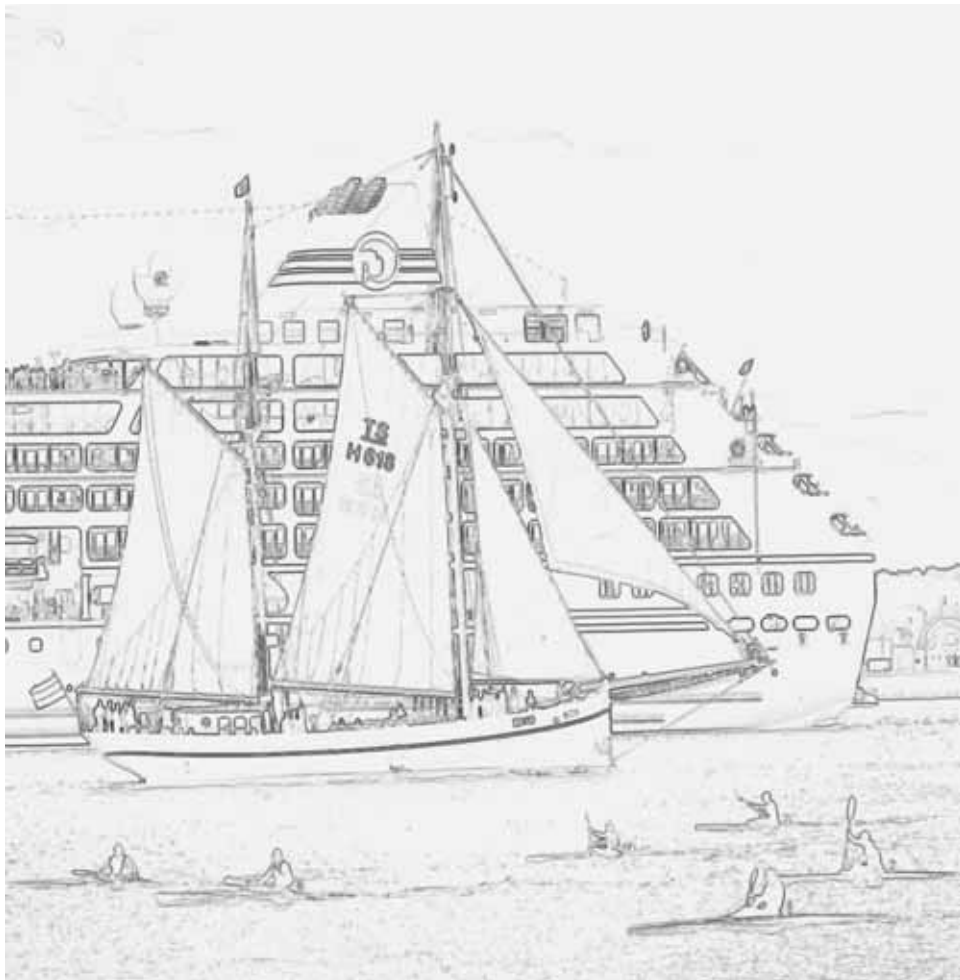




**69. Jahrestagung  
der  
Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft  
in Kiel**



**23. - 26. März 2009**

### **Recommended citation**

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft (Ed.) (2009): 69. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft: 23.–26. März 2009 in Kiel, Kiel: CAU., 332 p.

DOI: <http://doi.org/10.2312/dgg69>

ISSN: 0344-7251

Mit freundlicher Unterstützung von:

Deutsche Forschungsgemeinschaft  
Landesregierung Schleswig-Holstein  
Christian Albrechts Universität zu Kiel  
Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG  
Globe Claritas, GNS Science  
RWE Dea AG  
TEEC Trappe Erdöl Erdgas Consultant  
L-3 Communications ELAC Nautik GmbH  
DMT GmbH & Co. KG  
GDF Suez E&P Deutschland GmbH  
LPL Projects + Logistics GmbH  
Space Tech GmbH  
K.U.M. Umwelt- und Meerestechnik Kiel GmbH  
emma technologies GmbH  
Contiways Reisen GmbH  
Allied Associates Geophysical Ltd. Büro Deutschland  
Nautilus Marine Service GmbH  
RF Forschungsschiffahrt GmbH  
Exxon Mobil Production Deutschland GmbH  
Sea & Sun Technology GmbH  
HYDRO-BIOS GmbH  
GeCon Geophysik GmbH  
DEVELOLOGIC GmbH  
Druckerservice Uwe Grube  
Maritimes Cluster Schleswig-Holstein  
Amberg Technologies AG  
Am Segelhafen Hotel GmbH  
CDM Consult GmbH  
DECO Geophysical  
Dept. of Earth & Environmental Sciences Ludwig-Maximilians-Universität  
ECORD European Consortium for Ocean Research Drilling  
E+JE Kompressoren-Service OHG  
Geosym – Geomesssysteme  
Geo Sys - Umwelttechnik und Geogeräte GmbH Leipzig  
GEOTECHNOLOGIEN Forschung für die Zukunft  
Geotomographie GmbH  
GITEWS Deutsch-Indonesisches Tsunami-Frühwarnsystem  
GO Geophysical Oceanography  
Gravtec Gravimeter Service  
Guralp Systems Limited  
Innomar Technologie GmbH  
Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG

InWaterTec 2009  
IODP Integrated Ocean Drilling Program  
IXSEA GmbH  
J. Bornhoeft Industriegeraete GmbH  
JIBA-Joint Inversion With Bayesian Analysis  
Kieler Exzellenzcluster "Ozean der Zukunft"  
Mac Projects IT-Systeme  
Malå GeoScience AB  
Mariscope Meerestechnik  
MBT GmbH Meerestechnisches Büro  
mum-systems GbR  
Optimare GmbH  
Projektträger Jülich  
Raytheon Anschuetz GmbH  
Reederei F. Laeisz GmbH  
SFB 526 Rheologie der Erde –  
    von der Oberkruste bis in die Subduktionszone  
SFB 574 Volatiles and Fluids in Subduction Zones  
Springer Verlag GmbH  
Stallard Scientific Editing  
Sugar Submarine Gashydrat-Lagerstätten  
The Phase Research Project

# Inhaltsverzeichnis

Sponsoren	i
Einladung zur Mitgliederversammlung	iv
Anzeigen	v
Allgemeine Hinweise für Tagungsteilnehmer	.xxiii
Ausstellung	.xxviii
Programm	.xxx
<b>Abstracts</b>	1
Plenarvorträge (PL)	2
Marine Geophysik (S1)	8
Geophysik für Archäologie und Bodenkunde (S2)	41
Kontinentalränder (S3)	87
CO <sub>2</sub> -Speicherung (S4)	.119
Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica (S5)	.136
Bohrloch-Geophysik (BP)	.142
Extraterrestrische Geophysik (EP)	.158
Geodynamik (GD)	.162
Geoelektrik/Elektromagnetik (GE)	.178
Glaziologie (GZ)	.197
Gravimetrie (GV)	.202
Outreach (OR)	.212
Seismik (SM)	.217
Seismologie (SO)	.237
Umwelt- und Ingenieurgeophysik (UI)	.290
<b>Autorenverzeichnis</b>	.321

## **Einladung zur Mitgliederversammlung**

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

Im Namen des Vorstandes der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG) lade ich alle Mitglieder der DGG zur Mitgliederversammlung ein, die im Rahmen unserer 69. Jahrestagung am

**Mittwoch, 25. März 2009 in der Zeit von 17:00 bis 19:00 Uhr**

im Auditorium Maximum der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel stattfinden wird. Um zahlreiches Erscheinen wird gebeten.

### **Tagesordnung:**

TOP 1: Begrüßung, Feststellung der fristgerechten Einberufung und der Beschlussfähigkeit

TOP 2: Genehmigung der Tagesordnung

TOP 3: Genehmigung des Protokolls der Mitgliederversammlung am 5. März 2008 in Freiberg

TOP 4: Bericht des Präsidenten

TOP 5: Bericht des kommissarischen Geschäftsführers

TOP 6: Bericht des Schatzmeisters

TOP 7: Bericht der Kassenprüfer und Entlastung des Schatzmeisters

TOP 8: Bericht des deutschen Herausgebers des Geophysical Journal International

TOP 9: Bericht der Redaktion der DGG-Mitteilungen

TOP 10: Kurzberichte der Leiter/Sprecher der DGG-Komitees und Arbeitskreise

Komitees: Publikationen, Öffentlichkeitsarbeit, Internet, Jahrestagungen, Ehrungen, Firmen, Mitglieder, Studierende, Studienfragen, Kooperationen

Arbeitskreise: Angewandte Geophysik, Elektromagnetische Tiefenforschung, Dynamik des Erdinneren, Hydro- und Ingenieur-Geophysik, Induzierte Polarisation, Geothermik, Geschichte der Geophysik

TOP 11: Aussprache

TOP 12: Anträge und Beschlüsse

TOP 13: Entlastung des Vorstandes

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

TOP 15: Bestätigung des Vorstandes

TOP 16: Wahl der Kassenprüfer

TOP 17: Verschiedenes

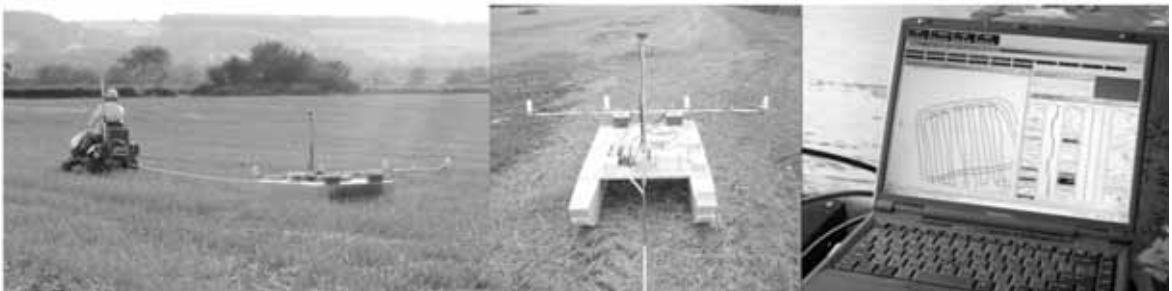
# Geophysikalische Messinstrumente

## Verkauf, Vermietung und Service

### 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

**NEU! GSSI EMP-400 Profiler NEU!**  
Multifrequenz EM



**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)



# TSP 203 *PLUS*

## Seismic Prediction in Underground Construction

- Detection and spatial positioning of fault zones and potentially water-bearing features
- Prediction range up to several hundred metres
- For both, TBM and conventional headings
- Reduced downtime risk of expensive tunnelling equipment and improved safety
- Easy and quick non-obstructing integration in the construction workflow without necessary face access
- Built for the roughest site conditions

Amberg Technologies AG  
CH-8105 Regensdorf  
Phone +41 44 870 92 22  
[www.amberg.ch/at](http://www.amberg.ch/at)





AM SEGELHAFEN  
**HOTEL**\*\*\*

Schönberger Straße 32 - 34 • 24148 Kiel • T +49 (0)431 72990-0

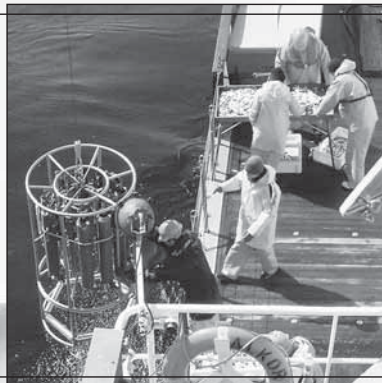
# Business & Gastlichkeit



- ★ 47 freundlich eingerichtete Zimmer
- ★ 3 Tagungsräume mit Blick zur Schwentine (neu ab Mai 2009)
- ★ W-LAN kostenfrei auf allen Zimmern
- ★ Rezeption 24 Stunden geöffnet
- ★ Tiefgarage mit 15 Stellplätzen

[www.am-segelhafen-hotel.com](http://www.am-segelhafen-hotel.com)

## Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG Abteilung Forschungsschifffahrt



Seit dem 01.01.2004 ist die Abteilung Forschungsschifffahrt zuständig für die Bereederung der mittelgroßen deutschen Forschungsschiffe. Als Teil einer weltweit operierenden Reederei bietet die Abteilung Forschungsschifffahrt darüber hinaus:

- Charterung und Vercharterung von Spezialschiffen
- Auswahl und Rekrutierung qualifizierter und erfahrener Schiffsbesatzung
- Funktion als Schnittstelle für Partner aus Schifffahrt und Forschung
- Erstellung und Durchführung von Konzepten im Bereich Logistik

Hafenstraße 12 · 26789 Leer · Germany · Tel.: +49 (0) 491 - 92 520-160 · Fax.: +49 (0) 491 - 92 520-169  
E-Mail: [research@briese.de](mailto:research@briese.de) · [www.briese.de](http://www.briese.de)

		Vertriebspartner der  ABEM Instrument AB Schweden
	<b>Geophysik</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Georadar</li><li>▪ Geoelektrik</li><li>▪ Elektromagnetik</li><li>▪ Magnetik</li><li>▪ Seismik</li><li>▪ Erschütterungsmonitoring</li></ul>	
CDM Consult GmbH Motorstraße 5 70499 Stuttgart abem@cdm-ag.de geophysik@cdm-ag.de www.cdm-ag.de	<b>das ingenieur unternehmen</b> umwelt    wasser    infrastruktur    geotechnik	

### **Clarity is confidence**

Globe Claritas is a sophisticated software package for 2D and 3D land and marine seismic data processing. Designed for maximum flexibility, it gives you a no-constraints enabling layer for seismic data processing, developed over 20 years by GNS Science, New Zealand's premier geoscience provider.

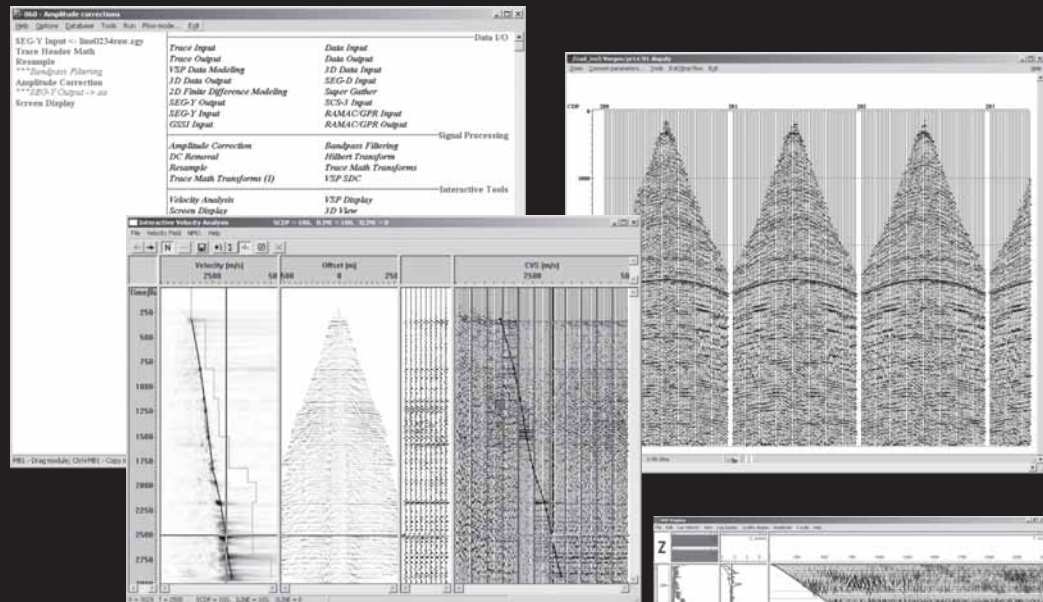
Globe Claritas is cluster-enabled and highly scalable, with the ability to run on laptops through to supercomputers. It also gives you a custom module development environment, with straight-forward integration of third-party add-ons.

If you are looking for a robust and well developed seismic processing system to underpin your specialist geophysics or seismic processing business, Globe Claritas is the cost effective solution you need.

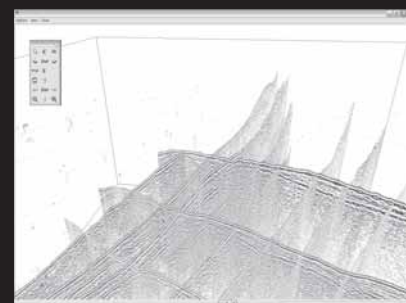
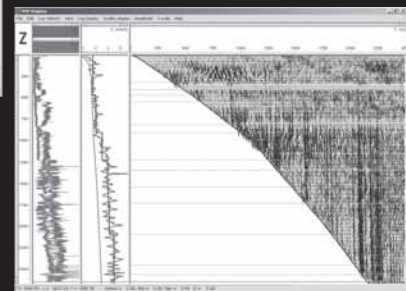
### **Globe Claritas: for intuitive and flexible seismic data processing**

# seismic 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...



[www.radexpro.com](http://www.radexpro.com)



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

e-mail: [sales@radexpro.ru](mailto:sales@radexpro.ru)  
 t: (+7 495) 930 84 14  
 f: (+7 495) 930 80 58



## Explore the Difference!

### Geoinstruments for More Flexibility and Highest Productivity

- 1 **Summit II Compact**  
The Seismic 'Productivity System'!  
[www.summit-system.de](http://www.summit-system.de)
- 2 **Summit II Monitoring**  
The Seismic 'Monitoring System'!  
[www.summit-system.de](http://www.summit-system.de)
- 3 **Resecs**  
DC-Resistivity and Electrode Control System  
[www.resecs.de](http://www.resecs.de)
- 4 **DMT CoreScan® II**  
Digital Drill Core Imaging System  
[www.corescan.de](http://www.corescan.de)
- 5 **Borehole Shuttle**  
Geophysical Tools for Deviated and Horizontal Boreholes  
[www.shuttle-system.de](http://www.shuttle-system.de)

# Energiequelle gesucht!

Esso, Mobil und ExxonMobil – drei starke Marken in einem Weltkonzern.  
Die ExxonMobil Production Deutschland GmbH ist ein Mitglied der ExxonMobil Organisation und leistet mit Sitz in Hannover als größter deutscher Erdgasförderer einen bedeutenden Beitrag zur sicheren Energieversorgung.

Vielfältige Einsatzbereiche warten auf Sie: die Suche und Erschließung neuer Lagerstätten, die Produktion von Erdgas und Erdöl sowie die Speicherung von Erdgas.

Wollen Sie sich mit uns den komplexen technologischen Herausforderungen der zukünftigen Energieversorgung stellen? Starten Sie mit Energie Ihre Karriere bei ExxonMobil als

## Ingenieur (w/m) oder Geoscientist (w/m)

der Fachrichtung

- Maschinenbau
- Verfahrenstechnik
- Elektrotechnik
- Petroleum Engineering

Mögliche Einstiegsbereiche:  
Technical Engineering, Reservoir/Subsurface Engineering, Drilling, Production

der Fachrichtung

- Geophysik
- Geologie

Mögliche Einstiegsbereiche:  
Exploration, Production, Research

Bei uns arbeiten Sie von Anfang an eigenverantwortlich an interessanten Projekten in einem internationalen Umfeld und werden durch entsprechende Trainings und ein aufgeschlossenes Team unterstützt.

Unter [exxonmobil.de](http://exxonmobil.de) finden Sie die detaillierten Beschreibungen der Positionen, auf die Sie sich direkt online bewerben können. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung!



Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an:  
Frau Nora Gorgolewski  
Human Resources Recruiting  
+49 511 641-1868



**Mobil**

**ExxonMobil**

Herausforderung Energie: Packen wir's an.

# FOERSTER - Ihr Partner für geomagnetische Untersuchungen

## 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

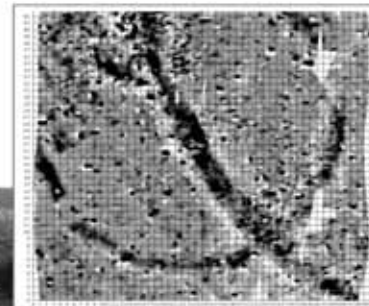
## Datalogger

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



**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



# Geophysikalische Messsysteme



**EIViS III S8 oder P8** für Scher- und P-Wellen-Anregungen

**SISSY** Seismische Impulsquelle

**Powerboxen** für den Geländeeinsatz mit passenden Ladegeräten

**Kabeltrommeln** modifiziert für den Geländeeinsatz

**Steckverbinder** mehrpolig bei seismischen Anwendungen

**Bohrlochgeophone** für seismische Netzwerke

**Landstreamer** für den Einsatz bei versiegelten Untergründen

**GEO** **SYM**<sup>®</sup>



**Guralp Systems Ltd.**  
**Weltspitze in seismischen Instrumenten,**  
**jetzt mit ISO Zertifikat**



Wir sind der einzige Hersteller,  
dessen  
Breitband-Sensoren und  
Akzelerometer  
überall eingesetzt werden:  
- an Land,  
- in Bohrlöchern,  
- auf dem Meeresboden,  
- im ewigen Eis



Besuchen Sie uns am Stand 44

[www.guralp.com](http://www.guralp.com)



**REEDEREI F. LAEISZ**  
**(BREMERHAVEN)**

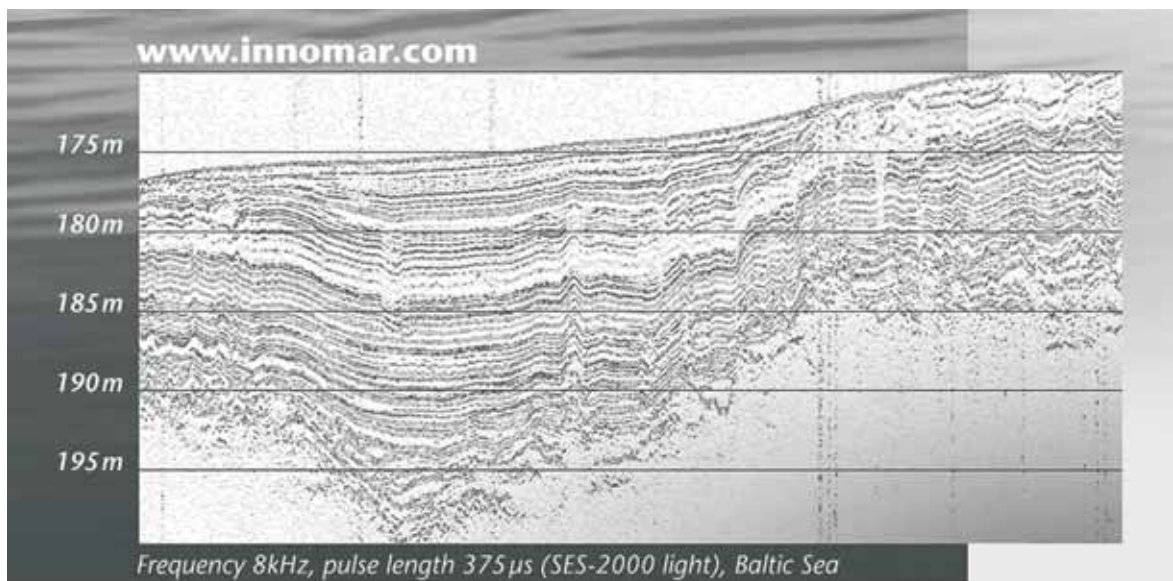


Reederei F. Laeisz (Bremerhaven) GmbH  
Brückenstr. 25  
D-27568 Bremerhaven  
[www.laeisz.de](http://www.laeisz.de)

Tel: +49 (0) 471 945 49 0  
Fax: +49 (0) 471 945 49 13

Email: [research@laeisz.de](mailto:research@laeisz.de)





## SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth



SES-2000  
light | compact



SES-2000 standard



SES-2000 medium



SES-2000 deep



SES-2000 ROV

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 150m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems

**Innomar**



**Innomar** Technologie GmbH • Germany  
Schutower Ringstraße 4 • D-18069 Rostock  
Phone (Fax) +49 (0)381-44079-0 (-299)

09 | **InWaterTec**  
IN WATER TECHNOLOGIES

> fix the date  
> make your booking  
[www.inwatertec.de](http://www.inwatertec.de)

Organizers: GMT  
maritimes cluster schleswig-holstein

partly funded by: Ministerium für Wissenschaft, Wirtschaft und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein

## ***InWaterTec 2009 – Konferenz & Ausstellung***

Die Konferenz- und Ausstellungsveranstaltung *InWaterTec 2009* findet in diesem Jahr zum fünften Mal vom 6. bis 8. Oktober in der Halle 400 in Kiel statt – wieder direkt an der Kieler Förde!

Unter dem Leitthema „*Ressource Meer – Forum für systemische Lösungen, Produkte und Dienstleistungen*“ werden in der Konferenz bedeutende Zukunftsthemen diskutiert. Auf knapp 350 qm werden in der maritimen Fachausstellung etwa 60 Firmen und Institutionen ihre Neuigkeiten zeigen.

In enger Kooperation mit dem Maritimen Cluster Management Schleswig-Holstein und der Gesellschaft für Maritime Technik (GMT) wird das Fachpublikum aus der maritimen Wirtschaft und Wissenschaft, von Förderinstitutionen, der Verwaltung und aus der Politik angesprochen und eingeladen, die *InWaterTec 2009* als Forum zu nutzen. Ziel der *InWaterTec 2009* ist es, die Plattform zu bieten eigene Kompetenzen darzustellen und sich in Gesprächen auszutauschen, um Impulse für neue, gemeinschaftliche System-Lösungen und -Produkte zu erhalten. Das Rahmenprogramm bietet dazu mit der

„Blauen-Stunde“, einer Kooperationsbörse, Firmenpräsentationen und Workshops weitere Gelegenheiten.

Um auf der Konferenz die aktuellsten Zukunftsthemen in hinreichender Tiefe behandeln zu können, werden erstmalig nur drei Themen ausgewählt, wobei heute folgende Themen diskutiert werden: Underwater Installations, Marine Resources (Marine Living Resources, Marine Gas Hydrates & Mineral Resources), Technologies & Services (Offshore Wind, Hydrographic, Offshore & Arctic, Marine Research), Economic Potential of Marine Ecology, Perspectives in excellence cluster “Future Ocean – Kiel”, Education in the Maritime Branch.

Besuchen auch Sie die *InWaterTec 2009* als Aussteller oder Konferenzteilnehmer - präsentieren Sie Ihre Kompetenzen auf der Fachausstellung und diskutieren Sie mit uns in der Konferenz!

Die Anmeldung ist bereits offen, registrieren und informieren Sie sich auf unserer Website: [www.inwatertec.de](http://www.inwatertec.de). Wir freuen uns auf Ihren Besuch an der Kieler Förde!



**MALÅ GeoScience**

MALÅ is the global leader in the design and manufacture of Ground Penetrating Radar (GPR) systems. We provide high quality, reliable and easy to use equipment to solve your subsurface investigation needs.

With over 70-years of professional experience, we understand the needs of our customers and have developed a versatile range of products that offer solutions across a broad range of applications. From non-destructive testing (NDT), concrete imaging, utility detection and mapping to geophysical investigations, including borehole, MALÅ has a GPR solution for you.

We pride ourselves on our customer care and support services and through our extensive and ever increasing network of experienced sales partners worldwide, extend this to the local level.

Contact:

MALÅ GeoScience, Skolgatan 11 S-930 70 MALÅ, Sweden  
Tel: 46 953 345 50 Fax: 46 953 345 67, E-mail: [sales@malags.se](mailto:sales@malags.se)

**[www.malags.com](http://www.malags.com)**

# maritimes cluster

schleswig-holstein



**Sie** sind ein maritimes Unternehmen aus Schleswig—Holstein mit Schwerpunkten in den Bereichen Schiffbau, Schiffbauzulieferer oder Meerestechnik?

**Sie** suchen Kooperationspartner?

**Sie** brauchen Unterstützung bei der Finanzierung Ihrer Innovationen?

**Sie** benötigen Informationen über neue Märkte?

**Sie** wollen Teil eines Netzwerks sein?

**Sie** suchen noch mehr?

Werden Sie Mitglied des Maritimen Cluster Schleswig-Holstein und nutzen Sie die Vorteile unseres Netzwerks. Sprechen Sie uns an!



Maritimes Cluster Schleswig-Holstein

c/o WTSH GmbH  
859

Lorentzendam 24  
24103 Kiel

Fon: +49-431-66666-

Fax: +49-431-66666-769

Mail: [maritimes-cluster@wtsh.de](mailto:maritimes-cluster@wtsh.de)

[www.maritimes-cluster.de](http://www.maritimes-cluster.de)



## Meerestechnisches Büro Turla GmbH



- **Hydrographische und ozeanographische Messsysteme**
- **Remotely Operated Vehicles (ROV)**
- **Unterwasservideosysteme**
- **Druckfeste Unterwassersteckverbindungen**
- **Hydrographische und ozeanographische Winden**
- **Herstellerunabhängiges Kalibrier- und Servicelabor**

**Unser Beitrag zu Ihrem Erfolg!**

Wischhofstrasse 1-3 · 24148 Kiel  
0431-7207-200 · [info@m-b-t.com](mailto:info@m-b-t.com)

RWE Dea



## SUCCESS THROUGH INTERNATIONAL OPERATIONS.

RWE Dea is a top-performing company for the exploration and production of natural gas and crude oil, operating on an international scale. Geological expertise, state-of-the-art drilling and production technologies and a diverse range of professional experience and know-how acquired in nearly 110 years of corporate history make RWE Dea a powerful company engaged in numerous operations at home and abroad. Safeguarding energy supplies, environmental protection and responsible decommissioning are key objectives. RWE Dea is part of the RWE Group - one of Europe's biggest energy corporations.

In an effort to expand its international upstream position, RWE Dea is concentrating on defined core regions in favorable locations close to Europe's consumer centres. The company's upstream activities currently focus on Germany, the Northern African states, Norway, the United Kingdom, Denmark and Poland. In light of ever-higher global demand, RWE Dea follows a distinctive growth strategy and is investigating further business opportunities.

RWE Dea AG | Überseering 40 | 22297 Hamburg | Germany  
T +49(0)40 - 63 75 - 0 | E [info@rwe.de](mailto:info@rwe.de) | I [www.rwe.de](http://www.rwe.de)

**RWE**  
The energy to lead

# SENSYS

## Sensorik & Systemtechnologie GmbH

*Entwicklung und Herstellung geophysikalischer Messtechnik und geophysikalischer Komplettsysteme seit 1992*

*Unsere Produkte:*

- *Analoge und digitale Datalogger*
- *Multikanal-Datenerfassungselektronik MXcompact mit 8 bis 32 Kanälen*
- *RTK-DGPS-Ortsreferenzierung*
- *3-Achs-Magnetometer-Systeme*
- *Analoge und digitale Fluxgate-Vertikalgradiometer (Spannbandsonden)*
- *Magnetische Flächenkartierungssysteme mit 1 - 32 Sonden*
- *Elektromagnetisches 1-Kanal-Flächenkartierungssystem EMD1/1-Kanal*
- *Elektromagnetisches 3-Kanal-Flächenkartierungssystem EMD1/3-Kanal*
- *Elektromagnetisches 8-Kanal-Flächenkartierungssystem AMOS*
- *Software MonMX für die Multikanal-Flächensondierung*
- *Auswertesoftware MAGNETO® mit Objektberechnung für magnetische und elektromagnetische Flächen- und Bohrlochdaten*

*Unsere Dienstleistungen:*

- *Systemintegration*
- *Auftragsentwicklung*
- *Kundenspezifische Anpassung von Sensoren und Systemen*
- *Dienstleistung mit magnetischen und elektromagnetischen Systemen*

*Kontakt*

*Dr.-Ing. Andreas Fischer*

*Dr.-Ing. Kay Winkelmann*

*SENSYS GmbH*

*Rabenfelde 5 "Intersputnik"*

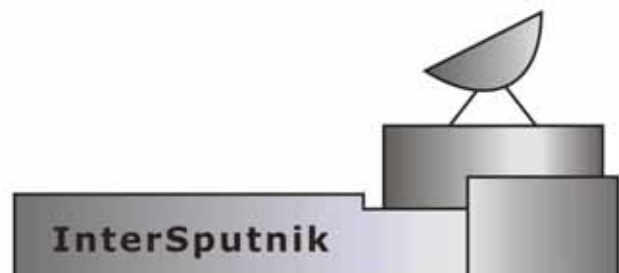
*15526 Bad Saarow OT Neu Golm*

*Tel. +49 (0)33631 59650*

*Fax +49 (0)33631 59652*

*Email [info@sensys.de](mailto:info@sensys.de)*

*Internet <http://www.sensys.de>*





## *Stallard Scientific Editing*

your trusted partner in English-language excellence

---

**Let Dr. Aaron Stallard of Stallard Scientific Editing  
perfect the English in your Earth Science manuscript**



**Dr. Aaron Stallard, Chief Earth Science Editor**

- PhD (Earth Science) from James Cook University, Australia (1999)
- JSPS Postdoctoral Fellowship at Shizuoka University, Japan (2000–2001)
- FRST Postdoctoral Fellowship at the University of Canterbury, New Zealand (2002–2005)
- Ten papers published in international journals
- Editor of over 330 scientific manuscripts in 2008
- Editing experience in all fields of Earth and Environmental Science, including solid-earth geology, geophysics, seismology, remote sensing, meteorology, climate change, and oceanography, among others

Stallard Scientific Editing is an online-based editing company that provides a quality English-editing service for researchers worldwide whose native language is not English. We are based in Nelson, New Zealand.

**Consider the Stallard Scientific Advantage:**

**Fast turnaround:** 4–6 business days on most jobs; 1–2 days for our Rush Service.

**Affordable pricing:** first-time clients receive a 10% discount.

**Expert editors:** native-English professionals with strong academic and/or industry experience and excellent writing skills.

