.

## **SO 8 Rupture details of tsunamogenic and non-tsunamogenic large earthquakes along the Sunda Arc**

*Dirk Rößler, Frank Krüger, Matthias Ohrnberger (Universität Potsdam)*

E-Mail: [diroess@uni-potsdam.de](mailto:diroess@uni-potsdam.de)

We compare the spatio-temporal evolution of recent tsunamogenic and non-tsunamogenic large earthquakes ( $M > 7$ ) along the Sunda Arc that have occurred since the mega-thrust tsunami earthquake in 2004. Parameters are retrieved from broad-band seismograms using array techniques at teleseismic and regional distances. Especially we exploit coherency and beam-power as measures for the energy release. They can be determined within a few minutes after recording of the first-arrival phases allowing for processing in a near-real time fashion. We summarise major event features that can be obtained by the applied method.

The analyzed events show mostly rupture propagation. The propagation direction is linked to direction of plate motion with respect to the rake angle of the event. In two cases the rupture direction seems to be bilateral or cannot be deduced.

It seems that significant tsunami generation is restricted to events that are very large, that occur close to the trench and/or that have unusually slow rupturing ( $\approx 1.5 \text{ km/s}$ ).

## **SO 9 First results of the Ocean-Bottom-Seismometer and -Tiltmeter experiment at Columbo submarine Volcano (Aegean Sea, Greece)**

*Martin Hensch, Torsten Dahm, Matthias Hort, Ali Dehghani, Christian Hübscher (Institut für Geophysik, Universität Hamburg)*

E-Mail: [martin.hensch@zmaw.de](mailto:martin.hensch@zmaw.de)

The Columbo submarine volcano is part of the Santorini volcanic complex, located in the center of the Hellenic volcanic arc, Aegean Sea, approximately 8km north-east of Santorini islands.

The Columbo has attracted attention since island based monitoring indicated high seismicity rate and possible crustal deformation which both might be related to fluid migration in the subsurface. Within the Columbo experiment between June 2006 and March 2007, 4 Ocean-Bottom-Seismometers

(OBS) and 4 newly developed -Tiltmeters (OBT) have been deployed on top and in the vicinity of the seamount. Aim of the local experiment was to close the azimuthal gap between the islands and to get precise depth locations of the events as well as measuring tilt signals directly in the epicentral region. OBTs were additionally equipped with hydrophones to measure seismic signals and absolute pressure gauges to observe possible uplift or subsidence.

A STA/LTA trigger applied to the seismic data delivered over 14.000 triggers for local and regional events over the whole deployment. At least 4 earthquake swarms with event rates of up to 230 events per day occurred during the experiment. Preliminary location results estimate a depth range between 5 and 15km for the seismic swarms. The center of the seismic activity is not directly located beneath the Columbo crater but slightly shifted towards SW in direction of Santorini volcano.

Purpose of the studies is to find evidences for swarm triggers, such as possibly fluid migration, by precisely relocating the events by means of multiple events methods. In a second step, we compare observed short- and long-period tilt signals with the behavior of the earthquake swarms (cluster migration, focal mechanisms etc.) to find possible relations between crustal deformation and seismicity.

## **SO 10 PASSEQ 2006-2008: Passive Seismic Experiment in TESZ – ein internationales Projekt zum Studium der Struktur des oberen Erdmantels über die Tornquist-Teisseyre-Zone**

*Wolfram Geissler (Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven), Rainer Kind (GeoForschungsZentrum Potsdam), Frank Krüger (Universität Potsdam), PASSEQ Arbeitsgruppe*

E-Mail: [Wolfram.Geissler@awi.de](mailto:Wolfram.Geissler@awi.de)

Die Tornquist-Teisseyre-Zone (TTZ) als Teil der Transeuropäischen Suturezone (TESZ) ist eine der prominentesten lithosphärischen Suturezonen in Europa, die die paläozoische Plattform Mitteleuropas vom deutlich älteren präkambrischen osteuropäischen Kraton trennt. 2006 wurden mehr als 150 temporäre kurzperiodische und Breitbandstationen entlang eines etwa 1100 km x 300 km breiten Streifens von Bayern im Südwesten bis nach Litauen im Nordosten aufgestellt, von denen die meisten bis Juni 2008 registrieren. Von der Auswertung des umfangreichen Datensatzes erhoffen wir uns neue Informationen bezüglich der Existenz und Tiefenlage des Lithosphären-Asthenosphären-Übergangs in Mittel- und Osteuropa, der Schärfe der TTZ (TESZ) in der unteren Lithosphäre, den Beziehungen zwischen Mantelanisotropie und Topographie des Lithosphären-Asthenosphären-Übergangs sowie Hinweise auf die thermischen Eigenschaften der Mantelübergangszone. Das Experiment wird außerdem die Kenntnis der seismischen Eigenschaften der tieferen Lithosphäre erweitern und so Rückschlüsse auf die tektonische Geschichte der einzelnen Krusteneinheiten (terranes) im Bereich der TESZ ermöglichen. Wir stellen das Experiment vor, zeigen Datenbeispiele und erste vorläufige Ergebnisse von receiver function-Untersuchungen.

(\*) PASSEQ Arbeitsgruppe: Ewald Brückl, Richard England, Edward Gacynski, Wolfram Geissler, Marek Grad, Soren Gregersen, Aleksander Guterch, Winfried Hanka, Endre Hegedus, Barbara Heuer, Randy Keller, Rainer Kind, Klaus Klinge, Kari Komminaho, Elena Kozlovskaya, Frank Krüger, Tine Larsen, Mariusz Majdanski, Jiri Malek, Gediminas Motuza, Oldrich Novotny, Robert Pietrasiak, Thomas Plenefisch, Jaroslava Plomerova, Saulius Sliupa, Catherine Snelson, Marzena Swieczak, Timo Tiira, Peter Voss, Pawel Wiejacz, Monika Wilde-Piorko

## **SO 11 Heterogenitäten des oberen Erdmantels und der Lithosphäre in Mittel- und Osteuropa aus Sicht von teleseismischen receiver functions**

*Wolfram Geissler (Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven), Rainer Kind, Xiaohui Yuan (GeoForschungs-Zentrum Potsdam)*

E-Mail: [Wolfram.Geissler@awi.de](mailto:Wolfram.Geissler@awi.de)

Daten von 90 permanenten Breitbandstationen in Mittel- und Osteuropa mit teilweise mehr als 1000 Ereignissen pro Station wurden mit der Methode der receiver functions untersucht, um neue Erkenntnisse zur Struktur der Kruste und des oberen Erdmantels bis hinunter zur Mantelübergangszone zu erlangen. Die Verzögerungszeiten der Ps-Konversionen von der Moho variieren von weniger als 3 s (entspricht 25 bis 30 km Tiefe) in den Extensionsgebieten Mitteleuropas bis zu über 6 s (50 bis 60 km) an Stationen in Osteuropa (Kraton) und im Bereich des Alpen-Karpathenbogens. Das vp/vs Verhältnis variiert von 1.60 bis 1.96. Es zeigt jedoch keinen klaren Zusammenhang mit dem tektonischen Regime, wahrscheinlich wird es durch lokale Variationen der Krustenzusammensetzung bestimmt. Verzögerte Ankunftszeiten von Ps-konvertierten Phasen der Mantelübergangszone können an vielen Stationen in Mitteleuropa beobachtet werden, während Stationen auf dem Kraton deutlich frühere Ankunftszeiten aufweisen (im Vergleich zu berechneten Zeiten mit dem Referenz-Geschwindigkeitsmodell IASP91). Die Laufzeitdifferenzen für die Konversionen an den Diskontinuitäten in 410 und 660 km Tiefe deuten auf eine Verdickung der Übergangszone unter den östlichen Alpen und dem nördlichen Balkan hin, während die Übergangszone in Ost- und Mitteleuropa im Rahmen der Genauigkeit mit den IASP91-Werten übereinstimmt. Die Verdickung der Mantelübergangszone im Bereich der östlichen Alpen und der Karpaten ist möglicherweise auf kalte, tiefgehend subduzierte (ozeanische) Lithosphäre zurückzuführen.

## **SO 12 Composite structure and segmentation of the Izu-Bonin-Mariana Wadati-Benioff Zone – consequence of cyclic character of subduction?**

*Ales Spicak, Jiri Vanek, Vaclav Hanus (Institute of Geophysics, Prague)*

E-Mail: [als@ig.cas.cz](mailto:als@ig.cas.cz)

Global seismological data (ISC, NEIC) covering the period 1964-2004 and relocated by the EHB procedure (Engdahl et al., 1998) were used to analyze and interpret spatial distribution of earthquake foci in the Izu-Bonin-Mariana (IBM) subduction zone framed by coordinates 10°-35°N and 135°-150°E. Little attention has been paid by now to a thorough analysis of hypocentral distribution of the global seismological data in the IBM region, though the data represent the first-order tool in understanding deep structure and tectonic development of convergent plate margins in general. Besides the pioneering work by Katsumata and Sykes (1969), the global seismological data have been used almost solely for tomographic studies in the IBM region (e.g. Karason and van der Hilst, 2000; Miller et al., 2005, 2006). Even the most simple tool of any seismological analysis, earthquake epicentral map, reveals distinct irregularity of earthquake distribution that needs to be explained in order to understand recent dynamics and tectonic history of the region. In the northern part of the studied region (north of 27°N), earthquake epicentres are aligned in 3-4 strips. Sharp discontinuities in along-trench epicentral distribution can be observed at approx. 15.5° and 27°N; two segments with highly increased seismicity occur between 21°-23° and 17°-19°, respectively. A more exciting view on the heterogeneity of earthquake foci distribution is provided by vertical sections across the plate boundary (e.g., Katsumata and Sykes, 1969; Tibi et al, 2006; [http://www.nsf-margins.org/SF/SubFac\\_quakes.html](http://www.nsf-margins.org/SF/SubFac_quakes.html)). To

visualize depth distribution of earthquake foci, we preferred a simple graphic technique to a 3D computer graphics. We covered the region of interest by a system of vertical sections, oriented perpendicular to the boundary between the Pacific and Philippine plates. This approach resulted in (i) 40 parallel, 50 km wide rectangular sections, covering the almost linear Izu-Bonin part of the studied margin, and (ii) 15 triangular sections cutting the Mariana arc in azimuths  $30^{\circ}$ - $180^{\circ}$  with a  $10^{\circ}$  step. The vertical sections not only document the well-known discontinuous character of the Wadati-Benioff zone expressed by earthquake clusters divided by aseismic zones. In many sections, the position of individual seismically active domains of the Wadati-Benioff zone is shifted from smooth continuous contour lines. This observation, which can be also obtained e.g. in the Tonga-Kermadec and Vanuatu regions, casts doubt on a generally accepted idea that the seismically active domains of the IBM Wadati-Benioff zone represent one continuous slab. We propose an alternative hypothesis that more than just one slab is present beneath the Earth surface in the IBM region. The along-dip seismicity pattern then results not only from the process of penetration of the recent slab to the upper mantle, but also from a collision of the recent slab with paleoslabs buried in the upper mantle during foregoing subduction cycles. As a key tool to distinguish between continuous and cyclic character of subduction we assume the knowledge of the distribution and age of occurrences of subduction-generated calc-alkaline volcanism. The calc-alkaline volcanics at convergent plate margins are produced only under specific conditions when the subducting slab passes the depth of 100-150 km. If volcanics of a certain age are not present at the Earth surface, such a time interval probably represents the period in which no slab was moving at the respective depth. Such a period corresponds to a starting phase of a new subduction cycle: the slab beneath volcanoes stopped moving for some reason and the newly formed slab did not reach deep enough. Knowledge of the distribution and age of calc-alkaline volcanics thus contributes to reconstructing the history of subduction. To each volcanic chain there should exist a corresponding slab, the depth of which should correspond to the age of the volcanic chain. The simultaneous existence of two or more slab relics would mean that the process of subduction runs in cycles. At a certain stage of slab subduction, an up-to-now poorly understood geological process causes a hampering of subduction. As spreading at the mid-ocean ridge continues, the approaching lithospheric plate cannot withstand resulting stress, breaks and starts to subduct again, forming a new trench. The cyclic regime of subduction should result in the presence of paleoslabs that were detached from the converging lithospheric plate and buried in the upper mantle. The recently subducting slab can then collide with a paleoslab under favourable spatial conditions, causing increased seismic activity in both the active slab and the paleoslab. Further progress in the above indicated direction should be initiated through comparative studies of IBM, Tonga-Kermadec and Sunda Arc regions.

### **SO 13 Predicting seismic velocities and density in subduction zones from mineral properties, pressure and temperature**

*Wolfgang Friederich, Elena Aldushina (Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [wolle@geophysik.rub.de](mailto:wolle@geophysik.rub.de)

The aim of the work presented here is to establish quantitative relations between geological, mineralogical and petrological properties in subduction zones on one hand and physical observable properties, e.g. seismic velocities and density, on the other hand. These relations should be helpful in inferring or at least constraining material properties and temperature at depth by observations of the seismic wave field and the gravity field. Their use would open new ways of interpreting tomographic models and provide further relevant information to geodynamicists who attempt to reconstruct the tectonic development of

subduction zones using thermomechanical modelling. The approach taken here addresses only the “microscopic point of view” which assumes that calculated properties on the grain scale are also valid for large rock volumes; comparison with seismic velocities, however, requires in principle an upscaling to seismically “visible” rock volumes which can be realized by a suitable homogenization scheme.

We consider a vertical cross section through the Hellenic subduction zone running in north-south direction from south of Crete to the Cyclades. The structure along this transect is quite well known from previous seismological studies performed in the past (e.g. Meier et al., Geol. Soc. London, Special Publications, 291, 183-199, 2007). Basic building blocks are from south to north: a 60 km thick ingoing lithosphere with 32 km thick crust on top, an accretionary wedge followed by Aegean lithosphere with 20 km thick crust. The subducted oceanic crust is 7 km thick and starts its descent at 20 km depth below the accretionary wedge with an angle of 15 °. At a depth of 60 km the slab dip changes to 30 °. Based on this model we developed a temperature model which makes use of analytic expressions for temperature in different regions of the subduction zone. For the metamorphic rocks in the subducted oceanic crust we assumed a MORB composition and a harzburgitic composition for the mantle material in the slab and the mantle wedge. The phase that is stable at given temperature and pressure and its modal composition was taken from phase diagrams published by Hacker (2003). Data of mineral properties needed to calculate seismic velocities were taken from Holland and Powell (J. Metamorphic Geol., 16, 309, 1998) and also Hacker et al. (JGR, 108, 2003). Extrapolation to elevated pressures and temperatures was done using the theory by Stixrude and Lithgow-Bertheloni (GJI, 162, 610, 2005).

Shear wave velocities calculated in this way vary from values below 3 km/s mostly in the crust to values of 4.8 km/s in the fastest parts of the slab. We can clearly recognize the gradual velocity increase in the oceanic crust due to release of water. In the wedge above the oceanic crust we obtain very low wave speeds caused by the presence of hydrated phases. They are partially slower than in the oceanic crust leading to a positive jump of velocity at the plate contact down to a depth of 40 km. At greater depths oceanic crust is slower than the surrounding mantle. The most remarkable feature is the velocity layering inside the subducted slab also due to the presence of hydrated phases. Although slabs are usually described as high velocity structures this calculation shows that at shallow depths they may contain low-velocity regions. The extent of these regions strongly depends on the water content of the material entering the subduction zone. Since hydrated phases are in general seismically much slower than dry phases, the amount of velocity reduction with respect to a dry mantle and the extent of the low velocity regions may provide clues on the water content of the rocks.

## **SO 14 The IPY Project “The Dynamic Continental Margin Between the Mid-Atlantic-Ridge System (Mohns Ridge, Knipovich Ridge) and the Bear Island Region”**

*Johannes Schweitzer (NORSAR), Aleksander Guterch (Polish Academy of Sciences), Frank Krüger (Universität Potsdam), Mechta Schmidt-Aursch (AWI Bremerhaven), Bear Island-Project Group*

E-Mail: [johannes.schweitzer@norsar.no](mailto:johannes.schweitzer@norsar.no)

In 2007, we began with an active and passive seismological experiment along the continental margin of the Barents Sea near Bear Island and the mid-Atlantic along the Knipovich Ridge. The field experiments comprise the installation and parallel operation of several seismic instruments during 2007-2008. The aims of this study are the Earth’s structure and dynamics at the continental margin from its top sedimentary cover to its imprint in the upper mantle. In this region the margin includes an



extremely thick sedimentary wedge and steep slopes, with at least one major paleo-fracture zone cutting through the wedge. Recent studies in this area indicate very low seismic velocities in the lithosphere, which may be explained by subcrustal extension of Mohns Ridge. The stress field undergoes an extensional-compressional transition in the region of the margin. It is therefore of particular interest to understand the structural architecture, the stress and the dynamics of the whole region because of its natural hazard exposure, and the processes involved in formation of the margin and opening of the Atlantic. The collection of deep seismic sounding data, and detailed monitoring and analysis of the seismicity between margin and mid-Atlantic ridge system, using temporary broadband stations, are necessary for providing such information. Data from existing seismic stations in the European Arctic will also be analysed. In September 2007, 12 OBSs and two new bb-sensors were installed at the Polish Polar Station Hornsund and on Hopen Island, respectively. For 2008, the installation of a small array on Bear Island is planned as well as conducting active seismic refraction/reflection experiments along two profiles crossing the mid-Atlantic ridge systems, the margin and Bear Island. The profiles will be supplemented with 40 short-period stations on Bear Island and 15 OBSs to retrieve the 3D lithospheric structure.

## **SO 15 A low-velocity finger from Iceland beneath southern Scandinavia – the key to understanding Neogene uplift?**

*Christian Weidle, Valerie Maupin (Dept. of Geosciences, University Oslo, Norway)*

E-Mail: [christian.weidle@geo.uio.no](mailto:christian.weidle@geo.uio.no)

A model of upper mantle S-wave velocity beneath northwestern Europe is presented, based on a tomography of regional surface wave observations. Data from international and, more importantly, regional data archives (including temporary deployments) were used to measure group velocities for both Love and Rayleigh surface waves. The procedure for data selection, group velocity measurements and inversion for group velocity 2-D maps follows closely the one described by Levshin et al. (GJI, 170, 441-459, 2007). Our new set of group velocity maps differs significantly from global reference maps, enhancing many details and amplitudes of group velocity variations in the study region. We then apply a linear inversion scheme to invert for 1-D shear wave velocity profiles which are assembled to a 3-D model. By choosing conservative regularization parameters in the 2-D inversion we ensure the smoothness of the group velocity maps and the resulting 3-D shear wave speed model. To account for the different tectonic regimes in the study region, we compare inversions with 3 different reference models (pure 1-D, 3-D crust / 1-D mantle and pure 3-D) to investigate the sensitivity of the 1-D inversions to inaccuracies in crustal models. We find that all three models are consistent at depths below 90 km and the resulting models deviate only slightly from each other, mostly in amplitudes. We image an intriguing low-velocity anomaly extending from the Iceland plume domain across the north Atlantic beneath southern Scandinavia between 70-150 km depth. Beneath southern Norway, the negative perturbations reach a maximum of up to 13% w.r.t. ak135 and a shallowing of the anomaly is indicated. This observation could explain the sustained uplift of southern Scandinavia in Neogene times, but the mechanisms are yet undetermined. Furthermore, our upper mantle model reveals good alignment to ancient plate boundaries and first-order crustal fronts around the triple junction of the Baltica-Avalonia-Laurentia collision in the early Paleozoic.

## **SO 16 Large-scale shear velocity structure of the upper mantle beneath Europe and surrounding regions.**

*Cédric Legendre (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum), Sergei Lebedev (Utrecht University), Thomas Meier, Wolfgang Friederich (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [legendre@geophysik.ruhr-uni-bochum.de](mailto:legendre@geophysik.ruhr-uni-bochum.de)

The automated multimode waveform inversion technique developed by Lebedev et al., (2005) was applied to available data of broadband stations in Europe and surrounding regions. The Automated Multimode Inversion Method (AMI) builds on an inversion technique originally invented by Nolet (1991) which he called partitioned waveform inversion. It performs a fitting of the complete waveform starting from the S-wave onset to the surface wave. Assuming that the location and focal mechanism of a considered earthquake are known, the first basic step is to consider each available seismogram separately and to find the best 1D-model that can explain the seismogram. In a second step, each 1D-model serves as a linear constraint in an inversion for a 3D model. Inversion parameters are variations of shear velocity in the mantle and Moho depth. The theoretical background of AMI is the pure-path approximation which assumes propagation of waves in and around the vertical plane containing source and receiver. AMI extends the partitioned waveform inversion to a completely automated procedure with automated data quality checks and an automated assessment of the quality of fit of the 1D-model to the observed seismogram. In this way, large volumes of data can be efficiently inverted for 3D mantle structure.

We collected data for the years from 1990 to 2006 from all permanent stations for which data were available via the data centers of ORFEUS, GEOFON and IRIS. In addition, we incorporated data from temporary experiments like SVEKALAPKO, TOR and the Eifel plume project as well as permanent stations in France. Just recently we were also able to add those data recorded by the EGELADOS network which are already available from the GEOFON data archive. In this way, a huge data set of about 300000 seismograms came about from which about 60000 1D-models could be constructed. The reduction of usable seismograms is caused by (1) the rigorous automatic quality checks implemented in AMI, (2) the elimination of seismograms for which violations of the pure-path approximations are apparent, e.g. data from stations on nodal planes of the focal mechanism or data containing too high a level of coda. Since AMI expects wave trains of shear and surface waves separated in time, paths shorter than 2000 km are discarded.

The resulting models exhibit an overwhelming detail in relation to the size of the region considered in the inversion. They are to our knowledge the most detailed models of shear wave velocity currently available for Europe and surroundings. Most prominent features are an extremely sharp demarcation of the East European platform from Western Europe. Narrow high velocity regions follow the Hellenic arc and the Ionian trench toward the north. Even a high velocity zone beneath the Western alps can be imaged. Low velocity zones are found at depths around 130 km in the Pannonian basin, the back-arc of the Hellenic subduction zone, and the Middle East. A narrow band-like low-velocity anomaly follows the coastline of the Red Sea but shifted about 100 km to the east, opens out into the Afar triangle and then continues into the East African Rift Zone. The hotspots in North Africa are as clearly imaged as the high-velocity cratonic regions in Africa. At greater depths clear remnants of Tethyan subduction along the Eurasian-African plate boundary are observed.

## SO 17 Probability of a given-magnitude earthquake induced by borehole fluid injections

*Carsten Dinske, Serge Shapiro, Jörn Kummerow (Freie Universität Berlin)*

E-Mail: [carsten@geophysik.fu-berlin.de](mailto:carsten@geophysik.fu-berlin.de)

Borehole fluid injections in rocks often induce small earthquakes. However, sometimes earthquakes with larger magnitudes occur. Neither it has been clear what is the probability to induce significant events by fluid injections nor it has been known what are artificial and natural factors controlling this probability. We investigate magnitude distributions of earthquakes induced in several injection experiments and show that for a nearly constant injection pressure the probability to induce a seismic event with a magnitude larger than a given one increases with injection time corresponding to a bi-logarithmical law with a proportionality coefficient close to one. We find that the process of injection pressure diffusion in a poroelastic medium with randomly distributed sub-critical cracks obeying a Gutenberg-Richter statistics well explains our observations. The magnitude distribution of microearthquakes is mainly inherited from the statistics of preexisting fracture systems controlling the local seismicity. The number of earthquakes with magnitude larger than a given one increases also with the strength of the injection source. A rock characteristic controlling this number is a product of hydraulic diffusivity and concentration of sub-critical cracks divided by their maximal critical pore pressure. Our results show a way of adequate parametrisation of factors significantly influencing magnitude distributions of fluid induced seismicity. This can help to optimise design of injection experiments to reduce their seismic risk.

## SO 18 Deep Crustal Seismicity: Can the Lower Continental Crust be Both Brittle and Ductile?

*Jürgen Strehlau (Universität Kiel), Stefan Stange (LGRB Freiburg)*

E-Mail: [strehlau@email.uni-kiel.de](mailto:strehlau@email.uni-kiel.de)

Lower crustal earthquakes have been located in a broad variety of tectonic settings: in low-heat flow Precambrian shields and in younger areas with moderate to high heat flow (e.g., rift zones, continental margins, forelands of mountain ranges such as the Molasse Basin). Deep crustal seismicity in cold shields is consistent with the view that earthquakes can only occur at temperatures below a few hundred °C (depending on rock composition). Accordingly, the lower crust in regions with elevated heat flow is commonly believed to be too hot for seismogenic faulting: Deformation is thought to be aseismic because laboratory friction tests under hydrothermal conditions show stable sliding (at constant fluid pressures) and steady-state flow experiments exhibit viscous creep (at constant strain rates). The only way to explain deep crustal seismicity at high temperatures in the classical strength envelope model is by deepening the frictional-viscous transition through low frictional strength (high pore fluid pressure) and/or high flow strength (mafic composition or high strain rate). This approach, however, ignores that unstable stick-slip in rate- and state-dependent friction is not controlled by absolute strength but by relative strength changes (e.g., slip weakening). The occurrence of deep crustal seismicity, therefore, poses fundamental questions about the adequacy of steady-state strength models. Basic assumptions of these models include pre-existing faults (so as to extend Byerlee's law to the lower crust), mutually exclusive deformation mechanisms (either friction or flow), and constant rock composition. These assumptions, however, may be too restrictive. In fact, geologic observations have shown that brittle and viscous deformation is often intertwined on small (~cm) spatial and short (seismogenic?) time scales.

Furthermore, petrologic studies indicate that metastable hydration and/or dehydration reactions can be associated with high-temperature embrittlement and fault melting. The field evidence suggests that combined semi-brittle/semi-ductile processes (e.g., ductile fracturing) as well as time- and composition-dependent deformation mechanisms (e.g., short-term creep bursts, metamorphic reaction-induced flow instabilities) may be more important than has been recognized thus far. Consequently, closely coupled chemo-hydro-thermo-mechanical processes may play a significant role in deep crustal deformation. These complex processes need to be incorporated in a new generation of rheological models. We discuss key questions to be resolved in an effort to achieve an improved understanding of deep crustal seismicity.

## **SO 19 Geophysikalische Untersuchungen der Rutschung am Heumöser Hang, Vorarlberg (Österreich)**

*Marco Walter (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart), Ulrich Polom (GGA-Institut, Hannover), Manfred Joswig (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)*

E-Mail: [Marco.Walter@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:Marco.Walter@geophys.uni-stuttgart.de)

Als eines von insgesamt fünf Teilprojekten der interdisziplinären DFG-Forschergruppe 581 "Kopplung von Strömungs- und Deformationsprozessen zur Modellierung von Großhangbewegungen" erforscht unser Institut unter Anwendung von unterschiedlichen geophysikalischen Verfahren die Rutschung am Heumöser Hang, Vorarlberg. Zum einen werden mit Hilfe von mini-arrays passiv einzelne Bruchprozesse  $M_L < -1,0$  registriert und lokalisiert, zum anderen finden, unter anderem in Kooperation mit der GGA Hannover, neu entwickelte bzw. optimierte, refraktions- und reflexionsseismische Verfahren Anwendung, um die Grenze zwischen dem Rutschungskörper und dem anstehenden Festgestein zu bestimmen.

Im Sommer 2007 kam ein von der GGA Hannover entwickeltes, auf die Generierung von Scherwellen basierendes, reflexionsseismisches Verfahren, erstmals an einer Hangrutschung, am Heumöser Hang, zum Einsatz. Die Methodik sowie erste Ergebnisse und eine Gegenüberstellung zu herkömmlichen refraktionsseismischen Verfahren werden vorgestellt.

Neben den aktiven Verfahren zur Bestimmung der Rutschungsmasse und -volumen soll der Einfluss von Lokalbeben auf die Stabilität des Hanges diskutiert und aktuelle Ergebnisse vorgestellt werden. Erste Analysen deuten darauf hin, dass Lokalbeben  $M_L > 1,0$  in ca. 10 km Entfernung Spannungsabbauprozesse am Heumöser Hang generieren und somit die Rutschung des Hanges begünstigen könnten.

## **SO 20 Mikroseismische Untersuchung der Hintergrundseismizität im Schwarmbebengebiet Vogtland/NW-Böhmen mittels Nanoseismic Monitoring**

*Martin Häge, Manfred Joswig (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)*

E-Mail: [joswig@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:joswig@geophys.uni-stuttgart.de)

Das Gebiet in Vogtland/NW-Böhmen ist durch seine hohe Schwarmbebenaktivität charakterisiert. Die langjährige Beobachtung aus frühzeitiger Instrumentierung und heutigem, dichten Stationsnetz (WEB-NET) mit sehr empfindlicher Detektionsschwelle hat einen exzellenten Bebenkatalog hervorgebracht. Trotzdem ist es unklar, ob und in welchem Maße Mikroseismizität unterhalb der aktuellen Detektions-

schwelle auftritt. Aus diesem Grund wurde eine mikroseismische Untersuchung für einen Zeitraum von sechs Tagen mittels Nanoseismic Monitoring durchgeführt. Nanoseismic Monitoring bewährte sich bereits in verschiedenen geologisch/tektonischen Gebieten von Israel, Spanien, Slowakei, Schweden und Schwarzwald als optimale Methode zur Detektion sehr schwacher Signale, typisch sind ML  $-1.0$  in 10 km und ML  $-2.0$  in 3 km Entfernung. Im Vogtland wurde mit drei Kleinarrays von jeweils 200 m Apertur (SNS, Seismic Navigating Systems) registriert. Die Messkampagne fand außerhalb einer Periode erhöhter Schwarmbebenaktivität statt. Ein Vergleich der Häufigkeit der von uns registrierten Ereignisse mit den historischen Katalogdaten zeigt die Selbstähnlichkeit der Erdbebenprozesse bis ML  $-1.5$ . Neben den Ergebnissen dieser Magnituden-Häufigkeitsanalyse wird auf den Vergleich der Lokalisierungsergebnisse beider Systeme (WEBNET und SNS) näher eingegangen.

## SO 21 Das OSI SWE07 Experiment der CTBTO: Erfassung von Kleinstbeben ML $-1.0$ im industriellen Umfeld

*Manfred Joswig (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)*

E-Mail: [joswig@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:joswig@geophys.uni-stuttgart.de)

Zur Vorbereitung des umfassenden OSI-Tests der CTBTO 2008 in Kasachstan wurde im August 2007 ein Experiment in Malmberget, Nordschweden durchgeführt. Die Aufgabe bestand darin, die durch den untertägigen Erzabbau verursachten Bruchprozesse des Hangenden durch temporäre, an der Erdoberfläche installierte Netze zu erfassen. Es kamen dazu insgesamt elf Kleinarrays nach dem Konzept des Nanoseismic Monitoring (Joswig, 2005) zum Einsatz. Die Seismizität der Region wird überwacht durch ein permanentes, im Grubenbereich und in Bohrlöchern installiertes seismisches Netz der Minenfirma LKAB. Dieses Netz erfaßt Beben bis ML  $-1.0$ ; in der Woche der OSI Testmessungen lag die durchschnittliche Aktivität bei zwanzig Ereignissen je Tag. Hinzu kommen die sehr ungünstigen Bodenunruhebedingungen eines industriellen Umfeldes mit hohen Störimpulsen von Verkehr, Eisenbahnbeladung und Steinbrechern. Erste Ergebnisse der Datenauswertung zeigen eine große, systematische Ablenkung einzelner Array-Beams in Abhängigkeit von lokalen Abbauhohlräumen. Dagegen bleibt eine Hyperbel-Ortung aus P-P Differenzzeiten verschiedener Stationen erstaunlich robust. Die erreichte Empfindlichkeitsschwelle der seismischen Überwachung durch Kleinarrays liegt auch in Malmberget bei ML  $-2.0$  in 3 km Entfernung, wird aber nur bei günstigen Bedingungen (keine Maskierung durch Noisebursts, niedrige Bodenunruhe außerhalb des Minengeländes) erreicht.

## SO 22 Lokalisierung bergbauinduzierter Ereignisse in Hamm

*Monika Bischoff, Thomas Meier (Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [Monika.Bischoff@ruhr-uni-bochum.de](mailto:Monika.Bischoff@ruhr-uni-bochum.de)

Die seismischen Ereignisse im Ruhrgebiet werden zweifellos durch den Steinkohlenbergbau induziert. Dies zeigt sich in räumlicher und zeitlicher Korrelation zwischen Seismizität und Bergbauaktivität, beispielsweise weil die Ereignisse einzelnen Abbaufeldern zugeordnet werden können und weil an den arbeitsfreien Wochenenden weniger Ereignisse auftreten. Die Mechanismen, die zum Versagen des Gesteins und zu Ereignissen bis maximal  $M_L = 3.2$  führen, sind jedoch nicht genau bekannt. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB526 werden neben seismologischen Auswertungen auch ingenieurgeologische Laborversuche durchgeführt. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf ein einzelnes Abbaufeld, um hier die seismogenen Schichten zu identifizieren und sich so dem

Versagensprozess zu nähern. Von Juni 2006 bis Juli 2007 wurde in Hamm-Herringen das lokale Stationsnetz HAMNET, direkt oberhalb des Abbaus betrieben. Zwischen August 2006 und April 2007 wurde in Herringen Kohle aus einem Volumen von insgesamt ca.  $850m \cdot 300m \cdot 2m$  in einer Tiefe von 1100 m abgebaut. Das Nebengestein bricht nach der Entnahme der Kohle sofort in die unverfüllten Hohlräume nach. Im umliegenden Gebirge kommt es in der Folge zu erhöhten Spannungen, die sich dann im Hangenden oder Liegenden in seismischen Ereignissen entladen.

Das Stationsnetz besteht an der Oberfläche aus 9 kurzperiodischen Seismometern vom Typ Mark-L4-C-3D (1Hz) und 7 breitbandigen Instrumenten der Typen Guralp CMG-3T (60s) und Trillium 40 (40s). Die meisten Seismometer sowie Digitizer und Aufzeichnungsgeräte (Earth Data Logger PR6-24) wurden vom GFZ-Geräte-Pool (GIPP) entliehen. Die Breitbandgeräte wurden installiert, um Nahfeldeffekte im Bereich der Quelle wie z. B. statische Versätze beobachten zu können. Das Netz wird durch 6 Untertagestationen komplettiert, betrieben durch die DMT GmbH, Essen. Dabei sind jeweils 2 Stationen in Bohrungen übereinander angebracht, eine bis zu 84 m oberhalb des Strebs, die zweite bis zu 90 m unterhalb.

Die Daten von übertage wurden kontinuierlich mit einer Abtastrate von 200 Hz aufgezeichnet. Der gesamte Datenumfang beträgt rund 400 GB. Die Ereignisse werden mit einem STA/LTA-Filter getriggert (STA: 0.1 s, LTA: 20s, STA/LTA: 4.9). Anschliessend werden die Trigger zu einem Ereignis assoziiert, wenn mindestens 5 Stationen innerhalb von 0.3 s getriggert haben. Pro Monat ereignen sich etwa 900 Ereignisse in Hamm. Untertage erfolgte eine getriggerte Aufzeichnung mit einer Abtastrate von 500 Hz.

Anhand eines Gasausbruchs im Dezember 2006, dessen Koordinaten bekannt sind, konnte das Geschwindigkeitsmodell kalibriert werden. Für die Lokalisierung werden P-Welleneinsätze und ein homogenes Modell mit  $v_P = 3870m/s$  verwendet. Der Lokalisierungsfehler beträgt etwa 30 m. Epizentrenkarten zeigen, dass die Ereignisse mit vorrückendem Strebstand weiterwandern. Im August, zu Beginn des Abbaubetriebs, liegen die Ereigniss in der Tiefe des Abbaus von 1100 m, sowohl oberhalb als auch unterhalb. Im Dezember liegen die meisten Ereignisse etwa 60 m bis 100 m oberhalb des Strebs.

Durch die Registrierungen der Untertagestationen kann die Tiefenlage zweier Ereignisse relativ zueinander bis auf etwa 10 m bestimmt werden. Weil die Lage des Gasausbruchs bekannt ist, kann dann auch die absolute Tiefe der Ereignisse bzw. die Lage relativ zum Streb so genau berechnet werden.

## **SO 23 Analyzing Acoustic Emission rates and their changes by statistical modelling**

*Dirk Becker (FU Berlin, Universität Hamburg), Torsten Dahm (Universität Hamburg), Serge Shapiro (FU Berlin), Diethelm Kaiser (BGR)*

E-Mail: [dirk.becker@zmaw.de](mailto:dirk.becker@zmaw.de)

Acoustic Emission (AE) measurements which are conducted with piezoceramic sensors in the frequency range up to hundreds of kHz take advantage of the fact that part of the accumulated elastic energy released during the generation of microcracks is in the form of ultrasonic wave energy. The microcracks generating these AEs are on the scale of millimeters to centimeters. Changes in the AE event rates are linked to changes of the stress field or the stressing rate which are either naturally occurring or artificially induced. In this study different methods relying on the statistical evaluation of AE event catalogs (e. g. ALM-, ETAS-model) are used to model the spatio-temporal characteristics of these

catalogs. One main target is to see whether these models which were developed for events affecting rupture areas and source volumes several orders of magnitude larger than in the case of AE events might also be applicable on the millimeter to centimeter scale of these events. If this is the case, they could be used as a kind of ‘stress sensor’ to detect the underlying stress changes. As database for these tests we use an exhaustive catalog of AE events recorded in a north German salt mine. Nearly 1.8 Million events which occurred during a time period of 3 years and were recorded by a network of 24 receivers operating in the frequency range from 1 to 100 kHz are investigated. During this time period backfilling of a cavity in the study region with salt concrete was performed. This backfilling induced large thermal stresses in the immediate surrounding which quickly decrease with increasing distance from the cavity. Further factors influencing the seismicity rate might be the variation of moisture, the weight of back fill and the redistribution of stresses during and after backfilling. First results, which indicate that the investigated statistical models might also be applicable in the case of microcracking, are presented.

## **SO 24 Temporal and spatial changes of statistical properties in the urban seismic noise wavefield**

*Jörn Groos, Joachim R. R. Ritter (Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe (TH))*

E-Mail: [joern.groos@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:joern.groos@gpi.uni-karlsruhe.de)

Within the Collaborative Research Center 461 (CRC461) ‘Strong Earthquakes’ the URban Seismology (URS) experiment was carried out in Bucharest, Romania from October 2003 to August 2004. URS was accomplished with the mobile KARlsruhe BroadBand Array (KABBA) owned by the Universität Karlsruhe (TH), Germany. The 31 stations were operated at 34 different sites in the metropolitan area of Bucharest. The stations were mainly equipped with STS-2 broadband seismometers with a fundamental period of 120 seconds. The continuous recording of the ground motion velocity was done at 100 Hz sampling rate with EarthData recorders. The stations were mainly located in cellars of private and public buildings with a dense spatial distribution also covering the inner city of Bucharest. The URS dataset is capable to analyse the urban seismic noise (USN) in the frequency range from 8 mHz to 45 Hz. Within a comprehensive analysis of the USN in Bucharest a statistical approach was realised to quantify and describe USN in the time domain. The 95.45-percentiles of the noise amplitudes during 3-4 h long time series were determined. To consider the variability of the USN caused by transient or periodic signals, each time series is classified based on their probability density function. Basic principle of the classification is the phenomenon described by the central limit theorem. As a superposition of many signals from different sources, seismic noise is a realisation of a stochastic process with normal distribution in ideal case. Discrepancies from the normal distribution are not accidentally and can be used to classify time series of USN. I will present significant temporal and spatial changes of USN statistical properties observed in the metropolitan area of Bucharest, Romania. Furthermore I will highlight the relevance and implications of these observations for the monitoring of Earth’s properties in the future.

## **SO 25 Stable estimation of extended fault properties for medium-sized earthquakes using teleseismic waveform data**

*Sebastian Heimann, Simone Cesca, Torsten Dahm (Institut für Geophysik, Hamburg), Frank Krüger (Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam)*

E-Mail: [sebastian.heimann@zmaw.de](mailto:sebastian.heimann@zmaw.de)

Slip inversions using waveform data, as currently done by many research groups, heavily suffer from ambiguities due to the overparameterization of the fault model and uncertainties and oversimplifications in the earth models involved. We try to circumvent these problems by describing the rupture process using a very small number of inversion parameters. Classical examples of such parameterizations are the Haskell rupture models and circular crack models. To overcome the practical problems of these models with natural boundaries, we here discuss a new kinematic model. Our model presents a similar number of degrees of freedom, but is much more flexible in dealing with constraints in geometry. Furthermore, we made our model better fitting with physical findings on the rupture process, without going into real dynamic rupture modelling. Using a Green's function database, we systematically calculate full waveform seismograms for possible source mechanisms during inversion. We present test applications on medium-sized earthquakes, in order to estimate robustness and stability of the inversion. Additionally we indicate a way to quantify the occurrence of errors in a numerical and physical sense, respectively.