**Quality guaranteed:** we will continue working with you until you are 100% satisfied with the edited manuscript.

**We work in your currency:** we provide quotes and accept payment in Euros.

**Free, no-obligation quote:** simply send us your manuscript via our online form.

# [www.stallardediting.com](http://www.stallardediting.com)

---

Stallard Scientific Editing, 8 Persico Way, The Wood, Nelson 7010, New Zealand

Tel: +64 3 5489108

Internet:

[www.stallardediting.com](http://www.stallardediting.com)

Fax: +64 3 5489106

Email:

[aaron@stallardediting.com](mailto:aaron@stallardediting.com)



---

# Allgemeine Hinweise für Tagungsteilnehmer

## Veranstalter

Deutsche Geophysikalische Gesellschaft e.V.  
Geschäftsstelle: kommissarischer Geschäftsführer Birger Lühr  
c/o GeoForschungsZentrum, Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
Telefon: (0331) 2881206  
Fax: (0331) 2881204  
E-mail: ase@gfz-potsdam.de  
Internet: www.dgg-online.de

## Ausrichter

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Institut für Geowissenschaften / Abt. Geophysik  
Otto-Hahn-Platz 1  
24118 Kiel  
Telefon: (0431) 8803900  
Fax: (0431) 8804432  
Internet: www.geophysik.uni-kiel.de/typo3cms/

## Ansprechpartner

Tagungsleiter	H.-J. Götze	(0431)880 3805	hajo@geophysik.uni-kiel.de
Stellv. TL	W. Rabbel	(0431)880 3916	wrabbel@geophysik.uni-kiel.de
Programm	W. Rabbel	(0431)880 3916	wrabbel@geophysik.uni-kiel.de
	H. Kopp	(0431)600 2334	hkopp@ifm-geomar.de
Tagungsbüro	B. Schröder	(0431)880 3805	sekretariat@gpi.uni-kiel.de
	C. Fisch-Kohl	(0431)880 3900	sekretariat@geophysik.uni-kiel.de
Internet	S. Schmidt	(0431)880 4562	sabine@geophysik.uni-kiel.de
Technik	T. Damm	(0431)880 3880	tdamm@geophysik.uni-kiel.de
Tagungsband	M. Thorwart	(0431)880 2785	thorwart@geophysik.uni-kiel.de
Poster	M. Thorwart	(0431)880 2785	thorwart@geophysik.uni-kiel.de
Firmen / Jobbörse	E. Erkul	(0431)880 3906	erkul@geophysik.uni-kiel.de
Sponsoring	E. Flüh	(0431)600 2328	eflueh@ifm-geomar.de
Exkursionen	H. Stümpel/ R. Kirsch	(0431)880 3903 (030)314 72012	stümpel@geophysik.uni-kiel.de reinhard.kirsch@tu-berlin.de
stud. Vertreter	M. Lay	(0431)880 3874	mlay@geophysik.uni-kiel.de

### **Tagungsort**

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Auditorium Maximum (Audimax)  
Christian-Albrechts-Platz 2  
24118 Kiel

### **Tagungsbüro**

Internetadresse der Tagung: **www.dgg2009.uni-kiel.de**  
bis zum 22.03.2009 Frau Fisch-Kohl,  
Tel 0431 880 3900  
sekretariat@geophysik.uni-kiel.de  
am 22.03.2009 ab 18:00 Uhr Restaurant Galileo, Kiel (siehe Begrüßungsabend)  
ab 23.03.2009 ab 8:00 Uhr Auditorium Maximum der CAU Kiel

### **Anmeldung zur Tagung**

Die Tagungsleitung bittet um frühzeitige Anmeldung zur Tagung mit dem Online-Formular auf der Internetseite der Tagung  
**www.dgg2009.uni-kiel.de.**

Anmeldungen in Papierform sind nur in Ausnahmefällen möglich.  
Nach der Anmeldung erhalten Sie eine Email mit Ihrer persönlichen Anmelde-ID und der Kontoverbindung. Wir bitten darum, den Tagungsbeitrag umgehend nach dem Erhalt der Email zu überweisen. Als **Verwendungszweck** geben Sie bitte „DGG 2009“, Ihren Namen und Ihre Anmelde-ID an.

Vor Ort Anmeldung und Ausgabe der Tagungsunterlagen am Sonntag, den 22.3.2009, ab 18 Uhr beim Begrüßungsabend (im Restaurant Galileo), und ab Montag, den 23.3.2009, ab 8:00 Uhr im Tagungsbüro im Auditorium Maximum.

### **Tagungsgebühren**

DGG-Mitglied	120 Euro
studentisches Mitglied*	20 Euro
Nichtmitglied	150 Euro
studentische Nichtmitglieder*	30 Euro
Begleitperson**	60 Euro
Tageskarte***	60 Euro
Tageskarte für Studierende***	10 Euro

Für Stornierungen wird eine Stornogebühr von 30,00 Euro erhoben.

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

\* Berechtigt zu der Teilnahme an der Eröffnungsveranstaltung, Icebreaker und Gesellschaftsabend

\*\* Berechtigt nicht zu Teilnahme am Gesellschaftsabend.

---

### **Bankverbindung der Tagungsleitung**

Kontoinhaber: H.-J. Götze  
Bank: Deutsche Bank  
Kontonummer: 1524404  
BLZ: 21070024  
IBAN: DE42210700240152440400  
SWIFT: DEUTDEDB210

### **Begrüßungsabend**

Für diejenigen, die bereits am Sonntag, den 22.03.2009 anreisen, findet ab 18 Uhr ein Begrüßungsabend statt, bei dem Sie Ihre Tagungsunterlagen erhalten können. Der Ort des Begrüßungsabends ist ca. 500 Meter vom Tagungsort entfernt:

Restaurant Galileo  
Westring 453  
D - 24118 Kiel  
Telefon: +49 (0)431 8888 931  
<http://www.galileo-kiel.de/>

### **Eröffnungsveranstaltung**

Montag (23.03.2009) um 16:00 - 18:30 Uhr im Auditorium Maximum.

Der Eröffnungsvortrag:

Botschafter G. Boomgaarden (London):

**Die "auswärtige Geophysik" - globale Herausforderungen an die deutsche Außenpolitik.**

### **Icebreaker Party**

Am Montag(23.03.2009) wird nach der Eröffnungsveranstaltung (ab 18:30 Uhr) die Firmenausstellung mit einer Icebreaker Party im Ausstellungsbereich im Audimax eröffnet.

### **Gesellschaftsabend**

Der Gesellschaftsabend wird am Dienstag, den 24.03.2009 von 19:00 Uhr – ca. 23 Uhr im Norwegenterminal der Color Line stattfinden. Der Eintrittspreis ist in den Tagungsgebühren enthalten (außer in den Tageskarten). Für den Einlass benötigen Sie eine Eintrittskarte, die Ihnen mit den Tagungs- bzw. Registrierungsunterlagen ausgehändigt wird.

Color Line Terminal  
Norwegenkai  
24143 Kiel-Gaarden

### **DGG Mitgliederversammlung**

Die DGG Mitgliederversammlung findet am Mittwoch, den 25.3.2009 um 17:00

Uhr im Hörsaal H des Auditorium Maximum der CAU statt.

### **Öffentlicher Abendvortrag**

Der öffentliche Abendvortrag wird am Mittwoch, den 25.3.2009 um 20:00 Uhr im Auditorium Maximum (Hörsaal G) der CAU stattfinden:

M.R. Alvers (Transinsight, Dresden): **Was kommt nach Google & Co?**

### **Internet**

Am Tagungsort werden WLAN und PCs zur Verfügung stehen.

### **Hotels, Unterkünfte**

Über die Kieler Touristeninformation wurde eine Anzahl von Zimmern vorge-merkt. Ein Formular und nähere Informationen finden Sie auf der Webseite der DGG-Tagung oder wenden Sie sich direkt an die Kieler Touristeninformation (Ansprechpartner: Fr. Sander, Tel: 0431/67 9100, <http://www.kurs-kiel.de>).

Die Kieler Jugendherberge liegt in unmittelbarer Nähe des Stadtzentrums (<http://www.jugendherberge.de/jh/kiel/>).

In Fußentfernung vom Tagungsort gibt es als weitere preiswerte Unterkunft das Rucksackhotel "bekpek kiel" (<http://www.bekpek-kiel.de>).

### **DGG-Kolloquium**

Das alljährliche DGG-Kolloquium mit dem diesjährigen Thema "**Polare Geophysik**" findet am Mittwoch, den 25.03.2009, statt.

Die Themen des DGG –Kolloquiums:

<b>Zeit</b>	<b>Vortragende</b>	<b>Thema</b>
08:30-10:30	S. Neben, U. Nixdorf (AWI)	Logistik und Stations-Geophysik
	D. Damaske (BGR), G. Jentzsch (U Jena), G. Reitmayr (BGR)	Gravimetrie und Magnetik in polaren Regionen
10:30-13:10	V. Damm, D. Eisenburger (BGR), N. Blindow (U Münster)	Radarverfahren zur Erkundung polarer Gletscher
	W. Jokat, K. Gohl, G. Uenzelmann-Neben (AWI)	Methoden und Forschungsergebnisse der marinen Seismik in den Polarregionen

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 5,00 Euro im Tagungsbüro erhältlich sein.

---

## Hinweise für die Präsentation der wissenschaftliche Beiträge

- **Sprache**

Die Sprache der Abstracts ist identisch mit der Sprache der Präsentationen.

- **Technik (Vorträge)**

Für Vorträge stehen in allen Sitzungsräumen ein Helfer, ein MS Windows Notebook, ein Beamer und ein Overhead-Projektor zur Verfügung. Wir akzeptieren keine fremden Laptops in den Sessions. Die Präsentationen müssen auf einer CD oder einem USB-Stick in PowerPoint, OpenOffice oder als pdf-Datei vorliegen. Alle Präsentationen müssen vor der entsprechenden Sitzung aufgespielt sein – dies sollte im Tagungsbüro möglichst am Tage vor der Präsentation geschehen. Im Tagungsbüro finden Sie auch Laptops zum Preview Ihres Beitrags.

Verwendete Versionen: MS-Office 2007, OpenOffice 3.0.1, Acrobat Reader 9.0, MS Windows XP Professional.

- **Hinweise für Vortragende und Sitzungsleiter**

Ein regulärer Vortrag dauert **15 Minuten**. Anschließend sind **5 Minuten** für die Diskussion vorgesehen. Keynote-Vorträge erhalten die doppelte Zeit - bitte beachten Sie das Programm. Die Vortragenden werden entsprechende Hinweise zum Zeitverlauf vom Sitzungsleiter/in erhalten. Überziehung der Vortragszeit geht auf Kosten der Diskussionszeit. Die Zeiten müssen unbedingt eingehalten werden, um die Synchronisation der 6 Parallelsitzungen zu gewährleisten und nachfolgende Vortragende nicht zu benachteiligen.

- **Poster**

Auf Grund der großen Anzahl von 185 Posterbeiträgen werden zwei Postersessions durchgeführt. Die Poster werden jeweils 2 Tage hängen:

**Montag / Dienstag:**

mit der Postersession Dienstag 14:45 bis 17:00 Uhr, und

**Mittwoch / Donnerstag:**

mit der Postersession Mittwoch 14:45 bis 17:00 Uhr.

Mindestens einer der Autoren muss während der jeweiligen Postersession anwesend sein. Bitte entnehmen Sie dem Poster-Programm auf der Website der Tagung, in welcher der beiden Sessions Ihr Beitrag eingeordnet wurde.

- **Technik (Poster)**

Die zur Verfügung stehenden Posterwände haben ein Format von **90 cm Breite** und **120 cm Höhe (DIN A0)**. Material zum Anheften der Poster wird zur Verfügung gestellt.

## **Prämierung der besten Vorträge und Poster von jungen Erst-Autorinnen und -Autoren**

Es werden auf der DGG Tagung in Kiel 173 Beiträge von jungen Erstautoren unter 33 Jahren präsentiert werden. Diese Beiträge werden während der Tagung bewertet. Die Prämierung der drei jeweils besten Beiträge findet **erstmalig** bereits auf der **Abschlussveranstaltung der DGG Tagung** am Donnerstag, den 26.03.2009 um 14:45 - 15:15 Uhr statt.

## **Abkürzungen**

- S1 Marine Geophysik
- S2 Geophysik für Archäologie und Bodenkunde
- S3 Kontinentalränder
- S4 CO<sub>2</sub>-Speicherung
- S5 Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica
- GE Geoelektrik + Elektromagnetik
- SM Seismik
- SO Seismologie
- UI Umwelt- und Ingenieurgeophysik
- GV Gravimetrie
- OR Outreach
- GD Geodynamik
- BP Bohrloch-Geophysik
- EP Extraterrestrische Geophysik
- GZ Glaziologie

## **Ausstellung**

Wir freuen uns, dass wir eine große Anzahl von Firmen, Institutionen und Forschungsverbänden begrüßen können, die sich während der Tagung im Foyer des Audimax vorstellen werden.

## **Angemeldet sind (in alphabetischer Reihenfolge):**

- Allied Associates Geophysical Ltd. Büro Deutschland
- J. Bornhöft Industriegeräte GmbH
- Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG, Abteilung Forschungsschifffahrt
- CDM Consult GmbH
- DECO Geophysical
- Dept. of Earth & Environmental Sciences LMU München
- DMT GmbH & Co. KG, Geschäftsfeld Exploration & Geosurvey
- E + JE Kompressoren - Service OHG
- European Association of Geoscientists & Engineers
- Exxon Mobil Production Deutschland GmbH
- PTJ Projektträger Jülich
- FuE-Programm GEOTECHNOLOGIEN
- GAP - Studierende der Geophysik

---

Geosym – Geomesssysteme  
Geo Sys - Umwelttechnik und Geogeräte GmbH Leipzig  
Geotomographie GmbH  
GITEWS-Projektmanagement am GeoForschungsZentrum Potsdam  
Globe Claritas  
Gravtec Gravimeter Service  
Guralp Systems Limited  
HYDRO-BIOS GmbH  
IGM Ingenieurgesellschaft für Geophysikalische Messtechnik mbH  
Innomar Technologie GmbH  
Institut Dr. Foerster GmbH & Co. KG  
IODP-Koordinationsbüro, BGR  
IXSEA GmbH  
Kieler Exzellenzcluster "Ozean der Zukunft"  
K.U.M. Umwelt- und Meerestechnik Kiel GmbH  
Malå GeoScience AB  
Mariscope Meerestechnik  
Maritimes Cluster Schleswig-Holstein  
MBT GmbH Meerestechnisches Büro Turla  
Nautilus Marine Service GmbH  
PHASE Research Project  
Optimare GmbH  
RF Forschungsschiffahrt GmbH  
RWE Dea AG  
Sea & Sun Technology GmbH  
SFB 526 Rheologie der Erde - von der Oberkruste bis in die Subduktionszone  
SFB 574 Volatiles and Fluids in Subduction Zones  
Springer Verlag  
SUGAR-Projekt

Die Adressen, Websites und Kontaktpersonen entnehmen Sie bitte unserer Website <http://www.dgg2009.uni-kiel.de>.

# Programm

## Montag, 23. März 2009

08:00 - 16:00 Registrierung  
 09:00 Abfahrt der Exkursionen vor dem Audimax der CAU  
 14:00 - 15:40 Vorträge

	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K
14:00 - 14:20	S5-01	BP-01	SO-01	S2-01	S1-01	GZ-01
14:20 - 14:40	S5-02	BP-02	SO-02	S2-02	S1-02	GZ-02
14:40 - 15:00	S5-03	BP-03	SO-03	S2-03	S1-03	GZ-03
15:00 - 15:20	S5-04	BP-04	SO-04	S2-04	S1-04	GZ-04
15:20 - 15:40	S5-05	BP-05	SO-05	S2-05	S1-05	

15:40 - 16:00 PAUSE - sponsored by Globe Claritas

16:00 - 18:30 Eröffnungsveranstaltung (HS G)

Eröffnungsvortrag:

Botschafter G. Boomgaarden:

**Die auswärtige Geophysik - globale Herausforderungen an die deutsche Außenpolitik**

18:30 - 21:00 ICEBREAKER und  
 Eröffnung der Firmenausstellung  
 - sponsored by DMT

## Dienstag, 24. März 2009

08:30 - 17:00 Firmenausstellung und Jobbörse  
 08:30 - 13:10 Vorträge

	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K
08:30 - 08:50		BP-06	SO-06	S2-06	S1-06	S4-01
08:50 - 09:10	S5-06	BP-07	SO-07	S2-07	S1-07	S4-02
09:10 - 09:30	S5-07	BP-08	SO-08	S2-08	S1-08	S4-03
09:30 - 09:50	S5-08	EP-01	SO-09	S2-09	S1-09	S4-04
09:50 - 10:10	S5-09	EP-02	SO-10	S2-10	S1-10	S4-05
10:10 - 10:30	S5-10	EP-03	SO-11	S2-11	S1-11	S4-06

10:30 - 10:50 PAUSE - sponsored by Briese Schifffahrt



---

	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K
10:50 - 11:10	UI-01	GV-01	SO-12	S2-12	S1-12	S4-07
11:10 - 11:30	UI-02	GV-02	SO-13	S2-13	S1-13	S4-08
11:30 - 11:50	UI-03	GV-03	SO-14	S2-14	S1-14	S4-09
11:50 - 12:10	UI-04	GV-04	SO-15	S2-15	S1-15	S4-10
12:10 - 12:30	UI-05	GV-05	SO-16	S2-16	S1-16	S4-11
12:30 - 12:50	UI-06	GV-06	SO-17	S2-17	S1-17	S4-12
12:50 - 13:10	UI-07		SO-18		S1-18	S4-13

---

13:10 - 14:00 Mittagspause

14:00 - 14:45 Plenarvortrag I (HS G):

Schilling, F.: **Geological Storage of CO<sub>2</sub>: Results from the CO<sub>2</sub>SINK Experiment at Ketzin (Germany)**

PAUSE - sponsored by  
L-3 Communications ELAC Nautik

14:45 - 17:00 Postersession 1

PBP, PS2, PGV, PSO, PEP, PGZ, PS1

GETRÄNKE -

sponsored by Exxon Mobil Production Deutschland

17:00 - 19:00 Sitzungen der Arbeitskreise

19:00 - 23:00 Gesellschaftsabend im Norwegenterminal

### Mittwoch, 25. März 2009

08:30 - 17:00 Firmenausstellung und Jobbörse

08:30 - 13:10 Vorträge

	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K
08:30 - 08:50	UI-08	S3-01	SO-19	S2-19	S1-19	DGG-Koll.
08:50 - 09:10	UI-09	S3-02	SO-20	S2-20	S1-20	
09:10 - 09:30	UI-10	S3-03	SO-21	S2-21	S1-21	
09:30 - 09:50	UI-11	S3-04	SO-22	S2-22	S1-22	
09:50 - 10:10	UI-12	S3-05	SO-23	S2-23	S1-23	
10:10 - 10:30	UI-13	S3-06	SO-24	S2-24	S1-24	

---

10:30 - 10:50 PAUSE - sponsored by RWE Dea

	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K
10:50 - 11:10	UI-14	S3-07	SO-25	S2-25	SM-01	DGG-Koll.
11:10 - 11:30	UI-15	S3-08	SO-26	S2-26	SM-02	
11:30 - 11:50	UI-16	S3-09	SO-27	S2-27	SM-03	
11:50 - 12:10	UI-17	S3-10	SO-28	S2-28	SM-04	
12:10 - 12:30	UI-18	S3-11	SO-29	S2-29	SM-05	
12:30 - 12:50	UI-19	S3-12	SO-30	S2-30	SM-06	
12:50 - 13:10	UI-20	S3-13	SO-31	S2-31		

13:10 - 14:00 Mittagspause

14:00 - 14:45 Plenarvortrag II (HS G):

Yilmaz, O.: **Earthquake Seismology, Exploration  
Seismology and Engineering Seismology:  
How Sweet It is — Listening to the Earth**

PAUSE -

sponsored by TEEC Trappe Erdöl Erdgas Consultant

14:45 - 17:00 Postersession 2

PSM, PGE, PUI, PGD, PS3, PS4

GETRÄNKE -

sponsored by GDF Suez E&P Deutschland GmbH

17:00 - 19:00 Mitgliederversammlung der DGG

20:00 - 21:00 Öffentlicher Abendvortrag (HS G)

Alvers, M.R.: **Was kommt nach Google & Co?**

ab 21:00 Studentischer Abend

### Donnerstag, 26. März 2009

08:30 - 13:00 Jobbörse

08:30 - 13:10 Vorträge

	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K
08:30 - 08:50	GE-01	S3-14	SO-32	GD-01		OR-01
08:50 - 09:10	GE-02	S3-15	SO-33	GD-02		OR-02
09:10 - 09:30	GE-03	S3-16	SO-34	GD-03	SM-07	OR-03
09:30 - 09:50	GE-04	S3-17	SO-35	GD-04	SM-08	OR-04
09:50 - 10:10	GE-05	S3-18	SO-36	GD-05	SM-9	OR-05
10:10 - 10:30	GE-06	S3-19	SO-37	GD-06	SM-10	OR-06

---

10:30 - 10:50	PAUSE - sponsored by Allied Associates Geophysical Ltd. Büro Deutschland					
	HS A	HS F	HS H	HS C	HS D	HS K

---

10:50 - 11:30	Plenarvortrag III (HS G) Visbeck, M.: <b>The Kiel Cluster of Excellence</b> <b>The Future Ocean: Multidisciplinary Marine Research</b>					
11:30 - 11:50	GE-07	S3-20	SO-38	GD-07	SM-11	S2-32
11:50 - 12:10	GE-08	S3-21	SO-39	GD-08	SM-12	S2-33
12:10 - 12:30	GE-09	S3-22	SO-40	GD-09	SM-13	S2-34
12:30 - 12:50	GE-10	S3-23	SO-41	GD-10	SM-14	S2-35
12:50 - 13:10	GE-11	S3-24	SO-42	GD-11	SM-15	S2-36

---

13:10 - 14:00 Mittagspause

14:00 - 14:45 Plenarvortrag IV (HS G)  
Talwani, M.: **Airborne Gravity Gradiometry**

14:45 - 15:15 Abschlussveranstaltung mit Prämierung der  
besten Tagungsbeiträge junger Erstautoren (HS G)

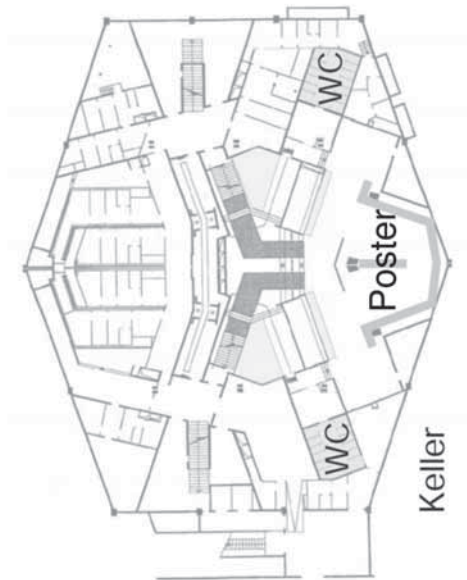
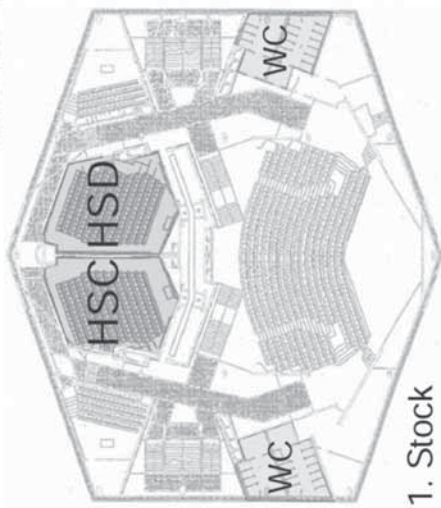
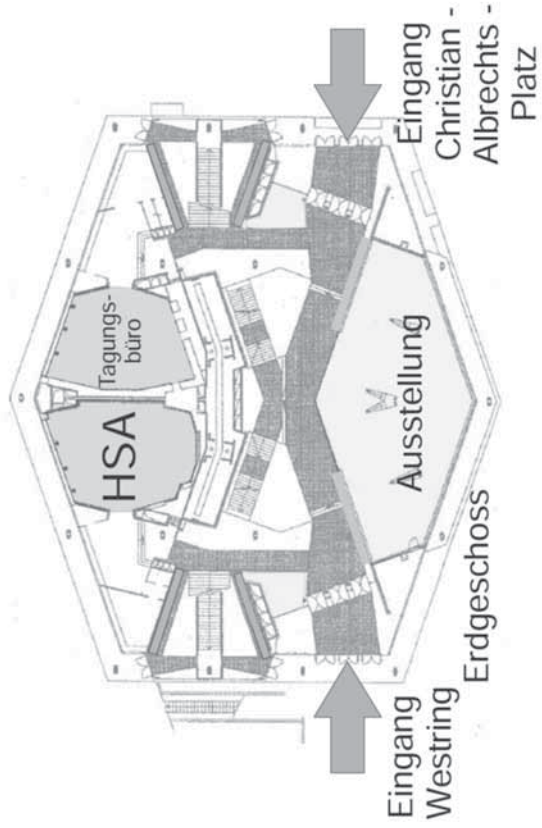
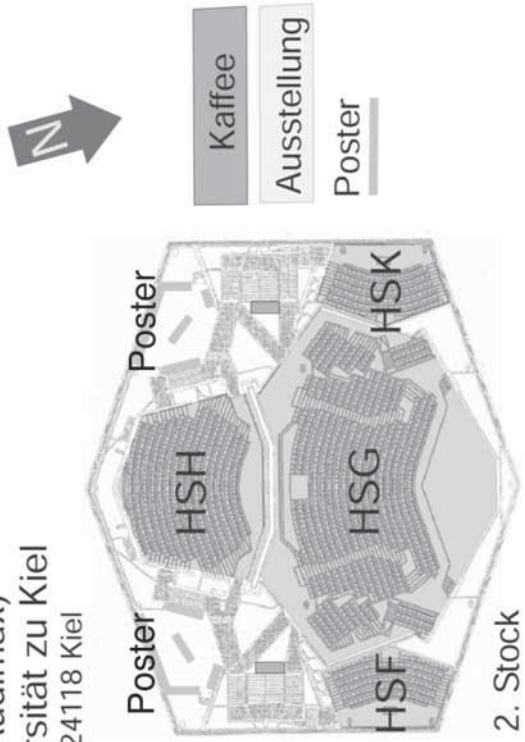
15:15 - 16:00 DGG-Vorstandsitzung

### **Freitag, 27. März 2009**

08:00 Abfahrt der Exkursion Grube Lieth / Lägerdorf  
vor dem Audimax der CAU

09:00 Abfahrt der Exkursion Geologische Strandwanderung/  
Haithabu vor dem Audimax der CAU

Auditorium Maximum (Audimax)  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Christian-Albrechts-Platz 2, 24118 Kiel



# **Abstracts**

# PL

## Plenarvorträge

---

**PL-01** – Mo 23.3 16:00 - 18.30 HS G · Eröffnungsvortrag

*Boomgaarden, G. (Deutsche Botschaft London)*

**Die äuswärtige Geophysik globale Herausforderungen an die deutsche Außenpolitik**

Eröffnungsvortrag

**PL-02** – Di 24.3 14:00 - 14:45 HS G · Plenarvortrag I

*Schilling, F., Würdemann, H., Kühn, M., Schmidt-Hattenberger, C., CO<sub>2</sub>SINK Group (GFZ Potsdam, Centre for CO<sub>2</sub>-Storage Germany)*

**Geological Storage of CO<sub>2</sub>: Results from the CO<sub>2</sub>SINK Experiment at Ketzin (Germany)**

The CO<sub>2</sub>SINK (CO<sub>2</sub> Storage by Injection into a Natural Saline Aquifer at Ketzin) integrated project aims to advance the understanding of the science and practical processes involved in underground storage of CO<sub>2</sub> to reduce emissions of greenhouse gases into the atmosphere. It is the first demonstration project for large scale on-shore CO<sub>2</sub> storage in Europe. Monitoring the injection and development of the CO<sub>2</sub> in space and time are a main focus of this field laboratory experiment. The storage site near the town of Ketzin, close to Berlin in Germany, includes industrial land and infrastructure which make it suitable as a testing site for underground injection of CO<sub>2</sub> into a deep saline aquifer. From March to

September 2007 one injection well and two observation wells were drilled to a depth of 750 m to 800 m and completed with "smart" casings at a distance of 50 m to 100 m from each other. The reservoir characterization was done by cutting and core analysis of the three wells, petrophysical well logs and 3D-seismics. The Triassic Stuttgart formation consists of siltstones and sandstones, interbedded by mudstones, deposited in a fluvial environment. The target formation in 600 - 700 m depth is 80 m thick with sand channels measuring up to 20 m. At the depth of CO<sub>2</sub> injection the in situ temperature of the formation is around 35 °C. Hydraulic tests revealed formation productivities of around 0.04 m<sup>3</sup> day<sup>-1</sup> kPa<sup>-1</sup> and 0.06 m<sup>3</sup> day<sup>-1</sup> kPa<sup>-1</sup>, respectively. Based on the thickness of the more permeable zone of the formation this calculates to permeabilities between 40 and 80 mD. CO<sub>2</sub> - a byproduct from a H<sub>2</sub>-refinery - is used for the first injection phase at the Ketzin site. The injection of CO<sub>2</sub> started in June 2008 and is intended to last up to two years. The CO<sub>2</sub> is injected as supercritical fluid, but due to reservoir P/T conditions the CO<sub>2</sub> will transform into a gaseous state during migration within the reservoir. End of March 2009 about 14.000 t of CO<sub>2</sub> will be injected which is about 25% of the anticipated amount of 60.000 t. Spreading of the CO<sub>2</sub> plume is monitored by a broad range of geophysical and geochemical techniques: The wells are completed with "smart casings" containing a Distributed Temperature Sensing (DTS) and Vertical Electrical Resistivity Array (ERT) behind all casings to observe in 4D the evolution of the CO<sub>2</sub> plume. Injection of CO<sub>2</sub> was interrupted for cross-hole seismic experiments. Vertical Seismic (VSP) and Moving Source Profiling (MSP), 3-D, and star seismic experiments complete the geo-physical monitoring program. Passive seismic recordings and downhole noise measurements further enhance the monitoring activities. Repeat 3D seismics are planned to complete the unique dataset of the CO<sub>2</sub>SINK storage experiment. Numerical models and risk assessment strategies are going to be benchmarked via the monitoring results. A gas membrane sensor (GMS) is used for the continuous analysis of gases downhole to observe the arrival of CO<sub>2</sub> at the observation wells. Before and during injection downhole samples of fluids for geochemical and microbiological analysis were taken to monitor changes in the fluid composition and the biocoenosis. During injection several repeats of resistivity tomography were successful in monitoring migration of CO<sub>2</sub>. At DGG Meeting in Kiel 2009 the results from 10 month of storage operation will be presented.

*Web page:* <http://www.co2sink.org>

**PL-03** – Mi 25.3 14:00 - 14:45 HS G · Plenarvortrag II

*Yilmaz, O. (GeoTomo LLC, Houston, TX, USA, and Anatolian Geophysical, Istanbul, Turkey)*

**Earthquake Seismology, Exploration Seismology, and Engineering Seismology: How Sweet It is — Listening to the Earth**

E-Mail: oz@anatoliangeo.com

The seismic method has three applications with different requirements for bandwidth and depth-width:

1. Earthquake seismology with a bandwidth up to 10 Hz and a depth of interest down to 100 km,
2. Exploration seismology with a bandwidth up to 100 Hz and a depth of interest down to 10 km, and
3. Engineering seismology with a bandwidth up to 1000 Hz and a depth of interest down to 1 km..

I shall present a case study for each of the three categories of seismology:

1. Earthquake seismology case study: A seismic microzonation to determine soil amplification and liquefaction probability within a municipal area;
2. Engineering seismology case study: A site characterization survey to determine P- and S-wave velocities, and delineate geometry of layers within the soil column;
3. Exploration seismology case study: A large-offset seismic survey to image complex structures in thrust belts.

**Earthquake Seismology Case Study:** The August 1999 earthquake with 7.4 magnitude caused a severe damage within the municipality of Izmit, 170 km east of Istanbul. A survey of the damaged buildings was made by the municipal authorities shortly after the earthquake. The Municipal Government decided to conduct a pilot seismic zonation project to determine whether the cause of the damage was poor construction materials and methods or weak soil conditions. In this project, we investigated the soil conditions with two objectives in mind: (1) to estimate the seismic model of the soil column at each district so as to determine the geotechnical earthquake engineering parameters, and (2) to map active faults within the municipal area. We determined the seismic model of the soil column on a district basis within the Municipality of Izmit. Specifically, we conducted refraction seismic survey at 16 locations and estimated the P- and S-wave velocity-depth profiles down to a depth of 30 m. We then combined the seismic velocities with the geotechnical borehole information about the pedology and lithology of the soil column and determined the geotechnical earthquake engineering parameters for each district. Specifically, we computed the soil amplification and its effective depth range, design spectrum periods TA-TB, and liquefaction probability and depth range.



**Engineering Seismology Case Study:** We present a unified workflow for analysis of shallow seismic data to estimate a near-surface model defined by layer geometries within the soil column, and the P- and Swave velocities of the layers themselves. In the unified workflow for engineering seismology presented here, we make use of all three wave types - reflected, refracted, and surface waves: (1) Apply a simple conventional processing sequence to obtain a CMP stack associated with the reflected waves. (2) Perform inversion of traveltimes associated with the refracted waves to estimate a near-surface P-wave velocity-depth model and use it to delineate the geometry of the layers within the soil column and the geometry of the soil-bedrock interface. (3) Perform inversion of the Rayleigh waves to derive an S-wave velocity profile in depth. A site investigation for determination of the seismic parameters of the soil column based on the unified workflow outlined above led to the discovery of a buried lake deposits near the shores of the Marmara Sea, west of Istanbul.