## **SO 26 Fast determination of energy magnitude from P-waves of teleseismic seismograms**

*Domenico Di Giacomo (GFZ Potsdam/Universität Potsdam), Helmut Grosse, Stefano Parolai, Rongjiang Wang, Peter Bormann (GFZ Potsdam)*

E-Mail: [domenico@gfz-potsdam.de](mailto:domenico@gfz-potsdam.de)

Besides the source location, the event magnitude, as a measure of the “earthquake size”, is a parameter of fundamental importance to characterize the seismic event. Among the non-saturating magnitude scales, the energy magnitude  $M_e$  is related to a well defined physical parameter of the seismic source, that is the radiated seismic energy  $E_s$ . Since  $E_s$  is focused around the source corner frequency,  $M_e$  is a good estimator of the earthquake shaking potential more than the moment magnitude  $M_w$ . We show that the calculation of  $E_s$  and  $M_e$  can be performed in a robust and fast way using P-waves of teleseismic broadband recordings in the distance range  $20^\circ$ - $98^\circ$ . The correction for the attenuation experienced by the seismic waves during the path from the source to the receivers is accomplished by applying attenuation functions for different periods. The attenuation functions have been computed from synthetic seismograms by the reflectivity method (Wang, 1999) using the reference Earth model AK135Q from Kennett et al. (1995) and Montagner and Kennett (1996). The final aim of our procedure is to determine  $M_e$  while data are flowing to the data center calculating  $E_s$  for cumulative P-waves windows starting 4s after P-waves onset up to the S-waves arrival. Such a procedure will prevent the underestimation of  $E_s$  and hence of  $M_e$  for large earthquakes and could be implemented in rapid response systems giving a fast determination of  $M_e$  few minutes after the earthquake origin time.

### References

Kennett, B. L. N., Engdahl, E. R., and Buland, R. (1995). Constraints on seismic velocities in the Earth from traveltimes. *Geophys. J. Int.*, 122, 108-124.



- Montagner, J.-P., and Kennett, B. L. N. (1996). How to reconcile body-wave and normal-mode reference Earth models?. *Geophys. J. Int.*, 125, 229-248.
- Wang, R. (1999). A simple orthonormalization method for stable and efficient computation of Green's functions. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 3, 733-741.

## SO 27 Automatische Ereignis- und Phasenidentifikation in einem regionalen, seismischen Netzwerk am Beispiel des EGELADOS-Netzwerks

Ludger Küperkoch (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum),  
Thomas Meier, Wolfgang Friederich (Bochum)

E-Mail: [ludger.kueperkoch@rub.de](mailto:ludger.kueperkoch@rub.de)

Kontinuierlich registrierende, regionale seismische Netzwerke produzieren Datensätze, die manuell kaum noch zu bewältigen sind. Dies gilt sowohl für die Ereignisidentifikation als auch für die anschließende Lokalisierung, denn das P- und S-Phasenanalyse als grundlegende und vorbereitende Arbeit weiterer seismischer Datenverarbeitungsschritte vorausgeht.

Das EGELADOS-Netzwerk, welches die Seismizität der gesamten Hellenischen Subduktionszone über einen Zeitraum von 18 Monaten sowohl mittels on-shore- als auch off-shore-Stationen kontinuierlich aufzeichnete, produzierte einen Datensatz von nahezu 3TB. Der fast kontinuierliche Strom von Triggerungen und die hohe Seismizität erforderten den Einsatz neuer Techniken für eine verlässliche Ereignis- und Phasenidentifikation.

Das automatische Prozedere, welches bei der Auswertung der EGELADOS-Daten zum Einsatz kommt, läßt sich wie folgt beschreiben:

- Anwendung eines Einzelstationstriggers (STA/LTA) auf kontinuierliche Daten jeder verfügbaren Station.
- Mittels eines Grid-Search-Algorithmus werden theoretische Relativlaufzeiten von vordefinierten *Masterevents* mit den beobachteten Relativlaufzeiten verglichen, wobei die STA-/LTA-Verhältnisse nach der Hypozentralentfernung gewichtet werden und als zusätzliche Information einfließen. Erfüllt eine definierte Anzahl von Stationen die theoretischen Bedingungen innerhalb einer gewissen Fehlertoleranz, wird ein Ereignis deklariert, für das somit bereits eine Vorlokalisierung existiert.
- Basierend auf der Vorlokalisierung werden die Zeitreihen mit den Ereignissen aus den kontinuierlichen Daten für die weitere Datenbearbeitung geschnitten.  
Zur automatischen Lokalisierung wird der P-Einsatz mittels Statistiken höherer Ordnung (HOS) oder autoregressiver Vorhersage (AR) bestimmt. Zur Bestimmung des S-Einsatzes kommt nur die AR-Vorhersage zum Einsatz, da hier Polarisation, Frequenzinhalt und Amplitude beider Horizontalkomponenten einfließen.

Das gesamte automatische Prozedere wurde anhand manuell erstellter Ereignisdatenbanken erfolgreich getestet. Zudem stellen diese Algorithmen die Basis für eine echtzeitnahe Auswertung.

## **SO 28 Ein Gittersuchverfahren zur automatischen Lokalisierung deutscher Erdbeben**

*Gunnar Jahnke, Lars Ceranna (BGR, Hannover)*

E-Mail: [gunnar.jahnke@bgr.de](mailto:gunnar.jahnke@bgr.de)

Der klassische Ansatz zur Lokalisierung von Erdbeben aus Laufzeitinformation ist die Verwendung von Inversionsmethoden. Diese zeichnen sich durch geringen Rechenaufwand aus und liefern unter Voraussetzung korrekt zugeordneter Phasentypen schnell und sicher eine Epizentrumslösung. Solche Methoden versagen jedoch für weitmaschige seismische Netze aufgrund der zu geringen Zahl assoziierbarer Detektionen und dem vermehrt störenden Einfluss von Detektionen anderen Ursprungs. Einen Ausweg stellen Gittersuchverfahren dar, die für das gesamte Untersuchungsgebiet mittels Vorwärtsrechnung den besten Anpassung zwischen theoretischen Laufzeiten und gefundenen Detektionen ermitteln. Solche Verfahren liefern eine globale Lösung in Form einer Wahrscheinlichkeits-Dichtefunktion, aus der zusätzlich zum Epizentrum ein Maß für die Güte der Lösung bestimmt werden kann. Wir stellen ein Gittersuchverfahren vor, das aus Daten des Deutschen Regionalnetzes zeitnah verlässliche Lokalisierungen für deutsche Erdbeben liefert und bereits im BGR eigenen Alarm- und Informationssystem für Erdbeben ALISE eingesetzt wird. Zusätzlich zum Epizentrum wird der Phasentyp und die nichtassoziierten Phasen automatisch bestimmt. Durch Verwendung eines irregulären, an den lokalen Stationsabstand bzw. an das lokale Auflösungsvermögen des Netzes angepassten Gitters wird der Rechenaufwand optimiert. Anhand von Datenbeispielen des GRSN wird das Potenzial der Methode gezeigt.

## **SO 29 Seismicity Rate and Omori Law**

*Cornelius Langenbruch, Serge Shapiro (Freie Universität Berlin)*

E-Mail: [Cornelius@geophysik.fu-berlin.de](mailto:Cornelius@geophysik.fu-berlin.de)

It is known that fluid injections in boreholes induce low magnitude earthquakes. The spatiotemporal distribution of these microseismic events can be used to estimate physical properties of oil, gas and geothermal reservoirs. Even after the stop of the injection microseismic activity continues. In our work we analyze the temporal distribution of microseismicity. Therefore we consider the fluid injection experiment as a diffusion process with a point pressure source. The quantity that describes the temporal distribution of microseismic events is the seismicity rate. In the first part of our paper we present an analytical formulation for the seismicity rate in dependency of the pressure source function. Furthermore we show that after the stop of the injection the seismicity rate can be estimated by the Omori Law used to determine the occurrence of aftershocks after earthquakes. Thus also the duration of activity can be estimated. In the following part we present FEM- modelling of the seismicity rate in 2D and 3D and compare the received results to the solution of the analytical approach.

## SO 30 Inferring the time evolution of moment rate and moment magnitude of large earthquakes

Wolfgang Friederich, Thomas Meier (Ruhr-Universität Bochum)

E-Mail: [wolle@geophysik.rub.de](mailto:wolle@geophysik.rub.de)

The rupture process of large earthquakes can last for several minutes. For this reason, it is difficult to obtain a reliable magnitude estimate within a short time as required for early warning purposes. Magnitudes derived from body wave amplitudes usually underestimate the true magnitude. The cumulative body wave magnitude proposed by Bormann and Wylegalla has provided good estimates of magnitude by summing over all discernible subevents in the P-wave coda. But for stations close to the epicentral region the length of the P-wave coda window is limited by the arrival of the S-wave. For example, at an epicentral distance of 2000 km, the S-wave arrives about 4 minutes after the P-wave, a time window much shorter than the duration of the 2004 Sumatra earthquake of more than 10 minutes. But it is obvious that seismic stations close to the epicentral region would greatly help to quickly estimate the size of an earthquake. However, the different phases in the seismogram are not well separated and partially overlap each other. This is particularly true for large earthquakes where most of the energy is contained in the longer periods. For this reason we apply a waveform fitting approach which is independent of phase identification. The recorded seismograms are considered as the convolution of the Green functions with the moment rate function of the earthquake. To stabilize the result we use a non-negative least-square fit which ensures a monotonic increase of seismic moment with time. Once the moment rate function is determined it can be integrated to obtain the seismic moment as a function of time which can also be expressed as moment magnitude versus time. We present two examples, the 2004 M=9.3 Sumatra and the 2006, M=6.7 Kythira earthquake, for which the time evolution of moment magnitude could be determined. Final moment and form of the moment rate function agree very well with previous findings.

We consider the method useful for real-time applications where the waveform fitting is done in regular intervals with the available data. In this way, the evolution of seismic moment can be followed as it is growing with time. When a predefined threshold is crossed an alert can be issued. Prerequisite is of course a rapid location and focal mechanism determination of the event.

## SO 31 Seismicity and Tectonics of Armutlu peninsula, Turkey

Stefanie Sandberg (Universität Potsdam/GFZ Potsdam), Serif Baris (Earth and Space Science Research Center, Kocaeli Universität, Turkey), Helmut Grosser (GeoForschungsZentrum Potsdam, Deutschland), M. Firat Özer (Earth and Space Science Research Center, Kocaeli Universität, Turkey), Heiko Woith (GeoForschungsZentrum Potsdam, Deutschland), Serkan T. Irmak (Earth and Space Science Research Center, Kocaeli Universität, Turkey), Erwin Günther (GeoForschungsZentrum Potsdam, Deutschland)

E-Mail: [sandberg@uni-potsdam.de](mailto:sandberg@uni-potsdam.de)

İzmit and Düzce earthquakes in 1999 showed clearly the potential danger for the megacity İstanbul and the necessity to enlarge our knowledge about seismicity and active tectonics in that region. For that purpose in autumn 2005 in cooperation with the Kocaeli University in İzmit, Turkey, a seismic network was installed in north-western Turkey. This is within the Plate Boundary Observatory (PBO) program and the Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM) project „Megacity İstanbul“. At present the network contains 12 short period and 10 broadband stations on Armutlu peninsula and surroundings. Additionally at the thermal fields of Yalova and Armutlu water

parameters like pressure and temperature are recorded. Around 480 events were found in the time span between end of September 2005 and end of February 2006. The distribution pattern is slightly different from the aftershock pattern of 1999 or the longterm seismic distribution. Next to thermal fields one can find a large amount of small events which are probably in relation to thermal waters. Additionally, contemporaneous with moderate or strong events hydrograms were recorded. Further the experiment concentrates on the investigation of inner deformation of Armutlu peninsula and surrounding regions in the stress field of the NAFZ together with an extensional component. Amongst others NS oriented structures indicate a clockwise rotation of Armutlu peninsula under the influence of ongoing shear movement between Eurasian and Anatolian Plate. For the future it is planned to establish the stations into a densified permanent network including a borehole station.

### **SO 32 Untersuchung der lokalen Seismizität im Gebiet des Rwenzori Gebirges, West Uganda**

*Michael Lindenfeld, Georg Rümpker (Universität Frankfurt), Andreas Schumann (Universität Kampala), Ingo Wölbern (Universität Frankfurt)*

E-Mail: [lindenfeld@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:lindenfeld@geophysik.uni-frankfurt.de)

Das Rwenzori Gebirge liegt im westlichen Ast des Ostafrikanischen Grabensystems, im Westen Ugandas, an der Grenze zur Demokratischen Republik Kongo. Es handelt sich um eine Horststruktur innerhalb des Riftgrabens, die mit ca. 5000m doppelt so hoch ist wie die angrenzenden Riftschultern. Im Rahmen des RiftLink Projektes sollen die Vorgänge, die zur Hebung dieses Gebirgblockes geführt haben, untersucht werden.

Dazu wurde von Mai 2006 bis Oktober 2007 im Gebiet der Rwenzories ein Netzwerk von insgesamt 23 seismischen Stationen betrieben, die mit kurzperiodischen und zum Teil mit Breitbandsensoren ausgestattet waren. Ein Teil der Geräte wurde parallel zur Riftachse entlang der Rwenzori-Ostflanke zwischen 0.3°S und 1.0°N aufgebaut. Ein zweites Profil verlief senkrecht dazu von den östlichen Riftschultern in das Rift hinein und überquerte den nördlichen Ausläufer der Rwenzories.

Die Auswertung der Daten ergab eine überraschend hohe seismische Aktivität. Im Durchschnitt wurden 1180 Beben pro Monat detektiert, von denen etwa 770 Ereignisse monatlich lokalisiert werden konnten. Dabei handelt es sich zum Grossteil um Mikrobeben unterhalb der Fühlbarkeitsschwelle. Es wurden allerdings auch Beben mit einer Magnitude von knapp über 5 registriert. Die Epizentren konzentrieren sich im Norden des Messgebietes innerhalb zweier Streifen westlich und östlich des Nordrwenzori, wobei das Gebirge selbst fast aseismisch ist. Nur an der Verbindungslinie zwischen Hauptmassiv und den nördlichen Rwenzori-Ausläufern kann eine erhöhte Seismizität im Gebirge beobachtet werden.

Der Süden des Rwenzori Gebietes bis hin zum Edwardsee zeigt dagegen eine deutlich geringere seismische Aktivität. Auch nach Installation von Stationen in dieser Region wurden hier nicht signifikant mehr Beben gemessen. Von zahlreichen Beben konnten aufgrund der günstigen Stationsverteilung Herdflächenlösungen angefertigt werden. Die Mehrzahl der abgeleiteten Mechanismen entspricht einer Abschiebung, deren Streichrichtung überwiegend parallel zur Riftachse verläuft. Nur an der Grenze zwischen Hauptmassiv und Nordrücken der Rwenzories finden sich Beben, deren Streichen senkrecht dazu verläuft. Möglicherweise ein Hinweis darauf, dass diese beiden Gebirgsteile sich relativ zueinander bewegen.

## SO 33 The Buncefield explosion: a benchmark for infrasound analysis in Europe

*Lars Ceranna (BGR, Hannover), Alexis Le Pichon (CEA, Paris), David Green (AWE, Blacknest), Pierrick Mialle (CEA, Paris)*

E-Mail: [lars.ceranna@bgr.de](mailto:lars.ceranna@bgr.de)

A large explosion occurred at the Buncefield oil refinery in Hemel Hempstead, 40 km north of London, on December 11, 2005 at 06:01:33 UTC. At this event a large vapour cloud blew up. The vapour was formed by fuel split over the top of a tank and was spread over an area of  $\sim 80,000 \text{ m}^2$  with thickness ranging from 1 to 7 m. The accident's effects were felt by many people up to a distance of 60 km. The explosion generated also strong infrasound signals which were recorded all over central Europe. In detail, recordings are analyzed from infrasound stations in France, Sweden, and Germany and from seismic stations in the United Kingdom, France, Belgium, and Germany. This event is of great interest due to the high number of stations detecting signals, the large number of recorded arrivals, and the exceptional wind conditions in the stratosphere at this particular day. Therefore, the Buncefield explosion is a benchmark for analyzing the capability of automatic signal processing, phase labelling, propagation modelling using different wind and temperature profiles, and acoustic event location.

## PSO 1 The May 26, 2006 Yogyakarta Earthquake and Its Associated Aftershocks, A Closer Look

*Ade Anggraini, Birger Lühr (GFZ Potsdam), Joachim Wassermann (LMU Munich), Diana Wagner (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel), Thomas Walter, Stefano Parolai (GFZ Potsdam), Ivan Koulakov (Institute of Geology, SB RAS, Novosibirsk, Russia), Monika Sobiesiak (GFZ Potsdam), Kirbani Sri Brotopuspito (Physics Department, Gadjah-Mada University, Yogyakarta, Indonesia)*

E-Mail: [ade\\_a@gfz-potsdam.de](mailto:ade_a@gfz-potsdam.de)

On 26 May 2006 at 23:53 UTC, a  $M_w=6.4$  earthquake hit the Yogyakarta Province on the Island of Java, Indonesia. The earthquake caused extensive damages in the Bantul Valley, with over 6,000 dead and 30,000 injured people. Over 156,000 houses were totally destroyed and more were severely damaged, including historical buildings of the 9th century. Teleseismic data (NEIC) suggested that a fault with an orientation SW-NE ruptured with significant strike-slip motion, the location of the main shock epicenter being close to the Opak River Fault. The disaster area was found along a 30 km stretch of this Opak River Fault, seemingly confirming that it was the source of the earthquake. However, field observations could not reveal a significant scale of movement along the Opak River Fault or its nearby branches, implying that the source of the earthquake may have been located elsewhere. In order to understand this Yogyakarta earthquake disaster, the aftershocks of the May 2006 event were measured by Badan Meteorologi dan Geofisika, Gadjah Mada University and the German Task Force for Earthquake through a temporary seismological network. The preliminary analysis of Task Force data gives a surprising result. The alignment of aftershocks shows that the Opak fault was not activated during the earthquake but at a hitherto unknown fault located 10 km to the east. In comparison with MERAMEX Project tomography data, the hypocenters cluster at the eastern edge of a low-velocity zone in this region extending down to more than 17 km depth. The task force hypocenters distribution also located beneath an area without major damage. The apparent lack of direct correlation between distance to the epicentre and intensity of damage can be explained by amplification of the seismic waves as they entered the alluvium-filled Bantul Valley south of Yogyakarta.

## **PSO 2 Rapid estimation of earthquake size using the broadband P-wave magnitude mB**

*Peter Bormann, Joachim Saul (GeoForschungsZentrum Potsdam)*

E-Mail: [pb65@gmx.net](mailto:pb65@gmx.net)

Gutenberg (1945) and Gutenberg and Richter (1956) introduced the body-wave magnitude  $mB = \log_{10}(A/T)_{\max} + Q(D,z)$ . They measured the largest displacement amplitude  $A$  in the whole body-wave phase train and the related dominant period  $T$  from intermediate-period seismograms. The calibration function  $Q$  (with  $D$  – epicentral distance in degree and  $z$  – source depth) was derived accordingly. Later, the same formula and calibration function was adopted for the narrow-band, WWSSN short-period magnitude  $m_b$ , resulting in systematically underestimated magnitudes for events larger than about 5.5. In contrast,  $mB$  provides excellent magnitude estimates up to about magnitude 8. Since modern broadband instruments record in the period range of interest ( $T = 0.3$  to 30 s) ground velocity directly,  $(A/T)_{\max}$  may simply be replaced by  $V_{\max}/2\pi$ . This makes  $mB$  the simplest of all body-wave magnitudes. Based on broadband recordings of more than 1000 large earthquakes with moment magnitudes between 6 and 9 since 1990, we derived a new  $mB$  calibration function, spanning the distance range from 5 to 100 degrees. By using this calibration function, first  $mB$  estimates may become available after as little as 2 minutes following the origin time. The trivially simple computation makes  $mB$  a competitor for the moment-scaled P-wave magnitude  $M_{wp}$  according to Tsuboi et al. (1999). The latter involves double integration of velocity seismograms and is known to suffer from stability problems and is highly susceptible to noise. In contrast,  $mB$  is guaranteed to be numerically stable and noise is of little concern. This is an important consideration especially in fully automated setups where processing speed is crucial and manual interaction has to be avoided. The orthogonal regression relation  $M_w(mB) = 1.33 mB - 2.3$  with a standard deviation of  $\pm 0.18$  magnitude units permits very rapid estimates of moment magnitude up to about 9 with an average absolute error less than 0.3 magnitude units.