**Exploration Seismology Case Study:** Turkish Petroleum Corp. conducted a multichannel largeoffset (up to 30 km) 2-D seismic survey near the town of Ergani, Southeast Turkey, in October, 2004. The objective is to image the complex, imbricate target structures in the Southeast Thrust Belt. The data were acquired using a common-spread recording geometry whereby the receiver spread was fixed for all shots. The field records contain an abundance of supercritical reflections at large offsets beyond the conventional spread length. These reflections have been known to early researchers in exploration seismology. We analyzed the Ergani large-offset data for earth modeling and imaging in depth. By a nonlinear first-arrival traveltome tomography, a velocity-depth model was estimated for the near-surface. Then, a subsurface velocitydepth model was estimated based on rms velocities derived from prestack time migration of shot gathers. Finally, prestack depth migration of shot gathers from a floating datum that is a close representation of the topography was performed to generate the subsurface image in depth.

**PL-04** – Mi 25.3 20:00 - 21:00 HS G · Öffentlicher Abendvortrag

*Alvers, M. (Transinsight Dresden)*

### **Was kommt nach Google & Co?**

Nie zuvor war der Zugriff auf Informationen so einfach und schnell wie heute. Die Suchmaschine Google ist dabei mit einem Marktanteil von 95% in Deutschland führend. Aber ist der heutige Status Quo ausreichend? Ich meine nein - viele andere meinen ja. Die Verwendung von *key words* ist sehr begrenzt, nicht intelligent und der Algorithmus zum *ranking* der Suchergebnisse fragwürdig.

Im Vortrag werden Aspekte der Suche nach Informationen und Antworten aus dem breiten Spektrum von der Suche nach einer Telefonnummer bis zur Frage nach dem Sinn des Lebens (deren Antwort auch im Vortrag leider nicht gegeben werden kann) angesprochen. Die Verwendung von Hintergrundwissen

in Form von semantischen Begriffsnetzwerken, sogenannten Ontologien, hilft enorm, der Beantwortung von Fragen näher zu kommen. Sie garantieren Vollständigkeit der Suchergebnisse und schnelles Fokussieren auf Relevantes. Das bedeutungs-getriebene Einsortieren oder das Klassifizieren von Informationen aus Dokumenten oder von Internetseiten, ermöglicht die Disambiguierung von Begriffen wie Salz und Öl, "Cyclooxygenase Inhibitoren" - eher bekannt unter dem Begriff Aspirin - oder das Auffinden aller Dokumente, die zum Thema CO<sub>2</sub> - Sequestrierung gehören - also auch solcher, in den Begriff CO<sub>2</sub> - Sequestrierung nicht direkt enthalten aber solcher, die für das Thema relevant sind.

In Zukunft? Der semantische Index als Weltwissen könnte die übergreifende Klammer für alle Informationen sein. Dabei werden Konzepte aller Art verwoben zum "virtuellen Gehirn". Datenschutz wird dabei eine Kernproblematik darstellen, denn es ist zu erwarten, dass eine Weltontologie nicht für jede Organisation oder auf jedem Rechner aktuell vorhaltbar ist. Wo befindet sich diese also? Schwierige Fragen, die heute noch im rechtsfreien Raum stehen.

Die Verbindung von Informationen abgelegt in Text mit Informationen aus (Mess)daten ist die konsequente Fortführung der Gedanken und führt zur automatischen Generierung von Hypothesen und deren automatischen Evaluierung. Selbstorganisierende, selbstähnliche semantische Netzwerke werden uns "intelligenten" Verhalten von Maschinen ein Stück näher bringen.

Webseite: <http://www.transinsight.com>

**PL-05** – Do 26.3 10:50 - 11:30 HS G · Plenarvortrag III

*Visbeck, M. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **The Kiel cluster of Excellence "The Future Ocean": Multidisciplinary Marine Research**

E-Mail: [sprecher@ocean-der-zukunft.de](mailto:sprecher@ocean-der-zukunft.de)

The Kiel Cluster of Excellence The Future Ocean is a unique research project made up of more than 140 scientists from six faculties of the Christian-Albrechts-University of Kiel (CAU), the Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR), the Institute for World Economy (IfW) and the Muthesius University of Fine Arts.

The target of this inter-disciplinary groups comprising marine scientists, earth scientists and economists, as well as medical scientists, mathematicians, lawyers and sociologists is to jointly investigate climate and ocean change, to re-evaluate the opportunities and risks of global change for the oceans and develop a sustainable system of resource management of the worlds oceans and marine resources.

The Cluster of Excellence "The Future Ocean" is supported within the scope of the "excellence initiative" of the German Research Foundation on behalf of the German government and the federal states of Germany. An overview of the programme, the key research area and recent scientific highlights will be

presented.

Web page: <http://www.ozean-der-zukunft..de>

**PL-06** – Do 26.3 14:00 - 14:45 HS G · Plenarvortrag IV

*Talwani, M. (Washington DC)*

### **Airborne Gravity Gradiometry**

Airborne gravity gradiometry is a technology that has only recently been developed, but which has enormous potential. It is capable of making absolute gravity gradient measurements of great precision, very rapidly over almost any kind of terrain, and at a relatively modest cost. It could well revolutionize measurements involving gravity not only for various types of studies focused on the shallow crust, but also, because the instrument determines absolute values, for time lapse studies. The former could include, for example, studies involving the detection of blind faults, determination of the thickness of sedimentary fill or of basalt flows and lithologic contacts in densely vegetate areas as well as environmental and mineral exploration related problems. The latter could help trace fluid flow in the shallow crust (a precursor to earthquakes) or magma movement in volcanoes (a precursor to volcanic eruptions), as well as other movements of material within the shallow crust in the human time scale. While airborne gravity gradiometry is being extensively utilized by mining companies, this technique has not yet made much headway in academic research. The first and perhaps the only academic research survey was conducted over the San Andreas Fault drill hole site. The survey was over a 10km by 10km area, with 40 lines spaced 200 meters apart and 10 cross lines 1 km apart. The results and interpretation of this survey will be presented.

# S1

## Marine Geophysics

---

**S1-01/02** – Mo 23.3 14:00 - 14:40 HS D · Marine Geophysics

*Holbrook, S. W., Fer, I., Schmitt, R., Klymak, J. (University of Wyoming)*

### **Seismic Oceanography: Recent Progress and Future Challenges**

E-Mail: [steveh@uwyo.edu](mailto:steveh@uwyo.edu)

Seismic oceanography the use of marine seismic reflection data, typically intended to image the solid earth, to image the interior structure of the ocean has opened up new ways of visualizing oceanic thermohaline finestructure. Through reprocessing seismic reflection data with an emphasis on the water column, stunning images of fronts, eddies, water mass boundaries, and internal waves have been produced. As it approaches its sixth birthday as a discipline, seismic oceanography is entering a critical stage of development. An early rush to document the physical basis for the reflections and to catalog images in different oceanic environments is yielding to a need to extract useful, trustable, and quantitative information on physical oceanographic processes from the images. Several marine surveys jointly acquiring seismic reflection and in situ physical oceanographic data have been conducted, including the large “GO” project funded by the EU.

Still, we have only scratched the surface of applications for this imaging technology in the ocean. Here we review progress to date, and point to key areas of current and future research. Promising areas of research include emerging techniques to quantify internal wave energy and turbulence dissipation from seismic images, the acquisition of industry SO data, inversions for temperature structure,

the detection and measurement of moving targets in the ocean, and the production of 3D and time-lapse images of finestructure. A principal challenge for the future is the merging of synthetic and field seismic data with realistic physical models of oceanic temperature/density structure, calculated at the dense horizontal and vertical spacing needed to simulate the seismic data.

**S1-03** – Mo 23.3 14:40 - 15:00 HS D · Marine Geophysik

*Serra, N. (Institute of Oceanography, University of Hamburg, Hamburg)*

**Numerical simulations of the Mediterranean Water eddy generation in support of Seismic Oceanography studies**

E-Mail: [nuno.serra@zmaw.de](mailto:nuno.serra@zmaw.de)

Mediterranean Water eddies (meddies) transport the warm and salty Mediterranean Water in an almost undiluted form into the interior of the North Atlantic, being an important mechanism of southward heat and salt transport and acting to maintain the Atlantic large-scale mid-depth salinity distribution. Some of the mechanisms promoting meddy decay are small scale in nature thus being difficult to study with conventional oceanographic measurements, mainly lacking detailed horizontal resolution. A new research tool is emerging in the field of Physical Oceanography with the use of the Multichannel Seismic method, which is in the way of allowing synoptic studies of small-scale processes.

A high-resolution three-dimensional regional scale model of the spreading of Mediterranean Water in the Gulf of Cadiz (Northeast Atlantic) is here presented. The simulations are used to show particular features of the Mediterranean Water Undercurrent variability and the major sites and mechanisms of meddy generation. The large temporal and spatial variability reproduced in the model emphasizes the need to interpret the seismic measurements, like those acquired in the frame of the European Union funded project Geophysical Oceanography - GO, with the help of high-resolution numerical ocean simulations.

**S1-04** – Mo 23.3 15:00 - 15:20 HS D · Marine Geophysik

*Klaeschen, D., Papenberg, C. (IFM-GEOMAR), Hobbs, R. (Durham, UK)*

**Mobile Reflektoren in der seismischen Ozeanografie**

E-Mail: [dklaeschen@ifm-geomar.de](mailto:dklaeschen@ifm-geomar.de)

Obwohl Reflexionen der Wassersäule in reflexionsseismischen Daten schon länger bekannt sind, hat die Disziplin Seismische Ozeanografie in den letzten zehn Jahren enorme Fortschritte erzielt. So können jetzt z.B. seismische Daten in Salinität und Temperatur invertiert werden und zeigen Internstrukturen im Wasser des Ozeans in nicht zuvor aufgelöster Qualität. Innerhalb des europäischen GO (Geophysical Oceanography) Projekts wurden seismische und hydrographische Daten im Golf von Cadiz gewonnen. Durch mehrfache Wiederholungsmessungen von 12 Stunden konnte die mittlere Bewegungsgeschwindigkeit eines Mittel-

meerausstromes hohen Salzgehalts und erhöhter Temperatur bestimmt werden. Im Gegensatz zu geologischen Strukturen zeigen die Reflektoren in der Wassersäule eine hohe Mobilität wodurch die klassischen seismischen Bearbeitungsmethoden nur bedingt anwendbar sind. Aufgrund dieser Mobilität wurde eine Methode entwickelt, die mit Hilfe der Redundanz von seismischen Mehrkanaldaten die momentane Bewegungsgeschwindigkeit der Reflektoren innerhalb eines seismischen Profils bestimmt. Damit wird es möglich der seismischen Momentaufnahme von Reflektoren in der Wassersäule ein Attribut zu zuweisen, dass die Mobilität der Internstrukturen beschreibt.

**S1-05** – Mo 23.3 15:20 - 15:40 HS D · Marine Geophysik

*Papenberg, C., Klaeschen, D. (IFM-GEOMAR, Kiel), Hobbs, R.W. (Department of Earth Sciences, University of Durham, Durham, UK)*

### **Seismische Ozeanografie: Inversion von Temperatur und Salzgehalt aus seismischen Daten**

In einem kombinierten seismisch-ozeanografischen Experiment im Golf von Cadiz wurden aus seismischen Mehrkanaldaten Ozeantemperatur und -salzgehalt in hoher vertikaler und horizontaler Auflösung bestimmt.

In der Seismischen Ozeanografie verwendet man konventionelle seismische Methoden um die Wassersäule zu beleuchten. Hierbei nutzt man die im Gegensatz zu geologischen Formationen schwachen Reflexionen der unterschiedlichen (Temperatur und Salzgehalt) Wasserschichten. Im Golf von Cadiz vermischt sich warmes salzhaltiges Mittelmeerwasser mit kaltem salzärmeren Atlantikwasser und bietet somit gute Voraussetzungen für starke Impedanzkontraste.

Die hier simultan gesammelten seismisch-ozeanografischen Daten wurden hinsichtlich ozeanografischer Parameter untersucht. Durch eine kombinierte Inversion ist es nun möglich, die Feinstruktur der unterschiedlichen Wassermassen mit ihrem Temperatur- und Salzgehaltverlauf in hoher Auflösung abzubilden.

Webseite: <http://www.dur.ac.uk/eu.go/index.html>

**S1-06/07** – Di 24.3 08:30 - 09:10 HS D · Marine Geophysik

*Berndt, C. (IFM-GEOMAR, Kiel), Westbrook, G.K., Thatcher, K. (University of Birmingham, U.K.), Minshull, T., Paelike, H., Chabert, A. (National Oceanography Centre, Southampton, U.K.), Nisbet, E. (Royal Holloway University of London, U.K.), Brune, S., Sobolev, S. (Geo-Forschungszentrum, Potsdam), Feseker, T. (IFM-GEOMAR, Kiel)*

### **Dynamics of marine gas hydrates off Svalbard**

E-Mail: [cberndt@ifm-geomar.de](mailto:cberndt@ifm-geomar.de)

Stability of gas hydrates depends on low temperature and high pressure. As a consequence the gas hydrate stability zone shoals with decreasing water depth to a point where the base of the gas hydrate stability zone intercepts the seabed.

This outcrop of the hydrate stability zone is most sensitive to climate change as temperature changes directly act upon the hydrates, and because gas that is released by dissociating hydrate will enter the water column instead of being captured by overlying sediments. During a cruise in 2008 we have surveyed the outcrop of the hydrate stability zone off Svalbard - an area that is characterized by decadal scale bottom water warming. We found prolific degassing of the sediments at the water depth at which the base of the hydrate stability zone intercepts the seabed and within a few hundred meters higher up on the slope. A first inspection of the reflection seismic data did not reveal evidence for significant subsurface migration of gas towards the vent sites. Without such an advection it seems plausible that the clustering of gas vents at the outcrop of the gas hydrate stability zone is a result of gas hydrate dissociation due to bottom water warming. It has been proposed that gas hydrate dissociation in continental margins destabilizes the slopes. We did not find evidence for hydrate dissociation related slope failure, but recent studies of older landslides support that there is a relationship between gas hydrates and slope stability. Therefore we calculated tsunamis for different possible scenarios. If a large-scale landslide should occur offshore Svalbard this would generate a tsunami, and if the landslide ran out towards the southwest it would affect many coasts in NW Europe.

**S1-08** – Di 24.3 09:10 - 09:30 HS D · Marine Geophysik

*Weigelt, E., Gohl, K., Uenzelmann-Neben, G. (Alfred Wegener Institute, Bremerhaven), Larter, R. (British Antarctic Survey, Cambridge)*

### **Neogene ice sheet cyclicity in the western Amundsen Sea Embayment, evidence from seismic records**

E-Mail: [estella.weigelt@awi.de](mailto:estella.weigelt@awi.de)

The dynamics of ice-sheets in response to climate changes becomes increasingly a focus of research. In this regard the glacial history of the Amundsen Sea sector of the West Antarctic Ice-Sheet (WAIS) is of particular interest. A potential deglaciation and collapse of the Thwaites and Pine Island glacier drainage basins alone would result in a global sea level rise of approximately 1.5 m. Multichannel seismic reflection profiles offer a record of the glacial development in the western Amundsen Sea Embayment during the Neogene. We identified pronounced northwest-dipping reflector series of more than 1 s TWT thickness (> 800 m) on the middle shelf indicating well layered sedimentary units. The dipping strata reveal a striking alternation of reflection-poor, almost opaque units and sequences of closely spaced, continuous reflectors. We suggest that the distinct change in reflection pattern represents marked episodes of ice sheet advance and retreat forced by climate changes. Pronounced boundaries between the acoustic units give evidence for a rapid waning and waxing of ice sheets indicating concise climate transitions. Due to the similarity with the seismic stratigraphy and the lithology in bore-hole records from the adjacent Amundsen Sea and far Ross Sea we estimated these dipping strata to have been developed since the onset

of glaciation in the Miocene. On the inner and middle shelf we can identify at least four events of an ice sheet expansion. We consider the West Antarctic Ice Sheet to have responded quickly and sensitively to climate variations already throughout the Neogene.

**S1-09** – Di 24.3 09:30 - 09:50 HS D · Marine Geophysik

*Wiggershaus, S., Lüdmann, T., Betzler, C., Hübscher, C. (Universität Hamburg)*

**Plio-quartäre Sedimentation am südwestlichen Kontinentalrand Mallorcas**

E-Mail: susan.wiggershaus@zmaw.de

Reflexionsseismische Untersuchungen am südwestlichen Kontinentalrand Mallorcas belegen, dass das Ablagerungsmilieu nach dem Miozän einerseits durch gravitative Massenumlagerungen, andererseits im besonderen Maße durch Bodenströmungen kontrolliert wird. Die Auswertung von Multikanalseismik-, Parasound- und Multibeam-Daten erfolgte im Rahmen des von der DFG geförderten STRATEC Projektes. Über der prä-pliozänen Abfolge (s. Hübscher et al.), konnten sieben Ablagerungseinheiten seismostratigraphisch kartiert werden. Drei der Einheiten weisen eindeutige Indizien für strömungskontrollierte Ablagerungsgeometrien auf. Sie bilden langgestreckte Driftkörper am Kontinentalhang, die durch ein komplexes Strömungsmuster in Wassertiefen zwischen 300-600 m modelliert wurden. Wir nehmen an, dass hier zwei markante Meeresströmungen, eine parallel der Konturen und eine hangabwärts gerichtete, seit dem Pliozän aktiv sind. Erstere stellt vermutlich einen Zweig des Levantinischen Zwischenwassers dar, welches entlang der Balearischen Plattform fließt. Letztere interpretieren wir als Bodenströmung, die als Folge von Downwelling aus dem absinkenden Oberflächenwasser entsteht. Der Downwelling-Prozess wird durch starke Winde begünstigt, die das Wasser vor der Küste Mallorcas aufstauen. Der Prozess wird auch durch ein Sedimentwellenfeld, welches am oberen Kontinentalabhang liegt und parallel der Schelfkante streicht, dokumentiert. Am südwestlichen Kontinentalrand Mallorcas, im Tiefenbereich zwischen 350-400 m treffen beide Wassermassen aufeinander und es kommt zur Durchmischung und vermutlich als Folge daraus zu einer drastischen Reduzierung der Strömungsenergie. Nordwestlich der Durchmischungszone lassen sich daher keine Driftsedimente mehr nachweisen.

**S1-10** – Di 24.3 09:50 - 10:10 HS D · Marine Geophysik

*Uenzelmann-Neben, G. (Bremerhaven), Schlueter, P. (Alfred-Wegener-Institut,)*

**Conspicuous seismic reflections in Upper Cretaceous sediments as evidence for black shales off South Africa**

E-Mail: Gabriele.Uenzelmann-Neben@awi.de

The Upper Cretaceous is commonly associated with greenhouse climate, Oceanic Anoxic Events (OAE), and the ongoing break up of Gondwana, which



resulted in strong variations of the ocean's currents flow paths and climate change. Little is known about these changing conditions, in particular south of South Africa. A high resolution seismic reflection data set from the submarine Transkei Basin off South Africa revealed various depositional stages for this region for the past 90 Ma. In these seismic sections, a recurrently appearing high amplitude horizon within weak to homogeneous Upper Cretaceous reflections was observed. Due to the inaccessibility of any drill hole data from the Transkei Basin and adjacent regions, the origin of this reflector is difficult to specify. It is roughly dated at 80-85 Ma, which falls well within the last big OAE in Upper Cretaceous (OAE 3). A seismic stratigraphic analysis led to an exclusion of several features as the origin for this reflector, such as gas hydrates, opal bearing horizons or biogenic oil. Other possible features, such as lithologic variations, intrusions, or black shales are discussed in more detail. According to its appearance and reflection characteristics it could possibly be the first report of black shales in this region.

**S1–11** – Di 24.3 10:10 - 10:30 HS D · Marine Geophysik

*Leinweber, V. T. (Bremerhaven, AWI), Aslanian, D. (Brest, IFREMER), Reichert, C. (Hannover, BGR), Matias, L.M. (Lissabon, CGUL), Neben, S. (Bremerhaven, AWI), Heyde, I., Schreckenberger, B. (Hannover, BGR), Klingelhoefer, F. (Brest, IFREMER), Jokat, W. (Bremerhaven, AWI)*

### **Refraktionsseismische Studie am Kontinentalrand vor Mosambik im Kontext des Gondwana-Aufbruchs**

E-Mail: [Volker.Thor.Leinweber@awi.de](mailto:Volker.Thor.Leinweber@awi.de)

In Gondwana, jenem Superkontinent, welcher bis zu seinem Aufbruch vor etwa 160 Millionen Jahren den größten Teil der heutigen südlichen Landmasse der Erde umfaßte, grenzte der Südosten des heutigen Afrikas an die Küstengebiete Antarcitas, genauer an die Gebiete des Dronning Maud Landes bis zur Küste der Riiser-Larsen-See. Die Aufbruchsgeschichte Gondwanas ist komplex und in einigen wichtigen Details aufgrund fehlender Daten noch immer unklar. Im Zuge der Expedition MoBaMaSis (Mozambique Basin Marine Seismic Survey) im September/Oktober 2007 mit der französischen N/O Marion Dufresne II wurden in Kooperation von BGR (Bundesanstalt fuer Geowissenschaften und Rohstoffe), AWI (Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven) und IFREMER (Institut français de recherche marine) die ersten zwei refraktionsseismischen Profile vor Mosambik überhaupt geschossen. Die Länge der in einem Abstand von 111 km parallel verlaufenden Profile betrug 510 bzw. 310 km. Das längere Profil wurde mit 35 Ozeanbodenseismometern instrumentiert und das kürzere mit 11. Beide Profile wurden an Land mit Seismometern verlängert. Zur Erzeugung der seismischen Schüsse wurde eine Anordnung von 8 Luftdruckkanonen mit einem Gesamtvolumen von 67,2 l verwendet. Die Modellierung der beiden Profile gibt Auskunft über die Grenze zwischen kontinentaler und ozeanischer Kruste und zeigt jeweils die Existenz eines Körpers hoher seismischer Geschwindigkeit

(7.00-7.50 km/s) in der unteren Kruste. Die ozeanische Kruste besitzt auf dem nördlichen Profil eine Mächtigkeit von 6-8 km und auf dem südlichen Profil eine Mächtigkeit von 8-9.5 km. Die kontinentale Krustendicke beträgt ca. 36 km, basierend auf der Auswertung der Landstationsdaten. Die Sedimentmächtigkeiten betragen entlang des nördlichen Profils bis zu 7,5 km im Kontinentalhangbecken und 6-8,5 km auf der ozeanischen Kruste, entlang des südlichen Profils bis zu 8 km im Kontinentalhangbecken und 6,5-9 km auf der ozeanischen Kruste. Vergleiche mit von Leitchenkov et al. 2008 publizierten Daten aus der Riiser-Larsen See zeigen Übereinstimmungen hinsichtlich der Krusten- und Sedimentmächtigkeiten.

**S1-12/13** – Di 24.3 10:50 - 11:30 HS D · Marine Geophysik

*Müller, C. (Wellington, GNS-Science), Woelz, S. (Wellington, VUW), Jokisch, T. (Oslo, PGS), Schulte-Kortnack, D. (Kiel, CAU), Wendt, G. (Rostock, Universität Rostock), Rabbel, W. (Kiel, CAU)*

**Close to seabed high resolution 3D seismic acquisition systems: A review**

E-Mail: [c.mueller@gns.cri.nz](mailto:c.mueller@gns.cri.nz)

Over the last ten years systems for marine 3D seismic acquisition, as initially only used by the hydrocarbon industry, became available to research at different scales of resolution. This is mainly due to the availability of centimeter precision RTK-GPS systems and powerful of-the-shelf computer hardware.

Kiel University developed over the past four years a very high resolution marine 3D seismic acquisition system from the ground up. It provides fast and routine full 3D data acquisition, processing and imaging for water depths starting from 50 cm. A 100 m by 100 m area can be scanned in one day with horizontal resolution  $> 50$  cm and vertical resolution  $> 7$  cm. The system was named SEAMAP-3D (SEismo-Acoustical Marine Archaeological Prospecting in 3D). Although it was initially targeting areas of archaeological interest, it is even better suited for geological investigation, such as paleo-landscape mapping, coastal development and neotectonic studies.

SEAMAP-3D implemented know-how and experience from an earlier 2.5D multichannel feasibility experiment, deploying two streamers and a Boomer seismic source from a 50 m research vessel (FS-Alkor). A seismic data cube imaging a sub-seabed Pleistocene channel system in 20 m water depth was acquired in Kiel Bay (Baltic Sea). The mapped area was 600 m by 2000 m with a horizontal resolution of approx. 1 m inline and 20 m crossline.

We will give an overview of available systems with a focus by example on SEAMAP-3D, illustrating achievable data quality down to the decimeter resolution range.

Web page: <http://www.seamap-3d.de>

**S1-14** – Di 24.3 11:30 - 11:50 HS D · Marine Geophysik

*Sticher, A., Bialas, J. (Kiel)*

### **3D-Tomographie am Mittelatlantischen Rücken 9-10°S**

Das Projekt ASTERICS (= Geophysikalische Studien nahe der Ascension Transformstörung: Evolution der Rückensegmentation und Krustenstruktur) untersucht die Krustenstruktur der Ascension Transformstörung (AFZ). Die Ascension Versatzstelle stellt eine doppelte Störung dar, die sich aus zwei parallelen Versätzen/Brüchen (nördliche Ascension Fracture Zone - NAFZ - und südliche Ascension Fracture Zone - SAFZ) in einem kurzen Segmentverbund bildet. Derartige doppelte Versatzsegmente sind eine, besonders im Südatlantik, weit bekannte Eigenart des MAR (Mittelatlantischen Rückens), die jedoch bisher wenig verstanden sind.

Südlich der SAFZ können vier Spreizungssegmente identifiziert werden, von denen das Teilstück A-3 Gegenstand dieses Vortrages ist. Es zeichnet sich durch einen gut erkennbaren Mittel-Rücken aus, der als Ort ausgeprägten Magmatismus angesehen werden kann.

Die Struktur des Segmentes A-3 ist durch ein gut ausgebildetes Rückenhoch charakterisiert. Die MBA (Mantel-Bouger-Anomalie) zeigt hier ein ausgeprägtes zentrales Schweretief, das durch verdickte Kruste und/oder aufsteigenden Mantel erklärt werden kann.

Die Bathymetrie aus Multibeamdaten zeigt eine Aufwölbung in der Mitte des Untersuchungsgebietes. Um diese Erhebung wurden zwölf OBS/H quadratisch auf fünf Profilen ausgelegt.

Erste Ergebnisse der 3D-Tomographie zeigen eine erhöhte Geschwindigkeit in der Mitte des Messgebietes, die nicht mit dem Hydrothermalfeld Lilliput in Verbindung gebracht werden kann, ebenso nicht mit der Tiefe.

*Webseite:* <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=asterics>

**S1-15** – Di 24.3 11:50 - 12:10 HS D · Marine Geophysik

*Grevemeyer, I. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **Spannungstransfer und Erdbebenzyklus in der Kurilen Subduktionszone**

Zeitliche Variationen in der Kopplung zwischen der abtauchenden ozeanischen Lithosphäre und der kontinentalen Oberplatte beeinflussen die räumliche und zeitliche Verteilung von Erdbeben sowohl in der Kopplungszone als auch in der Region seewärts des Tiefseegrabens (engl. Outer Rise). Seismische Lücken in Subduktionszonen charakterisieren Regionen wo die Ober- und Unterplatte gekoppelt sind (Seismogene Kopplungszone). Bedingt durch die Kopplung befindet sich der Outer Rise in einem Spannungszustand der durch Kompression gekennzeichnet ist. Kommt es zum Bruch in der seismogenen Kopplungszone wirkt

die Zugspannung der gesamten subduzierten Platte auf den Outer Rise. In diesem Zustand wirkten extensive Kräfte. Erdbebenmechanismen spiegeln die unterschiedlichen Spannungszustände wieder. Eine Erdbebensequenz im Kurilen Graben aus den Jahren 2006 und 2007 schien das gängige Modell des Erdbebenzyklus in Subduktionszonen zu bestätigen. Ein Überschiebungsbeben  $M_s=7.2$  im Outer Rise aus dem Jahre 1963 wurde generell als Indikator für das große seismische Potential der seismischen Lücke zwischen  $49.5^\circ\text{N}$  und  $46^\circ\text{N}$  gewertet. In der Tat, im Jahre 2006 entluden sich die in der Kopplungszone aufgebauten Spannungen in einem großen  $M_w=8.3$  Erdbeben. Nach dem das Beben am 15. November 2006 statt fand, ereigneten sich nur 40 Minuten später zahlreiche kleinere Beben im Outer Rise. Knapp 60 Tage später fand am 13. Januar 2006 ein großes  $M_w=8.1$  Abschiebungsbeben im Outer Rise statt. D.h., der Spannungszustand im Outer Rise hatte sich innerhalb kürzester Zeit umgekehrt. Wider den Erwartungen fand am 15. Januar 2009, nur knapp zwei Jahre später, im Outer Rise ein  $M_w=7.4$  Überschiebungsbeben statt. Das Auftreten dieses Erdbebens widerspricht unserem gängigen Verständnis über den Spannungstransfer zwischen der seismogener Kopplungszone und dem Outer Rise. Um den Spannungszustand im Outer Rise zu untersuchen, habe ich die Herdprozesse der beiden Ereignisse mittels Wellenforminversion detailliert untersucht und den Herdmechanismus und das Maximum der freigesetzten Energie (Centroid) bestimmt. Beide Beben scheinen in unterschiedlichen Tiefenbereichen der Lithosphäre stattgefunden zu haben, wobei Extension den oberen und Kompression den unteren Teil der Lithosphäre dominieren. Im Rahmen des Vortrags werden unterschiedliche Modelle diskutiert, welche die Beobachtungen und den Spannungstransfer erklären.

**S1–16** – Di 24.3 12:10 - 12:30 HS D · Marine Geophysik

*Barckhausen, U. (BGR Hannover), Cande, S.C. (San Diego), Engels, M. (BGR Hannover)*

### **Magnetische Anomalien im Ostpazifik zwischen $15^\circ\text{S}$ und $15^\circ\text{N}$**

Im äquatorialen Ostpazifik haben die magnetischen Anomalien überwiegend eine ungefähr N-S ausgerichtete Streichrichtung, da sie als Seafloor Spreading Anomalien ihren Ursprung am ebenfalls etwa N-S ausgerichteten Ostpazifischen Rücken haben. Im horizontal ausgerichteten Erdmagnetfeld im Bereich des magnetischen Äquators haben diese Anomalien nur sehr geringe Amplituden im Totalfeld und sind deshalb mit den üblichen schiffsgebundenen Messungen mit Protonenmagnetometern schwierig zu identifizieren. Hinzu kommt, dass die erdmagnetischen Variationen in dieser Region durch den Äquatorialen Elektrojet besonders ausgeprägt sind und häufig im Totalfeld eine tagesperiodische Amplitude haben, die größer ist als diejenige der magnetischen Krustenanomalien. Deshalb existieren bis heute in weiten Gebieten des Ostpazifiks zwischen  $15^\circ\text{S}$  und  $15^\circ\text{N}$  keine zuverlässigen Identifikationen von Seafloor Spreading Anomalien.

Auf zwei Forschungsfahrten in dieser Region in den Jahren 2004 und 2008

konnten die oben dargestellten Probleme mit modernen Magnetometern überwunden werden: Mit einem Gradientenmagnetometer wurden variationsfreie Totalfelddaten in hoher Qualität gemessen und mit einem Vektormagnetometer konnte insbesondere die Vertikalkomponente gemessen werden, in der die Anomalien eine etwa doppelt so große Amplitude haben wie im Totalfeld. Aus den neuen Daten zusammen mit neu prozessierten Altdaten und einigen vom Flugzeug aus gemessenen Vektormagnetometer-Profilen können die Seafloor Spreading Anomalien in größeren Gebieten des Ostpazifiks zwischen 15°S und 15°N verlässlich identifiziert werden.

**S1-17** – Di 24.3 12:30 - 12:50 HS D · Marine Geophysik

*Bialas, J., Krabbenhöft, A., Netzeband, G. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

**SO-191 - New Vents: Seismische Analyse von Gasaustritten vor Neuseeland**

E-Mail: [jbialas@ifm-geomar.de](mailto:jbialas@ifm-geomar.de)

Im globalen Bio-Geo-System spielt der Methankreislauf eine entscheidende Rolle. Methan-Austrittsstellen am Meeresboden stellen eine wichtige Schnittstelle dar zwischen dem Methan, das im Sediment gebunden ist und dem Methan in der Wassersäule. Das Ziel der Sonne-Fahrt SO191 zur Nordinsel Neuseelands war die Erforschung der dortigen submarinen Methantransportprozesse. Obwohl der Hikurangi Kontinentalrand stark entlang seiner Achse variiert, treten Methan-Austrittsstellen generell am Mittelhang auf, auf den Rücken oberhalb von Überschiebungsstörungen. Die Sedimentdecke in diesen Gebieten variiert ebenfalls deutlich. Während die Sedimente in Builders Pencil vermutlich dem Miozän oder frühen Pliozän zugeordnet werden können, und deutliche Störungen aufweisen, entstammen die Ablagerungen in Wairarapa dem späten Pleistozän und sind weitgehend ungestört. In Wairarapa wurde an einigen Seeps hohe Aktivität nachgewiesen, mit bedeutender Methankonzentration direkt oberhalb des Meeresbodens, während die Gegend um Builders Pencil derzeit inaktiv scheint. Die Meeresboden-Topographie der Methan-Austrittsstellen weist in Builders Pencil häufig kleine Senken aus, Pockmarks. In Wairarapa dagegen ist der Meeresboden oberhalb der Gasaustrittsstellen flach oder bisweilen leicht zu einem Höcker erhöht.

Die seismischen Abbildungen von Seeps aus beiden Gebieten sind sich sehr ähnlich. Unabhängig von den unterschiedlichen geologischen Voraussetzungen können also vergleichbare sedimentäre Methan-Transportprozesse am gesamten Hikurangi Kontinentalrand erwartet werden, sofern Seep-Aktivität vorliegt.