## **PSO 3 First manual localizations of microseismicity in the southeastern Aegean using data of the EGELADOS network**

*Andrea Brüstle, Ludger Küperkoch, Thomas Meier, Wolfgang Friederich (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum)*

E-Mail: [bruestle@geophysik.rub.de](mailto:bruestle@geophysik.rub.de)

The temporary broadband EGELADOS-network covered the entire Hellenic Subduction Zone from October 2005 to April 2007. Seismic events are detected and identified by an STA-/LTA-trigger and a grid-search algorithm, where relative travel times of pre-defined masterevents are compared to observed differential trigger times. Because of the high seismicity, the area of the EGELADOS-network was subdivided in several working regions for the analysis. First results are presented for the eastern part of the Hellenic subduction zone including the forearc around Rhodos, Karpathos and Kassos and the volcanic arc around Nisyros. In addition, the considered region covers the transition zone from the Aegean to the Anatolian microplate at the west coast of Turkey. Localizations of the microseismicity of the first two months in 2006 are presented. For this region more than 500 of the 1200 triggered events were identified as local earthquakes and localised. The other triggers represent earthquakes outside of the working region, multiply triggered events, teleseismic events or noise, respectively. Microseismicity down to a magnitude of about ML 1.8 is detected completely. In regions with an

increased station density, microseismicity may be observed completely down to magnitudes of ML 1. High microseismic activity occurred in the Gulf of Gökova in Western Turkey, S of the islands of Karpathos and Kassos, near the SE coast of Crete (Ptolemy trench) and SW of the Nisyros volcano. Furthermore, intermediate depth microseismicity was detected beneath the island arc SE of Astypalea. Remarkably, S-waves of intermediate depth events recorded in the island arc are strongly attenuated pointing to low Q in the mantle wedge above the subducting African lithosphere. In contrast, S-waves propagating within the slab from the source to the stations in the forearc are much less attenuated.

#### **PSO 4 Microseismic signatures of hydraulic fracturing in tight gas sandstone reservoirs**

*Carsten Dinske, Serge Shapiro (Freie Universität Berlin)*

E-Mail: [carsten@geophysik.fu-berlin.de](mailto:carsten@geophysik.fu-berlin.de)

The passive seismic monitoring technique has a significant potential to characterize physical processes related to fluid injections and fluid extractions in hydrocarbon and geothermal reservoirs. One of its most important applications is to generate a high resolution microseismic image and thus to map the hydraulic fracture. Here we propose a method of interpretation of hydraulic fracturing induced microseismicity in order to quantify both, geometric as well as hydraulic parameters of the fractured zone. Simultaneously, it also allows to give estimations of hydraulic properties of the unfractured reservoir. We analyze the spatio-temporal dynamics of microseismic event clouds which were obtained during multiple hydraulic fracturing experiments in a tight gas reservoir in Cotton Valley, USA. They show that triggering of microseismic events can be related to different processes like creation of new fracture volume, loss of fracturing fluid as well as diffusion of the injection pressure into surrounding rocks and inside the fracture. The associated signatures can be identified in  $r-t$  plots of induced events. To estimate now geometric and hydraulic parameters we derive an equation system based on a volume balance principle of the fracturing fluid. It provides a model to describe the geometry- and fluid loss-controlled growth of hydraulic fractures. This theory is applied to the Cotton Valley microseismic data and we obtain reasonable results for determining fracture geometry, i.e., length, height and width of the fracture, and hydraulic parameters like fluid loss coefficient and reservoir as well as fracture permeability.

#### **PSO 5 Site characterization of European strong motion sites using ambient vibration measurements**

*Brigitte Endrun, Matthias Ohrnberger (Universität Potsdam), Alexandros Savvaidis (ITSAK Thessaloniki), Andreas Köhler, Daniel Vollmer (Universität Potsdam)*

E-Mail: [endrun@geo.uni-potsdam.de](mailto:endrun@geo.uni-potsdam.de)

The seismic response at a site is strongly influenced by the local geological conditions. This is most strongly evident in the damage distribution resulting from amplification effects during large earthquakes, e.g. the 1985 Michoacan earthquake in Mexico. However, it is also important to take into account site effects when using strong motion recordings, for example in seismic hazard mapping or deriving attenuation relations for some target region. As information on the subsurface structure is missing for the majority of European strong motion stations, the development of reliable, low cost tools to gain this information is addressed within subproject JRA4 of the European research initiative

## NERIES.

The proposed tool consists of the array recording of ambient vibrations to derive surface wave dispersion curves, H/V spectral ratios and spatial autocorrelation functions, which can be inverted for the subsurface S-velocity profile. Wireless communication between the array stations enables a quick set-up of the layouts and provides the means for online near-real time quality control and in-field data analysis. Inversion of the data is carried out with the Neighbourhood Algorithm, which allows for a detailed evaluation of trade-offs and resolution in the inversion, e.g. identification of unresolved parameters. Within the project, 20 European accelerometer sites were selected for measurements. These sites feature detailed a priori information on subsurface structure from borehole logs, crosshole or downhole and surface seismics and geotechnical measurements. Strong motion recordings of intermediate to strong earthquakes are additionally available for most of the stations. This allows for an evaluation of the capabilities and limitations of the data derived from the array recordings, including direct comparison of the derived velocity models. Measurements were already performed at 10 sites in Greece and Turkey in September and October 2007, respectively, with site classes between B and D. As measurements are done near the accelerometer stations, this often means setting up seismological equipment in the middle of a town. We show results for Euro Seistest near Volvi, a deep class D-site in a sedimentary valley in the Greek countryside, and Sakarya, a shallow class B-site within a Turkish town.

For several sites, data from a previous measurement campaign are also available, allowing for a comparison of the overlapping parts of the resulting dispersion curves. Stable results are obtained for these sites independent of the time the recordings were made, the team that conducted the measurements and analysis of results, the equipment used in the field and the method used to derive the dispersion curve (frequency-wavenumber analysis or spatial autocorrelation method).

## **PSO 6 Magnetic field background variations can limit the sensitivity of seismic broad-band sensors**

*Thomas Forbriger, Rudolf Widmer-Schnidrig (BFO, Schiltach), Erhard Wielandt (IfG, Stuttgart), Mark Hayman, Nick Ackerley (Nanometrics Inc., Ontario, Canada)*

E-Mail: [Thomas.Forbriger@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:Thomas.Forbriger@gpi.uni-karlsruhe.de)

Most broad-band seismometers are sensitive to variations of the earth's magnetic field. This is due to ferromagnetic properties of the suspension spring of vertical or homogeneously triaxial sensors. A sensitivity of pure horizontal sensors without suspension spring is not observed. The magnitude of the sensitivity and the direction of the component of the magnetic field to which the sensor is sensitive apparently depends on the production process and differs for individual instruments. In previous studies sensitivities from 0.05 to 1.2 ms<sup>-2</sup>T<sup>-1</sup> were observed for STS-2 instruments in the GRSN when referring their signals to the field of a magnetic storm recorded at BFO. Magnetic field induced noise in seismic recordings can be reduced by appropriate shielding of the sensor or by recording the magnetic field separately and removing its contribution posteriorly.

Hitherto we assumed that interferences due to variations in the magnetic field are limited to significant magnetic storms or to stations that are exposed to strong man-made magnetic fields. However, during a huddle test of T240 seismometers (Trillium 240 s, produced by Nanometrics Inc.) and an STS-2 (produced by Streckeisen) at BFO (Black Forest Observatory) it became obvious that the normal magnetic background variations during a magnetically quiet period can already significantly limit the sensitivity of seismic broad-band sensors. Analysing magnetic field recordings from January 2007 we



find that sensors with a sensitivity larger than  $0.2 \text{ m s}^{-2} \text{ T}^{-1}$  would not be able to resolve the NLNM (New Low Noise Model, Peterson 1993) between 0.5 mHz and 3 mHz (i.e. in the normal-mode band). For this reason it is crucial to find appropriate means to ensure a low sensitivity to magnetic fields when designing and installing high-sensitive broad-band seismometers for the observation of normal modes.

## **PSO 7 Seismologische Untersuchungen im Rahmen des NEAREST-Projektes**

*Wolfram Geissler, Wilfried Jokat, Mechita Schmidt-Aursch (Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven), NEAREST Arbeitsgruppe*

E-Mail: [Wolfram.Geissler@awi.de](mailto:Wolfram.Geissler@awi.de)

NEAREST (Integrated observation from NEAR shore sourCES of Tsunamis: towards an early warning system) ist ein EU-gefördertes Projekt (GOCE, contract n. 037110), das die Erkennung und Charakterisierung von großen potentiellen küstennahen Quellen von Tsunamis im Golf von Cadiz (Erdbeben und Tsunami von 1. November 1755) zu Ziel hat. Erreicht werden soll dies durch Quasi-Echtzeitbeobachtung von Signalen durch das Multiparameter-Observatorium GEOSTAR, ein Netzwerk von 24 Ozean-Bodenseismometern (OBS) sowie durch detaillierte bathymetrische und geologischen Untersuchungen. Ein weiterer Aspekt ist die integrierte numerische Modellierung der Tsunami-Ausbreitung und die Bereitstellung von Überflutungskarten für die Küstenregionen im Golf von Cadiz. Die Ergebnisse sollen letztendlich in eine Machbarkeitsstudie für ein regionales Frühwarnsystem einfließen. Im Rahmen des Projektes werden unter der Federführung des Alfred-Wegener-Institutes Untersuchungen zur lokalen Seismizität und zur Struktur der Lithosphäre durchgeführt. Neben den existierenden Landstationen in den Anrainerstaaten werden dazu die 24 OBS benutzt, die im August bzw. November 2007 im nördlichen Bereich des Golfes von Cadiz ausgesetzt wurden und bis August 2008 kontinuierlich registrieren.

## **PSO 8 Crustal velocity structure of the Rwenzori region, Uganda, from isotropic and anisotropic travel-time tomography**

*Andrey Jakovlev, Georg Rümpker (J. W. Goethe Universität Frankfurt am Main), Ivan Koulakov (Institute of Geophysics SB RAS, Novosibirsk), Norbert Ochmann (BGR, Hannover)*

E-Mail: [jakovlev@geophysik.uni-frankfurt.de](mailto:jakovlev@geophysik.uni-frankfurt.de)

The Rwenzori region in Uganda forms part of the western branch of the East-African rift system. During the period from May 2006 to October 2007, a temporary seismological network was operating in the area to constrain the seismic structure of the crust and upper mantle from recordings of local and teleseismic earthquakes. Here we use local earthquake tomography to resolve the 3D velocity structure of the crust down to a depth of about 20 km. Results based on P and S-wave arrival times exhibit a pronounced negative velocity anomaly near the western flank of the Rwenzori Mts. in the upper 5 km. At the surface, this area is characterized by geothermal activity in relation to the Buranga hot springs. As depth increases the negative anomaly gradually widens and shifts to the East. The results are supported by sensitivity tests to constrain the resolving power of the data. We also made an attempt to derive the 3D anisotropic velocity structure in the region. For the anisotropic inversion, we assume that the elastic properties of the crust can be characterized by a simplified form of transverse isotropy, which can be defined by four parameters: a fast and slow velocity and two angles to determine the orientation of the fast velocity axis. Average isotropic velocity variations obtained from the 3D anisotropic model

are in good agreement with the results from the purely isotropic inversion. We find that the fast axes in the northern region of the Rwenzori Mts. are dominantly oriented NS, approximately parallel to the strike of major faults. Several tests are performed to constrain the uncertainties of the model.

## **PSO 9 Bestimmung von Wellenfront- und Laufzeitanomalien im Bereich des Oberrheingrabens**

*S. Kirschner, B. Wawerzinek, J. R. R. Ritter (Universität Karlsruhe (TH), Geophysikalisches Institut)*

E-Mail: [Stephanie.Kirschner@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:Stephanie.Kirschner@gpi.uni-karlsruhe.de)

In der Zeit von Dezember 2004 bis Mai 2006 wurde im Gebiet des Mittleren Oberrheingrabens im Rahmen des TIMO-Projektes (Tiefenstruktur des Mittleren Oberrheingrabens) mit dem KARlsruher BreitBand Array (KABBA) an 32 Stationen kontinuierlich die Seismizität aufgezeichnet. Zusätzlich stehen die Daten von nationalen Festnetzstationen und von den Landeserdbebendiensten Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz zur Verfügung. Mit diesen Aufzeichnungen werden teleseismische Laufzeit-Residuen bestimmt, um seismische Geschwindigkeitsanomalien zu finden. Zusätzlich werden Arrayanalysen durchgeführt, um die Langsamkeit und den Rückazimut der teleseismischen Wellenfronten zu messen. Hierzu wurde das Stationsnetz in Unterarrays gegliedert, um Variationen der Langsamkeit und des Rückazimuts zu bestimmen, die sich von Wellenfronten aus unterschiedlichen Entfernungen und Einfallsrichtungen ergeben. Auf diese Weise bestimmen wir Anomalien der Laufzeit, der Langsamkeit und des Rückazimuts, welche von der Struktur des Oberrheingrabens verursacht werden. Später sollen diese Messdaten zu einem 3D Modell invertiert werden.

## **PSO 10 Microseismicity Related to the West Fissure Fault System, Northern Chile**

*Jörn Kummerow, Peter Wigger (Freie Universität Berlin), Pablo Salazar (Freie Universität Berlin, Universidad Catolica del Norte Antofagasta), Dorothee Moser (Freie Universität Berlin), Günter Asch (Freie Universität Berlin, GFZ Potsdam)*

E-Mail: [wigger@geophysik.fu-berlin.de](mailto:wigger@geophysik.fu-berlin.de)

We investigate microseismicity which has been recorded by a temporary local seismic network around the *West Fissure Fault System* (WF) in the Precordillera, Northern Chile, since November 2005. The network consists of 13 continuously recording 3-component short-period stations, which are located at  $\sim 21^\circ S$  and cover an area of about  $50 \times 50 km$ . The main objectives of the experiment are (I) to monitor the microseismic activity related to the segment of the WF near  $21^\circ S$  in time and space and (II) to understand the processes occurring in the fault zone.

Up to now, we have analysed about 400 seismic events with magnitudes  $-0.5 < M_L < 4.2$  and focal depths between  $2 km$  and  $50 km$ . The crustal microseismicity is only partly associated with known branches of the *West Fissure Fault System*. Two seismic clusters were detected, one at  $35 km$  depth in the SW of the monitoring area, and one in the central part at  $13 - 14 km$  depth beneath the surface. We present precise relocations of the microseismic events, and focal mechanisms and stress tensor inversions for a subset of events.

## **PSO 11 Anisotropie des oberen Erdmantels unter dem Gräfenberg-Array: Nutzung der neuen Dreikomponentenstationen für SKS-Splittinganalysen**

*Thomas Plenefisch, Klaus Stammler (BGR/SZGRF Erlangen)*

E-Mail: [plene@szgrf.bgr.de](mailto:plene@szgrf.bgr.de)

Im Oktober 2006 wurde die Umstellung der 13 Stationen des Gräfenberg-Arrays auf Drei-Komponenten STS2-Seismometer abgeschlossen. Seitdem stehen die Daten der Stationen für wissenschaftliche Forschungsaufgaben zur Verfügung.

In einer ersten Studie am SZGRF in Erlangen nutzen wir das neue Dreikomponenten Gräfenberg-Array zur Untersuchung der Anisotropie des oberen Erdmantels unter dem Fränkischen Jura. Wie schon in zahlreichen älteren Arbeiten analysieren wir das Scherwellensplitting von SKS-Phasen, um die Anisotropieparameter – Verzögerungszeit und Richtung der schnellen Achse des anisotropen Mantelmaterials – zu bestimmen. In Ergänzung zu den früheren Arbeiten eröffnet die neue Instrumentierung des Gräfenberg-Arrays zwei neue Untersuchungsaspekte: Zum einen lassen sich mit Hilfe der neuen dichten Dreikomponenten-Stationsüberdeckung eventuell existierende kleinräumige Variationen der Anisotropie auflösen, die von dem unter dem Array verlaufenden tektonischen Übergang von Saxothuringikum zu Moldanubikum herrühren können. Falls diese Variationen vernachlässigbar sein sollten, erhoffen wir uns zum anderen durch die Anwendung der Array-Verfahren ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis auf der gestapelten Spur zu erreichen. Dies könnte es uns ermöglichen, schwächere Ereignisse aus bisher nicht belegten Azimutbereichen auszuwerten. Im Zeitraum von Oktober 2006 bis Dezember 2007 fanden einige energiereiche Ereignisse in „SKS-Entfernung“ statt. Erste Ergebnisse unserer Auswertungen werden auf dem Poster vorgestellt.

## **PSO 12 Ein Modell für seismisch bestimmte Gebäudeantworten auf dem Prüfstand**

*Lisa Rehor (GPI, Karlsruhe), Thomas Forbriger (BFO, Schiltach, GPI, Karlsruhe)*

E-Mail: [Lisa.Rehor@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:Lisa.Rehor@gpi.uni-karlsruhe.de)

Im Rahmen des SFB461 "Starkbeben" wurde das URban Seismology-Projekt (URS) durchgeführt. In diesem Zusammenhang waren über einen Zeitraum von drei Monaten zwei Seismometer des KARlsruher BreitBand-Arrays (KABBA) im Physik-Hochhaus in Bukarest-Măgurele installiert. Anhand der dabei aufgezeichneten Daten wurden mit der Methode von Snieder & Şafak (2006) Gebäudeantworten bestimmt. Diese Methode liefert zwei Möglichkeiten, die Antwort eines Gebäudes auf seismische Anregungen darzustellen. Die Gebäudeantwort kann durch die Überlagerung von Wellen beschrieben werden, die im Gebäude auf und ab laufen. Daraus ergibt sich die Laufzeit der Wellen durch das Gebäude. Sie kann aber auch als Superposition von Eigenschwingungen des Gebäudes aufgefasst werden. In diesem Fall erhält man im Antwortspektrum einen deutlichen Peak bei der Resonanzfrequenz des Gebäudes. Als physikalische Erklärung wird oft das Modell einer Orgelpfeife herangezogen. Danach erwartet man, dass die reziproke Resonanzfrequenz der vierfachen Laufzeit einer Welle durch das Gebäude entspricht. Die Resonanzfrequenz und die Laufzeiten, die wir aus den berechneten Impulsantworten erhalten, können jedoch nicht konsistent mit dem Modell der Orgelpfeife erklärt werden. Die bei uns beobachtete Diskrepanz tritt auch in den Ergebnissen von Snieder & Şafak (2006) auf. Sie wird von den Autoren jedoch nicht angesprochen. Genauere Untersuchungen sollen

zeigen, ob es sich um ein Artefakt der Analyse aufgrund der begrenzten Bandbreite der Signale handelt oder ob ein anderes physikalisches Modell zur Interpretation verwendet werden muss.

#### Literatur

Snieder R. & Şafak E., 2006. Extracting the building response using seismic interferometry: Theory and application to the Millikan Library in Pasadena, California. Bull. Seism. Soc. Am., 96(2): 586-598.

### **PSO 13 Anisotropie-Untersuchungen mit SKS-Wellen im Bereich des Mittleren Oberrheingrabens**

*Michael Wagner, Joachim Ritter (Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe (TH))*

E-Mail: [michael.wagner@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:michael.wagner@gpi.uni-karlsruhe.de)

Der Oberrheingraben durchschneidet verschiedene tektonische Einheiten der variszischen Gebirgsbildung. In welcher Art sich dieser variable tiefe Untergrund und die Grabenbildung selbst auf die Anisotropie im Mantel auswirken, wird im Rahmen des **TIMO**-Projekts (**T**iefenstruktur des **M**ittleren **O**ber**r**heingrabens) untersucht. Im Rahmen von **TIMO** wurden mit 32 mobilen Breitbandstationen des **KABBA** (**K**arlsruhe **B**reit**B**and **A**rray) und 5 permanenten Breitbandstationen SKS-Wellen registriert (Dezember 2004 - Mai 2006). Von den Feststationen stehen zusätzlich Daten der letzten 15 Jahre zur Verfügung. Mit dem Verfahren der teleseismischen Scherwellen-Doppelbrechung konnten die Anisotropie im oberen Mantel und die zugehörigen Deformationsprozesse analysiert werden. Die Güte der Bestimmung der schnellen Richtung ( $\phi$ ) der Wellenausbreitung und der Verzögerungszeit ( $\delta t$ ) der radial- und transversal-polarisierten SKS-Wellen hängt stark vom Signal/Rausch-Verhältnis ab sowie vom Rückazimut. Die zuverlässig bestimmten Werte  $\phi$  zeigen keine abrupten Änderungen an den Grenzen tektonischer Einheiten. Die gefundene Anisotropie wird daher als großräumige Strukturierung der Asthenosphäre interpretiert. Die am besten bestimmten Werte von  $\phi$  und  $\delta t$  an der Station ECH (Vogesen) sowie anderen Feststationen zeigen Variationen im Rückazimut über  $360^\circ$ . D.h. das Modell einer homogen anisotropen Schicht ist im Untersuchungsgebiet nicht gültig.