Webseite: <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=3492>

**S1-18** – Di 24.3 12:50 - 13:10 HS D · Marine Geophysik

*Jintasaeranee, P., Weinrebe, W., Flüh, E.R. (Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR), Kiel, Germany), Snidvongs, A. (Department of Marine Science, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand)*

### **Morphodynamics of the Andaman Sea Shelf Break, Thai EEZ**

The primary aim of the project "Morphodynamics and Slope Stability of the Andaman Sea Shelf Break" is the in situ characterization of the slope of the Andaman Shelf in Thai EEZ with special emphasis on previous slope failures and a possible tendency to fail in the future. The first cruise of the project was conducted in November-December 2006, the second cruise in October-November 2007 using the RV Chakratong Tongyai. Both cruises were devoted to hydroacoustic mapping of the shelf break and the slope. A multibeam bathymetric echosounder (MB) and a parametric sediment echosounder (sub-bottom profiler; SBP) were used to map the bathymetry and the thickness and structure of the uppermost sedimentary layer of hitherto unexplored parts of the shelf break in the Andaman Sea.

An area of more than 3,000 km<sup>2</sup> in the southwestern corner of the Thai EEZ in the Andaman Sea was successfully mapped. The data cover the upper shelf break from about 500 m down to about 1,400 m water depth. Three especially interesting slope areas and three plateaus are seen in the bathymetric map. In addition, one mud volcano and more than 10 mounds in the mud volcano area have been indentified. The processing of the SBP data is still ongoing, so far 34 locations that had distinct morphologic and/or unusual sediment seismic features in this survey area were studied. Most of these (30) anomalous features were attributed to areas with possible occurrence of low-density fluids or gases in the shallow sediment layers. Almost all of these fluid or gas deposits were in lower slope areas with water depth greater than 900 m. In addition, several manifestations of fluid venting were also mapped on the upper shelf edge at water depths of about 600 m. Some of these shallower vents could form mounds with diameters of up to 500 m and heights of up to 50 m. Diffuse reflections in the vicinity of the mounds and strong signals not related to seafloor reflections indicate the presence of uprising bubbles or gas flares.

**S1-19** – Mi 25.3 08:30 - 08:50 HS D · Marine Geophysik

*Wilken, D., Rabbel, W. (Universität Kiel)*

### **Anwendung und Vergleich von Schwarmintelligenz-Optimierungsmethoden zur Inversion von Scholtewellen**

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

Die Bestimmung der Scherwellengeschwindigkeit in flachmarinen Sedimenten ist u.a. für die Abschätzung der Stabilität des Meeresbodens als Baugrund von großem Interesse. Hierzu sei nun die Dispersion von Scholtewellen betrachtet, welche ausgenutzt wird, um Scherwellengeschwindigkeitsprofile zu invertie-

ren. Zur Optimierung der Anpassung von vorwärts modellierten Dispersionskurven an gemessene Phasenlangsamsamkeits - Frequenzspektren werden in dieser Arbeit unterschiedliche Schwarmintelligenz - Optimierungsalgorithmen vorgestellt und in ihrer Leistung untereinander und mit anderen Verfahren wie Downhill-Simplex und Simulated Annealing verglichen.

Die Motivation der Nutzung globaler stochastischer Verfahren in der Inversion von Oberflächenwellen ist die hohe Multimodalität des Problems, welche ein sehr gutes Startmodell bei der Nutzung direkter lokaler Optimierungsverfahren benötigt. Der Einsatz der Schwarmintelligenzmethoden zeigt sich als effektives Verfahren zur Inversion mit vergleichsweise geringer Anforderung an a priori Informationen und führt zu starker Verbesserung der Geschwindigkeitsauflösung des Geschwindigkeitsmodells.

**S1–20** – Mi 25.3 08:50 - 09:10 HS D · Marine Geophysik

*Breitzke, M. (Bremen)*

**Acoustic impact of seismic research surveys on marine mammals in the Southern Ocean - Geophysical contributions to a risk assessment study**

E-Mail: [Monika.Breitzke@uni-bremen.de](mailto:Monika.Breitzke@uni-bremen.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. To assess the potential risk of such research surveys posed on marine mammals a risk assessment study was prepared by the Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research (AWI), Bremerhaven. The geophysical contributions to this risk assessment study focus on 3 topics: (1) regional and seasonal distribution of seismic surveys, (2) in-situ calibration of air gun configurations used by R/V Polarstern, (3) modeling sound propagation of single shots and cumulative effects of multiple shots along a seismic line.

The studies on the regional and seasonal distribution of seismic surveys are based on the Seismic Data Library System for Cooperative Research (SDLS). They indicate that seismic research surveys conducted by the AWI focused on two areas: the Weddell Sea and the Amundsen/Bellinghousen 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.

An in-situ calibration of the air gun configurations used by R/V Polarstern was conducted in the Herdlefjord, Norway in October 2003. The objective was to study the spatial distribution of the sound pressure levels emitted by the different air gun configurations, to describe their frequency content, and to derive nominal source levels and mitigation radii for different thresholds. The analysis of the recorded data shows that back-calculated zero-to-peak source levels range from 224 to 240 dB re 1 uPa at 1 m for a single GI gun (0.7/1.7 l) to an 8 VLF gun array (24 l). Mitigation radii derived from the sound exposure levels (SEL) of

single shots vary between 50 and 300 m for a 183 dB SEL threshold.

For sound propagation modeling a 2.5D finite-difference code provided by T. Bohlen (TU Bergakademie Freiberg) was used. Notional signatures computed by the NUCLEUS software (PGS) are used as source signals. Sound velocity profiles typical for deep and shallow water in the Amundsen/Bellinghausen and Weddell Sea are used to include the properties of the water column. A reflection coefficient of 0.2 is assumed at the sea floor. The sound pressure fields of the single shots clearly show the bending of the isobars due to upward refraction in the water column. As well, near-surface sound channeling due to a near-surface duct is obvious. The sound pressure fields of multiple shots fired along a seismic line show a cigar-like elongation of the isobars. Nominal zero-to-peak source levels range from 235 to 251 dB re 1 uPa at 1 m for a single G gun (8.5 l) to an 8 G + 1 Bolt gun cluster (100.9 l). Mitigation radii derived from multiple shots isobars vary between 25 and 187 m for a 198 dB SEL threshold.

**S1-21** – Mi 25.3 09:10 - 09:30 HS D · Marine Geophysik

*Zhu, J., Kopp, H., Flüh, E.R., Klaeschen, D., Papenberg, C., Planert, L. (Kiel)*

**Crustal structure of the central Costa Rica subduction zone: implications for basal erosion from seismic wide-angle data**

E-Mail: [jjzhu@ifm-geomar.de](mailto:jjzhu@ifm-geomar.de)

On the Pacific margin off central Costa Rica, an anomalous lens-shaped zone is located between the overriding plate and the subducting oceanic lithosphere approximately 25 km landward of the deformation front. This feature was previously recognized in reflection seismic data when it was termed megalens. Its origin and seismic velocity structure however could not unambiguously be derived from earlier studies. Therefore during RV SONNE cruise SO163, seismic wide-angle data were acquired in 2002 using closely spaced ocean bottom hydrophones and seismometers along two parallel strike and two parallel dip lines above the megalens, intersecting on the middle slope. The P-wave velocities and structure of the subducting oceanic Cocos Plate and overriding Caribbean Plate were determined by modeling the wide-angle seismic data in combination with the analysis of coincident reflection seismic data and the use of synthetic seismograms. The margin wedge is defined by high seismic velocities (4.3-6.1 km/s) identified within a wedge-shaped body covered by a slope sediment drape. It is divided into two layers with different velocity gradients. The lower margin wedge is clearly constrained by decreasing velocities trenchward and terminates beneath the middle slope at the location of the megalens. Seismic velocities of the megalens are lower (3.8-4.3 km/s) relative to the margin wedge. We propose that the megalens represents hybrid material composed of subducted sediment and eroded fragments from the base of the upper plate. Upward-migrating over-pressured fluids weaken the base of the margin wedge through hydrofracturing, thus causing material transfer from the upper to the lower plate. Results from amplitude modeling support that the megalens observed off central Costa Rica is



bound by a low velocity documenting fluid drainage from the plate boundary to the upper plate.

**S1–22** – Mi 25.3 09:30 - 09:50 HS D · Marine Geophysik

*Worzewski, T., Jegen, M. (Kiel, IFM-GEOMAR und CAU), Brasse, H. (Berlin, Freie Universität, FR Geophysik), Taylor, W. (San Jose, Costa Rica, Instituto Costarricense de Electricidad)*

**Amphibious MT Experiment on Costa Rican Subduction Zone to investigate Deep Electrical Resistivity Structure**

E-Mail: [tworzewski@ifm-geomar.de](mailto:tworzewski@ifm-geomar.de)

The water content and its distribution play an important role in the subduction process. Water is released from the subducting slab in a series of metamorphic reactions and the hydration of the mantle wedge may trigger the onset of melting, weakening and changes in the dynamics and thermal structure of subduction zones. However, the amount of water carried into the subduction zone and its distribution are not well constrained by existing data and are subject of vigorous current research in SFB574 (Volatiles and Fluids in Subduction Zones: Climate Feedback and Trigger Mechanisms for Natural Disasters ).

We will show numerical modeling studies which are used to determine the resolution and sensitivity of the MT response to fluids in the crust and subducting slab under the special condition of a coastal setting. In 2007-2008 we conducted a long-period magnetotelluric investigations in northwestern Costa Rica on- and offshore, where the Cocos Plate subducts beneath the Caribbean plate.

Eleven marine magnetotelluric Stations newly developed and constructed by IFM-GEOMAR and University of Kiel were deployed on the 200 km long marine extension of the profile for several months. We will present the data and its processing, as well as our attempts to eliminate motion induced noise observed on some stations on the cliffy shelf due to tidal waves hitting the shelf and trench parallel- and perpendicular currents. The marine profile was extended landwards by the Free University of Berlin over length of 160 kilometers with further 18 stations. We present preliminary modeling results of land data, which revealed interesting features, inter alia a possible image of fluid release from the down-going slab in the forearc, as well as ongoing modeling of the combined on- and offshore data sets.

Web page: <http://www.sfb574.ifm-geomar.de>

**S1–23** – Mi 25.3 09:50 - 10:10 HS D · Marine Geophysik

*Hölz, S., Jegen, M. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **Erste Ergebnisse eines CSEM-Experiments auf dem Schlammvulkan *North Alex* im südöstlichen Mittelmeer**

Die Bestimmung der Leitfähigkeitsverteilung des Meeresbodens mittels der CSEM-Methode (Controlled source electromagnetics) kann Anhaltspunkte über die Verteilung von Fluiden und das mögliche Vorhandensein von Gasen oder Methanhydraten im Untergrund liefern. CSEM-Systeme bestehen aus einem elektrischen Dipolsender, der ein zeitlich variables Quellfeld erzeugt und Empfängern, welche die Antwort des Erdkörpers, d.h. hier des Meeresuntergrundes und der Wassersäule, messen. Industriell werden hierbei in der Öl-, Gas- und Methanhydratexploration CSEM-Systeme verwendet, die mit hohem technischen und personellem Aufwand betrieben werden und die in ihrer Dimensionierung auf die Untersuchung von großskaligen Leitfähigkeitsstrukturen ausgelegt sind.

Um Detailuntersuchungen an kleineren Strukturen, wie dem Schlammvulkan *North Alex* (ca. 0.5Km<sup>2</sup>), zu ermöglichen, wurde am IFM-GEOMAR ein neuartiges, kompaktes CSEM-System entwickelt. Das System besteht aus einem kleinen Sender, der zusammen mit einer Dipolantenne an einem kleinen ROV (remotely operated underwater vehicle) montiert werden kann. Als Empfänger dienen autonome OBEM-Stationen (ocean bottom electromagnetics), die stationär platziert werden und sowohl für die Aufzeichnung von CSEM-Signalen als auch für MT-Messungen (s. Gehrman et al., DGG 2009) verwendet werden können. Durch die variablen Positionierung des Senders mit dem ROV kann in der Umgebung der Empfänger quasi „tomographisch“ die 3-D Leitfähigkeitsverteilung gemessen werden. Im Hinblick auf die spätere Auswertung, stellt die physische Trennung von Sender und Empfängern besondere Herausforderungen an die Genauigkeit der Positionsbestimmung, die zeitliche Synchronisierung der Systeme und die generelle Auslegung des Experiments.

Das neue System wurde im November 2008 zum ersten Mal am *North Alex* eingesetzt: zehn OBEM-Empfänger wurden an insgesamt 16 Positionen ausgesetzt und in drei erfolgreichen Taucheinsätzen wurde der CSEM-Sender mit dem ROV *Cherokee* (Universität Gent, Belgien) an 80 Positionen auf dem Schlammvulkan platziert. Die erreichten Genauigkeiten bei der zeitlichen Synchronisierung und der Positionsbestimmung von Sendern und Empfängern, die Datenqualität im Vergleich zu einem geschleppten CSEM-System und erste Interpretationsergebnisse werden im Rahmen der Präsentation vorgestellt.

Dank gebührt RWE Dea für die finanzielle Ausstattung des am IFM-GEOMAR angesiedelten WND-Projekts (Westnildelta), in dessen Rahmen die vorgestellten Untersuchungen durchgeführt wurden.

**S1–24** – Mi 25.3 10:10 - 10:30 HS D · Marine Geophysik

*Bücker, M., Kenkel, J., Hördt, A. (Inst. f. Geophysik u. Extraterrestrische Physik, TU Braunschweig), Hanstein, T. (KMS Technologies - KJT Enterprises Inc.)*

### **Einfluss von Bathymetrie auf marine CSEM Messungen im Zeitbereich**

E-Mail: [m.buecker@tu-bs.de](mailto:m.buecker@tu-bs.de)

Elektromagnetische Verfahren zum Auffinden von Kohlenwasserstofflagerstätten am Meeresboden erleben einen starken Aufschwung, seitdem mit Messungen im Frequenzbereich Erdölreservoirs eindeutig detektiert werden konnten. Auch in transient elektromagnetischen Daten zeichnen sich die schlecht leitenden Reservoirs ab. Da die charakteristischen Signale sehr klein sein können, untersuchen wir mit Hilfe numerischer 3D-Simulationen, ob die Vernachlässigung von Bathymetrie zu Fehlinterpretationen führen kann.

Ein großskaliges Bathymetriemodell besteht aus einer von 1100m auf 100m Wassertiefe ansteigenden Flanke. Der Bathymetrieeffekt wird durch die „airwave“ dominiert, d.h. durch den an die Wasseroberfläche diffundierenden Signalanteil, der durch freie Propagation in der Luft schnell zum Empfänger gelangt. Das Eintreffen der „airwave“ hängt vom variierenden Abstand zwischen Sender und Wasseroberfläche ab und macht sich in den Daten deutlich bemerkbar. Als kleinskaliges Bathymetriemodell wurde ein 50m hoher Rücken simuliert. Die Effekte sind überwiegend zeitunabhängig und somit durch die Betrachtung eines großen Zeitbereiches gut zu identifizieren.

Da in beiden Fällen die Einflüsse von Bathymetrie und Erdölreservoir in der gleichen Größenordnung liegen, empfiehlt es sich, die Gestalt des Meeresbodens in die Auswertung realer Messdaten einfließen zu lassen, um das Risiko von Fehlinterpretationen zu verringern.

Webseite: <http://www.igep.tu-bs.de/forschung/geophysik>

**PS1–01** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Schulte-Kortnack, D., Wilken, D. (Universität Kiel), Müller, C. (ehem. Universität Kiel), Rabbal, W. (Universität Kiel)*

### **Entwicklung und Einsatz eines kostengünstigen Hochfrequenz-Ozean-Boden-Seismometers**

Im Rahmen des FINOSEIS Projektes zur seismischen in-situ Erkundung der Gründungsbedingungen und Quantifizierung von Risiken an Offshorebauwerken wurde an der CAU Kiel ein kostengünstiges Flachwasser Hochfrequenz-OBS entwickelt. Motiviert ist die Entwicklung durch die Anforderungen von Überwachungsmessungen zur Ermittlung struktureller Veränderungen des Untergrundes infolge des Baus und der weiteren mechanischen Einwirkung der Gründung der Forschungsplattform FINO3. Die Messungen erfordern eine auf wenige Meter genaue Relokalisierung der Seismometer zur örtlichen Korrelation der Mes-

sungen. Das genutzte Konzept der Lokalisierung basiert auf der Verwendung einer hochfrequenten Boomerquelle, deren Signale von dem mit bis zu 11kHz auflösenden OBS aufgezeichnet werden. Die Laufzeiten der Signale im Wasser können dann zur Relokalisierung des Gerätes am Meeresboden verwendet werden.

Das System beinhaltet einen Embedded PC, gekoppelt mit einem Zweikanal 24Bit A/D-Wandler und rauscharmen Vorverstärkern zur Akquisition von Signalen eines 4.5Hz Vertikal-Geophons und eines omnidirektionalen Breitband-Hydrophons. Das vorgestellte OBS-Konzept wurde bereits im Rahmen von mehreren Messfahrten an verschiedenen Lokationen in Nord- und Ostsee zu refraktionsseismischen Messungen und Oberflächenwellenmessungen erfolgreich eingesetzt. Diese Arbeit präsentiert den technischen Aufbau des System sowie Datenbeispiele der Messkampagnen.

### **PS1-02** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Palic, J.-H. (Kiel University), Müller, C. (GNS-Science, Wellington), Rabbel, W. (Kiel University)*

#### **Accurate visual detection and positioning of towed marine seismic devices**

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

Visual object detection as well as tracking is one of the major topics in computer vision. The implementation in marine geophysical exploration leads to an alternative positioning method for the used marine devices. Common used systems for positioning are GPS receivers or transducer systems. Costs for these systems increase rapidly with needed accuracy and objects to be tracked. In this work a visual detection system for positioning of a towed marine hydrophone array is presented. It consists of either a single camera or a stereo camera rig, tracking the movement of receiver related optical reflection bodies behind a research vessel. The positions of these objects in the acquired pictures are related to DGPS information, adding inertia sensor data of the ship. Different positioning computations using one camera or a stereo camera rig are compared to each other and reviewed using field data and a synthetic experiment. The synthetic experiments, concerning only the detection and positioning results, show that the accuracy of the developed system is sufficient for positioning of equipment in the marine seismic domain. Using sufficiently accurate GPS and inertia devices the developed system is a low cost alternative for positioning towed marine devices.

PS1-03 – Mo,Di · Marine Geophysik

*Hensch, M., Hort, M., Dahm, T., Winter, S., Klawonn, M. (Institut für Geophysik, Hamburg)*

### **The new Hamburg Ocean Bottom Tiltmeter: A First Deployment at Columbo Seamount, Aegean Sea**

E-Mail: martin.hensch@zmaw.de

Assessing the state of volcanic activity of seamounts is quite more complicated than for onshore volcanoes, due to the difficulty of deploying instruments. At land, various techniques are applied (seismic networks, deformation studies, gas measurements etc.). At sea, mainly seismological observations are used. However, especially onshore deformation studies using INSAR have proven to be valuable in determining recharge of magmatic systems.

We therefore developed a free fall, self leveling Ocean Bottom Tiltmeter (OBT) to observe deformation on the seafloor, using a two component high resolution tilt sensor with a resolution of about  $1\text{rad}$  ( $0.15\mu^\circ$ ) and a maximum signal of about  $0.045\text{rad}$  ( $2.5^\circ$ ). It is mounted inside a 17 inch glass sphere on a levelling stage, which relevels the instrument between  $\pm 5^\circ$  down to an accuracy of  $0.006^\circ$ . During the measurement this leveling stage is standing on the bottom of the glass sphere. For releveling, the instrument is pulled up by thin nylon strings and then locked to a gimbal system in order to compensate for tilt  $> 5^\circ$ . This releveling procedure is done once every 48 hours. Data is recorded on an 18 bit data logger at 50 Hz sampling rate.

Additionally to tilt and seismic signals (using a hydrophone), temperature, absolute pressure to measure uplift or subsidence, and orientation (electronic compass) are monitored.

4 OBT systems were deployed between June 2006 and March 2007 at Columbo seamount, a submarine volcano north-east of Santorini island, Aegean Sea, Greece, on a 3 km long profile perpendicular to the first principal stress axis of the regional stressfield. Three of the instruments operated the whole time, one shut down due to a short circuit. First data processing indicates that small regional earthquakes as well as major tectonic earthquakes are properly recorded by the system. We find small, but permanent short-period deformations associated with local earthquakes and also observe long-period deformation processes occurring over a period of days. Additionally, subsidence of two stations relative to a third is observed with the absolute pressure gauges.

The implications of these findings and the general operational principle of these instruments will be discussed in detail in the presentation.

**PS1-04** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Buttkus, B. (formerly BGR, Hannover)*

**Reduction of Water Reverberation Multiples by Kalman Filtering**

E-Mail: bbuttkus@t-online.de

Multiple reflections generated by the sea bottom can strongly restrict the interpretation of marine seismic measurements. Their suppression by data processing has been tackled since several decades, but still is a problem.

The Kalman technology offers an alternative to standard deconvolution methods (Mendel and Kormylo, 1978). It describes a process by differential equations using state variables. To remove water reverberation multiples I have extended the delayed-state measurement Kalman algorithm (Brown and Wang, 1997). Further, Kalman spike deconvolution is integrated (Frischmuth, 1998). The multiple suppression process requires the knowledge of two parameters, which are derived from the seismic data: the reflection coefficient at the sea-floor and the period of the water bottom multiples.

Synthetic seismograms, stacked data as well as pre-stack data are processed to assess the effectiveness of the process. The multiple suppression results are excellent for synthetic data. For field data the water reverberation multiples are also strongly reduced while the continuity of primary reflections is preserved even where strong multiples interfere. However, residuals of multiples, which may mask weaker primary reflections, still exist after Kalman processing probably due to incorrect models for the multiple reflections with erroneous estimates of the required parameters.

Brown, R.G. and Hwang, P. [1997] Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, John Wiley and Sons, New York, third edition, 484 pp.

Frischmuth, U. [1998] Das erweiterte Kalman-Filter zur Unterdrückung harmonischer Störsignale in der Seismik, Diss., Techn. Univ. Clausthal, 151 pp.

Mendel, J.M. and Kormylo, J. [1978] Single-Channel White-Noise Estimators for Deconvolution, Geophysics, 40, 102-124.

**PS1-05** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Schwarzbach, C., Börner, R.-U., Spitzer, K. (Freiberg)*

**Finite element solution of marine CSEM problems using adaptive mesh refinement**

E-Mail: schwarzb@geophysik.tu-freiberg.de

The consideration of seafloor topography is one of the problems realistic marine CSEM simulations have to face. Bathymetric data is easily incorporated if the underlying boundary value problem is solved numerically, e. g., by the finite element method, and the domain is discretized by unstructured tetrahedral or hexahedral meshes. Starting from a coarse initial mesh which just takes into account the model geometry a sequence of meshes is constructed such that the

mesh is locally refined where the solution error is largest. The *a posteriori* error indicator of Beck and Hiptmair (1999) is used to estimate the solution error. Given the finite element approximation of the electric field an approximation of the magnetic field can be derived in two different ways. The difference between these two approximations normalized by the magnetic field energy serves as an error indicator which can guide mesh refinement.

A scattered/secondary field approach is used to improve solution accuracy. The incident/primary field is defined by the full-space solution of a horizontal electric dipole which can be computed comparatively fast. Comparison of the finite element solution for a typical two-layered, flat seafloor scenario with the analytical solution shows relative errors of about 1% in the simulated scattered field. Introduction of seafloor topography significantly distorts the otherwise regular electromagnetic field pattern.

References:

Beck, R., & Hiptmair, R. (1999). Multilevel solution of the time-harmonic Maxwell's equations based on edge elements. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 45, 901–920.

**PS1–06** – Mo,Di · Marine Geophysik

Uenzelmann-Neben, G. (Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven), Huhn, K. (Marum, Universitaet Bremen, Bremen)

**Sedimentary deposits on the southern South African continental margin: indications for the paths of oceanic currents?**

E-Mail: Gabriele.Uenzelmann-Neben@awi.de

Seismic profiles extending from the southern South African shelf into the deep sea reveal a strong erosional activity, which affects large parts of the continental margin. Recent to Oligocene sequences and in places, the complete sedimentary column appear to have been removed. Mass movements were considered as the origin of this erosion. However, structures indicating slumping could only be identified in a few places. The erosional activity is confined to specific water depths, which correlate well with the activity levels of water masses observed here. We thus suggest that the Agulhas Current, Antarctic Intermediate Water, North Atlantic Deep Water, and Antarctic Bottomwater have intensively shaped the sedimentary sequences for a considerable period. It is difficult to estimate the duration of the erosion from seismic data alone. Numerical simulation of sediment transport and erosion is needed to indicate the onset of the erosional activity.

**PS1-07** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Heyde, I., Block, M., Reichert, C., Schreckenberger, B. (Hannover, BGR)*

**Aufbau des Kontinentalrandes von Zentral Mozambique aus seegeophysikalischen Untersuchungen**

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

Im September/Oktober 2007 führte die BGR in Kooperation mit Partnern aus Frankreich, Portugal und Deutschland die Fahrt MoBaMaSis (Mozambique Basin Marine Seismic Survey) mit dem Forschungsschiff MARION DUFRESNE durch. Ziel der seegeophysikalischen Untersuchungen vor Zentral Mozambique war die Untersuchung des strukturellen Aufbaues und der Bildungsgeschichte des passiven Kontinentalrandes, insbesondere in Hinblick auf das Kohlenwasserstoffpotenzial und die Öffnungsgeschichte von Ost-Gondwana.

Entlang von 4 Profilen über den Schelf in den Mozambique Kanal sowie etlicher Verbindungsprofile wurden mehrkanalseismische, magnetische und gravimetrische Daten gewonnen. Auf den östlichen 2 Profilen wurden darüber hinaus refraktionsseismische Daten sowohl offshore als auch an Land registriert.

Neben Ergebnissen der Mehrkanalseismik und der Magnetik werden insbesondere die Resultate der Gravimetrie vorgestellt. Es wurde ein 3D Dichtemodell der Schweredaten entwickelt. Im Bereich des Mozambique Beckens finden sich bis zu 8 km mächtige Abfolgen von jurassischen bis rezenten Sedimenten. Der Kontinentrand ist im Norden vulkanisch geprägt. Im Süden stellt das Beira Hoch eine besondere Struktur dar. Diese Grundgebirgshochlage mit geringer mächtigen Sedimenten ist durch ein deutliches Schwereminimum gekennzeichnet.

Webseite: <http://www.bgr.bund.de>

**PS1-08** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Kalvelage, C., Lüdmann, T., Betzler, C., Hübscher, C., Becker, K., Fürstenau, J., Lindhorst, S. (Universität Hamburg)*

**Die Malediven, eine Karbonatplattform im nördlichen Indik unter dem Einfluss starker Meeresströmungen**

Im Rahmen des BMBF Forschungsprojektes NEOMA (Das Neogen der Malediven) wurden neben Sedimentkernen Multibeam-, Parasound- und digitale reflexionsseismische Multikanal-Daten gewonnen. Zielsetzung des Projektes war es, die neogene Entwicklung der Malediven Karbonatplattform zu rekonstruieren. Dabei sollte insbesondere der Einfluss des Meeresspiegels und des Klimas auf die Plattformentwicklung, die Sedimentationsdynamik am Hang der Plattform und das Plattform-Drowning untersucht werden. Die Malediven, ein sich ca. 1000 km N-S erstreckender Archipel, mit einer Breite von ca. 100 km und einer Mächtigkeit von bis zu 3 km, ist eine der größten Karbonatplattformen der Welt. Die heute bis zu 3 km mächtige Plattform existiert seit dem Eozän, und ist durch zwei Atoll-Reihen charakterisiert, welche die Inner Sea einfassen. Die



Untersuchungen konzentrieren sich auf den nördlichen Teil der Plattform, in der Nähe des Male Atolls. Erste Ergebnisse der Interpretation der hydroakustischen Messdaten zeigen, dass die Entwicklung der seit dem Eozän existierenden Plattform ab dem oberen Miozän, statt wie zuvor durch Meeresspiegelschwankungen, im verstärkten Maß durch Meeresströmungen dominiert wird. Dies dokumentieren die anhand der seismischen Profile kartierten Ablagerungseinheiten. Sie weisen eindeutige Merkmale von Driftablagerungen auf. Hierzu gehören die langgestreckte, konvexe externe Geometrie, eine Erosionsdiskordanz an der Basis, kontinuierlich parallele interne Reflektoren, die im Bereich der maximalen Strömungsenergie konvergieren und die Koexistenz mit Sedimentwellenfeldern. Es wird vermutet, dass das Strömungsregime auf den Malediven durch den Monsoon gesteuert wird.

**PS1-09** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Becker, K., Betzler, C., Hübscher, C., Lüdmann, T., Lindhorst, S. (University of Hamburg)*

### **Giant seabed craters in the Inner Sea of the Maldives Carbonate Platform**

Giant circular seafloor depressions were discovered in the Inner Sea of the Maldives carbonate platform by means of seismic and hydroacoustic data during the Meteor cruise M 74/4 (NEOMA) in December 2007. These craters are found in a water depth of about 400 m. They have diameters ranging between 0.2-1.9 km and are up to 180 m deep. There are two endmember models which may explain the circular depressions which are 1) collapse craters or 2) fluid escape features (pockmarks). Both explanations do not exclude each other. Carbonate dissolution and /or fluid expulsion imply rising fluids.

A more than 100 m thick Eocene calcareous shale unit overlying the volcanic basement was reported by other authors. This unit includes a coal layer that may be considered as the source rock of gas. A high source rock potential is also reported for an early Oligocene subunit deposited under middle neritic conditions. We identified several types of craters. Some of them reveal underlying bright spots, other high-amplitude reflection packages which are interpreted as diagenetic fronts or gas-filled porous carbonates. Bright spots and high amplitude reflection packages are more abundant in the central axis of the middle sea and above the eastern flank of a N-S striking graben within the volcanic basement, where the oldest syn-rift sediments are present. Several craters group as lineaments with a striking direction similar to those of deep rooted faults in the volcanic basement. Vertically, the depressions correlate with transparent pipe-like zones revealing low seismic coherency and faults. Most of the crater bases can be correlated with one particular sedimentary sequence.

**PS1-10** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Contreras-Reyes, E., Grevemeyer, I., Watts, A.B., Planert, L., Flüh, E.R. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **Architektur der Louisville Hotspotkette abgeleitet aus tiefenseismischen Daten und Schwerefeldmessungen**

E-Mail: [igrevemeyer@ifm-geomar.de](mailto:igrevemeyer@ifm-geomar.de)

Im Rahmen der Expedition SO195 des FS SONNE wurde das refraktions- und weitwinkelseismische Profil P03 über die Louisville Hotspotspur abgeschossen. Als seismische Quelle wurde ein G-Gun-Array mit einem Kammervolumen von 84 Litern verwendet. Das 370 km lange Profil verläuft parallel zum Tiefsee-graben entlang der elastischen Aufwölbung der abtauchenden Lithosphäre. Diese Profilausrichtung wurde gewählt, um die Einflussnahme der in den Tonga-Tiefsee-graben abtauchenden Platte auf die Krustenstruktur zu minimieren. Insgesamt 35 Ozeanbodenseismometer wurden in 10 km Abstand ausgelegt. Die Datenqualität ist exzellent. Die meisten Stationen zeigen Einsätze in Entfernungen von 100 km; Stationen am südlichen Profilende zeigen seismische Signale in über 200 km Entfernung. Auf allen Instrumenten konnten sehr klare Krustenphasen (Pg), Reflexionen von der Krustenmantelgrenze (PmP) und eine im Mantel geführte Welle (Pn) beobachtet werden. Um den Aufbau der Tiefseekuppen mittels der seismischen Daten abzuleiten haben wir ein tomographisches Inversionsverfahren angewendet, welches gemeinschaftlich die Laufzeitinformationen von Tauchwellen und Weitwinkelreflexionen nutzt, um ein Geschwindigkeitsmodell für die Kruste und den Oberen Mantel zu erlangen. Desweiteren haben wir auf der Reise registrierte Schwerefelddaten mit in die Inversion integriert, so dass wir neben der seismischen Geschwindigkeit auch über ein Modell der Dichteverteilung verfügen. Das abgeleitete Modell zeigt eine markante für Tiefseekuppen typische Merkmale: (i) Bereits im gemessenen Schwerefeld deutet sich die Ausbildung eines sog. Moats an. Diese Moats bilden sich durch die Auflast der Vulkankegels auf einer elastischen Lithosphäre, wenn die Lithosphäre der Auflast isostatisch nach gibt und entsprechen einem kleinen Becken, welches die Kuppen umgibt. Die seismischen Daten zeigen, dass der Moat im Falle der Louisville Kuppen durch klastisch Ablagerungen von den Vulkanen bedeckt ist. (ii) Das Innere des Vulkankegels ist durch sehr hohe seismische Geschwindigkeiten mit  $v_p > 6.4$  km/s und Dichten von  $> 2.7$  kg/m<sup>3</sup> charakterisiert. An der Krustebasis finden sich sehr hohe Geschwindigkeiten von  $v_p$  7.2-7.5 km/s (3.1 kg/m<sup>3</sup>). Gabbroide Unterkruste zeigt generell keine Geschwindigkeiten von  $> 7.1$  km/s. Im Allgemeinen werden diese Geschwindigkeiten mit Intrusion von Mg-reichen Gesteinen assoziiert. Im Unterschied zu zahlreichen anderen Hotspotstrukturen bilden diese bei den Louisville Kuppen jedoch keinen Intrusionskomplex unterhalb der Krusten/Mantelgrenze (underplating), sondern sind in die Kruste hinein intrudiert. (iii) Der Obere Mantel hat Geschwindigkeiten von über 8.3 km/s. Die elastische Mächtigkeit der Lithosphäre beträgt 10 km. Die überschossene Kuppe liegt somit auf ca. 85 Mio. Jahre alter Lithosphäre.

**PS1–11 – Mo,Di · Marine Geophysik***Engels, M., Barckhausen, U., Franke, D. (BGR Hannover)***Neue Daten zum Seafloor Spreading im Südchinesischen Meer**

Im Tiefseebecken des Südchinesischen Meeres wurde bis heute keine Tiefbohrung bis zum ozeanischen Basement abgeteuft. Deshalb ist die Identifizierung von magnetischen Anomalien die wichtigste Methode zur Bestimmung des Krustenalters, der Datierung von tektonischen Ereignissen und der plattentektonischen Rekonstruktion seiner Öffnungsgeschichte.

Während der Forschungsfahrt SO-197 wurden die magnetischen Anomalien im östlichen Teil des Südchinesischen Meeres auf 20 Profilen mit über 3000 km Gesamtlänge gezielt vermessen. Die Profile erweitern das Messgebiet früherer SONNE-Fahrten im zentralen Südchinesischen Meer (SO-23, SO-27 und SO-49) erheblich in nordöstlicher Richtung. Damit ermöglichen sie neben der Überprüfung der Interpretation älterer Daten im zentralen Teil vor allem die Vervollständigung der Altersdatierung für die ältesten Teile des Südchinesischen Meeres.

Das Seafloor Spreading begann während Chron 12 (31 Ma) an einem E-W-streichenden Spreizungszentrum. Etwa bei Chron 7A (25,5 Ma) kam es zu einem Sprung der Rückenachse um etwa 100 km nach Süden verbunden mit einer Änderung der Streichrichtung im östlichen Teil des Südchinesischen Meeres auf N60°E. Mit Chron 6B (22,5 Ma) beginnt das Seafloor Spreading auch im südwestlichen Teil des Südchinesischen Meeres. Das Seafloor Spreading endete zeitgleich entlang der gesamten Rückenachse bei Chron 6A1 (20,5 Ma). Heute ist im nördlichen Teil des Südchinesischen Meeres ein erheblicher Teil der ozeanischen Kruste bereits am aktiven Plattenrand vor der Insel Luzon subduziert worden, während im südlichen und westlichen Teil die vollständige Sequenz der Seafloor Spreading Anomalien ebenso erhalten ist wie die angrenzenden Übergangsbereiche zur gedehnten kontinentalen Kruste aus der Anfangszeit der Öffnung dieses Randmeeres.

**PS1–12 – Mo,Di · Marine Geophysik***Bauer, K., Haberland, C., Weber, M. (GFZ Potsdam), Pratt, R.G. (University of Western Ontario)***Neural network analysis of tomograms reveals seismic characteristics of gas hydrate bearing sediments in the Mackenzie Delta (NW Canada)**

Seismic tomography can provide a set of models which represent different properties of the same target region. In the example presented, P wave velocity, anisotropy, and attenuation images were derived from crosshole seismic data to study the in-situ properties of gas hydrate bearing sediments (GHBS) in the Mackenzie Delta (NW Canada). Self-organizing maps (SOM) are powerful neural network techniques to classify and interpret multi-attribute data sets. The coincident tomographic images are translated to a set of data vectors in order to

train a Kohonen layer. The total gradient of the model vectors is determined for the trained SOM and a watershed segmentation algorithm is used to visualize and map the lithological clusters with well-defined seismic signatures. Application to the Mallik data reveals four major litho-types: (1) GHBS, (2) sands, (3) shale/coal interlayering, and (4) silt. The derived seismic P wave signature of the GHBS cluster (increased P velocities, strong anisotropy and attenuation) is new and yields important constraints for the simulation of seismic experiments. They can be used to test petrophysical models describing the microstructures and interaction between grains, GH, and pore fluids. At the larger scale of surface experiments, simulations based on the found properties can be carried out to test observed data, and eventually to develop new concepts for the detection and quantification of GHBS. Anisotropy and attenuation of P waves are promising parameters which have not been used extensively in GH exploration so far.

**PS1-13** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Krabbenhöft, A., Netzeband, G., Bialas, J., Papenberg, C. (IFM-GEOMAR, Kiel)*

**SO191 - Messungen entlang des Hikurangi Kontinentalrandes - Methankonzentrationen am Meeresboden und ihre Relation zu seismischen Strukturen**

E-Mail: [akrabbenhoeft@ifm-geomar.de](mailto:akrabbenhoeft@ifm-geomar.de)

Methanaustrittsstellen am Meeresboden (Cold Seeps) spielen entlang aktiver und passiver Kontinentalränder eine wichtige Rolle bei dem Austausch von Gas aus dem Erdboden in die Wassersäule und die Erdatmosphäre. Die Sonne-Fahrt SO191 hatte die multidisziplinäre Untersuchung solcher Methantransportprozesse entlang des Hikurangi Kontinentalrandes, östlich der Neuseeländischen Nordinsel, zum Ziel. Während des ersten Abschnitts von SO191 wurden u.a. Methan- und Temperatursensoren (METS) zu in-situ Messungen am Meeresboden gleichzeitig mit Ozean-Boden-Seismometern eingesetzt. Entlang der Profile wurden ebenfalls mehrkanalseismische Daten aufgenommen, um den Zusammenhang zwischen seismischer Charakteristik von Seep-Strukturen und Topographie mit Methankonzentrationen am Meeresboden zu untersuchen.

In vier Messgebieten wurden seismische Profile und z.T. METS-Daten aufgenommen und analysiert. Obwohl der Hikurangi Kontinentalrand stark entlang seiner Achse variiert, sowohl die Dicke der Sedimente, als auch deren Alter, treten Methan-Austrittsstellen generell am Mittelhang auf Rücken oberhalb von Überschiebungsstörungen auf. Die Diversität von Strukturen der Gasaustrittsstellen reicht von kleinen Senken, Pockmarks, über flache Sedimente bis hin zu leichten Erhebungen des Meeresbodens. Es ist kein Muster in der Verteilung der Methankonzentration zu erkennen. Die METS-Daten zeigen, dass die Seeps sehr lokale, kleinskalige Strukturen sind und fokussierter Fluidfluss entlang von antiklinalen, verworfenen Strukturen stattfindet.

Webseite: <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=newvents>

**PS1–14** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Gehrmann, R., Avdeeva, A., Bialas, J., Hölz, S., Jegen, M., Lefeldt, M., Sommer, M., Worzewski, T. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

**Magnetotellurische und reflexionsseismische Daten im Umfeld des Schlammvulkans „North Alex“, West-Nil-Delta - erste Ergebnisse**

Als Teil des West-Nil-Delta-Projektes vom IFM-GEOMAR sind im November 2008 von Bord der R/V Pelagia seismische und elektromagnetische Daten zur Untersuchung des Fluid-Transports unterhalb von Schlammvulkanen akquiriert worden. Ziel der Vermessung ist es die Struktur und die Größe der Transportwege, sowie ihre Verbindung zur Gas- und Fluidproduktion in der Tiefe zu erforschen. Die reflexionsseismischen Daten werden für ein hochauflösendes Abbild der obersten 500 m herangezogen, während die Magnetotellurik (MT) einen Einblick in größere Tiefen bietet. Die beiden Methoden ergänzen sich auch durch die Abhängigkeit von verschiedenen Materialparametern, im besonderen der seismischen Geschwindigkeiten, der Gesteinsdichte und der elektrischen Leitfähigkeit.

Für die aktive seismische Vermessung stand eine GI Airgun mit 3.5 l Gesamtvolumen und ein Streamer mit 22 Kanälen zur Verfügung, mit denen ein engmaschiges Profilvernetz über dem Schlammvulkan „North Alex“ aufgenommen wurde. Die 2D-Auswertung der Profile wird die Basis zu einer in Zukunft geplanten quasi-3D Analyse der Sedimentstruktur im Umfeld und der Kopfreion des Schlammvulkans bilden. Die vom IFM-GEOMAR entwickelten Ozean-Boden-MT Messgeräte sind so überarbeitet worden, dass eine größere mechanische Stabilität und eine geringere Leistungsaufnahme gewährleistet sind und die Messung zwischen MT und „Control Source“ Elektromagnetik (CSEM) gewechselt werden kann. Fünf dieser Geräte waren im Zentralbereich des Schlammvulkans auf einem Gebiet von ca. 0.5 km<sup>2</sup> platziert. Es wurden passive Daten mit einer Abtastfrequenz von 10 Hz über 15 Tage lang aufgenommen und von Abschnitten aktiver CSEM Messung unterbrochen. Wir präsentieren hier Datenbeispiele und erste Ergebnisse der Messungen.

**PS1–15** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Dümmong, S., Hübscher, C., Beitz, M. (University of Hamburg), Marlow, L. (University of Minnesota)*

**Stratigraphy and distribution of Messinian Evaporites in the Levantine basin**

E-Mail: stefan.duemmong@zmaw.de

The semi-enclosed Levantine Basin in the easternmost Mediterranean is considered to represent the best natural laboratory for an investigation of the structural evolution of a young salt giant. This up to 2 km thick salt giant is virtually free of a major tectonic overprint. Therefore the impact of differential sediment loading on initial salt tectonics can be studied under well-constrained conditions. In this paper we present 2D prestack depth migrated seismic sections, corresponding

depth maps, and isochrone maps of individual evaporitic sequences. The marine seismic data basis will serve as pre-site survey data for a future IODP-proposal. The results were obtained with industry seismic data sets, which show for the first time in detail the internal structure of the basinal Mobile Unit (MU) of the Messinian Evaporites.

Based on the abundant available seismic data and detailed case studies, the stratigraphy and distribution of individual Messinian evaporite sequences can be predicted for the entire Levantine Basin. Based on this, it can be concluded that a single, preferably continuous, drill core through the 2 km-thick Messinian evaporite sequence in the Levantine Basin would allow the evolution of a salt giant to be unraveled and that this would shed important new light on fundamental aspects of the earth system. Further more, since our present understanding of the Messinian paleo-environment is almost entirely based on the study of exposures in the uplifted peripheral basins, those drilling results will serve as a fundamental data base which is crucial to unravel the fast and extreme environmental changes during the Messinian Salinity Crisis.

**PS1-16** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Just, J. (Hamburg, Geologisch-Paläontologisches Institut), Hübscher, C. (Hamburg, Institut für Geophysik), Betzler, C. (Hamburg, Geologisch-Paläontologisches Institut), Lüdmann, T. (Hamburg, Institut für Biogeochemie und Meereschemie)*

**Abrasion karbonatischer Kontinentallhänge am Ende der Messinischen Salinitätskrise**

E-Mail: christian.huebscher@zmaw.de

In dieser Studie interpretieren wir Erosionsterrassen an den mediterranen Kontinentallhängen von SW Mallorca, von Algerien (Bucht von Oran), und vom Alboran Rücken als Folge stationärer Meeresspiegelstände während der Wiederflutung des Mittelmeeres am Ende der Messinischen Salinitätskrise (MSK). Die MSK, während der der Meeresspiegel im Mittelmeer ein- oder mehrmalig um über 1000 m fiel, stellte für Klima und Umwelt des mediterranen Raumes ein Extremereignis dar. Die tiefen Becken fielen trocken und die Hänge wurden stark erodiert. Die bisherigen Untersuchungen der MSC fanden überwiegend an den Kontinentalrändern der Festländer statt. Die hier gezeigten Datenbeispiele stammen aus karbonatischen Systemen, welche schnell auf Umweltveränderungen reagieren und somit gute Indikatoren für Meeresspiegelschwankungen sind. Da sie oft frühdiagenetisch zementiert sind können stationäre Meeresspiegelstände durch die Ausbildung von Hohlkehlen überliefert werden. In den untersuchten Gebieten können deutliche Erosionsdiskordanzen identifiziert werden, die während der MSK entstanden. Die unterlagernden Einheiten wurden partiell, in einigen Bereichen sogar vollständig erodiert. Dies führte zur Ausbildung von Abrasionsterrassen und sich küstenwärts anschließenden Kliffs. Die Terrassen liegen

in Tiefen von 300-350 m. Wir postulieren, dass die Ausbildung der Erosionsterrassen in unterschiedlichen Karbonatsystemen im westlichen Mittelmeer auf einen überregionalen Prozess als Ursache hindeutet. Wir schlagen vor, dass die Terrassenbildung während eines Meeresspiegelstillstandes während der Füllung des Mittelmeers am Ende der MSK stattfand: Da das westliche und das östliche Mittelmeer während der MSK durch eine Schwelle bei Sizilien voneinander isoliert wurden, wurde am Ende der MSK zunächst das westliche Mittelmeer gefüllt. Nachdem der Meeresspiegel die Höhe der Schwelle erreicht hatte, begann die Füllung des östlichen Mittelmeers - die Höhe des Meeresspiegels im westlichen Mittelmeer blieb für einige tausend Jahre konstant. Durch hydrodynamische und Lösungsprozesse entstanden währenddessen in den oben genannten Gebieten Kliffe mit vorgelagerten Abrasionsterrassen.

**PS1-17** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Hübscher, C. (Hamburg, Institut für Geophysik), Just, J., Betzler, C. (Hamburg, Geologisch-Paläontologisches Institut), Lüdmann, T. (Hamburg, Institut für Biogeochemie und Meereschemie), Dümmong, S. (Hamburg, Institut für Geophysik)*

### **Seismostratigraphie des mallorquinischen Kontinentalhanges**

E-Mail: christian.huebscher@zmaw.de

In dieser Studie diskutieren wir ein seismostratigraphisches Modell des karbonatischen Kontinentalhanges süd-westlich von Mallorca. Das akustische Grundgebirge wird von verkarsteten Karbonaten gebildet, die vermutlich mesozoischen Alters sind. Es zeigt eine NE-SW streichende Beckenachse, welche die submarine Fortsetzung des mallorquinischen Campos-Beckens ist. Diese Beckenmorphologie wurde während des Paläogens und frühen Neogens sukzessive ausgeglichen. Markantester seismostratigraphischer Horizont der neogenen Beckenfüllung ist eine Diskordanz und deren korrelierte Konkordanz, die durch teils subaerische Erosion während des Meeresspiegelabfalls am Anfang der Messinischen Salinitätskrise gebildet wurde. Oberhalb dieser Diskordanz liegt ein markantes, hoch-amplitudiges Reflexionspaket (HARP). Das HARP zeichnet sich in den distalen Bereichen der Profile durch konstante Mächtigkeiten von ca. 30 m aus, während proximal große Mächtigkeitsvariationen vorkommen. Die großen Amplituden der Ober- und Unterkantenreflexionen von HARP sowie dessen interne Reflexionen deuten auf einen starken lithologischen Kontrast zu den unter- und überlagernden Einheiten hin. Die Diskordanz am Top der Einheit HARP ist im proximalen Bereich erosiv; hier trunkiert sie die internen Reflexionen des HARPs und es sind Terrassen ausgebildet (s. Just et al.). Die Reflexionen an der Basis und am Top des HARPs sind streckenweise phasengedreht. Das lokale begrenzte Auftreten der Phasendrehung spricht für eine polymikte und inhomogene Zusammensetzung der Einheit HARP. Auch können innerhalb der Einheit Unterschiede in der Porosität und damit ein sich ändernder Fluid- oder Gasgehalt ausgebildet sein. Wir vermuten, dass sich das HARP sowohl aus kalzi-klastischen Sedimenten als auch aus biogen gebildeten Karbonaten zusammensetzt. Die das

HARP überlagernde pliozän-quartäre Abfolge reflektiert Bodenströmungen und Hangrutschungen (s. Wiggershaus et al.).

**PS1–18** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Pesquer, D., Grevemeyer, I., Ranero, C.R., Gallart, J. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

**Seismic structure of the passive continental margin of SE Spain and the SW Balearic promontory, Western Mediterranean Sea**

The Western Mediterranean Sea is a natural laboratory to study the processes of continental extension and rifting in a convergent setting. Gravitational collapse due to tectonic thickening of continental lithosphere and the rollback of a subducting oceanic slab during the latest phases of consumption of the Tethys ocean have led to rapid Neogene extension in an area characterized by a constant convergence of the African and European Plates since Cretaceous time, rifting Spain/Balearic Islands from Algeria, causing passive continental margins on both sides of the Western Mediterranean Basin. Unfortunately, little is known about the crustal and upper mantle structure of much of the area, including the Algerian-Balearic Basin and the Spanish/Balearic margin. Here we present results from two onshore/offshore seismic refraction and wide-angle lines surveying the Spanish passive continental margin to the south of the town of Alicante and the southwest of the Balearic promontory to the south of Ibiza. The data were acquired during the cruise M69/2 of the German research vessel METEOR in September of 2006. As seismic source we used two 32-litres BOLT airguns, providing seismic offsets of 30 to 80 km, including wide-angle reflections from the crust/mantle boundary zone (seismic Moho) along both survey lines. Profile P03 approaching Alicante had 20 ocean bottom receivers and 10 landstations; profile P04 had 6 landstations on Ibiza and 22 offshore stations. Both lines extend roughly 100 km into the Algerian-Balearic basin, yielding for the first time constraints on the nature of the crust covering the seafloor between Spain and Algeria. Crust in the Algerian-Balearic basin is roughly 6 km thick and the seismic velocity structure mimics normal oceanic crust. Seismic Moho in the Algerian basin occurs at approx. 11 km below sea level, reaching >24 km under SE Spain and Ibiza. Profile p03 off Alicante reveals a narrow continent/ocean transition zone while the SW Balearic promontory at Ibiza is characterized by a much wider transition zone. Both transition zones, however, did not provide any evidence for velocities intermediate between lower crustal and upper mantle rocks, representing magmatic under plating or lower crustal intrusions as typical for volcanic margins. Thus, margins in the Western Mediterranean Sea belong to the class of so call non-volcanic margins.



**PS1–19** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Wilken, D., Rabbel, W. (Universität Kiel), Müller, C. (GNS-Science, Wellington)*

**Inversion von Scherwellengeschwindigkeitsprofilen an verschiedenen Lokationen in Nord- und Ostsee unter Benutzung einer Schwarmintelligenzoptimierung**

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

In den Jahren 2006 bis 2008 wurden an unterschiedlichen Lokationen in Nord- und Ostsee Airgunprofile zur Anregung von Scholtewellen gefahren. Die Signale sind jeweils von einem eigens an der CAU-Kiel entwickelten Ozean-Boden-Seismometer aufgezeichnet und zu Common-Receiver-Gathern zusammengefasst worden. Aus den erhaltenen Sektionen wurden vertikale Scherwellengeschwindigkeitsverteilungen durch Anpassung von vorwärts modellierten Dispersionskurven der Scholtewellen invertiert. Insbesondere konnte durch die Inversion von lokalen Wellenfeldern an unterschiedlichen Offset-Positionen jeweils ein 2D Geschwindigkeitsmodell des Profils erstellt werden.

Zur Inversion wurde eine Kombination aus stochastischer Schwarmintelligenzoptimierung und lokalem Downhill-Simplex für alle Lokationen genutzt. Die 1D Modelle der einzelnen Offsetpunkte sind hierbei unabhängig von Informationen ihrer Nachbarmodelle und in einem initialen Scherwellengeschwindigkeitsbereich von 0m/s-500m/s invertiert worden. Die Ergebnismodelle zeigen gute Kohärenz entlang der Profile sowie gute Übereinstimmung im Vergleich zu hochfrequenten reflexionsseismischen Sektionen des gleichen Profils.

**PS1–20** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Podolski, C., Wilken, D., Thorwart, M., Rabbel, W. (Universität Kiel)*

**Untersuchung der lateralen Struktur eines Aufstiegskanals in der südlichen Nordsee**

Aufstiegskanäle (Chimneys) für Gase und Fluide in der Nordsee sind seit längerem bekannt. Einige bis zum Zechstein reichende Chimneys wurden innerhalb des seismischen Profilnetzes GR86 RE02 der TGS-NOPEC von 1982 identifiziert. Es konnte in diesen seismischen Daten keine tektonische Struktur bzw. Verwerfungszone als mögliche Ursache für den Aufstieg durch die Sedimentschichten festgestellt werden. Eine zentrale Fragestellung zur Klärung der Entstehung liegt deshalb u. a. in der lateralen Ausdehnung und Form des Aufstiegskanals, die den linienhaften Messungen bisher nicht abgeleitet werden konnte. Im Oktober 2008 wurden drei dieser Lokationen im Rahmen einer marinen Messfahrt mit der FS Heincke angefahren, um die Beschaffenheit und laterale Ausdehnung der Gasaufstiege im oberflächennahen Bereich reflexions- und refraktionsseismisch näher zu untersuchen. Die Wegsamkeit bei 54° 00' N/ 6° 49' E (50 km nördlich von Borkum) wurde durch ein 3x3 km großes Raster von 52 reflexionsseismischen Profilen im Abstand von 100 m vermessen. Eine Bestimmung und anschließende Kartierung von oberflächennahen Brightspots zeigt eine elongierte

Struktur des Kanals in NO-SW-Richtung.

**PS1–21** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Stratford, W., Thybo, H. (Department of Geography and Geology, University of Copenhagen), Faleide, J. I. (Department of Geosciences, University of Oslo), Olesen, O. (Geological survey of Norway), Tryggvason, A. (Department of Earth Sciences, Uppsala University)*

**Lithospheric structure of the southern Scandes and Oslo Graben: Results from Magnus-Rex**

E-Mail: ws@geo.ku.dk

Magnus-Rex, a new lithospheric scale seismic exploration project across the southern Scandes Mountains was carried out in October, 2007. Key goals of the Magnus-Rex project (TopoScandes) are to image the velocity structure of the lithosphere of southern Norway and to establish whether a crustal root is present. The negative Bouguer anomaly of the southern Scandes points to the high mountains here being isostatically compensated by a crustal root. However, from coarse refraction profiling of the region, predominantly in the late 1970s, no crustal root was found and a sub-Moho density anomaly for compensation of high topography has been inferred. A second goal of the survey was to add constraint on the extent the crust of the Oslo Graben has been altered by magmatism. Single component seismographs were deployed along the lines at 2 km spacing, except for a 120 km wide section across the Oslo Graben where the instrument spacing was reduced to 750 metres. A total of 26 shots of 100-400 kg charge size were fired along the three lines. Three key phases are observed on the shot gathers: Pg arrivals with velocities of 6-6.4 km/s (all shot gathers); Strong PmP or lower crustal reflections at offsets greater than 50 km (all shot gathers); Pn arrivals from 6 of the 26 shots. New velocity models for the lithosphere from the three new seismic profiles across the southern Scandes and Oslo Graben will be presented.

**PS1–22** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Arfai, J. (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Leibnitz Universität Hannover), Gaedicke, C., Lutz, R. (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)), Winsemann, J. (Leibnitz Universität Hannover)*

**Iceberg scour marks in the northwest of the German North Sea sector**

The North Sea basin is characterized by three spacious glaciations phases during the Pleistocene (1.8 million years until 11.800 years) (Internationally Stratigraphic Chart 2005) (Streif 2002).

As a result of these glaciations, we can find today ashore and in the North Sea several glacial forms like (Esker, Nunataks, tunnel valley systems and ice-

berg scour marks). Based on 3D-seismic data it is possible to study glacial lineation's, interpreted as iceberg scour marks, in the study area which are a result of interaction between iceberg-keels and the seabed.

The study area is located in the northwest of the German North Sea and covers an area of approx. 1.600 km<sup>2</sup>. The iceberg scour marks occur at present depths of 300-850 ms (TWT). Most of the iceberg scour marks are found at depths of 500-600 ms (TWT).

The aim of this study is to find out the main direction of the mapped iceberg scours. Therefore four seismic reflectors at different depths were mapped with an interpretation-software and its tool ASAP (Automatic Seismic Area Picker). In this way iceberg scour marks can be imaged and mapped along an isochronal reflector (through a geological period). Regarding the preferred direction of the iceberg scour marks in the study area, a large amount of them shows a NNE/SSW to N/S trending orientation. Apart from the main N/S trend the mapped traces of the reflector situated around (200-350 ms) show a preferred SE/NW direction.

Further results on the basis of time slices show a large number of (particularly at 500-600 ms TWT) crossing glacial lineation's, which are a cause of changing surface currents and sea circulations. Furthermore you can recognize wavy lineation's on the mapped reflectors which are caused by interaction of tides. Time slices are also examined at different depths, in order to determine out of the initiation and the end of an ice age.

The Length of the iceberg scour marks in the study is between 250 m and 22 km.

**PS1–23** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Schlindwein, V., Riedel, C. (AWI Bremerhaven)*

### **Deep submarine Strombolian eruptions at eastern Gakkel Ridge, Arctic Ocean**

E-Mail: vera.schlindwein@awi.de

Gakkel Ridge is the slowest spreading mid-ocean ridge with full rates <10 mm/y. In 1999, a teleseismic earthquake swarm signalled the onset of an eruptive episode at the 85°E volcanic complex. The Arctic Mid-Ocean Ridge expedition in 2001 detected a hydrothermal event plume and explosive seismoacoustic signals and, in 2007, the Arctic Gakkel Vents Expedition found evidence for recent deep submarine explosive activity at this site. The new data allowed a reassessment of the seismoacoustic events recorded in 2001. We undertake 2D finite difference wavefield modelling to locate the source of the signals and investigate the source mechanism: The explosion sounds result from mild submarine Strombolian eruptions at the southern rift valley wall at about 4000 m water depth. We believe that the explosion sounds are produced by bursting gas bubbles rising from a deep magmatic reservoir along a major fault which was activated during the large seismic and volcanic event in 1999. While ash particles in sediment samples of mid-ocean ridges yield increasing evidence for a widespread explo-

sive component to the predominantly effusive mid-ocean ridge volcanism, we present here the first in-situ observation of deep submarine Strombolian explosions.

**PS1–24** – Mo,Di · Marine Geophysik

*Läderach, C., Riedel, C., Korger, E., Schlindwein, V. (AWI Bremerhaven)*

**Preliminary results from the seismic array setup above Lena Trough during Polarstern cruise ARK XXIII/2**

E-Mail: christine.laederach@awi.de

During the Polarstern cruise ARK XXIII/2 from 04/07/08 to 10/08/08 three seismometer arrays each including three stations with three-component broadband sensors were deployed on seaice above the southernmost part of Lena Trough (80.5 N, 1.5 W), where the transition to the Spitsbergen Fracture Zone occurs. Lena Trough is the southern end of the Arctic mid-ocean ridge system and spreads passively with ultra-slow spreading rates between East Greenland and Spitsbergen/Yermak Plateau. Seismicity has been documented from the trough but has never been measured insitu before, because prevailing seaice prevents a simple installation of ocean bottom seismometers. Thus, the seismic stations were installed on top of pressure ice ridges where the ice is thick enough to support helicopter landings and were equipped with ARGOS transmitters to keep track of the stations while the seaice was drifting. After around 10 days of run-time the stations were recovered when flight conditions allowed it. During this time the ice had drifted nearly 100 km predominantly to the south and meltwater lakes on the ice extended dramatically. Data was registered on the vertical channel during 80 to 90 percent of the recording time, whereas horizontal channels failed during most of this period. The recorded data consists of events occurring within the ice sheet, but also more than 20 regional earthquakes could be registered.

# S2

## Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

---

**S2-01/02** – Mo 23.3 14:00 - 14:40 HS C · Geophysik für Archäologie und  
Bodenkunde

*Van Meirvenne, M., Saey, T., Simpson, D., Monirul, I. M., Ameloot, N. (Ghent  
University)*

### **Proximal soil sensing in support of soil inventory and archaeological pro- spection**

E-Mail: [marc.vanmeirvenne@ugent.be](mailto:marc.vanmeirvenne@ugent.be)

Traditionally, soil inventory relies on a number of direct observations, (e.g. auger samples or profile pits) of the properties of interest. These are then interpolated, often with the help of secondary data like topography or geology. Also in archaeological prospection the soil volume has to be disturbed, e.g. by digging trenches at close intervals. Proximal soil sensing techniques have revolutionized these procedures by providing relevant information on soil properties in a rapid and non-destructive way. Sensor information does not replace direct soil investigations, but it can serve as a guide where to focus the soil investigations. In this way the efficiency of the inventory is improved, time and costs can be reduced and less soil is being disturbed.

The application of geophysical techniques in soil-related studies was adopted relatively late, but recently this topic is rapidly developing. This contribution aims to give an overview of the current research with case-studies spanning different fields of application: site-specific soil mapping in support of precision agriculture, geomorphology (the reconstruction of the paleo-topography in an

area covered with loess and tidal gully patterns in the polder area), geoarchaeology (Medieval landscape in the polder area and First World War remnants). Two electromagnetic induction sensors were used: the EM38DD and the DUALEM-21S, providing simultaneous output of 2 and 8 signals, respectively. Both sensors were deployed in a mobile, GPS-guided configuration which was found to be very useful for soil inventory and archaeological prospection.

*Web page:* <http://www.soilman.ugent.be/orbit>

**S2-03** – Mo 23.3 14:40 - 15:00 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Albrecht, C. (Giessen), Schmidt, K. (Tübingen), Gerber, R. (Giessen), Behrens, T. (Tübingen), Felix-Heningsen, P. (Giessen), Scholten, T. (Tübingen)*

**Ground Penetrating Radar soil survey along a representative transects in Hesse/Germany**

E-Mail: [christian.albrecht@umwelt.uni-giessen.de](mailto:christian.albrecht@umwelt.uni-giessen.de)

The combination of ground penetrating radar (GPR) sensing and soil inventory offers a time and cost efficient methodology to obtain high resolution spatial information of soil physical properties. Based on a stacked sampling scheme (landscape segmentation, representative patch and transect sampling) of the Nidda catchment (1600 sqkm, Hesse, Germany) one of the six resulting soilscares and the corresponding representative transect will be investigated to present how consistent soil information and substrate distribution can be gained by GPR sensing. For the representative transect of Buedingen, which comprises 4.3 km, the GPR survey delineates the substrate distribution and its depth by using 400 and 200 MHz antennas. To receive true depth of changes in substrate composition the velocity of the wave propagation was determined by hyperbola adaptation of artificial reflectors in known depth. The soil water content was measured for each layer with Time Domain Reflectometry (TDR) probes to verify our propagated velocities and layer boundary depths. Finally soil physical and chemical parameters were acquired in 11 pedons and by 55 augers. The soil properties were linked to our GPR substrate layer model to obtain a consistent interpolation of soil property distribution along the transect.

*Web page:* <http://www.uni-giessen.de/cms/fbz/fb09/institute/bkbe/-bernarticle.2007-11-02.6805038622/christian-albrecht>

**S2-04** – Mo 23.3 15:00 - 15:20 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Huisman, J.A., Rings, J., Sorg, J., Vereecken, H. (Forschungszentrum Jülich), Vrugt, J.A. (Los Alamos National Lab)*

**Coupled hydrogeophysical inversion to determine soil hydraulic properties**

E-Mail: s.huisman@fz-juelich.de

Coupled hydrogeophysical inversion aims to improve the use of geophysical data for hydrological model parameterization by coupling hydrological and geophysical forward models and inverting for hydraulic parameters directly. Several numerical studies have illustrated the feasibility and advantages of a coupled approach, but there is still a lack of studies that apply this approach to actual data. In this study, we use spatial time domain reflectometry (TDR) and electrical resistance tomography (ERT) measurements to estimate the hydraulic properties of a model river dike. The measurements were obtained during a flood event in which the water level was raised to 1 m below the crest of the dike. In a first step, the hydraulic parameters of the dike were inversely estimated using in-situ spatial TDR measurements of soil water content with the HYDRUS model. The uncertainty of the obtained parameters was determined using a Bayesian approach and a MCMC sampling method. In a second step, the hydraulic parameters were estimated from ERT measurements. Again, the uncertainty of the optimized parameters was determined. The results show that ERT measurements provide useful information to constrain the hydraulic parameters of the dike, even in the absence of detailed knowledge of the petrophysical relationships. The hydraulic parameter estimates obtained from ERT were less well constrained than those obtained from spatial TDR, but the estimates from both data sources were consistent after considering data uncertainty.

**S2-05** – Mo 23.3 15:20 - 15:40 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Klenk, P., Wollschläger, U., Roth, K. (Institute of Environmental Physics, Heidelberg University)*

**Ground-penetrating radar (GPR) measurements of soil moisture content aiming at validation of remote sensing methods at intermediate scales**

Remote sensing methods aiming at accurately determining soil moisture content have rapidly advanced over the last decade. However, key limitations stay problems with spatial averaging and a small penetration depth. Moreover, mostly point measurements using soil samples or TDR-derived soil moisture contents are used to provide ground truth, often neglecting the issue of small-scale heterogeneity.

Ground-penetrating radar (GPR) is a ground-based, non-invasive geophysical method which can be operated at scales from several meters up to a few kilometers. Furthermore, multichannel GPR has been demonstrated as a fast tech-

nique to simultaneously measure reflector depth and average soil moisture content [Gerhards et al., 2008]. The moisture content in the uppermost soil layer can be inferred from evaluating the direct groundwave signal. Soil moisture information from lower soil layers becomes simultaneously accessible at suitable sites, where a reflected signal is available. Paired with apt methods for spatial prediction, these methods are expected to provide a link between on-site point scale and intermediate scale remote sensing measurements.

Here, we apply either ground wave or multi-channel evaluation to GPR data collected in the upper reaches of the Heihe river basin in Northwestern China. At a grass covered site close to Arou in Qinghai province, we show the temporal evolution of ground wave and multichannel derived liquid soil water content from its frozen state in early March 2008 to the thawed state three months later. On an ASAR-resolution sized study pixel at this site, we apply kriging methods for unbiased upscaling of GPR derived water content data to remote sensing scales.