### **PSO 14 Vollautomatische Analyse von SKS-Scherwellen-Splitting für regionale seismologische Netzwerke**

*M. Walther, T. Plenefisch (BGR/SZGRF Erlangen), G. Rümpker (Uni Frankfurt)*

E-Mail: [dgg2008@marcus-walther.de](mailto:dgg2008@marcus-walther.de)

Eine charakteristische Eigenschaft von SKS und SKKS Phasen ist das Scherwellen-Splitting, welches weltweit beobachtet werden kann. Durch die Auswertung teleseismischer Ereignisse im Bereich zwischen 90 und 130 Grad kann somit das Anisotropieverhalten des Erdmantels untersucht werden. Durch fortwährende Erweiterungen seismologischer Netze und Öffnung von Archiven stehen zunehmend mehr Aufzeichnungen von Wellendaten zur Verfügung. Beispielsweise existieren für das GRSN kontinuierliche Registrierungen von mehr als 14 Jahren Betrieb und somit Daten von mehr als 5.300 Erdbeben im notwendigen Entfernungsbereich und einer Magnitude zwischen 5.0 und 8.4. Die manuelle Untersuchung von Daten mit Scherwellen-Splitting ist relativ zeitraubend: Auswahl der Beben, die an den Empfängern eine SKS-Phase aufweisen, Ausschneiden der Daten, Wahl des passenden Filters und Selektion des optimalen Fensters für die Inversion zur Bestimmung der Splitting-Parameter (Winkel der schnellen Achse und Verzögerungszeit).

Bisherige Untersuchungen für Deutschland (z.B. Brechner et al. [1998], Vinnik et al. [1994]) basieren daher nur auf Daten aus den Anfangsjahren des GRSN (bis 1994), auf Daten einzelner Stationen oder temporären Experimenten. Einige Stationen zeigen dabei eine Übereinstimmung der schnellen Achse des anisotropen Materials mit großräumigen tektonischen Einheiten bzw. Übergängen. Andere Stationen weisen jedoch Variationen der Splitting-Parameter in Abhängigkeit vom Azimut auf, so dass komplexe Anisotropie-Bedingungen (z.B. Mehrschichtfall) oder Heterogenitäten vermutet werden können. Bisher konnten die verschiedenen Splitting-Ergebnisse auf Grund der relativ kleinen Datenbasis noch nicht hinreichend invertiert werden.

In unserem Programmpaket kombinieren wir bewährte Techniken wie FK-Analyse und die Havard-Momententensor-Datenbank, um nun automatisiert Ereignisse auswählen zu können, welche für eine Bestimmung der Splitting-Parameter ausreichend Energie in der SKS-Phase aufweisen. Auch die weiteren genannten Schritte zur Bestimmung der Splitting-Parameter laufen vollautomatisch ab. Im Hintergrund kommt der Seismic Handler zum Einsatz, welcher über eine Python-Schnittstelle angesteuert wird. Hiermit wird es möglich, größere Datensätze reproduzierbar zu analysieren.

Durch die Verteilung der Inversionsprozesse auf mehrere Server (multi-server) und Ausnutzung vorhandener virtueller Prozessoren aktueller PCs (multi-threading) wird eine Arbeitsgeschwindigkeit erreicht, welche einer einzelnen manuellen Auswertung entspricht. Als Ergebnis stehen Inversionsdaten verschiedener Fensterlängen (derzeit sieben bis 20 Sekunden), Filter und Startpositionen innerhalb des jeweils verwendeten Wellendatensatzes instantan zur Verfügung.

In unserem Beitrag stellen wir diese Methode und ihre Grenzen im Detail, sowie die Anwendung auf synthetische und reale Datensätze, vor. Besonderes Augenmerk richten wir dabei auf die Bewertung der automatisch erzielten Ergebnisse.

## **PSO 15 Analyse des Einflusses der Untergrundstruktur auf den teleseismischen Strahlweg am Beispiel des Oberrheingrabens**

*Britta Wawerzinek, Stephanie Kirschner, Joachim R. R. Ritter (Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe (TH))*

E-Mail: [britta.wawerzinek@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:britta.wawerzinek@gpi.uni-karlsruhe.de)

Von Dezember 2004 bis Mai 2006 fand das TIMO Projekt im Oberrheingraben statt, dessen Ziel die Untersuchung der Tiefenstruktur des mittleren Oberrheingrabens ist. Zusätzlich zu den Daten des mobilen Netzwerkes, das aus 32 Stationen des Karlsruhe BroadBand Arrays (KABBA) besteht, sind auch Daten von mehreren Festnetzstationen in diesem Gebiet verfügbar. Das Netzwerk verläuft in zwei Stationslinien über den Oberrheingraben hinweg.

Das Gebiet des Oberrheingrabens ist durch eine heterogene Untergrundstruktur gekennzeichnet. Diese heterogene Untergrundstruktur beeinflusst den Strahlweg und die Laufzeit der Wellen. Dies zeichnet sich sowohl durch einen Laufzeiteffekt (relativ verzögerte Wellenankünfte innerhalb des Grabens) als auch durch eine veränderte Einfallrichtung der Strahlen (bzgl. der theoretischen Vorhersage) im Oberrheingraben aus. Die Einfallrichtung eines Strahls wird durch den Rückazimut (BAZ) und die Langsamkeit (S) charakterisiert, die mit Hilfe von Array Methoden gemessen werden können.

Um die tiefe Untergrundstruktur des mittleren Oberrheingrabens zu bestimmen, soll eine Laufzeittomographie berechnet werden. Bei der Inversion der Laufzeitresiduen werden Strahlwege durch das Modell berechnet. Bisher werden bei der Strahlberechnung die theoretischen Werte des Rückazimuts ( $BAZ_{theo}$ ) und der Langsamkeit ( $S_{theo}$ ) berücksichtigt, die durch ein 1D Standarderdmodell bestimmt werden. Verwendet man nun bei der Berechnung der Strahlwege die gemessenen Werte des Rückazimuts

( $BAZ_{obs}$ ) und der Langsamkeit ( $S_{obs}$ ), so verändern sich die Strahlwege. Wir analysieren nun die Strahlwege, die in der Berechnung einerseits  $BAZ_{theo}$  und  $S_{theo}$  und andererseits  $BAZ_{obs}$  und  $S_{obs}$  berücksichtigen. Hier werden die ersten Ergebnisse gezeigt.

## **PSO 16 Mantle investigations of Norwegian Uplift Structure (MAGNUS) – a temporary broadband network in Southern Norway**

*Christian Weidle (Dept. of Geosciences, University Oslo, Norway), Valerie Maupin (University Oslo, Norway), Joachim Ritter (University Karlsruhe), Tormod Kværna, Johannes Schweitzer (NORSAR, Norway), Niels Balling (University Århus, Denmark), Hans Thybo (University Copenhagen, Denmark), Jan Inge Faleide (University Oslo, Norway)*

E-Mail: [christian.weidle@geo.uio.no](mailto:christian.weidle@geo.uio.no)

The geological history of Norway shows a complex series of periods of convergence and divergence. The last period of divergence in the Cenozoic resulted in the opening of the North Atlantic Ocean. An important issue in the geodynamics of this region is the substantial vertical movements experienced during the Cenozoic by the North Atlantic margins, including Southern Norway. Isostatic response to unloading contributed significantly to the Neogene uplift, however, this cannot be the only operating mechanism. The mechanisms controlling the broad uplift remain enigmatic but its long wavelength is suggestive of mantle processes, possibly related to the presence of the Icelandic plume in the North-Atlantic.

Recent studies lead by the University of Aarhus concluded that the region of maximum topography beneath Southern Norway coincides with a thickened crust which partly comes up for the gravitational deficit beneath the south Norwegian mountains. To improve our understanding of the mantle structure beneath Southern Norway, a regular network of 31 broadband seismometers from the KABBA instrument pool (University of Karlsruhe) was deployed in September 2006 in the study area with an intended operational period of < 2 years. Together with permanent installments in the region, the virtual MAGNUS network in Southern Norway sums up to 40 broadband instruments.

In our contribution we will introduce the scientific background, concept and planned investigations of the ongoing experiment. As an international collaboration between the Universities in Oslo (NOR), Karlsruhe (GER), Copenhagen and Aarhus (DEN) and NORSAR (NOR), this project offers a flying start into the impending Topo Europe initiative.

## **Umwelt- und Ingenieurgeophysik**

## UI 1 Die magnetische Suszeptibilität tropischer Böden — Einfluss auf die Landminensuche

Jan Igel, Holger Preetz (Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, GGA), Sven Altfelder (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR)

E-Mail: [jan.igel@gga-hannover.de](mailto:jan.igel@gga-hannover.de)

Metalldetektoren, die auf dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion beruhen, sind die am häufigsten eingesetzten Geräte bei der Landminensuche. Der Boden, in dem die Minen vergraben liegen, kann das Detektorsignal beeinflussen und die Suchleistung herabsetzen oder in manchen Fällen den Detektor sogar komplett unbrauchbar machen. Es gibt zahlreiche Berichte aus der praktischen Entminung, dass insbesondere tropische Böden Probleme bereiten, jedoch gibt es zu diesem Phänomen kaum geowissenschaftliche Untersuchungen.

Unter den elektromagnetischen Bodeneigenschaften ist es die magnetische Suszeptibilität, welche den Metalldetektor maßgeblich beeinflusst. Hierbei spielt zum einen die absolute Höhe der Suszeptibilität, als auch ihre Frequenzabhängigkeit eine Rolle. Es wurden 547 Proben lateritischer Böden und deren Ausgangsgesteine hinsichtlich ihrer magnetischen Eigenschaften und ihrer chemischen Zusammensetzung untersucht. Die Böden werden, basierend auf ihren Ausgangsgesteinen, in 6 Klassen aufgeteilt: ultrabasische, basische, saure Magmatite, Ton/Tonschiefer, Phyllite und Sandstein. Dabei zeigen erwartungsgemäß die Böden, die aus ultrabasischen und basischen Gesteinen entstanden sind, im Schnitt die höchsten Suszeptibilitäten, da diese Gesteine einen relativ hohen Gehalt an verwitterungsresistentem Magnetit besitzen. Jedoch ist die Variabilität der Suszeptibilität, unabhängig vom Ausgangsgestein, in allen Klassen sehr hoch. So können selbst Böden, deren Ausgangsgestein arm an Magnetit war, wie z.B. saure Magmatite oder Sandsteine, aufgrund der Bodengenese hohe Suszeptibilitäten aufweisen. Als Ursache hierfür ist entweder die relative Anreicherung von residualem Magnetit und/oder die Neubildung von Maghemit oder Magnetit anzusehen. Neben dem Ausgangsgestein spielt demnach auch der Verwitterungsgrad des Bodens eine große Rolle, was durch Gegenüberstellung der Suszeptibilität und der geochemischen Analyse gezeigt wird.

Aus der statistischen Analyse der Daten wird ein Klassifikationsschema abgeleitet, mit dem tropische Böden hinsichtlich ihrer Wirkung auf Metalldetektoren eingestuft werden können.

### Literatur

Das, Y., J. E. McFee, and G. Cross. 2002. Soil properties database for humanitarian demining: A proposed initiative. p. 1–9. In *World Congr. of Soil Sci., 17th, Bangkok, Thailand: The International Union of Soil Science*.

Preetz, H., Altfelder, S. und Igel, J. (2008). Tropical Soils and Landmine Detection — An Approach for a Classification System. *Soil Science Society of America Journal* 72(1).

## UI 2 Bodenkartierungen mit dem Geophilus

Erika Lück (Geowissenschaften Universität Potsdam), Jörg Rühlmann (IGZ Großbeeren)

E-Mail: [elueck@geo.uni-potsdam.de](mailto:elueck@geo.uni-potsdam.de)

Zur Erstellung hoch aufgelöster digitaler Bodenkarten werden neben verschiedenen Informationsquellen auch geophysikalische Größen herangezogen. Dabei hat die Kartierung der elektrischen Leitfähigkeit in den letzten Jahren aufgrund einer Vielzahl von Vorteilen eine Sonderstellung erlangt. In mehrjähriger Zusammenarbeit zwischen der Universität Potsdam und dem IGZ Großbeeren wurde ein mobiles, GPS gekoppeltes Messsystem „GEOPHILUS“ zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit



von Böden entwickelt, das auf einer galvanischen Ankopplung zum Boden basiert und derzeit 5 Tiefenstufen erfasst. Das zu dem rollenden Elektrodensystem gehörende Messgerät wurde von T. Radic (Radic Research, Berlin) entwickelt. Gegenüber den bereits existierenden rollenden Elektrodensystemen zeichnet sich der Geophilus durch die Besonderheit aus, dass das System mit Wechselstrom im Frequenzbereich zwischen 1 mHz und 1 kHz arbeitet, wobei 4 Frequenzen gleichzeitig eingespeist werden können. Es werden sowohl der Betrag des elektrischen Widerstandes als auch der Phasenwinkel aufgezeichnet. Das Elektrodensystem wurde von J. Bigus (IGZ, Großbeeren) als äquatoriale Dipolanordnung modular aufgebaut, über Verlängerungsstücke können sowohl die Dipolweite als auch die Dipolabstände variiert werden. Derzeit wird mit einer Dipolweite von 1 m gearbeitet. Die Dipolabstände variieren zwischen 0.5 und 2.5 m, d.h. es wird der Oberboden bis etwa 1.3 m Tiefe erfasst. Die Entwicklung des Geophilus ist relativ jung. Bisher wurden reichlich 100 km Daten mit dem System aufgenommen. Dabei wurden verschiedene Böden (Salzwiesen, landwirtschaftliche Nutzflächen und Kippenböden) untersucht. Das erfasste Leitfähigkeitsspektrum lag zwischen 1 und 200 mS/m.

### UI 3 Gammaspektrometrie und Seismik zur Charakterisierung der Eigenschaften von Ackerböden

*Hauke Petersen, Wolfgang Rabbel (Kiel, Institut für Geowissenschaften)*

E-Mail: [hpetersen@geophysik.uni-kiel.de](mailto:hpetersen@geophysik.uni-kiel.de)

Böden sind durch ihre heterogene Zusammensetzung aus organischen und mineralischen Bestandteilen sowie durch wechselnde (Ver-)Witterungseinflüsse ein komplex zu beschreibendes System. Nur durch möglichst viele, voneinander unabhängige Informationen kann es gelingen, Verständnis über die Eigenschaften von Böden zu erlangen, um daraus Schlussfolgerungen zum Bewahren von natürlichen Bodenfunktionen, aber auch zum Erhalt der Ressource Boden als Wirtschaftsfaktor zu ziehen.

Neben dem Einsatz klassischer Kartierverfahren wie der Kartierung der elektrischen Leitfähigkeiten (EM) und Georadar (GPR) wurden im Rahmen eines Projektes zur Charakterisierung von unterschiedlich stark kompaktierten Ackerböden sowohl mobile gammaspektrometrische Kartierungen als auch exemplarisch kleinskalige Seismik durchgeführt. Die gammaspektrometrischen Untersuchungen erfolgten mit einem 512-Kanal-Spektrometer mit 4L-NaI(Tl)-Kristall. Kartierungen im für Kalium-40 typischen Energiebereich um 1,46 MeV dienen der Erfassung des Kaliumgehalts und damit der Erfassung des Tongehalts im Oberboden, welcher entscheidend zur Eigenstabilität und damit zur Kompaktionsgefährdung von Böden beiträgt. Die Ergebnisse der spektralen Kartierung erleichtern so die Interpretation von EM- und GPR-Kartierungen, da letztere sowohl von Ton, aber auch stark von Wassergehalten abhängig sind.

Die Eignung der Seismik für die Charakterisierung unterschiedlich stark kompaktierter Böden wurde anhand extrem unterschiedlich kompaktierter Versuchsfelder untersucht: Bereiche mit normaler landwirtschaftlicher Nutzung wurden mit Bereichen verglichen, die zusätzlich zur normalen Bewirtschaftung mehrfach innerhalb eines Jahres mit einer Radlast von 6.3 Mg flächendeckend verdichtet wurden. Die Registrierung erfolgte entlang kurzer Auslagen mit Geophonabständen von 20 cm, angelegt wurden sowohl Scher(SH)-Wellen als auch P-Wellen. Die Laufzeitauswertung der Ersteinträge sollte hierbei Hinweis darauf geben, welche Wellenart geeigneter erscheint für diese extrem oberflächennahe Fragestellung.

Der Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Ergebnisse oben genannter Untersuchungen in diesem laufenden Forschungsprojekt.

## **UI 4 Seismische Analyse mittels S- und P-Wellen in urbanen Gebieten – bergbaubedingte Destabilisierungsvorgänge in der Stadt Staßfurt**

*Thomas Leder, Ulrich Polom (GGA-Institut)*

E-Mail: [Thomas.Leder@gga-hannover.de](mailto:Thomas.Leder@gga-hannover.de)

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts führen Senkungserscheinungen im Stadtgebiet Staßfurt in erheblichem Maße zum Verlust von Bausubstanz. Dies ist teilweise rückführbar auf die Existenz von Altbergwerken des ehemaligen Kali- und Steinsalzbergbaues. Aufgrund des Kalibergbaues siedelte sich in Staßfurt entsprechende chemische Industrie an, deren Altlasten heute die Stadt bedrohen. Daher besteht auch die Notwendigkeit, intensiv nach Ursachen und Möglichkeiten der Eindämmung für die Destabilisierungsvorgänge zu suchen. Zur Erforschung der Struktur und der elastischen Eigenschaften des Deckgebirges wurden in 3 Messkampagnen im Jahr 2007 hochauflösende P- bzw. S-Wellen-Profile mit einer Gesamtlänge von 15 km akquiriert und VSP Messungen durchgeführt. Zum Einsatz kam zum Einen ein hydraulischer P-Wellenvibrator mit konventionellen gesteckten P-Wellen Geophonen sowie ein am GGA-Institut neu entwickelter hydraulischer S-Wellenvibrator in Verbindung mit einem Landstreamer-System, welches Messungen auf versiegelten Oberflächen gestattet. Aus der Kombination von P- und S-Wellen sollen sowohl detaillierte geotechnische Eigenschaften des Untergrunds bestimmt als auch gesteinsphysikalische Parameter abgeleitet werden. Es werden Ergebnisse der seismischen Datenbearbeitung anhand von ausgewählten P- und S-Wellen Profilen präsentiert und auf die Möglichkeiten der kombinierten Auswertung am Beispiel Staßfurt eingegangen.

## **UI 5 Onsite Modelling as a Tool for Coalfire Fighting**

*Manfred W. Wuttke, Jing Han, Winfried Kessels (Leibniz Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben)*

E-Mail: [manfred.wuttke@gga-hannover.de](mailto:manfred.wuttke@gga-hannover.de)

Spontaneous self ignition of coal can occur wherever coal is mined, stored or processed. In particular thus generated underground coal fires are nowadays an enormous hazard to the resource itself but also to the global environment. With the increasing recognition of the contribution of such fires to the global warming problem by releasing uncontrolled considerable amounts of greenhouse gases the extinction of such fires becomes a crucial task for the future. Within the Sino-German project "Innovative Technologies for Exploration, Extinction and Monitoring of Coal Fires in North China" a comprehensive numerical model has been developed to simulate the propagation of underground coal fires in realistic scenarios. The model is now incorporated into an onsite modelling tool to enable the mining engineer to estimate the effort necessary for sustainable fire fighting actions. In addition, the model will be used to assess the impact of such actions as Clean Development Mechanism activities within the framework of the Kyoto protocol. We present new results for realistic scenarios of sealing the fire from oxygen supply by covering the surface with an impermeable layer.

## UI 6 Bohrlochfreie Messung der Permeabilität in Untertagedeponien

*Horst Kühnicke, Eberhard Schulze, Dirk Voigt (Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfung Dresden)*

E-Mail: [horst.kuehnicke@izfp-d.fraunhofer.de](mailto:horst.kuehnicke@izfp-d.fraunhofer.de)

In Untertagedeponien werden gefährliche Abfallstoffe eingelagert. Mehrere natürliche und technische Barrieren sorgen dafür, dass ein Kontakt zur Biosphäre ausgeschlossen ist. Eine wichtige natürliche Barriere ist das den Einschlussort umgebende Gestein. Durch die bergmännische Auffahrung werden Spannungsfelder induziert, die die Saumzonen der unterirdischen Hohlräume schädigen. Aufgrund der Spannungsumlagerungen entstehen ausgedehnte Rissgeflechte im Gestein, welche die Durchlässigkeit für flüssige und feste Schadstoffe erhöhen. Bisher wurden diese Schädigungen mittels Injektionstests ermittelt. Dabei werden in Bohrungen Gase oder Flüssigkeiten injiziert und aus der pro Zeiteinheit verpressten Menge auf die Permeabilität des Gesteins geschlossen. Nachteilig sind der hohe Aufwand, die nur lokal in der Umgebung der Bohrungen gültigen Messwerte und die weitere Zerstörung des Gesteins durch die Messbohrungen. Es wird deshalb nach zerstörungsfreien Verfahren gesucht, die den Auflockerungszustand des Gesteins an den Hohlraumwänden dreidimensional ermitteln. Erfolgreich eingesetzt werden die drei Verfahren „Akustische Emission“, „Niederfrequenter Ultraschall“ und „Hochfrequentes Georadar“. Die „Akustische Emission“ arbeitet im Frequenzbereich von 30 bis 150 kHz und registriert die Neubildung und das Wachstum von Rissen in den Saumzonen. Das Verfahren ist deshalb besonders geeignet, die zeitliche und räumliche Entwicklung der Rissgeflechte zu überwachen. Der „Niederfrequente Ultraschall“ arbeitet mit Frequenzen von 200 kHz und vermisst die Rückstreuung an den Rissgeflechten. Damit lässt sich der momentane Schädigungsgrad der Auflockerungszone bestimmen. Das Verfahren liefert die aussagekräftigsten Ergebnisse. Nachteilig ist der hohe Aufwand die Oberfläche großer Hohlräume zu scannen. Außerdem bestehen wegen der notwendigen akustischen Ankopplung hohe Anforderungen bezüglich der zulässigen Rauheit der Gesteinsoberfläche. Wesentlich größere Prüfgeschwindigkeiten als bei der Ultraschallprüfung lassen sich mit „Hochfrequenten Georadaren“ erreichen. Auch die Anforderungen an die Oberflächenrauigkeiten sind geringer. Die Methode arbeitet berührungsfrei. Die Technische Universität Ilmenau hat speziell für diese Messungen ein Ultra-Breitband Georadararray mit einer Bandbreite von 1,5 bis 12 GHz entwickelt. Zurzeit ist die Aussagekraft dieser Messungen jedoch noch schlechter als bei der Ultraschallrückstreuung.