**S2-06** – Di 24.3 08:30 - 08:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Noell, U., Grissemann, C., Altfelder, S. (BGR), Günther, T. (LIAG), Furche, M. (BGR)*

### **Infiltrationsexperimente in verschiedenen Bodentypen: Erfahrungen bei der Quantifizierung der Wassergehaltsänderungen**

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

An verschiedenen Versuchsstandorten (Sand, Löß, Abraumhalden) wurden in situ Infiltrationsexperimente durchgeführt und mittels 3D-Geoelektrik beobachtet. Die Versuche zeigen einen unterschiedlichen zeitlichen und räumlichen Verlauf der Versickerung. Durch Anwendung angepasster time-lapse Inversionsstrategien kann Tiefe und laterale Ausdehnung der Infiltrationszone angegeben werden. Für Sand ergibt sich eine Indikation für die Existenz präferentieller Fließwege. Numerische Experimente zur Inversion zeigen allerdings, dass die Interpretation der beobachteten Änderungen des spezifischen Widerstandes im Hinblick auf Wassergehaltsänderungen mehrerer Vorarbeiten bedarf. Das Inversionsmodell wird von Diskretisierung und Regularisierung beeinflusst und es ergibt sich immer ein mehr oder minder geglättetes Bild der Widerstandsverteilung. Amplituden neigen dazu unterschätzt zu werden und die räumliche Ausdehnung des Infiltrationsbereiches wird überschätzt. Diese Effekte müssen korrigiert werden, bevor der Rückschluss auf den Wassergehalt gelingen kann. An einem der Mesorte wurde der Infiltrationsbereich nach dem Experiment aufgegraben und es wurden direkte Wassergehaltsmessungen (TDR-Prinzip) in einem engen Raster durchgeführt. Der Vergleich von gemessenem Wassergehalt und aus der Inversion rekonstruiertem Wassergehalt wirft Fragen auf, die weitere Experimente beantworten müssen.



**S2-07** – Di 24.3 08:50 - 09:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Vanderborght, J., Oberdörster, C., Garre, S., Koestel, J., Kasteel, R. (Jülich), Kemna, A. (Bonn), Vereecken, H. (Jülich)*

**Detecting preferential flow and transport in soils using electrical resistivity tomography.**

Preferential flow and transport through a small part of the soil pore volume is a phenomenon with important consequences for the leaching of substances out of the soil profile towards the groundwater. Since it is a process that occurs by definition in a small part of the pore volume, it is difficult to detect using in-situ measurement techniques. Time-lapse electrical resistivity tomography (ERT) has been applied for tomographic imaging of salt tracer movement in soils and aquifers. In this contribution we address the question whether this method can be used to image preferential flow and transport in soils. We present results from three sets of experiments characterized by different degrees of preferential flow. A first set of experiments was carried out in a lysimeter taken from a loamy sand gleyic Cambisol. Despite the fact that the breakthrough of the salt tracer in the effluent suggested homogeneous transport, the ERT data revealed a moderately heterogeneous flow and transport process in the lysimeter. Breakthrough curves that were measured during the second experiment in the effluent from lysimeters taken from a silty orthic Luvisol were more dispersed indicating more heterogeneous transport. Preferential transport through a few regions that were initiated below the plough horizon could be spatially and temporally resolved from ERT data. Also a lateral movement of solutes out of these preferential flow regions could be inferred from the ERT data. In a third experiment, the movement of a salt tracer pulse that was applied to a stagnic Luvisol in a forest plot was monitored using time-lapse ERT and time-domain reflectometry probes. The breakthrough curves that were observed in this soil contained clear signs of preferential flow and transport with a rapid breakthrough of the peak concentration and a long tailing. Images of the peak concentration and the arrival time of the solute peak provide an insight in the spatial variation of the preferential flow and transport process.

**S2-08** – Di 24.3 09:10 - 09:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Wollschläger, U., Gerhards, H. (Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg), Yu, Q. (CAREERI, Lanzhou, China), Roth, K. (Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg)*

**Anwendung von Mehrkanal-Georadar zur räumlichen Kartierung der Auftautiefe und des Bodenwassergehalts von Permafrostböden**

Die Mächtigkeit der Auftauschicht (active layer) in Permafrostgebieten hängt von einer Reihe von Faktoren ab, die räumlich auf relativ kleinen Skalen variie-

ren können. Diese sind z.B. Bodentextur und der damit verbundene Bodenwassergehalt, Albedo, Vegetationsbedeckung oder Exposition. Üblicherweise wird die Auftautiefe der aktiven Schicht in Bohrlöchern gemessen. Diese Punktinformationen erlauben jedoch keine detaillierten Rückschlüsse auf eine mögliche räumliche Variabilität der Auftautiefe.

Oberflächen-Georadar eignet sich sehr gut zur Kartierung der Tiefe der Auftauschicht. Die Grenze zwischen gefrorenem und ungefrorenem Boden führt aufgrund des starken Kontrastes in der Dielektrizitätszahl üblicherweise zu einer sehr deutlichen Reflexion des Georadar-Signals. Wir verwenden ein Mehrkanal-Georadarsystem, bei dem mehrere Antennen in Reihe gekoppelt sind. Dieser Aufbau ermöglicht es, entlang eines Profils gleichzeitig Radargramme mit verschiedenen Antennenabständen zu messen. Auf diese Weise wird für jeden Punkt entlang des Transekts eine Art „mini-CMP“-Messung gewonnen, aus der Reflektor- bzw. Auftautiefe und zusätzlich der mittlere Bodenwassergehalt der ungefrorenen Bodenzone bestimmt werden können.

Wir demonstrieren die Methode anhand von Daten aus einem Permafrostgebiet auf dem Tibet-Plateau und diskutieren daran den Einfluß von Vegetation und Bodentextur auf die Auftautiefe der aktiven Schicht. Die Anwendung der Messmethode ist nicht auf Permafrostgebiete beschränkt. Wenn geeignete Reflektoren vorhanden sind, ist sie auch zur Erkundung von Bodenstrukturen und in hydrologischen Studien anwendbar.

**S2-09** – Di 24.3 09:30 - 09:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Petersen, H., Rabbel, W. (Univ. Kiel, Geophysik), Zink, A. (Univ. Kiel, Bodenkunde), Denker, S. (Landtechnik, FH Soest)*

**Agrar-Geophysik: Geophysikalische Kartierung auflastinduzierter Effekte**

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

Mit der Einführung tauglicher und bezahlbarer Systeme zur Georeferenzierung von Daten ist auch die geophysikalische Kartierung von landwirtschaftlich genutzten Flächen zunehmend interessant geworden. Das Hauptinteresse der verschiedenen mobil einsetzbaren Methoden wie EMI-Verfahren, Georadar, Magnetik oder Gammasspektrometrie liegt dabei auf der Erkundung von lateraler und/oder auch vertikaler Variabilität der Bodensubstrate. Die Kenntnis über die Verteilung dieser Substravariationen ermöglicht dem Praktiker eine zielgerichtete und damit nachhaltige und effiziente Bewirtschaftung seiner Flächen. Allen eingesetzten Kartierverfahren gemeinsam ist jedoch die Problematik, das die Messergebnisse nicht nur von der Materialzusammensetzung, sondern auch von den aktuellen Umweltbedingungen wie Wassergehalt, Temperatur, Zusammensetzung der Bodenlösung u.a. beeinflusst werden, was oftmals eine Vergleichbarkeit verschiedener Datensätze erschwert. Neben der Variation des Materials und der Umweltbedingungen existiert mit dem anthropogenen Einfluss auf die Ackerflächen, also der Form und Intensität der Bewirtschaftung, ein weiterer va-

riierender Faktor. Zur Abschätzung des Einflusses dieses letzten Faktors auf geophysikalische Kartierergebnisse wurden in einem Verbundvorhaben der FH Soest (Landtechnik) und der CAU Kiel (Bodenkunde, Geophysik) über zwei Jahre hinweg identisch angelegte Versuche auf verschiedenen Standorten (Löß, Geschiebe) mit unterschiedlichen Bewirtschaftungsformen (gepflügt, pfluglos) durchgeführt. Speziell die Auswirkung verschieden starker Radlasten (3,3 t-7,5 t) auf bodenphysikalische Parameter einerseits und auf EMI- und Georadar-Kartierung andererseits wurde untersucht. Ziel der geophysikalischen Untersuchung war, das Potential der verschiedenen Methoden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit zur Detektion von *kompaktierten* Böden zu überprüfen. Die Extrembereiche innerhalb der Versuchsflächen zeigten dabei auf, dass sich mechanisch stark belastete Bereiche durch eine deutliche Zunahme der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit und folglich auch durch eine starke Dämpfung des Georadarsignals auszeichneten, wobei die Größenordnung je nach Standort und zeitlichem Abstand zwischen Versuch und Kartierung unterschiedlich ausfiel. Die im Versuch beobachteten Effekte geben erste Hinweise darauf, welchen Einfluss der anthropogene Faktor auf die Messwerte hat und wie demzufolge Kartierungen in Durchführung und Interpretation zu verbessern sind.

**S2-10** – Di 24.3 09:50 - 10:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Hoefer, G. (Hannover, LUH), Gundelach, V. (Hannover, BGR), Bachmann, J. (Hannover, LUH), Altfelder, S. (Hannover, BGR)*

### **Nachweis von Bodenverdichtungen mittels geophysikalischer Sondierungsverfahren**

E-Mail: [hoefer@ifbk.uni-hannover.de](mailto:hoefer@ifbk.uni-hannover.de)

Die Verdichtung von Böden durch unsachgemäße Überfahung mittels schwerer Landmaschinen ist ein weitreichendes Problem in der Landwirtschaft. Sie bewirkt u.a. eine negative Veränderung des Luft- und Wasserhaushaltes sowie der Porosität des Bodens. Die Auswirkungen reichen von Ernteeinbußen, bleibenden Schäden der Ackerfläche bis hin zur Erhöhung der Bodenerosionsrate und der Hochwasserabflussmenge. Seit 2006 findet eine flächenhafte Untersuchung der Bodenverdichtung in der Calenberger Lößbörde auf dem Versuchsgut Ruthe der Leibniz Universität Hannover statt. Hierbei wird versucht die Unterbodenverdichtung mit Georadar (GPR), elektrischer Leitfähigkeitmessung (EM) mittels Veris 3100 und dem Messsystem Geophilus sowie elektromagnetischer Induktion (EMI) durch EM38 zu ermitteln. Zur Erfassung des Bodeneinwiderstandes, als Referenz für die Verdichtung des Bodens, wurde flächendeckend ein Penetrologger eingesetzt. Auf einer Untersuchungsfläche wurden Überfahrungsversuche zur definierten Verdichtung durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass alle eingesetzten Sondierungsverfahren auf die erhöhten Lagerungsdichten und Wassergehalte in den Verdichtungsbereichen wie Vorgehende, Fahrspuren und Überfahrungsgebiete mit erhöhten Leitfähigkeiten bzw.

Veränderungen in der Reflektion reagieren. Durch eine Korrelation mit den Ergebnissen der Penetrologgersondierungen konnte ein direkter Zusammenhang zu Verdichtungsbereichen nachgewiesen werden. Die Korrelation der Tiefenerfassung mit dem Penetrologger war einzig mit dem Georadar und dem Messsystem Geophilus möglich. Die genutzten Methoden sind für ein flächenhaftes zerstörungsfreies Pre-Screening geeignet.

**S2-11** – Di 24.3 10:10 - 10:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Dierke, C., Werban, U., Dietrich, P., Marschall, K. (UFZ, Leipzig)*

### **Einsatz von Gammaskpektrometrie zur Charakterisierung des oberflächennahen Untergrundes**

Gammaskpektrometrische Messungen sind eine passive Messmethode und dienen der Erfassung der natürlichen Gammastrahlung des oberflächennahen Untergrundes. Dabei nutzt man die Gammastrahlenemissionen der Tochterisotope der Zerfallsreihen von Kalium ( $^{40}\text{K}$ ), Thorium ( $^{232}\text{Th}$ ) und Uran ( $^{238}\text{U}$ ). Die Konzentration dieser Isotope ist von verschiedenen Faktoren, wie z.B. Sedimentausgangsgestein, Verwitterungsgrad oder auch Tongehalt des Materials abhängig. Der für die Messungen verwendete 512-Kanal-Gammaskpektrometer mit einem 4l-NaI(Tl)-Kristall wird mittels Zugfahrzeug auf einer mobilen Plattform über die Messflächen geschleppt. Die Anzahl an Gammazerfällen wird jeweils kontinuierlich in einem Energiebereich von 100 keV bis 3 MeV über einen Zeitraum von 5 s registriert. Die für die Kartierung relevanten Isotope, werden in den für sie spezifischen Energiefenstern erfasst. Durch Bodenprobenentnahme und deren Untersuchung hinsichtlich der Bodenchemie und Korngrößen sowie durch kombinierte geophysikalische Messungen (z.B. EMI), sollen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Bodenparametern, aber auch deren gegenseitige Überlagerung aufgezeigt werden. Die Konzentrationsbestimmung von  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$  und  $^{238}\text{U}$  dient hierbei zur Erfassung des Tongehaltes im Untergrund, wird aber durch die Bodenchemie sowie Umwelt- und Witterungsbedingungen beeinflusst.

Inhomogenitäten im Untergrund können sowohl natürliche Ursachen, wie beispielsweise unterschiedliche Sedimentationsbedingungen, haben oder auch durch den Menschen hervorgerufen werden (z.B. unterschiedliche Düngung).

In der Präsentation werden ausgewählte Ergebnisse vorgestellt, denen Messungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu Grunde liegen.

Die Untersuchungen sind Grundlage zur Ableitung der Verteilung von Korngrößen und chemischen Parametern mit Hilfe von Geophysik und Geostatistik.

**S2-12** – Di 24.3 10:50 - 11:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Nüsch, A.-K. (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung), Wunderlich, T. (Kiel, Christian-Albrechts-Universität), van Egmond, F. (Groningen, The Soil Company), Werban, U. (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung), Dietrich, P. (Leipzig, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung)*

### **Vergleichende gammaspektrometrische Messungen im Rahmen des iSOIL-Projektes in Roßlau/Sachsen-Anhalt**

E-Mail: [anne.nuesch@ufz.de](mailto:anne.nuesch@ufz.de)

Bodendegradation ist in Europa ein ernstzunehmendes Problem und hat u.a. direkten Einfluss auf die Wasserqualität, Biodiversität und landwirtschaftliche Rentabilität. Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe des EU-Projektes iSOIL (Interactions between soil related science - Linking geophysics, soil science and digital soil mapping) hochauflösende neue Bodenkarten zu erstellen, die anders als bisher nicht die Ausweisung von Bodentypen zum Ziel haben, sondern bodenphysikalische Eigenschaften in den Vordergrund stellen.

Für die Erstellung flächendeckender Bodenkarten ist es notwendig verschiedene physikalische Parameter nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ zu vergleichen, um daraus einheitliche Bodeneigenschaften ableiten zu können. Vorteilhaft ist hier der Einsatz schleppgeophysikalischer Methoden, da im Vergleich zur herkömmlichen Punktbeprobung deutlich größere Flächen in kürzerer Zeit beprobt werden können.

Zu Beginn des Projektes wurde mittels Gammaskpektrometrie die natürliche radioaktive Strahlung gemessen, die u.a. Rückschlüsse auf Korngrößenverteilungen gibt. Obwohl es mittlerweile viele kommerzielle Gammaskpektrometer gibt, ist deren Vergleichbarkeit nicht unbedingt gegeben, da sie die Strahlung unterschiedlicher Isotope messen und zum Teil verschiedene Einheiten nutzen. Weiterhin haben auch Anordnung der Geräte, Kalibrierung, Samplingrate und Messgeschwindigkeit einen Einfluss auf die Datenqualität. Während der ersten iSOIL-Kampagne wurden im November verschiedene Gammaskpektrometer in unterschiedlichen Anordnungen getestet und miteinander verglichen. Zur Verfügung standen zwei 4 Liter NaI-Kristalle, sowie ein CsI-Kristall. Die Resultate dieser Messungen haben ergeben, dass die NaI-Kristalle durchaus vergleichbar sind, die des CsI-Kristall jedoch tendenziell höhere Werte anzeigen. Im Rahmen des Vortrages werden ausgewählte Ergebnisse präsentiert.

Webseite: <http://www.ufz.de/met/>

**S2-13** – Di 24.3 11:10 - 11:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Pohle, M., Werban, U. (Leipzig, UFZ), Vetterlein, D. (Halle, UFZ), Dietrich, P. (Leipzig, UFZ)*

### **Anwendbarkeit geophysikalischer Methoden zur flächenhaften Ableitung von Arsengehalten**

E-Mail: marco.pohle@ufz.de

Das Einzugsgebiet der Mulde (Sachsen, Sachsen-Anhalt) ist durch erhöhte Arsenkonzentrationen im oberflächennahen Untergrund gekennzeichnet. Als Ursachen werden die geogen erhöhten Hintergrundbelastungen und die bergbauartigen Besonderheiten des Einzugsgebietes gesehen. An einer Testfläche nördlich von Wurzen konnte mit Hilfe aufwendiger punktueller Bodenprobenname Arsen nachgewiesen werden. Für die anschließend durchgeführten flächenhaften geophysikalischen Untersuchungen kann die besondere Bindungsaffinität des Arsens im Boden an Eisen und Mangan genutzt werden. Arsen sollte somit mit Hilfe der magnetischen Eigenschaften dieser Elemente auskartiert werden können. Die flächenhafte magnetische Kartierung erfolgte mit einer mobilen 4-Komponenten-Cäsiummagnetometer-Messplattform. Die punktuellen Messungen der magnetischen Suszeptibilität wurden mit Hilfe einer Bartington-Sonde durchgeführt.

Schleppgeophysikalische Verfahren sind schnelle und effiziente Erkundungsmöglichkeiten um physikalische Parameter des oberflächennahen Untergrundes auch auf größeren Untersuchungsgebieten flächenhaft zu messen. Der Aufwand in der Vorbereitung und der Durchführung der flächenhaften Messungen ist im Vergleich zu den punkthaften Beprobungsmethoden des Untergrundes sehr gering.

Neben der Anwendung magnetischer Verfahren wurde das Testareal mit weiteren flächenhaft einsetzbaren geophysikalischen Verfahren (Gammaskpektrometrie, elektromagnetische Kartierung mit EM 38) untersucht und geostatistisch analysiert. Anschließend sollen die Daten der Punktmessungen mit den geophysikalischen Untersuchungen korreliert und ein Modell zur Prognostizierung des Arsengehaltes auf der Fläche erstellt werden.

In der Präsentation werden die ersten Ergebnisse der flächenhaften und punkthaften geophysikalischen Messungen vorgestellt werden.

Webseite: <http://www.ufz.de/met/>

**S2-14** – Di 24.3 11:30 - 11:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Domsch, H. (Potsdam), Günther, T. (Hannover), Bauriegel, A. (Kleinmachnow)*

### **Ermittlung der flächenhaften Verbreitung der Schichtung der elektrischen Bodenleitfähigkeit**

E-Mail: [hdomsch@atb-potsdam.de](mailto:hdomsch@atb-potsdam.de)

Eine kontinuierliche Erfassung der elektrischen Bodenleitfähigkeit sowie deren Lokalisierung während der Vorwärtsbewegung einer geeigneten Messeinrichtung bietet die Möglichkeit, Trassen und Flächen schnell und effektiv zu kartieren. Entsprechende Messeinrichtungen wurden sowohl auf der Basis des elektromagnetischen als auch des geoelektrischen Messprinzips entwickelt. Während die ersten Messeinrichtungen die Ermittlung der elektrischen Bodenleitfähigkeit nur für eine Erkundungstiefe zuließen, bieten gegenwärtige Einrichtungen die gleichzeitige Messung in mehreren Erkundungstiefen an. Der Vergleich der Leitfähigkeitskarten mehrerer Tiefen bietet einen ersten Eindruck von der Veränderung der Leitfähigkeit mit der Tiefe.

Die Ermittlung von Leitfähigkeitsschichtungen erfordert jedoch eine Inversion der aufgenommenen Daten. Um relativ zuverlässige Inversionsergebnisse ermitteln zu können, sind Messungen in möglichst vielen Erkundungstiefen erforderlich.

Zur Untersuchung des Forschungsansatzes wurde eine Versuchseinrichtung gefertigt, die unter Nutzung rollender Elektroden den schnellen Transport der Einrichtung von einer Messposition zur nächsten zulässt, die Messung selbst aber stationär ausführt. Als Mess- und Steuerungsgerät dient die Einrichtung 4-Punkt light der Firma Geophysikalische Messgeräte Lippmann. Die Inversion erfolgt punktweise mit einem 1D-Inversionsprogramm nach dem Marquardt-Verfahren. Die Schichtmächtigkeiten können für standortkundlich relevante Tiefenbereiche vorgegeben oder berechnet werden. Mittels Interpolation der 1D-Modelle lässt sich die geschichtete Verteilung der Leitfähigkeit flächenhaft generieren.

Vorgelegt werden Ergebnisse von Kartierungen auf zwei Binnensalzstandorten im Land Brandenburg. Zum Vergleich dienen Leitfähigkeitsschichtungen der Bodenlösung (Bodensättigungsextrakt) an ausgewählten Positionen sowie Karten der Verteilung typischer Pflanzengesellschaften versalzten Bodens.

Webseite: <http://www.atb-potsdam.de>

**S2-15** – Di 24.3 11:50 - 12:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Gebbers, R. (Potsdam, ATB), Lück, E. (Potsdam, Uni Potsdam)*

### **Elektrische Leitfähigkeit des Bodens und pflanzenverfügbare Nährstoffe - eine Fallstudie**

Die Erfassung von Bodenvariationen durch die Kartierung der scheinbaren elek-

trischen Leitfähigkeit (ECa) stößt insbesondere im teilflächenspezifischen Pflanzenbau (Precision Agriculture) auf großes Interesse. Hier erfolgen Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Bodenbearbeitung, Aussaat, Düngung und Pflanzenschutz nicht mehr flächeneinheitlich sondern innerhalb eines Schlates räumlich differenziert. Dadurch kann der Einsatz von Betriebsmitteln optimiert und die Belastung für die Umwelt vermindert werden. Für die bedarfsgerechte Düngung mit Phosphor, Kalium, Magnesium und Kalk werden unter anderem orts aufgelöste Informationen über den Gehalt an pflanzenverfügbaren Nährstoffen und den pH-Wert benötigt. Die konventionelle Erfassung dieser Bodenparameter durch Bodenbeprobungen ist zeitaufwändig und teuer. Daher wird versucht, die flächendeckende Schätzung dieser Parameter durch geoelektrische Kartierungen zu verbessern. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass Korrelationen zwischen dem Gehalt an pflanzenverfügbaren Nährstoffen und der (scheinbaren) elektrischen Leitfähigkeit (bzw. elektrischem Widerstand) bestehen. Pflanzenverfügbare Nährstoffe liegen als Ionen frei in der Bodenlösung oder adsorbiert an Austauschern der mineralischen und organischen Bodenmatrix vor. Es ist bekannt, dass die Konzentration der Ionen im Boden die elektrische Leitfähigkeit beeinflusst. Untersuchungen zu Korrelationen zwischen Nährstoffgehalten und der elektrischen Leitfähigkeit haben jedoch sehr unterschiedliche Ergebnisse geliefert. Anhand einer Fallstudie auf einem nordostdeutschen Grundmoränenstandort werden die Zusammenhänge zwischen pflanzenverfügbaren Nährstoffen, der elektrischen Leitfähigkeit und anderen Bodenparametern detailliert analysiert. Dazu wurden entlang einer Trasse hochauflösende Messungen mit einer Geotom Multielektrodenapparatur vorgenommen und diese zu Bodenanalysen aus drei Schichten in Beziehung gesetzt. Während es über alle Bodenschichten deutlich positive Korrelationen zwischen KAK, Tongehalt und elektrischer Leitfähigkeit gibt, sind die Beziehungen von pflanzenverfügbaren Nährstoffen zu diesen Parametern uneinheitlich. Anhand der Verschiebung der Verhältnisse zwischen austauschbarem Ca und den verfügbaren kationischen Nährstoffen kann vermutet werden, dass letzter im Oberboden durch Zufuhr von Ca-haltigen Düngemitteln verdrängt worden sind. Da Düngungsregime von Schlag zu Schlag sehr unterschiedlich sein können, führt dies auch zu unterschiedlichen Korrelationen zwischen der elektrischen Leitfähigkeit und pflanzenverfügbaren Nährstoffen. Dies erklärt die widersprüchlichen Befunde in der Literatur zur Nutzbarkeit von Leitfähigkeitskarten für die Schätzung der Nährstoffverteilung.

*Webseite:* <http://www.atb-potsdam.de>



**S2-16** – Di 24.3 12:10 - 12:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Winchen, T. (Forschungszentrum Jülich), Kemna, A. (Universität Bonn), Huisman, J.A., Vereecken, H. (Forschungszentrum Jülich)*

**Charakterisierung bimodaler Faziesverteilungen aus der Anisotropie der effektiven komplexen elektrischen Leitfähigkeit: Numerische 2D-Studie basierend auf Cole-Cole-Modellen**

E-Mail: kemna@geo.uni-bonn.de

Die Charakterisierung struktureller Heterogenität im Untergrund ist von fundamentalem Interesse für die Modellierung von Fließ- und Stofftransportprozessen und führt im Allgemeinen zu anisotropen effektiven physikalischen Eigenschaften. In einer numerischen Studie wurde untersucht, inwieweit die komplexe elektrische Leitfähigkeit einer zweidimensionalen bimodalen Faziesverteilung anisotrop ist und die Anisotropie eine strukturelle Charakterisierung erlaubt. Dabei wurde angenommen, dass sich die elektrischen Eigenschaften der beiden Fazieskomponenten mit dem Cole-Cole-Modell beschreiben lassen, sich jedoch hinsichtlich des Relaxationsverhaltens deutlich voneinander unterscheiden. Zunächst zeigt sich, dass sich der effektive Gleichstromwiderstand der Verteilung als gewichteter Potenzmittelwert der Widerstände der beiden Komponenten beschreiben lässt, wobei die Gewichtung über die gegebenen Volumenanteile erfolgt. Der zugehörige Exponent ist direkt verknüpft mit den Korrelationslängen der Verteilung in den beiden Hauptrichtungen. Das durch den gewichteten Potenzmittelwert gegebene Mischungsmodell wurde in einem zweiten Schritt benutzt, um aus simulierten spektralen anisotropen Impedanzmessungen entlang der beiden Hauptrichtungen die Cole-Cole-Parameter der einzelnen Komponenten der bimodalen Verteilung als auch die Parameter des Mischungsmodells invers zu berechnen. Insbesondere kann auf diese Weise direkt das Korrelationslängenverhältnis bestimmt werden. Die Ergebnisse sind für alle Anwendungen impedanzspektroskopischer Messungen von Bedeutung, bei denen Anisotropie angetroffen wird.

**S2-17** – Di 24.3 12:30 - 12:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Wagner, N., Kupfer, K., Trinks, E. (MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar)*

**Experimentelle Untersuchungen zur Frequenz- und Temperaturabhängigkeit des dielektrischen Materialverhaltens von Böden**

E-Mail: norman.wagner@mfpa.de

Für eine erfolgreiche Anwendung hochfrequenter elektromagnetischer Messverfahren (GPR, TDR, Remote Sensing) zur Feuchtebestimmung im Untergrund ist die genaue Kenntnis der frequenz- und temperaturabhängigen elektromagnetischen Materialeigenschaften von Böden in einem breiten Dichte- und Wassergehaltsbereich erforderlich. In vielen praktischen Fragestellungen kann dies

jedoch meist nicht ausreichend berücksichtigt werden. Der Grund hierfür ist das Fehlen hochaufgelöster dielektrischer Spektren mit entsprechender Genauigkeit von teilgesättigten und gesättigten Böden. In der vorliegenden Untersuchung wurde das dielektrische Relaxationsverhalten eines Auelehmbodens von einem Hochwasserschutzdeich an der Unstrut bei Straußfurt/Thüringen in einem breiten Porositäts- und Wassersättigungsbereich untersucht. Die komplexe dielektrische Permittivität wurde im Frequenzbereich von 1 MHz bis 10 GHz und Temperaturbereich von 5 °C bis 45 °C bei 1 bar mittels Koaxialleitertechnik (Agilent PNA E8363B, HP8720D und R&S ZVR NWA in Kombination mit koaxialen Messzellen) ermittelt. In den dielektrischen Spektren konnten folgende bodenspezifische Relaxationsprozesse beobachtet werden: die primäre Wasserrelaxation, die Relaxation der gebundenen Wasserphase und Relaxationsprozesse infolge der Wechselwirkungen zwischen der Porenlösung und Tonmineralphasen. Unter Benutzung eines globalen Optimierungsverfahrens (Shuffled Complex Evolution Metropolis Algorithmus (SCEM-UA)) wurden die Relaxationsprozesse mittels eines generalisierten fraktionalen dielektrischen Relaxationsmodells unter Berücksichtigung einer scheinbaren Gleichstromleitfähigkeit parametrisiert. Die experimentellen Ergebnisse zeigen deutlich die Nachteile häufig eingesetzter empirischer Kalibrationsfunktionen bzw. theoretischer Mischgesetze.

**S2–19** – Mi 25.3 08:30 - 08:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Radic, T. (Berlin, Radic Research)*

### **Magneto-Resonance-Sounding (MRS) mit kleinen Spulendurchmessern**

E-Mail: [radic@radic-research.de](mailto:radic@radic-research.de)

Die nicht penetrative MRS Methode erlaubt die direkte Messung des absoluten Gehalts an ungebundenem Wasser im Untergrund, sowie die Abschätzung der mittleren Porenweiten in denen sich dieses Wasser befindet. In unseren gemäßigten Breiten liegen viele interessante Untersuchungsobjekte in geringen Tiefen bis etwa 10 m. Dieser Tiefenbereich ist mit den üblichen MRS Instrumenten jedoch nur unzureichend erfassbar. Wir haben daher eine Apparatur speziell für diesen Tiefenbereich entwickelt.

Für räumlich hoch auflösende Messungen, wie sie beispielsweise in der Landwirtschaft erforderlich sind, werden Spulen mit nur 1 Meter Durchmesser benötigt. Erste Messergebnisse hierzu werden vorgestellt.

Der Einsatz kleinerer Messspulen geht allerdings einher mit sehr kleinen Nutzsignalamplituden. Zu ihrer Messung wurden eine signifikant empfindlichere Messelektronik, sowie zusätzlich Maßnahmen zur Störsignalunterdrückung implementiert.

Technische Störungen können die Datenqualität von MRS Sondierungen erheblich mindern. Die klassische Methode über viele Messungen zu mitteln verbessert zwar zuverlässig das Signal- zu Rauschverhältnis, verringert aber den

Messfortschritt mitunter unakzeptabel stark. Wir setzen daher zusätzlich eine Referenztechnik und eine Intervallselektive Spike Eliminationsmethode ein. Anders als die Mittelungstechnik verbessern diese die Datenqualität ohne den Messfortschritt nennenswert zu verringern.

Üblicherweise wird die transversale Relaxationszeit  $T2^*$  zur Abschätzung der Porenradien verwendet.  $T2^*$  kann jedoch durch ein inhomogenes Erdmagnetfeld verfälscht werden. Da die longitudinale Relaxationszeit  $T1$  hiervon unbeeinflusst ist, wurden zu ihrer Messung eine 2-Puls Anregungstechnik mit variablem zeitlichen Pulsabstand implementiert. Erste Felddaten werden vorgestellt und diskutiert.

Profilhafte MRS Messungen sind üblicherweise sehr zeitaufwendig. Eine konsequente Parallelisierung der MRS Messung würde dies jedoch ändern. Erste Erfahrungen mit einer neuartigen Spulenkonfiguration werden vorgestellt.

Webseite: <http://www.radic-research.de>

**S2–20** – Mi 25.3 08:50 - 09:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Buckup, K. (DBM-Magdeburg)*

### **BODAMESS-Software zur Bearbeitung von Impuls-Neutron-Neutron-Messunge**

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

Informationsträger für Impuls-Neutron-Neutron-Messungen sind Abklingkurven. Die Abklingkurven werden in verschiedener Form bearbeitet. Das Programmpaket BODAMESS trägt den unterschiedlichen Anforderungen Rechnung. Es werden die mittleren Abklingkurven berechnet und deren bestimmende Parameter  $\tau$  und/oder  $\sigma$ , im Weiteren werden Transformationen in EXCEL-Tabellen vorgenommen und diese unter verschiedenen Gesichtspunkten bearbeitet. Für die EXCEL-Tabellen kann die Standardmathematik Anwendung finden oder es können die verschiedenen Funktionen von BODAMESS genutzt werden. Zusätzlich steht ein Programmpaket DATAANALYSER zur Verfügung.

BODAMESS ermöglicht die Aushaltung von Unstetigkeitsstellen auf der Abklingkurve und eine Superpositionierung verschiedener INN-Meßdaten in Form von Logs oder als Zeitmessungen. BODAMESS ist ein offenes Programm, das die Möglichkeit bietet, externe Daten zu integrieren. Wird BODAMESS als Betriebssoftware genutzt, dann kann jeweils die komplette Gerätekombination aufgenommen werden, es sind Registriermöglichkeiten für GPS und GR vorhanden. Auf Grund der Datenkonvertierung zu EXCEL-Tabellen ist eine Kompatibilität zu weiteren Formaten gegeben. BODAMESS baut selbständig eine Datenbank auf, so daß Vergleichsmessungen jederzeit zur Verfügung stehen. Notwendige Zusatzdaten können extern eingelesen werden. Für die Grundmodule sind die

Testläufe abgeschlossen.

Webseite: <http://www.bohrlochmesser.de>

**S2-21** – Mi 25.3 09:10 - 09:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

Gurk, M. (Köln), Bosch, F.P. (Aachen)

### **Erkundung verlassener Minenschächte mit Fernfeld Radio Transmitter EM und Eigenpotential Messungen**

E-Mail: [geogurk@geo.uni-koeln.de](mailto:geogurk@geo.uni-koeln.de)

Minenschächte und andere bergbaulichen Untertagekonstruktionen aus der Frühzeit der industriellen Entwicklung werden immer wieder in urbanen Gebieten vermutet. So auch in der Umgebung von Aachen. Solche verlassenen Anlagen sind aus heutiger Sicht meistens unzureichend gesichert. Sie können kollabieren und stellen somit ein hohes geotechnisches Risiko dar. Durch Aufschüttungen und Verfüllungen im Gelände sind diese Konstruktionen vielfach nicht mehr auszumachen, so daß ihre genaue Lokation ohne weitere Hilfsmittel nicht mehr möglich ist.