## UI 7 Möglichkeiten für eine Elementbestimmung mit INN

*Philipp Buckup (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ / Department Monitoring- und Erkundungstechnologien)*

E-Mail: [philipp.buckup@ufz.de](mailto:philipp.buckup@ufz.de)

Um die Belastung von Wasser und Boden festzustellen werden unterschiedliche Analysegeräte und verschiedene Analyseverfahren für ein umfassendes Bild benötigt. Modifizierte Neutronmessungen können Indikationen für alle Schadstoffe erkennen und somit eine gezielte Belastungsbewertung liefern. Grundlage für ein entsprechendes Herangehen bieten die Neutronabklingkurven. Die Abklingkurven liefern diese Informationen über ihre Form und Unstetigkeitsstellen im Verlauf. Es wurden theoretische und experimentelle Untersuchungen durchgeführt, um die Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens auszuloten. Es wurde festgestellt, dass sowohl organische wie auch anorganische Belastung festgestellt werden kann und die Ansprechschwelle im Bereich einiger ppm liegt. Organische Belastung führt zu Zählratenzunahmen, anorganische Belastung in der Regel zu Abnahmen, Ausnahme bilden Elemente wie Phosphor und Stickstoff, die bei den verwendeten Neutronenquellen zu Paarbildungseffekten

neigen. In der praktischen Anwendung wurden verschiedene Möglichkeiten überprüft und positive Ergebnisse bei der Berechnungskontrolle, beim Grundwassermonitoring und bei der Sprengstoffsuche erzielt.

## **UI 8 Spektrale Induzierte Polarisierung (SIP) – Anisotropienachweis an Holz**

*Tina Martin (BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung)*

E-Mail: [tina.martin@bam.de](mailto:tina.martin@bam.de)

Holz ist ein sehr komplexes Material mit stark anisotropen Eigenschaften. Elektrische Tomogramme von Bäumen sind oft schwer zu interpretieren. Um zu verstehen, wie sich elektrischer Strom im Holzkörper ausbreitet, ist es wichtig, sowohl seine Struktur als auch die Nährstoff-Leitungswege im Holz zu kennen. Zur Untersuchung der Anisotropie von Eichenholz wurden Laborversuche durchgeführt. Dazu wurden aus einem Eichenbaum mehrere zylindrische Proben aus tangentialer, radialer und axialer Richtung entnommen. Diese variierten auch in ihrem Abstand von der Baumachse. Bei den Messungen trat wie erwartet ein deutlicher Unterschied zwischen axialen und radialen/tangentialen Proben auf. So weisen die axialen Proben ca. 3mal höhere Leitfähigkeiten auf als die radialen und ca. 5mal höhere Leitfähigkeiten als die tangentialen Proben. Der Phasenverlauf der axialen Proben zeigt ein stärkeres Polarisationsverhalten als das der anderen. Des Weiteren ist eine Veränderung der komplexen elektrischen Eigenschaften in Abhängigkeit von der Position der Proben zur Stammachse erkennbar. Mit zunehmendem Abstand der axialen Proben von der Achse zum Rand hin, steigt der Widerstand an. Parallel dazu zeigen die Phasenverläufe einen ausgeprägteren Verlauf (höhere Maxima und Minima) je näher sie dem Rand sind. Das macht eine Unterscheidung zwischen innerem Kernholz (Totholz ohne Leitungsbeitrag) und äußerem Splintholz (lebendes, am Wassertransport beteiligtes Holz) möglich. Eichenkernholz ist trotz geringeren Wassergehaltes leitfähiger als Eichensplintholz. Dies lässt sich durch Ablagerung verschiedener Stoffe (z. B. Gerbstoffen) im Kern erklären. Zusätzlich zu den Laborversuchen finden auch SIP-Feldmessungen an stehenden Bäumen statt. Neben elektrischen Verfahren werden auch akustische Verfahren und mechanische Bohrwiderstandsmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die verschiedenen Verfahren sinnvoll ergänzen.

## **UI 9 Strömungs- und Sedimenttransport-Simulationen mit Gitter-Boltzmann-Modellen**

*Holger Büch, Manfred Degusch (Westfälische Wilhelms-Universität)*

E-Mail: [holvic@web.de](mailto:holvic@web.de)

Die Stärke der Gitter-Boltzmann-Modelle entfaltet sich vor allem in Anwendungsgebieten, in denen Strömungen in komplexen Strukturen auftreten, wie etwa dem Schadstofftransport in Altlasten, Versickerungs- und Filtrierungsprozessen oder dem Sedimenttransport in einer nichttrivialen Geometrie.

Der Ansatz der Gitter-Boltzmann-Modelle ist ein anderer als bei makroskopischen Modellen, wo die Navier-Stokessche Feldgleichungen von außen vorgegeben werden. Hier jedoch werden durch die Diskretisierung der Boltzmann-Gleichung der kinetischen Gastheorie statistische lokale Zeitentwicklungsregeln für Teilchendichten auf einem Gitter geschaffen. Somit wird ein mikroskopisches Modell formiert, das die Navier-Stokessche Gleichung näherungsweise erfüllt.

Neben einigen Beispielen für die Umströmung von Hindernissen in 2D- und 3D-Gitter-Boltzmann-Modellen wird schließlich ein Modell vorgestellt, das neben dem Fluid als erste Komponente eine pas-

sive Sedimentkomponente als zweite enthält. Die passive Komponente wird durch das Strömungsfeld der ersten Komponente mitbewegt und steht mit dem Rand des Strömungsgebietes in Wechselwirkung - Bestandteile des Randes können sich im als zweite Komponente auflösen und umgekehrt. Somit soll quantitativ der Mechanismus der Mäanderbildung in Flüssen simuliert werden, durch Modellierung der Prozesse Verwitterung, Erosion und Sedimentation.

## **PUI 1 Beispiele der statistischen Auswertung aus den mikroseismischen Registrierungen auf der Schachanlage Asse**

*Hui Fricke (Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Schachanlage Asse)*

E-Mail: [hui.fricke@gsf.de](mailto:hui.fricke@gsf.de)

Auf der Schachanlage Asse wurden seit 1980 mikroseismische Ereignisse, hervorgerufen durch Mikrorissbildungen und Entspannungsvorgängen, registriert. Ziel der Messung war, die gebirgsmechanischen Reaktionen zur Gewährleistung der Betriebssicherheit kontinuierlich zu überwachen. Neben der Ortung der mikroseismischen Ereignisse kann die statistische Auswertung der Messdaten wichtige Erkenntnisse sowohl über die zeitlichen und räumlichen Veränderungen der gebirgsmechanischen Situation liefern, als auch Unterschiede in unterschiedlichen geologischen Bereichen aufweisen. Aktuelle Ergebnisse der statistischen Auswertung werden dargestellt.

## **PUI 2 Alternative Löschstrategien bei Kohlebränden: Petrophysikalische Untersuchungen an gesättigten Gesteinsproben mit variierenden Salinitäten**

*Matthias Halisch, Winfried Kessels, Manfred W. Wuttke, Jing Han (GGA-Institut, Hannover), Werner Muck (Westphal Präzisionstechnik, Celle)*

E-Mail: [matthias.halisch@gga-hannover.de](mailto:matthias.halisch@gga-hannover.de)

Die spontanen Selbstentzündungen von Kohlelagerstätten verursachen weltweit erhebliche Emissionen klimaschädigender Gase wie zum Beispiel CO<sub>2</sub>. Gewöhnlich werden Kohlefeuer dadurch gelöscht, dass große Mengen Frischwasser wiederholt in den brennenden Untergrund injiziert und so riesige Mengen dieser wertvollen Ressource verbraucht werden. Sehr häufig sind diese Löschversuche jedoch nicht erfolgreich, da weiterhin sauerstoffreiche Luft durch das Erdreich diffundieren kann und somit die Kohlefeuer von neuem entfacht werden. Bei der Verwendung von Salzwasser hingegen werden die Frischwasservorräte geschont und der Porenraum des durchlässigen Gesteins durch Salzausfällungen teilweise verschlossen. Dadurch wird die Luftzufuhr zum Brandherd unterbrochen und das Feuer allmählich "erstickt". Laborexperimente an Locker- und Festgesteinsproben haben gezeigt, dass ein gewisser Salzgehalt zum einen die Permeabilität signifikant verringert und die Verdunstungsrate der "gewässerten" bzw. feuchten Überdeckungszone erniedrigt. Zum anderen, dass die Wärmeleitfähigkeit des porösen und trockenen Mediums wesentlich erhöht und somit eine bessere Wärmeabfuhr im Untergrund erzielt wird. Obgleich numerische Modellierungen noch ausstehen, lassen die bisherigen Ergebnisse Salzwasser als Erfolg versprechendes und Ressourcen schonendes Medium zur Bekämpfung von Kohlebränden erscheinen.

### **PUI 3 Numerical Modelling of In-situ Experiments of Coalfire Fighting by Saltwater in the Wuda Coal Mining Area**

*Jing Han, Winfried Kessels, Manfred W. Wuttke (Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben)*

E-Mail: [Jing.Han@gga-hannover.de](mailto:Jing.Han@gga-hannover.de)

Spontaneous combustion of natural coal deposits causes the waste of resources and environmental pollution in the atmosphere, and in the ground- and surface water. This problem occurs all over the world where coal is produced, processed or stored. In the big arid coal mining area of northwest PR China the necessity for protecting the economically valuable coal resources and the environment is now recognized. To save fresh water we propose to use salt water in fire fighting activities. When injecting salt water into the high temperature field, the water will evaporate and the salt will crystallize. After the cooling effect of the evaporating water the pores of the permeable rocks will be partially closed by salt crystals. The resulting reduced permeability will prevent a further oxygen transport to the combustion centre. To prove these predicted effects, in-situ experiments will be carried out in a selected coalfire zone in Wuda, Inner Mongolia. These experiments will analyze not only the effects of salt water injection to the coalfire center under ground but also the result of wetting an oxygen isolating cover by salt water. An already successfully applied numerical model will be adapted and extended to understand the underground coalfire extinction now including the multiphase transport and phase transition processes.

### **PUI 4 Nachweis anthropogen kompaktierter Zonen in Ackerböden mittels Multi-Sensor-Geophysik**

*Hauke Petersen, Wolfgang Rabbel (Kiel, Institut für Geowissenschaften)*

E-Mail: [hpetersen@geophysik.uni-kiel.de](mailto:hpetersen@geophysik.uni-kiel.de)

Der Nachweis zunehmend schwerer Landtechnik setzt die Ackerböden immer größeren mechanischen Belastungen aus. Mögliche Folgen sind nicht nur Ertragseinbußen, sondern auch ein Verlust natürlicher Bodenfunktionen wie der Speicher- und Transportfähigkeit von Wasser, was im weiteren Verlauf z.B. Überschwemmungsereignisse begünstigen kann. Zur Entwicklung von Strategien zur Schadenbehebung ist zuvor Kenntnis über die Verbreitung solch kompaktierter Böden notwendig.

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Landwirtschaft (BLE) finanzierten Verbundprojektes wird die Anwendbarkeit verschiedener geophysikalischer Verfahren (EM, GPR, Gammasspektrometrie, Seismik) hinsichtlich des Nachweises vorhandener Bodenverdichtungen untersucht. Über 2 Jahre wiederholt eingebrachte Belastungen auf verschiedenen Böden (Löss, Jungmoräne) werden geophysikalisch und bodenphysikalisch begleitet. Untersucht wird, inwieweit die Ergebnisse bodenphysikalischer Messungen (bodenkundliche Kennwerte, mechanische Parameter) mit den Resultaten der geophysikalischen Untersuchungen korrelieren.

Nach jedem Belastungseintrag in den Boden wurden Kartierungen mit EM in zwei Dipolmoden und mit GPR in zwei Frequenzbereichen (400 und 900 MHz) durchgeführt. Ein Vergleich mit der Ausgangssituation auf jeder Fläche zeigt die Variationen in den Daten. Deutlich unterscheiden sich die beobachteten Variationen je nach Boden und Bewirtschaftungsweise. Die stärksten Variationen zeigen sich auf Lössboden bei konventioneller (wendend, mit Pflug) Bewirtschaftung, generell zeigt der Lössbodenstandort größere Effekte als ein vergleichbarer Jungmoränenstandort.

Zusätzliche Kartierungen mit einem fahrzeuggestützten Gammasspektrometer zur Quantifizierung des

Tongehalts im Oberboden unterstützen dabei die Interpretation der EM- und GPR-Daten. Der Beitrag gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Ergebnisse oben genannter Untersuchungen in diesem laufenden Forschungsprojekt.

## **PUI 5 Strukturelle Erkundung und Prozessbeobachtung im Salinar – Möglichkeiten und Grenzen untertägiger DC-geoelektrischer Messungen**

*Claudia Schütze (Institut für Geophysik und Geologie Leipzig), Carsten Rücker, Ulrich Serfling, Kathrin Matthes, Anita Just (Leipzig)*

E-Mail: [schuetze@uni-leipzig.de](mailto:schuetze@uni-leipzig.de)

Steinsalz stellt aufgrund seiner geringen hydraulischen Permeabilität und der damit begründeten Barrierewirkung eine geeignete geologische Formation für die Ablagerung toxischer Abfälle dar. Klüfte, Schichtgrenzen und bergbaulich verursachte Auflockerungszonen können die Barrierewirkung extrem beeinträchtigen, da diese Zonen hydraulische Wegsamkeiten bedeuten. Der Einsatz nichtinvasiver, geophysikalischer Untersuchungsmethoden zur Bewertung der Sicherheit der Untertagedeponien ist daher zwingend notwendig. Die DC-Geoelektrik ist ein Verfahren, das sich besonders zur Erkundung von Salzlösungsvorkommen anbietet, da der Kontrast im spezifischen elektrischen Widerstand zwischen wassergesättigtem und trockenem Salzgestein Größenordnungen von weniger 100  $\Omega\text{m}$  bis zu  $10^8 \Omega\text{m}$  überstreicht. Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes zur Charakterisierung von Problemzonen im Salinar (FKZ: 02C1305) und in zwei Vorgängerprojekten wurden mehrere Beispiellokationen mit unterschiedlichen Fragestellungen ausgewählt. Zusammenfassend werden die Ergebnisse der Untersuchungen vorgestellt, sowie Möglichkeiten und Grenzen beim untertägigem Einsatz DC-geoelektrischer Verfahren zur Untersuchung von Strukturen und zeitabhängigen Prozessen in den Gruben aufgezeigt.

## **PUI 6 Einsatz verschiedener Antennen bei der Georadarerkundung in Salzbergwerken**

*Sven Uchtmann (GGA-Institut Hannover)*

E-Mail: [sven.uchtmann@gga-hannover.de](mailto:sven.uchtmann@gga-hannover.de)

Trockenes Salzgestein zeichnet sich durch eine niedrige Leitfähigkeit aus und bedeutet daher eine geringe Dämpfung elektromagnetischer Wellen. Mit niedrigen Georadarfrequenzen lassen sich große Eindringtiefen erzielen. Aussagetiefe und vertikale Auflösung von Georadarmessungen sind allerdings auch von der Frequenz abhängig. Der untertägige Einsatz von sieben verschiedenen Antennen (GSSI) mit Frequenzen von 25 MHz bis 1,5 GHz zeigt die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten.

Im untersuchten Salzbergwerk konnten mit einer 25 MHz-Antenne noch in ca. 70 m Tiefe Reflektoren nachgewiesen werden. Die vertikale Auflösung dieser Messung ist aber mit ca. 5 m sehr gering. Mit höheren Frequenzen lässt sich die Auflösung verbessern, allerdings auf Kosten einer stärkeren Absorption und damit geringeren Eindringtiefe. Die 1,5 GHz-Antenne eignet sich z.B. nur für eine Untersuchung des Nahbereichs von wenigen Metern bei einer hohen Auflösung von ca. 0,8 cm.

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Antennen ist die Schirmung. Niederfrequente Radarantennen besitzen in der Regel aufgrund ihrer großen Bauform keine Abschirmung. Folglich müssen bei Untertagemessungen die Vollraumbedingungen berücksichtigt werden. Neben den gesuchten Reflexionen treten bei einer Untersuchung des Liegenden auch häufig Reflexionen aus dem Hangenden auf.

Die verwendeten höherfrequenten Antennen zeigen aufgrund ihrer Abschirmung deutlich schwächer ausgebildete Störreflexionen.



# Vulkanologie

## **VU 1 Explosionen und deren Dynamik am Vulkan Santiaguito, Guatemala**

*Lea Scharff, Alexander Gerst, Florian Ziemen, Matthias Hort (Institut für Geophysik, Universität Hamburg), Jeffrey B. Johnson (New Mexico Institute of Mining and Technology, United States)*

E-Mail: [lea.scharff@zmaw.de](mailto:lea.scharff@zmaw.de)

Dynamische Prozesse und explosive Aktivität an Vulkanen, bei denen hochviskoses Magma beteiligt ist, sind auch heute noch ein interessantes Forschungsgebiet, u.a. weil sie die verheerendsten Eruptionen zeigen. Aus diesem Grund sind multidisziplinäre Messungen an solchen Systemen wegweisend und wir stellen die ersten Ergebnisse von Messungen am Vulkan Santiaguito, Guatemala, vor, die zwischen dem 8. und 13. Januar 2007 aufgenommen wurden. Bei dem Experiment wurden gleichzeitig Geschwindigkeit und Massefluss der Eruptiva, sowie pre- und posteruptive Deformation (Doppler Radar, Uni Hamburg), Infraschall und Hochgeschwindigkeitsaufnahmen (Univ. of New Hampshire, USA), Seismik (Univ. of North Carolina, USA) und Infrarotbilder der Eruptionssäule (Univ. de Colima, Mexiko) aufgenommen. Die Geräte, die eine direkte Sichtverbindung benötigen (Video, FLIR, Doppler Radar), waren auf dem Gipfel des Vulkans Santa Maria aufgebaut. Letzterer befindet sich ca. 2400m nordwestlich des Santiaguito und ist 1200m höher. Während des Experiments wurden 153 Explosionen mit dem Doppler Radar detektiert, wovon 120 ausgewertet werden konnten. Der Öffnungswinkel des Radarstrahls von ca.  $1,6^\circ$  ergibt ein Sichtfeld von ca. 70m. Da der Dom des Santiaguito ca. 200m im Durchmesser misst, wurde die Ausrichtung des Radars mehrere Male geändert, um verschiedene Teile des Eruptionsprozesses aufzunehmen. 70% der Eruptionen werden durch eine signifikante Hebung des Doms (0,2 bis 0,5cm in Richtung des Radarstrahls) eingeleitet. In den ersten 5 min nach einer Eruption kann ein Absinken von durchschnittlich 5cm beobachtet werden, abhängig vom Zielpunkt des Radarstrahls. Bei 30% der Eruptionen kann ein stufenhaftes Ansteigen der reflektierten Energie beobachtet werden, was in Kombination mit den Hochgeschwindigkeitsvideos darauf schließen lässt, dass diese Eruptionen am inneren Ring des Santiaguito Doms mit weniger Aschegehalt starten, bevor der äußere Ring mit mehr Ascheeintrag aktiv wird. Diese Ringeruptionen sind typisch für Santiaguito, bei dem ein kreisrunder, hochviskoser Magmapfropf den Schlot verschließt. Desweiteren bestehen 37% der Eruptionen aus aufeinanderfolgenden Pulsen im Abstand von 2 bis 7s („Pulsation“).