Soll ein Minenschacht mit einem Durchmesser von etwa 1 m auf einer grossen Fläche lokalisiert werden, sind hochauflösende und schnelle Messsysteme unabdingbar. Weiterentwicklungen der bekannten Very Low Frequency (VLF) Technik wie z.B. die VLF-gradient und die Radiomagnetotellurik (RMT) Methode erfüllen diese Anforderungen.

Kontinuierlich und bodenkontaktlos messende VLF-gradient Systeme liefern eine schnelle Übersichtskarte über die laterale Widerstandsverteilung. Die 2D Inversion von skalaren RMT Daten ergibt eine Widerstandstiefenverteilung und Eigenpotentialmeßwerte erlauben zusätzlich die Anomalien aus der VLF-gradient Karte zu bewerten.

Die erfolgreiche Verknüpfung dieser drei Methoden für die Suche nach verlassenen Minenschächten in der Umgebung von Aachen wird für ein elektromagnetisch verrauschtes und ungestörtes Meßgebiet vorgestellt.

Webseite: <http://www.geomet.uni-koeln.de>

**S2-22** – Mi 25.3 09:30 - 09:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

Kruschwitz, S., Niederleithinger, E. (Berlin)

### **Komplexe Leitfähigkeit teilgesättigter Baustoffe**

E-Mail: [sabine.kruschwitz@bam.de](mailto:sabine.kruschwitz@bam.de)

Im Rahmen des EU-Forschungsvorhabens *Cultural Heritage Protection Against Flood (CHEF)* werden an der BAM verschiedene Messverfahren auf ihre Anwendbarkeit zur zerstörungsfreien Detektion von Feuchteschäden in Baustoffen

untersucht [1]. Eine wichtige Rolle spielt dabei die komplexe Leitfähigkeitsbestimmung, da sie im besten Fall gleichzeitig Hinweise auf die Porengeometrie, die Sättigung und den Salzgehalt eines feuchten Mediums liefern könnte. In einer Laborstudie wurde für ausgewählte Sandsteine und Ziegel die Abhängigkeit der komplexen elektrischen Eigenschaften vom Sättigungsgrad untersucht. Sandsteine und Ziegel mit verschiedenen Porengeometrien wurden mit unterschiedlichen Porenfluiden gesättigt und anschließend evaporativ getrocknet. Es stellte sich (dann auch unabhängig vom Fluid) heraus, daß sich Sandsteine grundsätzlich anders verhalten als Ziegel. Während bei Ziegeln die Polarisationsfähigkeit mit zunehmender Trocknung steigt, nimmt sie bei Sandsteinen ab. In einem ersten Feldversuch konnte diese Beobachtung an gefluteten Testwänden nachvollzogen werden [2].

### Literatur

[1] Kruschwitz, S. und Köpp, Ch., 2008, Cultural Heritage Protection Against Flood (CHEF) - a European FP6 Research Project, Proc. of the 8th European Conference on Research for Protection, Conservation and Enhancement of Cultural Heritage: CHRESP, Ljubljana, Slowenien, 10-12. November.

[2] Kruschwitz, S. und Niederleithinger, E., 2008, Complex resistivity (CR) behavior of building material - First results of Field scale measurements, Near Surface 2008 - Proc. of the 14th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics (EAGE-NS), Krakau, Polen, 15.-17. September.

**S2–23** – Mi 25.3 09:50 - 10:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Martin, T. (Berlin)*

### **Komplexe elektrische Widerstandstomographie an Bäumen**

E-Mail: [tina.martin@bam.de](mailto:tina.martin@bam.de)

Die Untersuchung von Bäumen hinsichtlich ihres Zustandes und ihrer Stabilität ist ein relativ neues Einsatzfeld für geoelektrische Tomographiemessungen. Mit dem Verfahren der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) wurden Eichen (*Quercus spp.*) untersucht, deren Stabilität nach einem Pilzbefall fraglich war.

Um die Auswirkungen von Pilzen auf die elektrischen Eigenschaften von Holz zu ermitteln, wurden zunächst Labormessungen an Eichenkernholzproben durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass der spezifische elektrische Widerstand durch den Pilzbefall stark abnimmt. Ursache ist die vom Pilz hervorgerufene Anreicherung von Wasser im Holz, die für den Stoffwechsel benötigt wird. In der Phasenverschiebung bewirkt der Pilzbefall eine Verringerung der Phasenwerte, da durch den Holzzellwandabbau die relevanten Grenzschichten zerstört werden.

In den Feldmessungen, die mit der 24-kanaligen SIP-Apparatur SIP256C durchgeführt wurden, konnten diese Ergebnisse bestätigt werden. Für eine zuverlässige Interpretation werden aber Tomogramme eines gesunden Baumes derselben Baumart benötigt. Daher wurden an gesunden Eichen ebenfalls Messungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten durchgeführt.

Am Beispiel mehrerer infizierter Eichen konnte dann der Pilzbefall nachgewiesen werden. Es war möglich, die Ausbreitung des Pilzes entlang mehrerer Messebenen nachzuvollziehen. Ein direkter optischer Vergleich nach der Fällung ermöglichte die Überprüfung. Elektrische Verfahren alleine stoßen aber durch ihre Mehrdeutigkeit an Grenzen. In Verbindung mit der bereits in der Praxis verwendeten Schalltomographie oder dem punktuellen Bohrwiderstandsverfahren sind jedoch Zustandsanalysen möglich.

Webseite: <http://www.bam.de>

**S2–24** – Mi 25.3 10:10 - 10:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Popp, S., Vienken, T. (Leipzig, UFZ), Kretschmer, F. (Leipzig, UFZ, Institut für Geophysik und Geologie, Universität Leipzig), Dietrich, P. (Leipzig, UFZ)*

### **Einsatz von seismischen Landstreamern in Kombination mit geotechnischen Sondierungen zur Baugrunduntersuchung**

Schleppgeophysikalische Verfahren in Kombination mit Direct-Push Verfahren stellen eine effiziente und vergleichsweise schnelle Methodenkombination zur Charakterisierung des oberflächennahen Untergrundes dar. Aufgrund physikalischer Zusammenhänge eignen sich für Baugrunduntersuchungen insbesondere seismische Verfahren, um Eigenschaften und Strukturen des Untergrundes zu erkunden. Anhand der Scherwellengeschwindigkeit der Oberflächenwellen kann die Steifigkeit des Bodenmaterials abgeleitet werden, ein für die Vorhersage von Verformungen wichtiger geotechnischer Bodenparameter. Gerade bei großflächigen Baugrunduntersuchungen, z.B. für den Bau von Verkehrswegen, bietet sich der Einsatz von Landstreamern für eine kontinuierliche seismische Erkundung an. Landstreamer-Messungen in Kombination mit CPT (Cone Penetrating Tests) Sondierungen wurden auf einem Testfeld nahe Berlin durchgeführt. Die CPT Sondierungen erreichten Tiefen von bis zu 30 m ermöglichen die Ableitung von korngrößenabhängigen Eigenschaften des Untergrundes. Für die seismischen Messungen wurden drei miteinander gekoppelte 24-Kanal-Landstreamer eingesetzt. Der erste Streamer hinter der seismischen Quelle war mit 4,5 Hz Geophonen bestückt. Die Kanäle der beiden folgenden Streamer wurden mit 14 Hz Geophonen besetzt. Angeregt wurde mit einem auf einem Fahrzeug montierten beschleunigten Fallgewicht. Die Idee hinter dieser Konfiguration ist die gleichzeitige Datenaufnahme für sowohl Refraktions- und Reflexionsseismik als auch für Oberflächenwellenseismik. Die profilhaften seismischen Daten sollen mit den punktuellen Informationen der CPT Sondierungen verknüpft und hinsichtlich einer geotechnischen Charakterisierung des Untergrundes ausgewertet werden.

Webseite: <http://www.ufz.de/met/>

**S2–25** – Mi 25.3 10:50 - 11:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Lowag, J. (Rostock, Innomar Technologie GmbH)*

**Application of multi-transducer parametric sub-bottom profiler for three-dimensional archaeological investigations in shallow waters**

E-Mail: [jlowag@innomar.com](mailto:jlowag@innomar.com)

Parametric (non-linear) sound generation is the only available technique to design acoustical systems with small transducer dimensions and narrow sound beams at low frequencies. An Innomar SES-2000 parametric transducer has an active area of 20cm by 20cm and provides a beam width of less than four degrees (at 3dB), valid for all adjustable low frequencies between 5kHz and 15kHz. The transmit directivity of the parametric sound beam does not show any significant side lobe characteristic, which reduces ambiguities during the interpretation of individual reflectors. Short transmit signals of single sinus cycles without any ringing and high ping rates of up to 50 pings per second are further advantages which contribute to the very high spatial resolution of this acoustical system. An arrangement of three transducers (up to five are possible) with synchronized transmit regimes has been applied for the geophysical investigation of an archaeological site in Northern Germany in Summer 2008. An elongated wooden structure of individual crates from the Viking period is buried in the muddy ground of the Schlei near Schleswig. The water depth at the site is around three meters and the burial depth is about one meter. The survey was realized with a small boat and standard positioning, heading and attitude systems. The line array of transducers is rigid and fix mounted to the survey platform. Therefore no complicate offset and attitude corrections are necessary, like for towed sensors. However emphasis must be put into the positioning accuracy in order to combine multiple survey lines into a common data set of high spatial resolution. The achieved data were processed with a bin size of 33cm laterally and 2cm vertically. The transducer arrangement in the line array is variable. The smallest distance between two transducer centres can be 25cm, depending on the structure size to be investigated. Since transmitter and receiver are on identical positions, no extensive migration processing is necessary for the acoustical signals. The data set is immediately ready for 3D visualization with volume rendering methods after data acquisition. The collected data has revealed information about the dimensions of the archaeological structure and the arrangement of individual crates, as well as possible locations for scattered debris. It has been demonstrated that the technology of parametric sub-bottom profiling is a useful acoustical technique applicable to three-dimensional investigations of buried structures with high spatial resolution.

*Web page:* <http://www.innomar.com>

**S2-26** – Mi 25.3 11:10 - 11:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Stümpel, H., Erkul, E., Rabbel, W. (CAU-Kiel)*

### **Der Baustoff Lehm in der archäo-geophysikalischen Prospektion**

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

Lehm ist einer der ältesten Baustoffe der Menschheit. Er ist fast überall verfügbar und relativ einfach zu verarbeiten. Der zum Bauen verwendete Lehm ist eine Mischung aus Ton, Schluff und Sand, der häufig noch mit Zuschlagstoffen wie Stroh und Kalk versetzt wird. Für den Bau von Gebäuden oder Stadtmauern wurden oft luftgetrocknete oder gebrannte Ziegel verwendet. Die magnetischen Eigenschaften des Tons - sei es von erhaltenen Gebäuderesten oder erodiertem Material - beherrschen daher häufig das Bild der archäo-magnetischen Kartierung.

Es sollen hierzu verschiedene Beispiele der archäo-geophysikalischen Prospektion (Geomagnetik und Georadar) diskutiert werden. Neben Beispielen aus Nordeuropa liegt der Schwerpunkt auf Messungen im mediterranen Raum und im Iran. Die Darstellungen behandeln Bauten aus luftgetrockneten oder gebrannten Ziegeln, aber auch durch Brandkatastrophen zerstörte Gebäude. Um diese Objekte kartieren zu können muss ein entsprechender physikalischer Kontrast zum einbettenden Umgebungsmaterial vorliegen. Es werden verschiedene Varianten wie Lehm in Lehm und Lehm in Sand diskutiert. Eine besondere Kuriosität sind die vorgestellten Blitzeinschläge.

**S2-27** – Mi 25.3 11:30 - 11:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Rassmann, K. (RGK-Frankfurt), Batora, J. (Archäol. Inst. Slowakei), Lüth, F. (RGK-Frankfurt-Kiel), Winkelmann, K. (SENSYS GmbH-Neu Golm)*

### **Großflächige, hochauflösende magnetische Flächenkartierung einer frühbronzezeitlichen Siedlung in der Slowakei**

E-Mail: [rassmann@rgk.dainst.de](mailto:rassmann@rgk.dainst.de)

Die äneolithisch-frühbronzezeitliche Siedlung Fidvár (Földvár) bei Vrable liegt am Nordwestrand des Pannonischen Beckens in der Südwest-Slowakei. Im Frühjahr 2007 begannen hier Untersuchungen, an denen sich das Archäologische Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, die Professur für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie der Universität Bamberg, die Römisch-Germanische Kommission und das Geographische Institut der Universität Heidelberg beteiligten.

Es erfolgten Oberflächenbegehungen, geophysikalische Prospektionen (Geomagnetik und Geoelektrik), eine topografische Aufnahme und Bohruntersuchungen. Das reiche Fundmaterial und die bei den geophysikalischen Untersuchungen deutlich hervortretenden Hausstrukturen ermöglichen bereits jetzt präzise Aussagen zur Ausdehnung der Siedlung und ihrer inneren Siedlungsstruktur. Zur



Zeit der größten Ausdehnung umfasste das Siedlungsareal nahezu 12 ha. Damit zählt die befestigte Siedlung von Fidvár zu den größten frühbronzezeitlichen Anlagen dieser Art im Pannonischen Becken.

Im Herbst 2008 wurde die Siedlung mit angrenzenden Flächen im Umfang von 17,9 Hektar an drei Messtagen mit einem fahrzeuggestützten MAGNETO<sup>®</sup>-MX System der Firma SENSYS Sensorik und Systemtechnologie GmbH kartiert. Das System besteht aus 8 bis 32 Fluxgate-Vertikalgradiometern auf einem gefederten Kunststoff-Trägersystem, einer 32-Kanal-Datenerfassungselektronik, einem Trimble RTK-DGPS-System und der Datenerfassungssoftware MonMX. Für die archäomagnetischen Kartierungsarbeiten wurde für die Fluxgate-Vertikalgradiometer ein Dynamikumfang von  $\pm 3.000$  nT bei einer Auflösung von 0,1 nT gewählt.

Im Ergebnis der magnetischen Kartierung sind zwei große Gräben, zahlreiche Hausstellen und großflächig bebaute Areale innerhalb der Gräben sowie Wegführungen und Bebauung im Außenbereich der Siedlung erkennbar. Bei der Ausgrabung der befestigten Siedlung Nitiransky Hradok (ca. 18 km Luftlinie von Fidvár) sind auf ca. 8000 m<sup>2</sup> ca. 380 Siedlungsgruben ausgegraben worden. Deshalb wird davon ausgegangen, dass es sich bei zahlreichen Anomalien innerhalb der Siedlung, die nicht eindeutig als Hausstellen identifizierbar sind, ebenfalls um Gruben handelt. Weiterhin wurden außerhalb der inneren Siedlung Grubenstrukturen kartiert, bei denen es sich nach Sondagen um frühbronzezeitliche Gräber handelt.

Die Kartierung zeigt, dass der Schlüssel zu aussagekräftigen magnetischen Kartierungen in der Archäologie weniger in einem möglichst rauscharmen Sensor, als vielmehr in einer möglichst hohen räumlichen Auflösung (Datenpunktdichte), einer möglichst genauen Ortsreferenzierung und einer zusammenhängenden Führung einer Mehrzahl von Magnetometern liegt.

**S2–28** – Mi 25.3 11:50 - 12:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Özkap, K. (Kiel, Institute of Geoscience, University of Kiel), Stümpel, H. (Kiel)*

### **GPR investigations at the Roman necropolis of Tuna el-Gebel, Egypt**

Tuna el-Gebel was the necropolis of the ancient city of Hermopolis during the Greco-Roman era. To investigate the planning of the necropolis extensive geomagnetic mapping was applied in 2007. Major targets of the field survey were the extent of the necropolis area, the structure of its street system and infrastructure.

According to the results of the magnetic survey, we applied GPR measurements to structures showing pronounced or suspect magnetic anomalies. Besides a high resolution image of the floor plans of tombs, the GPR time slices show clearly the wall construction of tombs in low reflection. In this study, some of processing steps were applied to radar data such as Fk filter, deconvolution, migration, band pass filter, and topography correction in order to improve the quality of data.

Archaeological structures can be clearly identified after the final data processing. To increase the trustworthiness of this study, results of penetrating radar and magnetic were combined each other. As a result, depths and locations of archaeological structures have been successfully delineated.

**S2–29** – Mi 25.3 12:10 - 12:30 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Erkul, E. (CAU Kiel), Niewöhner, P. (DAI Istanbul), Stümpel, H. (CAU Kiel)*

### **Kombinierte geophysikalische Prospektion - Die Entdeckung der frühbyzantinischen Friedhofskirche in Milet**

Seit 1992 wurde ein Großteil der antiken Stadtanlage Milet in Westanatolien geophysikalisch vermessen. Die Ergebnisse haben wichtige Beiträge zu den Fragestellungen von Stadtmauern, Häfen, Marktplätzen, Straßensystemen und Nekropolen leisten können. Im Sommer 2005 und 2006 wurden im Südwesten der Stadt Geomagnetik-, Elektromagnetik- und Georadarmessungen mit dem motorisierten Multi-Sensor-System aus Kiel durchgeführt. Die Ergebnisse der Geomagnetik bilden die Umrisse einer Kirche mit einem rechteckigen Quadrat (Atrium) nach Westen und eine rechteckige Struktur nach Süden ab. Die relative hohen elektrischen Leitfähigkeiten sind verantwortlich dafür, dass in den Georadarmessungen keine Diffraktionen zu den oben genannten Strukturen erkannt werden konnten. Um Tiefen-Informationen zu gewinnen wurden geoelektrische Widerstands-Tiefen Profile mit der Multi-Elektroden Apparatur RESECS gemessen. Die geoelektrischen Modellierungen bestätigen die Ergebnisse der Geomagnetik und der Elektromagnetik. Die Mauerfundamente reichen bis in eine Tiefe von 2 m und besitzen einen relativ höheren elektrischen Widerstand zu ihrer Umgebung. Aufgrund der geophysikalischen Ergebnisse wurden mehrere archäologische Sondagen durchgeführt und insgesamt 48 m<sup>2</sup> aufgedeckt. Diese Abschnitte genügen, um den Großbau als Transeptbasilika zu rekonstruieren. Die Fundamente des Hauptgebäudes sind aus Marmor, welcher für die weißen Linien auf dem Geomagnetik-Plan (niedrige Magnetisierung) und für schwarze Linien in dem Geoelektrik-Tiefenschnitt (hoher spezifischer Widerstand) verantwortlich ist. Der schwarze Bereich (hohe Magnetisierung) zwischen den Mauerfundamenten spiegelt die Fußboden-Mosaiken wieder. Die rechteckige Struktur nach Süden der Basilika ist möglicherweise eine offene durch Säulenhallen eingeschlossene Räumlichkeit. Zeitlich konnte der Kirchenbau als frühbyzantinisch zugeordnet werden und wurde Friedhofskirche genannt; sie liegt nördlich des Kalabaktepe inmitten von Sarkophagen und tonnengewölbten Grabbauten.

**S2–30** – Mi 25.3 12:30 - 12:50 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Bilgili, F., Ismaeil, A., Rabbel, W., Götze, H.-J., Stümpel, H. (Univ. Kiel, Geophysik)*

### **Geophysikalische Untersuchungen am Danewerk - das größte archäologische Denkmal Nordeuropas**

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

Mit seinen Langwällen zwischen Schlei und Treene ist das Danewerk (bei Haitzabu südlich der Stadt Schleswig, Norddeutschland) das größte archäologische Denkmal Nordeuropas. 30 km lange Wallanlage sicherte die Südgrenze des dänischen Königreichs. Zwei Großkonstruktionen, 5,5 km lange Feldsteinmauer (aus dem 8. Jahrhundert) und 4,5 km lange die Waldemarsmauer (aus dem 12. Jahrhundert, das älteste Ziegelbauwerk Nordeuropas), stehen im Mittelpunkt der Untersuchungen dieses DFG-geförderten Forschungsvorhabens. Mit seiner ausgedehnten Lage und ausgeprägten Topographie stellt dieser Wall für die geophysikalischen Untersuchungen und Modellierungen eine große Herausforderung dar. Dabei werden verschiedene wissenschaftliche Ziele angestrebt:

- 1) Multisensorische Detailuntersuchungen (Geomagnetik, Geoelektrik, Georadar, Seismik und EM) an einigen ausgewählten Abschnitten der Wallanlage, um Messkonfigurationen, Messraster, logistische Tauglichkeit, Dauer und Realisierbarkeit der Messung zu prüfen.
- 2) Test der systematischen Kartierung mit der ausgewählten Kombination der Verfahren entlang des Walles, um spätere Zerstörung und den genauen Verlauf der Großkonstruktionen zu bestimmen.
- 3) 2D und 3D integrierte Interpretation und Visualisierung basierend auf den Erkenntnissen der einzelnen Verfahren. Hierbei sollen Multisensordaten der Geophysik, archäologische Befunde, Ergebnisse aus Bohrungen miteinander verknüpft werden.

**S2–31** – Mi 25.3 12:50 - 13:10 HS C · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Ibsen, T. (Schleswig, Archäologisches Landesmuseum)*

### **Auf der Suche nach der Siedlung von Wiskiauten - Geophysikalisch-archäologische Siedlungsforschungen zu einem wikingerzeitlichen Fundplatz in Russland**

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

Nur 2 km südlich der Ostsee wurde im Jahr 1865 am Fuß der Kurischen Nehrung im ehemaligen Ostpreußen (heute Kaliningrader Gebiet) eines der größten Grabhügelfelder der Wikingerzeit an der südlichen Ostseeküste entdeckt. In den folgenden 140 Jahren haben zahlreiche Ausgrabungen deutscher und russischer Archäologen an den Grabhügeln stattgefunden. Sie förderten in der Hauptsache skandinavische Beigaben zutage. Durch diese in der Region sonst kaum vor-

kommenden Funde und den von der einheimischen Flachgrabsitte abweichenden Grabbau interpretierte man die Nekropole als Begräbnisplatz von Skandinaviern aus der Mälarseeregion, die im Land der Prussen einen Handelstützpunkt unterhielten. Trotz intensiver Suche gelang es aber nie, eindeutige Spuren dieser Niederlassung zu finden. Im Jahr 2005 startete das Archäologische Landesmuseum Schleswig, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Römisch-Germanischen Kommission Frankfurt a. M., in Zusammenarbeit mit dem Archäologischen Institut der Russischen Akademie der Wissenschaften ein interdisziplinäres Forschungsprojekt, um die zum Gräberfeld gehörende Siedlung zu lokalisieren. Da die potentiell in Frage kommende Siedlungsfläche mehr als 3 qkm groß ist, versprachen nur großflächige geophysikalische Messungen vor den geplanten Ausgrabungen zum Erfolg zu führen. Seither hat ein Team des Instituts für Geowissenschaften (Abteilung Geophysik) der Christian-Albrechts-Universität Kiel geophysikalische Voruntersuchungen auf einer Fläche von knapp 100 Hektar durchgeführt. Die Zahl der verdächtigen Anomalien geht dabei in die Tausende, weshalb eine spezielle Forschungsstrategie entwickelt wurde. Zunächst haben direkt im Anschluss an die Messungen Bohrungen an bisher 200 Objekten stattgefunden, von denen ca. 30 Anomalien mittels C14-Analyse datiert werden konnten. Erst im letzten Schritt sind in bisher 20 kleineren Grabungsschnitten einige der Anomalien auch archäologisch untersucht worden. Schon jetzt zeichnet sich ab, dass vor allem der Zeitraum zwischen dem 6. und 13. Jh. besonders stark vertreten ist. Der Vortrag fasst die Forschungsergebnisse seit dem Jahr 2005 zusammen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Darstellung der geophysikalischen Messergebnisse und der Diskussion der speziellen Forschungsstrategie mit ihren Möglichkeiten und Grenzen.

Webseite: <http://www.wiskiauten.eu>

**S2–32** – Do 26.3 11:30 - 11:50 HS K · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Mohamed Ali, M., Sun, H.P. (Wuhan, China, Institute of Geodesy and Geophysics, CAS), Wolf, P. (Langnow, LUPUS archaeological services), Burkhardt, H. (Berlin, TU-Berlin)*

**Processing, Inversion and Interpretation of the Magnetic Data of the Southern Mound in Domat al-Hamadab Archaeological Site-Sudan**

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

Magnetic survey using vertical gradient fluxgate gradiometer was carried out within three areas of the southern mound at Domat al-Hamadab, Sudan. The magnetic anomalies in the raw data were not identified clearly due to noises, different grid-edge mismatching, magnetic drift, other instrumental and spatial noises. The current paper presents first a specific geophysical processing scheme that was succeeded to overcome many data errors and interpretation difficulties and then present the interpretation results of the processed maps.

Low pass filtering was used to remove the zigzag instrumental noises and the directional-, expansion interpolation method helped to smooth the filtered data. Moreover, a simple add value process was used to correct for the magnetic drift. Data overlapping of semi-transparent maps of grids, which were carried out with different sampling patterns and sensor orientations relative to magnetic field, was used to enhance the anomalies by using the properties of each map. Despiking was used to remove the high values related to unavoidable artifacts like metallic nails set out during the archaeological survey of the area.

The processed maps show interesting archaeological features and can be interpreted as follows; the southern area revealed a southeast oriented building of 20x20 m with strong walls of burned bricks. In contrast to its clear outline, its internal room structures are hardly recognizable, probably due to much debris. A semi-circular structure at its southeastern face reminds an apsis of a Christian church. The building is surrounded by smaller rectangular structures. The central area shows a southeastern oriented square compound of 60x60 m with much less magnetic anomalies. The compound outline is clearly indicated by its contrast to the low magnetic background of the immediate surroundings, but the interior structures are not very clear. According to its size and shape, it might have been a fortified settlement compound. It is known that the northern area comprises a Meroitic cemetery of the first cent. BC to third cent. AD. Accordingly, the concentrations of anomalies in that area might indicate graves.

The constraint inversion and modeling results of selected anomalies using MAG3D, UBC-GIF inversion software, match to some extent with the suggested interpretation. Surveying of the neighboring areas and test excavations are recommended to conclude the interpretation.

**S2–33** – Do 26.3 11:50 - 12:10 HS K · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Wunderlich, T. (Kiel, CAU, Inst. of Geosc., Dept. of Geophysics)*

### **Anwendung von Potentialmethoden zur Verbesserung des Nutzsignals und der Interpretation magnetischer Feldmessungen in der Archäometrie**

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

Die Interpretation von magnetischen Felddaten, die für die archäologische Prospektion aufgenommen wurden, ist häufig nicht ganz einfach. Teilweise stören Pflugspuren oder anderer Noise besonders die Anomalien von kleinen Objekten. Zum anderen lässt sich die Lage der Objekte nicht genau bestimmen, da ihre Anomalien durch den schrägen Einfall des Erdmagnetfeldes verzerrt erscheinen. Abhilfe schaffen Filterroutinen, die auf das Potentialfeld angewendet werden. Dazu müssen jedoch einige Parameter, wie z. B. die Suszeptibilität oder die Einfallrichtung des Erdmagnetfeldes bekannt sein oder geschätzt werden.

Zur Abschätzung der Geometrie bestimmter Körper im Untergrund können einfache Modelle benutzt werden. Die Ergebnisse dieser Modellierungen können aber auch als synthetische Daten verwendet werden, um die Wirkungsweise der

oben genannten Filter zu verdeutlichen.

Anhand eines Magnetikdatensatzes, der mit Vertikalgradientensonden unterschiedlicher Gradientenabstände auf der Insel Föhr gemessen wurde, wird auf die Verbesserung der räumlichen Auflösung durch unterschiedliche Messkonfigurationen eingegangen. Durch zusätzliche Radarmessungen und die Entnahme von Bodenproben in diesem Gebiet ließ sich außerdem die Geometrie einiger Objekte und deren Suszeptibilität abschätzen.

Durch die Anwendung der Potentialfilter lässt sich außerdem die Lage der kleinen Objekte besser bestimmen.

**S2–34** – Do 26.3 12:10 - 12:30 HS K · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Pasteka, R. (Bratislava, Comenius University)*

**Stabilized (regularized) derivatives utilisation in the potential fields interpretation by means of the Euler deconvolution algorithm**

E-Mail: [pasteka@fns.uniba.sk](mailto:pasteka@fns.uniba.sk)

Among the direct interpretation methods in gravimetry and magnetometry during the last decades the Euler deconvolution algorithm has acquired its significant role. There has been published a great amount of contributions, dealing with the improvement of the stability and reliability of the outputs (depth estimates) of this method. The majority of these improvements are based on the development of the calculation core of the method (solution of linear equation systems) and statistical selection of received solutions. From author's point of view, the stabilization of the derivatives of the interpreted function (entering into the system of interpretation equations) plays a crucial role in this process. One way to stabilize higher derivative evaluation is the utilization of the Tikhonov regularization, using a regularized derivative filter in the Fourier domain. Using the regularization method, the most important task is the selection of the optimum value of regularization parameter, which arranges the effect of the maximum smoothness stabilizing functional. In the presented methodology, we are utilizing the C-norm functions analysis. This approach has its strong and also weak aspects (e.g. a partly subjective access, which has to be managed by the user) and is still in development.

On a large group of synthetic models studies and real-world data interpretation (using the software REGDER) was shown that the Euler deconvolution algorithm with introduced regularized derivatives returns more reliable depth solutions in comparison with the classical approach. The main properties of these stabilized depth estimates can be described in three aspects: 1) obtained depth solutions have a tendency to build better focused clusters, 2) the solutions are closer to the real depth of the searched sources and 3) the occurrence of false solutions is suppressed. Solutions without the adopting the regularized derivatives are often shallower and more defocused (with a great amount of false solutions). Described properties will be demonstrated on several case-studies from the near-

surface geophysical data interpretation.

**S2–35** – Do 26.3 12:30 - 12:50 HS K · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Büttner, G. (Universität Greifswald), Vosberg, G. (Greifswald), Lutze, A. (Büro für bauhistorische Untersuchungen und Dokumentation)*

### **Radarmessungen zur Erkundung der Gründungstiefe mittelalterlicher Bauwerke**

E-Mail: buettner@uni-greifswald.de

Die Gründungstiefe von Bauwerken ist ein wesentlicher Aspekt für die Standsicherheit eines Bauwerkes. Leider ist diese bei vielen mittelalterlichen Bauwerken nicht bekannt. Wenn dann in der heutigen Zeit Schäden am Bauwerk entstehen bzw. festgestellt werden, beginnt die Suche nach den Ursachen und Möglichkeiten der Sanierung. Im untersuchten Fall handelt es sich um eine Kirche (gebaut ab 1275) mit einem Glockenturm aus der Backsteingotik, der eine mittelalterliche Gerichtshalle im unteren Geschoss enthält. Mittels Georadar sollte die Gründungstiefe des Glockenturms bestimmt werden.

Die Erkundung gestaltete sich jedoch problematisch, da nur an zwei der vier Grundmauern (Ost und West) direkt über der Gründung gemessen werden konnte. In den anderen beiden Fällen (Süd und Nord) wurde nur bis zum Beginn der Turmmauer gemessen. Vor der Messung wurde vermutet, dass es eine abgetreppte, nicht umlaufende Gründung in U-Form an der Nord- und Südseite gibt.

An den beiden Seiten, die durch Durchgänge eine Messung direkt über dem vermuteten Fundament ermöglichten, konnte in den ausgewerteten Radargrammen eine 4-5 m breite Gründung nachgewiesen werden. Diese erstreckt sich, anders als erwartete, senkrecht unter die Turmmauern und besteht scheinbar aus vielen Feldsteinen bis in eine Tiefe von max. 2,3 m.

An den anderen beiden Seiten konnte, bedingt durch die Messanordnung, lediglich ausgeschlossen werden, dass eine abgetreppte Gründung vorliegt. Ein später angelegter Schurf legte eine senkrechte Gründung aus Feldsteinen (Fundamentbank) mit einer Einbetttiefe von mehr als 2 m frei. Somit konnte nachgewiesen werden, dass unter allen vier Turmmauern eine senkrechte, komplett umlaufende Gründung existiert.

**S2–36** – Do 26.3 12:50 - 13:10 HS K · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Böniger, U., Tronicke, J. (Universität Potsdam)*

### **Attribute based processing and analyses of 3-D GPR data**

E-Mail: urs@geo.uni-potsdam.de

Driven by recent technological developments, ground-penetrating radar (GPR) has become a practicable and efficient exploration tool for archaeological appli-

cations. Compared to other, more common surveying methods (such as geomagnetics) GPR offers a significantly improved power of resolution, in both lateral and vertical direction. As archaeological targets often result in complex reflection/diffraction responses, 3-D surveying strategies are usually the only mean to detect and map archaeologically relevant features.

To enhance data quality and improve interpretability of 3-D data cubes, conventional processing flows include fundamental steps such as amplitude scaling, frequency filtering, and migration. In a subsequent step migrated data volumes are interpreted. Nevertheless, analyzing and interpreting 3-D GPR data collected from complex archaeological targets is often challenging and time-consuming.

In exploration seismology, attribute based processing is well established to improve the interpretation of large seismic data sets. However, attribute based processing and interpretation strategies are rarely applied to GPR data. In this study, we show the potential and applicability of selected attributes in order to enhance archaeological features in 3-D GPR data sets. For example, we have found that dip-steered median filtering provides an efficient mean to improve data quality with a minimal loss of information. In addition, attributes such as energy or similarity are useful to highlight subtle subsurface features and, thus, allow for a more detailed interpretation.