## **VU 2 Modellierung der vulkanischen Extrusion und periodischen Seismizität am Mount St. Helens mit dem Konzept der Effektivspannung**

*Anna Zoporowski, Stephen A. Miller, Shiva P. Pudasaini (Universität Bonn, Geodynamik)*

E-Mail: [zoporowski@geo.uni-bonn.de](mailto:zoporowski@geo.uni-bonn.de)

Die Aktivität des wieder erwachten Vulkans Mount St. Helens (MSH) wurde im Zeitraum von Oktober 2004 bis Dezember 2005 von zwei bemerkenswerten Eigenschaften dominiert: Einer Lavadombildung mit fast konstanter Extrusionsrate, sowie dem nahezu periodischen Auftreten von oberflächennaher Seismizität. Wir stellen ein Modell vor, das beide Phänomene miteinander korreliert. Im Gegensatz zu einem früheren Modell [Iverson *et al.*, 2006], das auf einer nichtlinearen Reibungsfunktion als Dämpfungsfaktor für die Extrusion eines Stopfens aus verfestigtem Magma im Vulkanschlot beruht, stützen wir uns auf die Konzepte der Coulombschen Reibung sowie Terzaghis Effektivspannung, um das beobachtete Verhalten des MSH zu simulieren. Obwohl die vorherige Reibungsgleichung empirisch aus Laboruntersuchungen des extrudierten Materials ermittelt wurde, zeigen wir auf, dass diese komplizierte Formulierung für die Erklärung der „drumbeat“ Erdbeben nicht notwendig ist. Wir erhalten mit Hilfe einer einfachen Coulombschen Reibung entlang der Kontaktfläche des Stopfens

mit den Schlotwänden die gewünschten Ergebnisse für die zyklische Bewegung des Stopfens, deren Periode stark von der effektiven Reibungsfläche kontrolliert wird. Der Vorteil unserer Formulierung ist die Möglichkeit, Aspekte der Effektivspannung in das Modell einzubinden, die wiederum eine alternative Erklärung der beobachteten Ereignisse am MSH zulassen: Die Variation des Fluiddrucks im Zwischenraum zwischen Stopfen und Schlotwänden beeinflusst die Kontaktfläche der effektiven Reibung, die als Konsequenz die Periode der seismischen Aktivität bestimmt. Als Resultat ermöglicht unser Ansatz, den Einfluss von eingeschlossenen, unter Hochdruck stehenden Fluiden zu berücksichtigen, die durch Magmaentgasungsprozesse in das System gelangen, entlang der Reibungsfläche migrieren, um an der Oberfläche emittiert zu werden. Dadurch kann das Modell um eine dritte Eigenschaft der 15 monatigen MSH Aktivität erweitert werden, der Emission von magmatischen Gasen in nicht unerheblichen Mengen.

### **VU 3 Mechanism of intrusions: a comparison of models with application to the earthquake swarm region in NW Bohemia**

*Torsten Dahm (Institut für Geophysik, Universität Hamburg), Tomas Fischer (GFU Praha), Sebastian Hainzl (GFZ Potsdam)*

E-Mail: [torsten.dahm@zmaw.de](mailto:torsten.dahm@zmaw.de)

Earthquake swarms are often assumed to be caused by magmatic or fluid intrusions, where the stress changes in the vicinity of the intrusion control the position, strength and rate of seismicity. Fracture mechanical models of natural or injection-induced intrusions pose constraints on orientation, magnitude, shape and growing rate of intrusions, and thus on possible stress changes in the vicinity of the intrusions. Although the idea of intrusion-induced seismicity is widely accepted, specific comparisons of seismicity patterns with fracture models of stress changes are rarely done.

In this presentation we compile cases of intrusion models and discuss the predicted pattern of stress and stress changes. Due to the lack of specific information on the geometry of natural intrusion, we include hydraulic fracturing experiments in the discussion and present new hydraulic fracture models. We explain the causes of bilateral, asymmetric fracture growth during the injection phase, as well as a unilateral propagating ceasing front of seismicity short time after the injection stops.

The comparison of different models with swarm earthquakes in the NW Bohemia region shows that buoyancy effects are small if earthquakes are caused by fluid intrusions. This questions whether dense magma is injected rather than CO<sub>2</sub>, as suggested by other studies.



# Autorenindex

Durch *kursiven* Druck sind im folgenden Autorenindex die Beiträge gekennzeichnet, für die der betreffende Autor als Co-Autor verantwortlich zeichnet.

Abbassi, B.,	<i>S2 2</i>	Bilgili, F.,	<i>PS4 3</i>
Abe, M.,	<i>PGF 1</i>	Binot, F.,	<i>PS4 7, PS4 11</i>
Abu-Ayyash, K.,	<i>PSM 9</i>	Bischoff, M.,	<i>SI 10, SO 22</i>
Ackerley, N.,	<i>PSO 6</i>	Blaschek, R.,	<i>PS4 11, GE 2</i>
Afanasjew, M.,	<i>SI 11, EM 7</i>	Blindow, N.,	<i>GD 7</i>
Agricola, T.,	<i>PGE 1</i>	Blumtritt, J.,	<i>BP 4</i>
Alali, F.,	<i>PS4 5</i>	Bobertz, B.,	<i>S3 4</i>
Alber, M.,	<i>PBP 2</i>	Bock, M.,	<i>GD 2</i>
Aldushina, E.,	<i>SO 13</i>	Bohlen, T.,	<i>PS1 1, PS1 14, PS1 15, PS2 4, SM 7, SM 8</i>
Alparslan, N.,	<i>PS4 3</i>	Böniger, U.,	<i>S4 6</i>
Altfelder, S.,	<i>UI 1</i>	Bormann, P.,	<i>SO 26, PSO 2</i>
Alvers, M. R.,	<i>S3 1</i>	Börner, F.,	<i>S4 4, BP 1</i>
Anggraini, A.,	<i>SO 7, PSO 1</i>	Börner, J.,	<i>PS2 5</i>
Asch, G.,	<i>PSO 10</i>	Börner, R.-U.,	<i>SI 11, PS1 3, PS1 4, PS1 6, PS1 7, PS1 8, PS2 2, EM 7, PEM 4, PEM 5, PME 1</i>
Attwa, M.,	<i>PS4 7</i>	Börngen, M.,	<i>PGS 1</i>
Audenrieth-Kersten, I. M.,	<i>PS4 2</i>	Böse, C.,	<i>SO 3</i>
Ballhause, T.,	<i>PME 1</i>	Braatz, M.,	<i>SI 5, PS1 13</i>
Balling, N.,	<i>PSO 16</i>	Bram, K.,	<i>PAG 1</i>
Baris, S.,	<i>SO 31</i>	Brand, T.,	<i>SI 13</i>
Barrio-Alvers, L.,	<i>S3 1</i>	Braun, M.,	<i>EM 2</i>
Barth, A.,	<i>SO 6</i>	Breede, K.,	<i>PGE 2</i>
Bauch, M.,	<i>PPL 1</i>	Breizke, M.,	<i>S1 6</i>
Bauer, M.,	<i>SM 2</i>	Brotopuspito, K. S.,	<i>PSO 1</i>
Baumann, P.,	<i>S3 2</i>	Brown, L.,	<i>PSM 8</i>
Becker, D.,	<i>SO 23</i>	Bruhn, D.,	<i>PS1 2</i>
Behrens, T.,	<i>S4 3</i>	Brüstle, A.,	<i>PSO 3</i>
Beilecke, T.,	<i>PS4 20, PAG 1, PGR 3</i>	Büch, H.,	<i>UI 9</i>
Beltrame, P.,	<i>GD 1</i>	Buckup, K.,	<i>BP 3</i>
Ben-Avraham, Z.,	<i>PSM 9</i>	Buckup, P.,	<i>UI 7</i>
Bergers, R.,	<i>PS4 2</i>	Buness, H.,	<i>PGR 2, PGR 3</i>
Beric, M.,	<i>PSM 1, PSM 4</i>	Buntebarth, G.,	<i>PGR 1</i>
Berthold, S.,	<i>S4 4</i>		
Besser, S.,	<i>SM 5</i>		
Bialas, J.,	<i>PMG 1, PMG 9</i>		

- Buschmann, U., ..... *RD 5*  
 Buske, S., . . . *PAG 1, SM 3, SM 9, PSM 2, PSM 6*  
 Bussert, R., ..... *S4 8*  
  
 Cassiani, G., ..... *PSI 5, EM 4*  
 Ceranna, L., ..... *SI 5, PSI 13, SO 28, SO 33*  
 Cesca, S., ..... *SO 5, SO 25*  
 Chalbaud, D., ..... *PSM 2*  
 Cheilletz, A., ..... *S3 5*  
 Chen, H.-C., ..... *PBP 1*  
 Chossat, P., ..... *GD 1*  
 Ciz, R., ..... *SI 8, SI 9*  
 Clauser, C., ..... *EV*  
 Collins, G. S., ..... *SI 4*  
 Cong, X., ..... *GF 1*  
 Constable, S., ..... *PV 5*  
 Correia, A., ..... *PSI 11*  
 Cwojdzinski, S., ..... *SI 2*  
  
 Dahm, T., . . . *S2 9, MG 3, PMG 7, PMG 8, SO 5, SO 9, SO 23, SO 25, VU 3*  
 Danian, S., ..... *PSM 8*  
 Dedecek, P., ..... *PSI 11*  
 Degutsch, M., ..... *UI 9*  
 Dehghani, A., ..... *PMG 8, SO 9*  
 Delhomme, J.-P., ..... *EM 1*  
 Demond, D., ..... *PBP 2*  
 De Nil, D., ..... *SM 7, SM 8*  
 Dietrich, P., ..... *S4 2, S4 3, PS4 23, SM 4*  
 Dinc, A. N., ..... *GD 8*  
 Dinske, C., ..... *SO 17, PSO 4*  
 Djajadihardja, Y., ..... *PMG 13, PSM 5*  
 Druiventak, A., ..... *PS4 11*  
 Dude, S., ..... *GD 4*  
 Düm mong, S., ..... *PSM 3*  
  
 Eagles, G., ..... *PMG 5*  
 Egbers, C., ..... *GD 1*  
 Ehret, B., ..... *PS1 17*  
 Ehrhardt, A., ..... *GD 5*  
 Eiermann, M., ..... *SI 11, EM 7*  
 Eisenburger, D., ..... *RD 3, RD 5*  
 Eisermann, A. S., ..... *S2 8*  
 El-Kelani, R., ..... *PSM 9*  
 Elbeshausen, D., ..... *SI 3, SI 4, PS1 12*  
 Endrun, B., ..... *PSO 5*  
 Engels, M., ..... *PMG 10*  
  
 Engeser, B., ..... *PS4 20*  
 Erkul, E., ..... *PAG 2*  
 Ernst, M., ..... *SI 11*  
 Ernst, O. G., ..... *PSI 3, EM 7*  
 Essen, K., ..... *SI 5, PSI 13, PS1 14*  
 Esser, O., ..... *PGE 2*  
  
 Fabian, M., . . . *PS4 9, MG 5, PMG 4, PMG 11, PMG 14*  
 Fahl, A., ..... *GD 3*  
 Faleide, J. I., ..... *PSO 16*  
 Farbisz, J., ..... *SI 2*  
 Fechner, T., ..... *S4 2*  
 Fecker, E., ..... *SM 5*  
 Felber, M., ..... *PS4 8, PS4 16*  
 Fettig, A., ..... *PS4 4, PS4 15*  
 Feudel, F., ..... *GD 1*  
 Fichler, C., ..... *S3 1*  
 Fielitz, D., ..... *PSI 5, PS4 14, EM 4*  
 Fischer, A., ..... *SI 13*  
 Fischer, K. D., ..... *SI 10, PSI 10*  
 Fischer, T., ..... *VU 3*  
 Flechsig, C., ..... *S4 8*  
 Flores-Orozco, A., ..... *GE 3*  
 Flóvenz, Ó., ..... *PSI 2*  
 Flüh, E., ..... *GD 8, PMG 10*  
 Forbriger, T., ..... *PSO 6, PSO 12*  
 Francuski, M., ..... *PSM 1, PSM 4*  
 Franke, A., ..... *PS1 4, PS1 6*  
 Franke, D., ..... *GD 5*  
 Fricke, H., ..... *PUI 1*  
 Fricke, S., ..... *PS4 9*  
 Friederich, W., . . . *SI 5, PSI 13, PSI 14, MG 3, SO 13, SO 16, SO 27, SO 30, PSO 3*  
 Futterer, B., ..... *GD 1*  
  
 Gaedicke, C., ..... *PMG 13, PSM 5*  
 Gajewski, D., ..... *PV 6*  
 Gehrman, R., ..... *PMG 2*  
 Geissler, W., . . . . *MG 1, SO 10, SO 11, PSO 7*  
 Gennerich, H.-H., ..... *PMG 3*  
 Gerst, A., ..... *VU 1*  
 Giacomo, D. D., ..... *SO 26*  
 Giese, R., ..... *PS4 18, SM 5, SM 6*  
 Glaas, W., ..... *PS4 14, EM 4*  
 Glaubitz, S., ..... *PSM 5*

- Gmeinder, T., ..... *PMG 4*  
Gnojek, I., ..... *SI 2, GR 1*  
Gohl, K., ..... *MG 2, PMG 5*  
Görlitz, P., ..... *PMG 6*  
Görz, I., ..... *PV 1*  
Götze, H.-J., ..... *S3 1, PS4 3*  
Green, D., ..... *SO 33*  
Grinat, M., ..... *PS4 7, PS4 21*  
Grobys, J., ..... *PMG 5*  
Groos, J., ..... *SO 24*  
Groß, K., ..... *SM 9, PSM 6*  
Grosser, H., ..... *SO 26, SO 31*  
Grott, M., ..... *PPL 2*  
Gruber, T., ..... *GV 4, PGV 2*  
Grüneberg, S., ..... *PBP 1*  
Gundelach, V., ..... *RD 3, RD 5*  
Günther, E., ..... *SO 31*  
Günther, T., .. *SI 12, S2 1, S2 5, PS4 7, PS4 10,*  
*PGE 1, PGE 4*  
Gurevich, B., ..... *SI 9*  
Guterch, A., ..... *SO 14*  
Gutjahr, K.-H., ..... *GF 1*  
Gutjahr, S., ..... *SM 3*  
Güttel, S., ..... *S1 11, EM 7*
- Haase, K., ..... *PS4 21*  
Hafizi, M. K., ..... *PBP 5, PBP 6*  
Häge, M., ..... *SO 20*  
Hainzl, S., ..... *VU 3*  
Halisch, M., ..... *PBP 3, PBP 4, PUI 2*  
Hamdi, I., ..... *PGV 1*  
Han, J., ..... *UI 5, PUI 2, PUI 3*  
Hansen, U., ..... *GD 3, GD 4*  
Hanus, V., ..... *SO 12*  
Hardieck, M., ..... *PMG 1*  
Harjadi, P., ..... *SO 7*  
Hartmann, H. von, ..... *PGR 3*  
Hauber, E., ..... *PPL 1*  
Hauck, C., ..... *S2 3, S4 9*  
Hayman, M., ..... *PSO 6*  
Heesemann, B., ..... *PMG 4*  
Heigel, M., ..... *PRD 1*  
Heim, A., ..... *SM 6*  
Heimann, S., ..... *PS1 15, SO 5, SO 25*  
Heinicke, J., ..... *PMG 6*  
Heinig, S., ..... *PS4 21*
- Hellwig, O., ..... *PS1 1*  
Henke, T., ..... *PMG 2*  
Hensch, M., ..... *PMG 7, PMG 8, SO 9*  
Hertrich, M., ..... *S2 1, S2 5, PS4 25*  
Heyde, I., ..... *GV 2*  
Hiesinger, H., ..... *PPL 1*  
Hilbich, C., ..... *S4 9*  
Hiller, T., ..... *EM 1*  
Hinz, K., ..... *GD 5*  
Hock, S., ..... *PS4 18*  
Hoffmann, S., ..... *PS4 20*  
Hoinkis, R., ..... *PS4 8, PS4 16*  
Hollerbach, R., ..... *GD 1*  
Horch, C., ..... *PBP 9*  
Hördt, A., .. *PS4 11, PS4 12, EM 5, EP 1, GE 2*  
Hort, M., ..... *PMG 7, SO 9, VU 1*  
Hübscher, C., ..... *PSM 3, SO 9*  
Hugenschmidt, J., ..... *RD 4*  
Huhn, K., ..... *PS1 9, PMG 12*  
Hummel, N., ..... *PSM 7*  
Hunze, S., ..... *BP 2*
- Igel, J., ..... *SI 12, UI 1*  
Ihde, J., ..... *PGF 1*  
Inoubl, M. H., ..... *PGV 1*  
Irmak, S. T., ..... *SO 31*  
Ismael, A., ..... *PS4 3*  
Israil, M., ..... *S4 5*  
Italiano, F., ..... *PMG 6*  
Iwanowski, K., ..... *PS4 3, PS4 22*
- Jacobs, F., ..... *PGS 1*  
Jacoby, W., ..... *S2 6*  
Jahnke, G., ..... *SO 6, SO 28*  
Jahr, T., ..... *PS4 24*  
Jakovlev, A., ..... *PSO 8*  
Jaya, M., ..... *PS1 2*  
Jentzsch, G., ..... *PS4 24, PGD 1, PGF 1*  
Jetschny, S., ..... *SM 7, SM 8*  
Jobmann, M., ..... *PGR 1*  
Johnson, J. B., ..... *VU 1*  
Jokat, W., ..... *MG 1, PSO 7*  
Joswig, M., .. *S2 8, GF 2, SO 19, SO 20, SO 21*  
Juanatey, M. de los Á. G., ..... *S2 4*  
Junge, A., ..... *PS4 8, PS4 16, PGE 1, PGE 4*  
Just, A., ..... *GE 1, PUI 5*

- Kaiser, D., ..... *SO 23*  
Kalberkamp, U., ..... *EM 8*  
Kalogeropoulos, A., ..... *RD 4*  
Kalscheuer, T., ..... *S2 4*  
Kamm, J., ..... *PS4 6, EM 2*  
Kamp, L. te, ..... *PV 2*  
Kargahi, N., ..... *PBP 5*  
Karl, L., ..... *S4 2*  
Karp, T., ..... *SM 2*  
Karplus, M., ..... *PSM 8*  
Kasteel, R., ..... *PGE 2*  
Kaul, N., ..... *PMG 4*  
Kemna, A., .... *PS1 5, PS1 18, PS4 11, PS4 14,*  
*EM 4, GE 3, PGE 2*  
Kessels, W., ..... *UI 5, PUI 2, PUI 3*  
Kessler-Schulz, K. U., ..... *GV 3*  
Khaxar, Z. O., ..... *PBP 5, PBP 6*  
Kind, R., ..... *PSM 8, SO 10, SO 11*  
Kirschner, S., ..... *PSO 9, PSO 15*  
Klaucke, I., ..... *PMG 9*  
Klawonn, M., ..... *PMG 7*  
Klein, C., ..... *PAG 2*  
Klemperer, S., ..... *PSM 8*  
Kley, J., ..... *PGD 1*  
Klitzsch, N., ..... *PS4 11*  
Koch, M., ..... *S2 7*  
Kock, I., ..... *PS1 9, PMG 12*  
Köhler, A., ..... *PSO 5*  
Köhn, D., ..... *PS2 4, SM 8*  
Koller, C., ..... *BP 1*  
Konietzky, H., ..... *PV 2*  
Kopf, A., ..... *PMG 12*  
Kopp, H., ..... *PMG 10*  
Koulakov, I., ..... *PSO 1, PSO 8*  
Krabbenhöft, A., ..... *PMG 1, PMG 9*  
Krastel, S., ..... *PMG 12*  
Krieger, L., ..... *S2 9*  
Kröger, B., ..... *EM 9, PEM 1*  
Kroner, C., ..... *PS4 24, PGF 1*  
Krüger, F., ..... *SO 8, SO 10, SO 14, SO 25*  
Krüger, K., ..... *PS4 18*  
Kruk, J. van der, ..... *PS4 25*  
Kruschwitz, S., ..... *GE 4*  
Kuder, J., ..... *S3 3*  
Kühne, K., ..... *S3 3*  
Kühnicke, H., ..... *UI 6*  
Kummerow, J., ..... *SO 17, PSO 10*  
Kümpel, H.-J., ..... *PBP 1*  
Küperkoch, L., ..... *SO 27, PSO 3*  
Kupfer, K., ..... *PS4 17*  
Kurzmann, A., ..... *PS2 4*  
Kütter, S., ..... *PS1 6*  
Kværna, T., ..... *PSO 16*  
Ladage, S., ..... *GD 5, PMG 13, PSM 5*  
Landschulze, K., ..... *PMG 8*  
Lange, S., ..... *GV 4, PGV 2*  
Langenbruch, C., ..... *SO 29*  
Lebedev, S., ..... *SO 16*  
Leder, T., ..... *UI 4*  
Legendre, C., ..... *SO 16*  
Lehmer, M., ..... *BP 4*  
Leven, C., ..... *PS4 20*  
Lewis, R., ..... *S4 1*  
Lindenfeld, M., ..... *SO 32*  
Lotze, M., ..... *GD 2*  
Lück, E., ..... *UI 2*  
Lühr, B., ..... *PSO 1*  
Lühr, B.-G., ..... *SO 7*  
Lüschen, E., ..... *PMG 10*  
Lüth, S., ..... *PS4 18, SM 5, SM 6*  
Makris, J., ..... *GD 9*  
Malischewsky, P., ..... *PGD 1*  
Malischewsky, P. G., ..... *SO 2*  
Marschall, K., ..... *S4 2, PS4 23*  
Martin, R., ..... *EM 6*  
Martin, T., ..... *UI 8*  
Matthes, K., ..... *PUI 5*  
Maugeri, R., ..... *PMG 6*  
Maupin, V., ..... *SO 15, PSO 16*  
Maurer, V. A., ..... *PS2 5*  
Mechie, J., ..... *PSM 8, PSM 9*  
Meier, K., ..... *PSM 3*  
Meier, T., .. *S1 5, S1 10, PS1 13, PBP 2, SO 16,*  
*SO 22, SO 27, SO 30, PSO 3*  
Meissner, R., ..... *PSM 8*  
Melzer, P., ..... *PV 1*  
Meqbel, N., ..... *S2 4*  
Merkel, B., ..... *PMG 6*  
Meyer, M., ..... *S3 4*  
Mialle, P., ..... *SO 33*

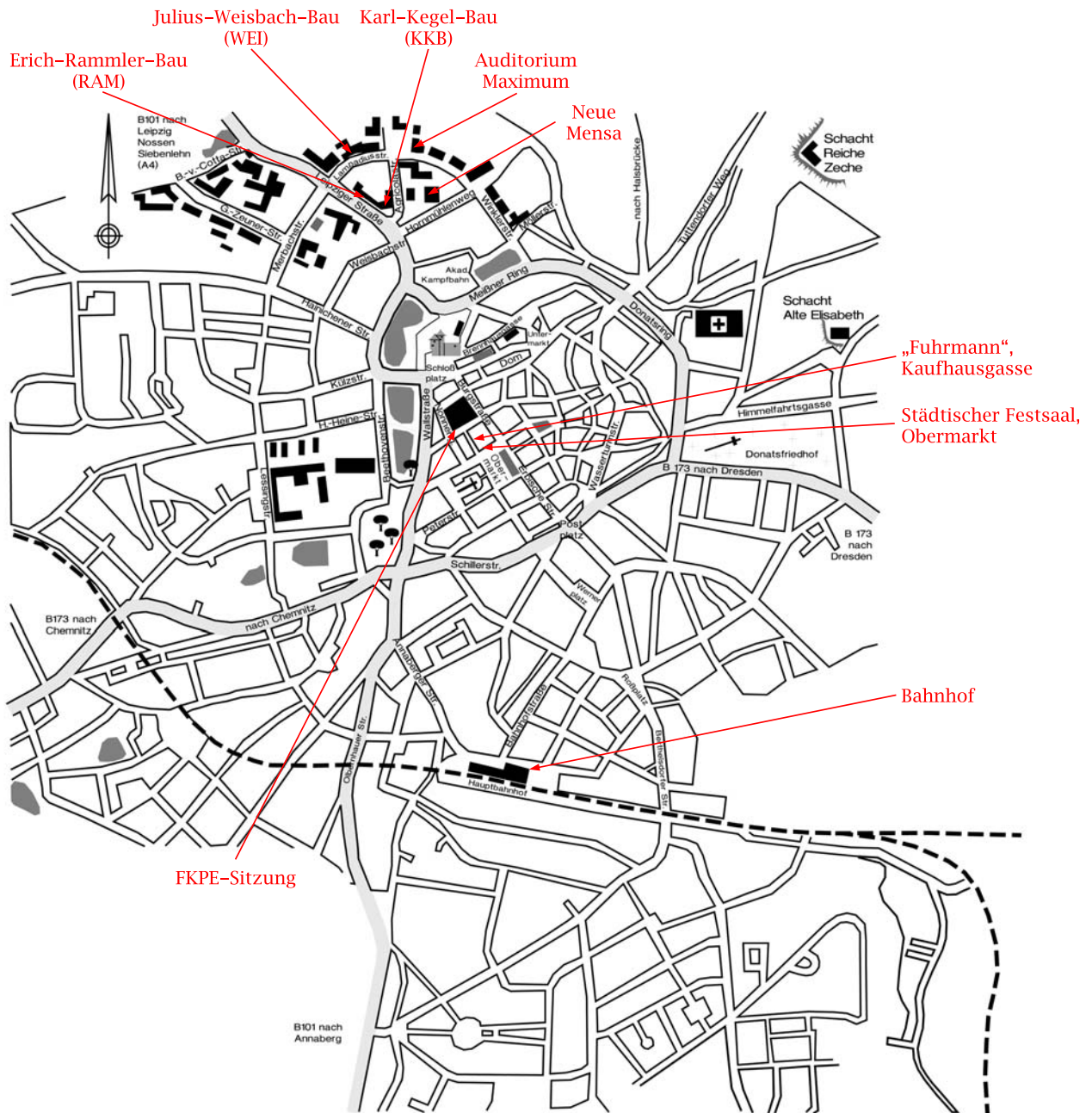


- Mikulla, S., ..... *PS4 18*  
 Miller, S. A., ..... *VU 2*  
 Milsch, H., ..... *PS1 2*  
 Misiek, R., ..... *SM 2*  
 Mofidi, B., ..... *PAG 2*  
 Mohnke, O., ..... *SI 12*  
 Moldoveanu, N., ..... *PV 4*  
 Möller, M., ..... *PS4 4*  
 Moritz, T., ..... *PS4 4*  
 Morra, G., ..... *PS1 10*  
 Moser, D., ..... *PSO 10*  
 Muck, W., ..... *PBP 4, PUI 2*  
 Müller, C., ..... *PMG 2, PMG 10*  
 Müller, S., ..... *PS1 7*  
 Müller, T. M., ..... *SI 7, PSM 7*  
 Müller-Petke, M., ..... *S2 1, S2 5, PS4 6*  
 Münch, H.-M., ..... *GV 1*  
 Münch, T., ..... *S2 7*  
 Musmann, P., ..... *PGR 2, PGR 3*
- Nabi-Bidhendi, M., ..... *PBP 5, PBP 6*  
 Neben, S., ..... *GD 5*  
 Netzeband, G., ..... *PMG 1, PMG 9*  
 Neumeyer, J., ..... *PGF 1*  
 Nguyen, N., ..... *PS1 15*  
 Niederleithinger, E., ..... *S4 1, PS4 1, GE 4*  
 Niethammer, U., ..... *GF 2*  
 Nordsiek, S., ..... *PBP 7*  
 Nover, G., ..... *PS2 3, PBP 10*
- Ochmann, N., ..... *PSO 8*  
 Ohrnberger, M., ..... *SO 8, PSO 5*  
 Otto, D., ..... *RD 5*  
 Ouadfeul, S. A., ..... *PS2 1, PBP 8, PSM 10*
- Özer, M. F., ..... *SO 31*
- Paasche, H., ..... *S4 2, RD 1*  
 Paly, M. de, ..... *RD 3*  
 Papoulia, J., ..... *GD 9*  
 Parolai, S., ..... *SO 7, SO 26, PSO 1*  
 Parsiegla, N., ..... *MG 2*  
 Pedersen, L. B., ..... *S2 4*  
 Pellerin, L., ..... *PV 3*  
 Pennewitz, E., ..... *EP 1*  
 Petersen, C. J., ..... *PMG 9*  
 Petersen, H., ..... *UI 3, PUI 4*
- Petzold, H., ..... *SM 2*  
 Phuong, V. M., ..... *PV 1*  
 Pichon, A. L., ..... *SO 33*  
 Planert, L., ..... *PMG 10*  
 Plenefisch, T., ..... *PSO 11, PSO 14*  
 Plonka, C., ..... *S3 1*  
 Pohl, C., ..... *SO 1*  
 Pohl, T., ..... *PMG 6*  
 Polom, U., ..... *PS4 18, PS4 19, PS4 20, SO 19, UI 4*  
 Polster, A., ..... *MG 4*  
 Preetz, H., ..... *UI 1*  
 Przybilla, J., ..... *PS1 16*  
 Pudasaini, S. P., ..... *VU 2*  
 Pusch, A.-K., ..... *PGE 3*
- Qabbani, I., ..... *PSM 9*
- Rabbel, W., . *PS4 3, PS4 22, GD 8, UI 3, PUI 4*  
 Rabeau, O., ..... *S3 5*  
 Rai, J., ..... *S4 5*  
 Rajver, D., ..... *PS1 11*  
 Raschick, A., ..... *PS4 13*  
 Rechlin, A., ..... *SM 5, SM 6*  
 Rechner, J., ..... *S4 8*  
 Regenauer-Lieb, K., ..... *GD 2*  
 Rehor, L., ..... *PSO 12*  
 Reiss, D., ..... *PPL 1*  
 Reitmayr, G., ..... *S4 7*  
 Renneberg, N., ..... *PS4 23*  
 Renner, J., ..... *PBP 4*  
 Rifai, H., ..... *PBP 1*  
 Rings, J., ..... *S2 3*  
 Rios, C., ..... *MG 3*  
 Ritter, J., ..... *PSO 13, PSO 16*  
 Ritter, J. R. R., ..... *SO 24, PSO 9, PSO 15*  
 Rößler, D., ..... *SO 8*  
 Roth, L., ..... *EP 2*  
 Rothacher, M., ..... *PGF 1*  
 Royer, J.-J., ..... *S3 5*  
 Rückamp, M., ..... *GD 7*  
 Rucker, C., ... *S1 12, S2 1, GD 2, GE 1, PUI 5*  
 Rühlmann, J., ..... *UI 2*  
 Rumpel, H.-M., ..... *PGR 2, PGR 3*  
 Rumpker, G., ..... *SO 3, SO 4, SO 32, PSO 8, PSO 14*
- Saenger, E. H., ..... *SI 9*

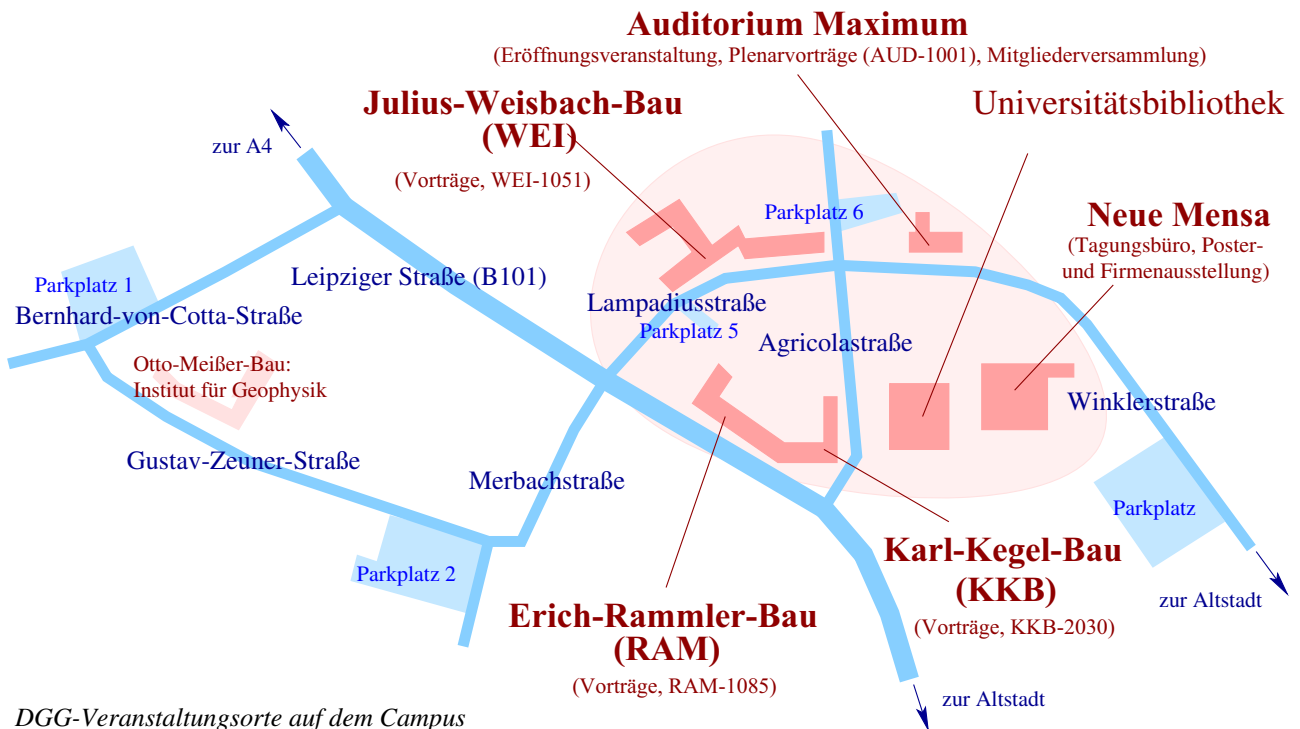
- Safanda, J., ..... *PS1 11*  
Salat, C., ..... *PS4 8, PS4 16*  
Salazar, P., ..... *PSO 10*  
Salem, A. B., ..... *PGV 1*  
Sandberg, S., ..... *SO 31*  
Saul, J., ..... *PSO 2*  
Saur, J., ..... *EP 2*  
Savvaidis, A., ..... *PSO 5*  
Schaeben, H., ..... *PV 1*  
Scharff, L., ..... *VU 1*  
Scheibe, R., ..... *SI 2*  
Schellschmidt, R., ..... *PBP 4*  
Scherbaum, F., ..... *SO 2*  
Schikowsky, P., ..... *PMG 2, SM 4*  
Schildknecht, F., ..... *PS4 22*  
Schilling, N., ..... *EP 2*  
Schipek, M., ..... *PMG 6*  
Schlicht, A., ..... *GV 4, PGV 2*  
Schlittenhardt, J., ..... *S2 7, GF 1*  
Schmalz, T., ..... *PEM 2*  
Schmeling, H., ..... *GD 6, SO 3*  
Schmidt, S., ..... *S3 1*  
Schmidt-Aursch, M., ..... *SO 14, PSO 7*  
Schmucker, U., ..... *PEM 3*  
Schönfelder, W., ..... *PBP 9*  
Schreckenberger, B., ..... *GD 5*  
Schulz, H. R., ..... *S1 1, GV 3*  
Schulze, E., ..... *UI 6*  
Schumann, A., ..... *SO 32*  
Schünemann, J., ..... *PGE 1, PGE 4*  
Schütze, C., ..... *S4 8, GE 1, PUI 5*  
Schütze, H., ..... *PS4 24*  
Schwarzbach, C., ..... *PS1 8*  
Schweitzer, J., ..... *SO 14, PSO 16*  
Sedlák, J., ..... *S1 2, GR 1*  
Seitz, R., ..... *SM 2*  
Serfling, U., ..... *GE 1, PUI 5*  
Shapiro, S., *PS1 2, SM 3, SO 17, SO 23, SO 29,*  
*PSO 4*  
Shapiro, S. A., ..... *SI 8, SI 9, SM 9, PSM 6*  
Shulgín, A., ..... *PMG 10*  
Siemon, B., ..... *AV*  
Smilde, P., ..... *S2 6*  
Sobiesiak, M., ..... *PSO 1*  
Sörgel, U., ..... *GF 1*  
Spicak, A., ..... *SO 12*  
Spitzer, K., . *SI 11, PS1 3, PS1 4, PS1 6, PS1 7,*  
*PS2 2, EM 7, PEM 4, PEM 5, PME 1*  
Stallmach, F., ..... *PBP 9*  
Stammler, K., ..... *SO 5, PSO 11*  
Stange, S., ..... *SO 1, SO 18*  
Stein, C., ..... *GD 3*  
Stellmach, S., ..... *GD 4*  
Stephan, S., ..... *PMG 11*  
Strahser, M., ..... *PS4 22*  
Strasser, M., ..... *PMG 12*  
Strehl, S., ..... *EM 3*  
Strehlau, J., ..... *PGS 2, SO 18*  
Strozyk, F., ..... *PMG 12*  
Stümpel, H., ..... *PAG 2*  
Stürmer, K., ..... *S1 8*  
Suckro, S., ..... *GD 7*  
Südekum, W., ..... *PS4 10*  
Sudha, S., ..... *S4 5*  
Tamiru, G., ..... *PS4 19*  
Tezkan, B., ..... *S4 5, PS4 2, EM 6, PEM 2*  
Thiele, R., ..... *SM 2*  
Thöle, H., ..... *PMG 13*  
Thomas, R., ..... *SM 1*  
Thorwart, M., ..... *GD 8*  
Thybo, H., ..... *PSO 16*  
Tlig, S., ..... *PGV 1*  
Torizin, J., ..... *PGD 1*  
Tran, T., ..... *SO 2*  
Trinks, E., ..... *PS4 17*  
Tronicke, J., ..... *S4 2, S4 6, RD 1*  
Tuckerman, L., ..... *GD 1*  
Tzavaras, J., ..... *SM 9, PSM 6*  
Tzoumerkiotis, E., ..... *PS1 10*  
Uchtmann, S., ..... *RD 2, PUI 6*  
Uenzelmann-Neben, G., ..... *MG 2*  
Uhlmann, S., ..... *PPL 2*  
Ullmann, A., ..... *PEM 4*  
Urlaub, M., ..... *MG 5, PMG 14*  
Vanderborght, J., ..... *PS1 18, PGE 2*  
Vanek, J., ..... *SO 12*  
Vasterling, M., ..... *PEM 5*  
Vereecken, H., ..... *EM 4*  
Villinger, H., . *MG 5, PMG 3, PMG 4, PMG 14*  
Virgil, C., ..... *EM 5*

- Voigt, D., ..... *UI 6*
- Vollmer, D., ..... *PSO 5*
- Voss, M., ..... *MG 1*
- Wagner, D., ..... *SO 7, PSO 1*
- Wagner, M., ..... *PSO 13*
- Wagner, N., ..... *PS4 17*
- Wahle, M., ..... *SM 4*
- Walbrecker, J., ..... *PS4 25*
- Wallner, H., ..... *S2 6, GD 6*
- Walter, M., ..... *SO 19*
- Walter, T., ..... *SO 7, PSO 1*
- Walther, M., ..... *PSO 14*
- Wang, R., ..... *SO 7, SO 26*
- Wassermann, J., ..... *SO 7, PSO 1*
- Wawerzinek, B., ..... *PSO 9, PSO 15*
- Weber, M., ..... *PSM 9*
- Wegler, U., ..... *S2 9*
- Weidle, C., ..... *SO 15, PSO 16*
- Weinrebe, W., ..... *PSM 5*
- Weise, A., ..... *PGF 1*
- Weller, A., ..... *S4 1, PBP 3, PBP 7*
- Wendrich, A., ..... *RD 1*
- Wenjin, Z., ..... *PSM 8*
- Wenzlau, F., ..... *S1 7*
- Werban, U., ..... *S4 3, PS4 20, PS4 23*
- Wessling, S., ..... *PBP 4*
- Widmer-Schmidrig, R., ..... *PSO 6*
- Wiederhold, H., ..... *PS4 19*
- Wielandt, E., ..... *PSO 6*
- Wigger, P., ..... *PSO 10*
- Wilhelms, W., ..... *PS2 2*
- Wilke, T., ..... *GD 2*
- Wilmes, H., ..... *PGF 1*
- Winchen, T., ..... *PS1 18*
- Winter, S., ..... *PMG 7*
- Woith, H., ..... *SO 31*
- Wölbern, I., ..... *SO 4, SO 32*
- Wonik, T., ..... *BP 2*
- Wünnemann, K., ..... *S1 3, S1 4, PSI 12*
- Wuttke, M. W., ..... *UI 5, PUI 2, PUI 3*
- Wziontek, H., ..... *PGF 1*
- Yaramanci, U., ..... *PS4 5, PS4 6, EM 1, EM 2, EM 3, EM 9, PEM 1, PRD 1*
- Yuan, X., ..... *SO 11*
- Zabadal, S., ..... *SI 2, GR 1*
- Zacharias, S., ..... *PS4 23*
- Zhenhan, W., ..... *PSM 8*
- Ziemen, F., ..... *VU 1*
- Zillmer, M., ..... *PMG 9*
- Zimmermann, E., . *PSI 5, PS4 14, EM 4, GE 3, PGE 2*
- Zisser, N., ..... *PS2 3, PS4 11, PBP 10*
- Zoporowski, A., ..... *VU 2*
- Zschau, J., ..... *SO 7*

### Stadtplan von Freiberg



**Campus der TU Bergakademie Freiberg**



DGG-Veranstaltungsorte auf dem Campus

**Neue Mensa**