**PS2-01** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Igel, J., Preetz, H., Rolf, C. (LIAG Hannover)*

### **Characterisation of soil magnetic properties on former landmine fields in Mozambique**

E-Mail: [jan.igel@gga-hannover.de](mailto:jan.igel@gga-hannover.de)

From the civil war 1974–1992, many landmines remained in Mozambique. During the clearing operations which began in the 1990s, soil caused problems when using metal detectors in some areas of Mozambique. Metal detector performance is deteriorated by magnetic soil susceptibility, especially if frequency dependence is high. This frequency dependence is caused by superparamagnetic (SP) minerals i.e. minerals smaller approx. 100 nm.

Three locations in Southern Mozambique were investigated where MD performance was impeded seriously during clearance operations. Spatial pattern of magnetic susceptibility was determined in situ and soil samples were analysed in the lab to contribute to the understanding of magnetic mineral origin (frequency dependent susceptibility, temperature dependent susceptibility, scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive X-ray analysis (EDX)).

From the analysis of the results we can deduce:

- frequency dependence of susceptibility is higher for topsoil than for the soil parent material → neoformation of SP minerals
- topsoils show similar magnetic mineral composition whereas the mineral composition of parent materials are different → neoformation of SP minerals



- interpretation of magnetic susceptibility vs temperature is difficult due to high organic content in soils and mineral conversion during heating
- spatial variability of susceptibility is high whereby the scales range from decimeters up to a few meters.

Web page: <http://www.liag-hannover.de/en/research-of-methods/resistivity-methods-borehole-geophysics/research-fields/near-surface-geophysics/humanitarian-demining.html>

**PS2-02** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Lay, M., Petersen, H., Rabbel, W. (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)*

### **Vergleichende kleinskalige Refraktionsseismik im oberflächennahen Bereich verschiedener Ackerböden**

In der Landwirtschaft kommt es aufgrund des Rationalisierungsdrucks zum Einsatz schwerer Landmaschinen. Die damit einhergehende Bodenverdichtung verursacht Veränderungen der Bodenparameter.

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Anwendbarkeit geophysikalischer, bodenphysikalischer und landtechnischer Methoden zur Bestimmung von flächenhaften Bodenverdichtungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen" wurden aus seismischen Ergebnissen elastische Parameter berechnet. Diese Größen dienen zur Indikation von Bodenbeschaffenheit und Bodenverdichtungen.

Die kleinskaligen refraktionsseismischen Messungen (Profilauslage < 12 m, Geophonabstand 0,2 m) wurden in Abhängigkeit von Bodentyp, Bewirtschaftungsform und flächenhafter Bodenbelastung durchgeführt. Aus den seismischen Daten wurden mittels Untersuchung der Ersteinsätze von Tauchwellen die Geschwindigkeits-Tiefen-Funktionen nach dem Verfahren von Wiechert-Herglotz berechnet. Die Werte für P- und S-Wellengeschwindigkeiten bilden die Basis zur Berechnung der elastischen Parameter bis in eine Tiefe von 1,5 m.

Die Ergebnisse der Geschwindigkeits-Tiefen-Funktionen entsprechen den Erwartungswerten für unkonsolidierte Sedimente. Der Tiefenverlauf der elastischen Parameter ist qualitativ aussagekräftig, da die Größen dichtenormiert dargestellt wurden. Ein Vergleich der Ergebnisse ergibt für verschiedene Bodentypen einen Unterschied in der Variation der Größen infolge flächenhafter Bodenbelastung.

Die Untersuchungen führen durch Einsatz weiterentwickelter Prozessingtechnik zu realistischen Ergebnissen im oberflächennahen Bereich. Tendenziell weisen die Resultate einen Effekt der Bodenverdichtung für die verwendeten Messparameter nach. Aufbauend auf diesen Ergebnissen kann ein geringerer Geophonabstand im quellennahen Bereich und der Einsatz einer hochfrequenten Quelle die Anwendbarkeit verbessern, weil dadurch die räumliche Auflösung gesteigert wird.

**PS2-03** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Petersen, H., Rabbel, W. (Univ. Kiel, Geophysik), Denker, S. (FH Soest, Landtechnik), Zink, A. (Univ. Kiel, Bodenkunde)*

**Nachweis anthropogen kompaktierter Zonen in Ackerböden mittels Multi-Sensor-Geophysik**

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. Für die 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) hinsichtlich des Nachweises vorhandener Bodenverdichtungen untersucht. Über 2 Jahre wiederholt eingebrachte Belastungen auf verschiedenen Böden (Löß, Geschiebe) 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 Geschiebestandort.

**PS2-04** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Pennewitz, E., Hoerd, A., Auster, U. (Braunschweig, TU)*

**Ein Konzept für die in-situ Messung elektrischer Eigenschaften von Planetaren Körpern, Kometen und Monden im Sonnensystem**

E-Mail: [e.pennewitz@tu-bs.de](mailto:e.pennewitz@tu-bs.de)

Wir präsentieren ein Konzept um elektrische Eigenschaften im Rahmen eines Weltraumprojektes messen zu können. Hierzu werden elektrischen Sensoren an den Füßen eines Lander-Systems angebracht. Auf Grund der erwarteten hohen Übergangsimpedanzen wird für die Einspeisung des Stromes in den Regolith kapazitive Kopplung vorgeschlagen. Diese Methode benötigt einen Wechselstrom mit einer Frequenz von  $100\text{Hz}$  bis  $100\text{kHz}$  und erlaubt ein kontinuierliches Messen, so dass diese Methode auch im Rahmen z.B. archäologischer Projekte An-

wendung finden kann. Bei diesen Frequenzen kann sowohl eine gute Auflösung des elektrischen Widerstandes als auch der Permittivität erreicht werden. Wir präsentieren eine nahezu vollständige Theorie welche alle Aspekte beinhaltet, diese sind: die Kontaktimpedanz der Elektroden, parasitäre Ströme im Lander sowie die Auflösung der Untergrundparameter in Abhängigkeit der Geometrie der Vierpunkt-Anordnung.

Oberflächennahe Informationen in der Größenordnung der Elektroden können mit Hilfe der Übergangsimpedanz gewonnen werden, tiefere Schichten werden mittels einer klassischen Vierpunkt-Konfiguration vermessen. Bei hohen Widerständen und Frequenzen hängt die Kontaktimpedanz von den elektrischen Eigenschaften des Untergrundes ab und bestimmt, wie viel Strom in den Boden eingekoppelt werden kann. Wir bestimmen diese Übergangsimpedanz mit Hilfe eines Modells scheibenförmiger Elektroden sowie Simulationen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass eine Positionierung einer Elektrode direkt auf dem Boden ohne isolierende Schicht einer rein kapazitiv gekoppelten Elektrode immer überlegen ist.

Die im Rahmen dieses Weltraumprojektes gemessene Impedanz wird durch die Präsenz des Landers beeinflusst, was bei der Interpretation der Messdaten berücksichtigt werden muss. Eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Messgrößen während einer Kalibrierungsmessung im Vakuum (Näherung des Landers an den Weltraumkörper) und mit Einfluss des Untergrundes (gelandetes Raumfahrzeug), wird von uns vorgestellt. Für eine optimale Auflösung der Untergrund-Parameter sind die Geometrie und besonders der Abstand der Elektroden zum Boden entscheidend. Unser vorgeschlagenes Experiment könnte im Rahmen der russischen Phobos-Grunt-Mission oder einem archäologischem Projekt realisiert werden.

**PS2-05** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Glomb, V., Erkul, E., Stümpel, H., Rabbel, W. (CAU Kiel)*

### **Goelektrik im Flachwasserbereich - erste Ergebnisse**

In Elaia, der vermutlichen Hafenstadt von Pergamon, wurden im Sommer 2008 erste geoelektrische Messungen im flachem Meerwasser durchgeführt. Die großflächige geomagnetische Prospektion deutet auf Strukturen von Hafenanlagen hin. Die Messungen wurden mit einem von der Firma Geoserve entwickelten Elektrodenkabel und der Multielektroden-Apparatur RESECS durchgeführt. Dabei befand sich das Elektrodenkabel jeweils an der Wasseroberfläche oder auf dem Meeresboden.

Es wurden geoelektrische Profile in Ufernähe, über eine sichtbare Kalksteinmauer und über eine bekannte magnetische Anomalie gemessen. Dabei wurden zu Beginn ortsfeste Wiederholungsmessungen zur Reproduzierbarkeit durchgeführt. Die Tests werden in Schleswig-Holstein in Salz und Süßwasser fortgesetzt, um die Umwelteinflüsse besser zu verstehen.

Die ersten Untersuchungen lassen erkennen, dass die Wiederholungsmessun-

gen eine Übereinstimmung von mehr als 95% aufweisen. In der Bucht von Elaia konnte außerdem eine lineare Struktur auf mehreren parallelen Profilen verfolgt werden. Modellierungen zeigen, dass Strukturen archäologischer Relevanz im Wasser durch geoelektrische Verfahren aufgelöst werden können, wenn Wassertiefe, -temperatur und -salinität gut genug bekannt sind. Die ersten Ergebnisse ermutigen uns weniger zeitaufwendige mobile Messungen im Wasser zu entwickeln, um die Methode bei archäologischen Fragestellungen großräumig zu testen.

**PS2-06** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Spangenberg, U., Lück, E. (Universität Potsdam), Rühlmann, J. (IGZe.V Großbeeren)*

### **Der Geophilus electricus im Praxiseinsatz**

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

Ein gezielter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in Form von Precision Farming garantiert eine Verminderung der umweltschädlichen Emissionen von Schadstoffen in das Grundwasser und in die Atmosphäre. Die flächenhafte Heterogenität von Bodenmerkmalen wird dabei entweder indirekt über Pflanzensensoren oder aber zunehmend über Bodensensoren, die geophysikalische Messprinzipien nutzen erfasst.

Bisher wurden Leitfähigkeitskartierungen eingesetzt, um Heterogenitätsmuster in der Fläche abzubilden, ohne eine Tiefendifferenzierung vornehmen zu können. Dagegen ist es in der geophys. Erkundung Stand der Technik, Informationen aus unterschiedlichen Tiefenbereichen zu erfassen und in ein dreidimensionales Untergrundmodell zu überführen. Schichtinformationen sind für die Entwicklung der Düngestrategien notwendig, um z.B. Stauhohizonte zu erkennen, Fließpfade und Fließgeschwindigkeiten abzuschätzen usw. Die Universität Potsdam hat gemeinsam mit dem IGZeV den Bodensensor Geophilus electricus entwickelt mit dem die geoelektrischen Größen des Bodens in 5 Tiefenstufen und mit 4 verschiedenen Frequenzen gemessen werden können. Durch zahlreiche Labor-messreihen wurde belegt, dass die Betrachtung des komplexen elektrischen Widerstands durch Erfassung von Betrag und Phase und ihrer Frequenzabhängigkeit es ermöglicht einen weiteren Parameter zu erhalten, der eine zuverlässigere Interpretation der Messergebnisse erlaubt. In dem Projekt Precision Farming mit hochauflösender Bodensensorik wird die Praxistauglichkeit des Gerätes in zwei Landwirtschaftsbetrieben unter Beweis gestellt. Auf dem Poster werden erste Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

**PS2-07** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Mester, A., Klitzsch, N. (Aachen, RWTH Aachen)*

### **Entwicklung einer TDE-Sonde für das “Direct Push”-Verfahren**

Für viele Fragestellungen (z. B. in der Sedimentologie) ist die vertikale Auflösung geophysikalischer Messverfahren unzureichend. Wird eine höhere Auflösung benötigt, so werden u. U. stichprobenhaft kostenintensive Bohrungen durchgeführt, in denen mit hochauflösenden Sonden gemessen werden kann. Für Lockersedimente bietet das “Direct Push”-Verfahren eine zeit- und kosteneffiziente Alternative. Bei dieser Methode messen die Sonden während des Eindringens in den Untergrund. Die Auswahl an z. Z. verfügbaren Sondentypen ist jedoch beschränkt. Wir stellen Arbeiten zur Entwicklung von TDE-Sonden vor. Mit TDE (engl.: time domain electrometry) sind solche Messverfahren gemeint, bei denen ein elektromagnetischer Puls entlang eines Wellenleiters läuft. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Pulses hängt maßgeblich vom die die Sonde umgebenden Material bzw. dessen Dielektrizitätskonstante ab. Wir unterscheiden zwischen den TDE-Varianten TDT (engl.: time domain transmissiometry) und TDR (engl.: time domain reflectometry). Bei TDT wird über Kontakte an den Sondenenden die Einweg-Laufzeit des Signals in äquidistanten Abständen gemessen, während die Sonde in den Untergrund getrieben wird. über die einzelnen Geschwindigkeitswerte wird ein Schichtmodell erstellt. Mit TDR wird über den selben Kontakt der Puls in die Sonde eingespeist und das Messsignal abgegriffen. Dieses enthält neben dem Eingangssignal auch reflektierte Signale, die an Schichtgrenzen und am Leitungsende aufgrund von Impedanzunterschieden entstehen und entlang des Wellenleiters zurücklaufen. Dies ermöglicht zusätzlich zur Zweiweg-Laufzeit die Berechnung eines orts aufgelösten Schichtmodells aus jeder Einzelmessung.

Wir verfolgen zwei Ansätze für TDE-Sonden, die robust sind und einen Durchmesser von drei Zentimetern nicht überschreiten. Eine zylindrische Sonde aus leitendem Material bietet ein symmetrisches Feld, weist aber hohe Einkopplungsverluste und ein Auflösungsvermögen im Bereich mehrerer Zentimeter auf. Eine Sonde mit schraubenförmig verlaufenden Leiterbahnen bietet höhere vertikale Auflösung bei geringerer Feldeindringtiefe und filigranem/störanfälligerem Design, sowie komplexerer Feldausbreitung. Beide Geometrien dienen als Wellenleiter für Stufenpulse mit Pulsanstiegszeiten von 200 Pikosekunden und Pulsamplituden von 250 Millivolt. Vorgestellt werden die Simulationsergebnisse. Simuliert wurden die Felder der Sonden mit der Finite-Elemente-Methode mittels COMSOL Multiphysics 3.4/RF Module.

**PS2-08** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Woith, H. (GFZ, Potsdam), Barbosa, S.M. (Universidade do Porto, Portugal), Piatibratova, O., Steinitz, G. (Geological Survey of Israel, Jerusalem, Israel), Zschau, J. (GZF, Potsdam)*

**Scale-by-scale multi-resolution decomposition of radon timeseries**

Wavelet-based scale-by-scale multi-resolution decomposition of timeseries is a powerful tool to explore the origin of temporal variations. We present an example from a hot spring in Israel, where radon in the gas phase is continuously being monitored since 2000. The radon signal contains periodic daily and non-periodic multi-day variations as well as seasonal patterns with maxima during winter. Spectral analysis shows diurnal and semidiurnal periodic constituents while tidal effects are absent. In 2003 the long-term average radon concentration dropped by 35 %. Coevally, the diurnal and semi-diurnal radon variability considerably decreased. In contrast, the intensity of large-scale signals, corresponding to multi-day radon variability, increased. At this stage we suspect the level of the Kinneret lake as the driving force for the radon drop. Until 2003 the lake level hovered around -214 m. In spring 2003 the lake level had risen by 4 m. The distance between the monitoring station and the lake shore is ca. 50 m. The radon concentration follows the lake level with a time delay of ca. 3 months. Radon measured at the surface depends on the flow rate of the hot water rising on the border faults of the pull-apart basin. Increased flow means less time for radon to decay and thus a positive correlation between flow rate and radon is expected. Flow velocity is controlled by (i) the pressure at depth, and (ii) the fracture width. Both are affected by the loading forces of the graben filling to which the water column of the lake contributes. Due to lack of discharge data from the spring we cannot prove our model to date. In fact, the discharge seems to be very stable in time. So, either minor changes of the flow rate affect the radon concentration or another mechanism is needed to explain the observations, e.g. the pressure-dependent gas solubility.

**PS2-09** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Marathe, S.D. (Stuttgart, Germany, Institut für Geophysik), Van Dam, R.L. (East Lansing, USA, Michigan State University)*

**1D Modeling of GPR response from textural and hydrological properties**

E-Mail: marathe.sheel@gmail.com

Hydrological and textural attributes of aquifers are generally quantified using one-dimensional measurements from boreholes (lithologic log, gamma-ray log, etc.), whereas surface geophysical methods (e.g. seismic, electrical resistivity) provide spatial coverage. However, these geophysical methods have only indirect links to the hydrological properties such as porosity and hydraulic conductivity. A qualitative and occasionally quantitative relationship can be found between geophysical and hydrological attributes, for example in regards to es-

timating lithology and hydraulic conductivity from resistivity data. Despite uncertainties in data processing and interpretation, geophysical methods such as ground-penetrating radar (GPR) and resistivity have become popular methods for characterizing subsurface hydrologic variations.

This study presents the development of an approach to simulate GPR responses from borehole data for highly heterogeneous sediments at the macrodispersion experiment (MADE) site. The site, located on terraced fluvial deposits between the Tombigbee and Buttahatchee Rivers in the northeastern part of Mississippi (USA), was chosen as both hydrogeological and geophysical field measurements have been carried out, thus providing the necessary data for the study. The translation of grain-size distribution data into the GPR response parameter (dielectric permittivity) is the critical step. The results demonstrate that the model developed is capable of predicting the GPR responses from the borehole data. The absence of better petrophysical relationships was the major road block for further improving the predictions and has been identified as the possible scope for future work.

**PS2–10** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Wagner, N., Kupfer, K., Trinks, E. (MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar), Scheuermann, A. (IBF, Universität Karlsruhe (TH))*

### **Coupling between dielectric relaxation behaviour and hydraulic material properties of subsoil**

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

High frequency electromagnetic determination of moisture in porous media (e.g. soil), is based on the strong relationship between volumetric water content and relative dielectric permittivity. In particular, in fine-grained soils the movement of water is influenced by different surface bonding forces due to interface processes. The interface effects lead to a number of dielectric relaxation processes (free and bound water phase, Maxwell-Wagner-effect, counterion relaxation effects). These relaxation processes are the reason for the strong frequency dependence of the electromagnetic material properties below 1 GHz. The matric potential is a measure of the bonding forces on water in the soil. Hilhorst et al. 2001 (Soil Sci Soc Am J, 65(2):311 - 314) suggested a thermodynamic approach for the relationship between soil matric potential and dielectric relaxation behavior of water in different binding states. Based on this approach a broadband dielectric relaxation model was developed which considers low frequency dispersion up to 1 MHz as well as losses due to direct current conductivity. The sensitivity of the model on soil suction was systematically analyzed based on a pedotransfer function (PTF) given by Carsel and Parrish 1988 (Water Res. Res., 24:755 - 769) for soil textures ranging from pure sand up to pure clay. The results are compared with known empirical and semiempirical calibration functions, as well as theoretical mixing models.

**PS2-11** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Duennbier, K., Ketelsen, R., Kirsch, R. (Kiel)*

**Groundwater conditions of the Viking settlement Haithabu - results of resistivity surveys**

E-Mail: reinhard.kirsch@tu-berlin.de

In the early medieval times the Viking settlement of Haithabu was one of the largest towns in Northern Europe. Sheltered by a system of walls the settlement could withstand enemy attacks, but the water supply for the inhabitants might have been critical. The water of the Schlei fjord is brackish and a creek crossing the settlement could have been blocked by a dam outside the wall. To investigate the hydrogeological conditions for the water supply by dug wells 27 geoelectrical soundings were carried out in 2004/05 by the Geological Survey of Schleswig-Holstein (LLUR) within and outside the walls of Haithabu. In general, the soundings showed that a high resistive near surface layer (dry sand) is underlain by a 6 - 12 m thick low resistive layer, probably till. Groundwater bearing sands were found below the till layer. During an excavation campaign of the Archäologisches Landesamt Schleswig-Holstein in 2007/08 several wells were found. At one of these locations 2D geoelectrical measurements were carried out. Data inversion and forward modelling showed specific resistivities typical for water bearing sands in the surrounding of the well. However, during dry seasons the groundwater level might fall below the filter level of the well, so that the water supply was then based on stored rainwater (cisterns) or wells in deeper parts of the settlement close to the Schlei fjord. The resolution of 2D geoelectrical measurements for thin layers with medium specific resistivities (100 - 200 ohmm) in the transition zone between high resistive (dry material) and low resistive (clayey material) layers is discussed.

**PS2-12** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Fettig, A., Möller, M. (TU Clausthal, Institut für Geophysik)*

**Auf den Spuren eines historischen Ortes: Georadar, Magnetik und Geoelektrik in der Kaiserpfalz Goslar**

E-Mail: andreas.fettig@tu-clausthal.de

Als der "berühmteste Wohnsitz des Reiches" wurde die Kaiserpfalz Goslar und das Kaiserhaus im 11. Jh. von den Chronisten betitelt. Die Pfalz wurde zuletzt im 12. Jh. unter Heinrich V. baulich verändert und gehört seit 1992 zum Weltkulturerbe der UNESCO. Noch heute sind Spuren der ersten Pfalzgebäude zu erkennen, wie z.B. deutlich ältere Stufenelemente in der südlichen Freitreppe und Fundamentreste im Gemäuer der Balustrade. Nicht mehr sichtbar sind die bereits archäologisch ergrabenen Grundmauern der Liebfrauenkirche am Nordende des Gebäudes. Das Ziel der geophysikalischen Messungen auf dem Freigelände vor dem Kaiserhaus war eine Dokumentation noch vorhandener Spuren als Grundlage für eine bessere historische Erschließung. Eingesetzt wurden



bisher das Georadar mit einer abgeschirmten 250 MHz und 500 MHz Antenne (Profil-/Messpunktabstand: 1 m / 0.1 m, Messfenster: ca. 300 ns), ein Protonenmagnetometer zur Erfassung des Totalfeldes und dessen Vertikalgradienten (1 m x 1 m Messpunktraster, 1 m bzw. 1.5 m Bodenabstand) sowie die Geoelektrik mit einer Wenner- $\alpha$ - und einer Halb-Wenner-Anordnung (1 m und 0.5 m Elektrodenabstand bei 50 Elektroden). Teilweise wurde dabei eine redundante Überdeckung der Messfläche erreicht. Die Auswertung umfasst im Wesentlichen die Anwendung von Frequenz- und Dämpfungsfiltren mit REFLEXW (K.J.Sandmeier, Georadar), die Gangkorrektur und Bewertung der Datenqualität (Geomagnetik) sowie die Inversion zu spezifischen elektrischen Widerständen mit dem Programm AC2DSirt (A.Kampke, Geoelektrik). Die Ergebnisse wurden schließlich im Hinblick auf relevante Strukturen und Anomalien betrachtet. So zeigen sich z.B. beim Georadar mehrere, in Richtung Kaiserhaus ansteigende Horizonte in Tiefen von ca. 4 bis 10 m, teilweise mit einer Mächtigkeit von bis zu 80 cm. Eine Bestätigung durch weitere Messmethoden steht noch aus. Im Rahmen der Historie zu interpretierende oberflächennahe Strukturen konnten bisher nicht festgestellt werden. Die Messungen zeigen aber die sinnvolle Kombination verschiedener Methoden und Parameter: Geoelektrik und -radar sowohl mit hoher Eindringtiefe als auch oberflächennaher Auflösung sowie Geomagnetik zur Erfassung magnetischer Anomalien.

Siehe auch: Fettig, A. und Möller, M. *„Die Kaiserpfalz Goslar: Spuren eines historischen Ortes“*, Mitteilungen der DGG e.V., Teil 1 in 2/2008, Teil 2 in 2/2009, ISSN: 0934-6554

**PS2–13** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Audenrieth, I. M., Tezkan, B., Bergers, R. (Köln)*

### **Detektion der römischen Eifelwasserleitung bei Urfey, Eifel**

E-Mail: audenrie@geo.uni-koeln.de

Colonia Claudia Ara Agrippinensium, das heutige Köln, hatte als Provinzhauptstadt Niedergermaniens einen erheblichen Bedarf an qualitativ hochwertigem Trinkwasser. Daher wurde gegen Ende des 1. Jahrhunderts n. Chr. eine Wasserleitung aus der Eifel erbaut, 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, sowie 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. 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 Quelfassung bei Urfey, sowie der Verlauf des von dieser Quelfassung abgehenden Leitungsstranges als unbekannt. Dies ist Thema der 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.

Die Arbeiten zur Detektion der Wasserleitung wurden weitergeführt (vergleiche unser Poster DGG 2008 Freiberg). Als Methoden kamen nun Magnetik, Gleichstromgeoelektrik und die Messung von Eigenpotentialen zum Einsatz. Modellrechnungen zur Gleichstromgeoelektrik und Magnetik wurden durchgeführt. Gemessen wurde auf einem Referenzprofil am Römerkanalwanderweg bei Breitenbenden, Mechernich, sowie im Messgebiet bei einem Tal bei Urfey, Eifel.

Dort konnte die Römerleitung schliesslich detektiert und ihr ungefährender Verlauf im Tal kartiert werden.

Webseite: <http://www.geomet.uni-koeln.de>

**PS2–14** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Fettig, A. (TU Clausthal, Institut für Geophysik)*

### **Anthropogene Einflüsse auf geophysikalische Messungen: Magnetik und Georadar auf dem Frankenberg, Goslar**

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

Der Frankenberg ist am Rande der Altstadt Goslars gelegen und wird durch die Kirche St. Peter und Paul (12. Jahrhundert) dominiert. Sie diente einst als Pfarrkirche der Berg- und Hüttenleute, die auf und um den Frankenberg siedelten, und war Teil der Stadtbefestigung. Auf der Ostseite der Kirche befindet sich heute eine Rasenfläche, auf der eine kleine Kapelle, die sogenannte Augustinuskapelle, vermutet wird. Die Suche nach Überresten dieses Bauwerks war Aufgabe der Geophysik. Ein weiterer Aspekt ergab sich nach Auswertung der Messungen und zeigte einige deutliche Beispiele anthropogener Einflüsse auf geophysikalische Messverfahren.

Zum Einsatz kam das Georadar mit einer abgeschirmten 250 MHz und 500 MHz Antenne (Messpunktastand: 0.1 m, Messfenster: ca. 300 ns). Die Auswertung des Georadars fand mit dem Programm REFLEXW von K.J.Sandmeier statt und umfasste im Wesentlichen die Anwendung von Frequenz- und Dämpfungsfiltren sowie eines horizontalen Hochpassfilters. Des Weiteren wurden mit einem Protonenmagnetometer kontinuierliche Messungen im 0.2 s Intervall durchge-

führt. Erfasst wurden das Totalfeld und der Vertikalgradient. Zur Interpretation wurde der Gradient auf 0.2 m Punktabstand interpoliert und graphisch dargestellt. Die Profilstände betragen jeweils 1 m.

Das Georadar zeigt am vermuteten Standort der Kapelle eine ausgedehnte, horizontal liegende und teils oberflächennahe Struktur. Daneben sind weitere Anomalien, vermutlich anthropogenen Ursprungs, sichtbar. Die Geomagnetik zeigt eine gut sichtbare Beeinflussung durch die umgebene Bebauung, liefert aber trotzdem plausible Messwerte. Neben einer Reihe kleinerer, vermutlich oberflächennaher Anomalien, zeigen sich auch einige, durch das Messpersonal verursachte (geringfügige) Störungen.

Eine Verifizierung der in den Radargrammen sichtbaren Struktur steht noch aus, so dass ein Zusammenhang mit der gesuchten Augustinuskapelle zur Zeit nur vermutet werden kann. Beide Messverfahren zeigen aber deutlich sichtbare Störungen, welche zum Teil eindeutig zugeordnet werden können.

**PS2–15** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Grottker, S., Hein, T., Klein, A. (Braunschweig)*

### **Geophysikalische Messungen an der Hüneburg bei Bevenrode und eine neolithischen Siedlung bei Tempelhof in Süd-Ost-Niedersachsen**

E-Mail: [fiemberg@hvf-bs.net](mailto:fiemberg@hvf-bs.net)

Im Rahmen einer schulischen AG wurden zwei archäologisch interessante Objekte mit Hilfe geophysikalischer Methoden vermessen, die Daten aufbereitet, dargestellt und anschließend geophysikalisch und auch historisch interpretiert. Bei dem ersten Objekt handelt es sich um eine neolithische Graben-Wall-Anlage, deren Lage zunächst nicht genau bekannt war. Die Daten einer vorhandenen geomagnetischen Voruntersuchung wurden gesichtet, korrigiert und dargestellt. Deutlich konnte so die vermutete Graben-Wall-Anlage nachgewiesen und mit Hilfe von Satellitenfotos und GPS genau lokalisiert werden. Modellrechnungen und eine möglichst gute Anpassung (nach der Methode der quadratischen Fehler) erlauben zusätzliche Schlüsse über die gefundene Struktur, wie ihre vermutliche Magnetisierung und die Maximaltiefe.

Beim zweiten Objekt handelt es sich um einen Erdhügel, der im Volksmund als "Hüneburg" bezeichnet wird. Auf einem Feld vor dem Hügel wurden geoelektrische Messungen nach der Wenner-Methode durchgeführt. Die Daten wurden mit unterschiedlichen Filtermethoden bearbeitet und dargestellt. Es fand sich eine ausgesprochen deutliche, gut leitende Struktur, die als Grabenanlage einer mittelalterlichen Burg interpretiert wurde. Studien historischer Zeugnisse stützen diese Interpretation, wengleich eine Burg nicht explizit erwähnt wird. Die Hüneburg konnte so als mittelalterliche Burg, vermutlich vom Typ Motte, identifiziert werden.

**PS2–16 – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde**

*Klein, C. (Kiel), Frenzel, H., Ibsen, T. (Schleswig), Stümpel, H. (Kiel)*

**Geophysikalische Prospektion in Wiskiauten**

Inmitten der bernsteinreichsten Region der Welt, dem Samland im ehemaligen Ostpreußen (heute Kaliningrader Gebiet/Russland) wurde 1865 ein Gräberfeld mit über 500 Grabhügeln entdeckt. Es wurde aufgrund der enthaltenen Grabbeigaben als Bestattungsplatz einer skandinavischen Bevölkerung interpretiert, die vom 9. bis 11. Jh. n. Chr. an der südlichen Ostseeküste im Siedlungsgebiet der Prussen einen Handelsstützpunkt unterhalten haben muss. Trotz zahlreicher Ausgrabungen im Gräberfeld fehlten aber bislang eindeutige Spuren dieser Handelsmetropole.

Im Jahr 2005 wurde deshalb durch das Archäologische Landesmuseum in Schleswig ein internationales Forschungsprojekt initiiert, das durch Kombination von geophysikalischer Prospektion, anschließenden Bohrungen und schließlich archäologischen Ausgrabungen die Lokalisierung von zum Gräberfeld zeitgleichen Siedlungsspuren ermöglichen soll.

Seit 2005 wurden vier geophysikalische Kampagnen durchgeführt. Zu der 100 Hektar großen prospektierten Geomagnetikfläche kamen auch kleinere Georadarflächen in ausgesuchten Arealen mit besonderer Fragestellung.

Die bisher erkennbaren Konzentrationen von Anomalien lassen mehrere verstreut liegende Siedlungsareale vermuten. Die Kombination verschiedener Methoden wird bei der weiteren Suche nach dem vermuteten Handelsplatz zum Erfolg führen, wobei hier insbesondere der Geomagnetik weiterhin eine führende Rolle zukommt.

**PS2–17 – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde**

*Klein, C., Stümpel, H. (Kiel)*

**Geophysikalische Prospektion in der Wüstenekropole Tuna el-Gebel**

Tuna el-Gebel liegt in der Provinz el-Minia in Mittelägypten. 300km südlich von Kairo erstreckt sich hier zwischen Fruchtländ und Westwüste die Nekropole der Stadt Hermopolis, einer bedeutenden Metropole der ptolemäischen und graeco/ romanischen Zeit. In der Armanazeit lag hier die Nordwest-Grenze des Stadtgebietes von Echnaton, was noch heute durch eine Grenzstele belegt ist.

In den Jahre 2007 und 2008 sind in jeweils zehntägigen Kampagnen geophysikalische Messungen in Tuna durchgeführt worden. Mit der Geomagnetik wurde die Frage nach der Ausdehnung der Nekropole in Angriff genommen. Die Methode scheint sich dafür gut zu eignen, da ein Großteil der Grabbauten aus luftgetrockneten und gebrannten Lehmziegel besteht und sich so vom umgebenden Sand unterscheidet. Die Ergebnisse zeigen eine detaillierte Auflösung, sodass die Grundrisse rekonstruiert werden können. Insgesamt sind bisher 29 Hektar geomagnetisch vermessen und so die südliche und westliche Grenze der Nekropole erfasst worden.

Diese Prospektionen wurden auf ausgewählten Flächen durch Georadarmessungen ergänzt. Es wurden Gebiete mit einer unterschiedlichen geomagnetischen Charakteristik ausgesucht. So waren einige Bereiche mit mehr Sand überdeckt oder auch durch einen hohen Anteil an gebranntem Material in der Geomagnetik unklar erschienen. Wie zu erwarten war ist die Eindringtiefe und die Auflösung in diesem Umfeld besonders gut. So konnten unter anderem einzelne Etagen in den Grabbauten unterschieden werden und teilweise durch die Geomagnetik nicht prospektierte Kalksteinbauten entdeckt werden.

**PS2-18** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Rabbel, W. (Kiel), Baris, S. (Izmit), Pasteka, R. (Bratislava), INCA Group (Bratislava, Kiel and Kocaeli Universities)*

**International Course on ArchaeoGeophysics INCA 2008**

As part of the European Union ERASMUS program the Universities of Kiel, Kocaeli and Bratislava performed an international summer school on archaeological prospecting with geophysical methods. The field course was held in Iznik, Turkey, near the ancient city of Nicea close to the Marmara Sea and the North Anatolian Fault Zone. Course participants were 35 students of Archaeology and Geophysics. Aims of the course were to provide an introduction to the local archaeological and seismo-tectonic situation, lectures, practical field work with state-of-the art geophysical instruments (geomagnetics, geoelectrics, ground penetrating radar, micro-gravimetry), digital data processing and interpretation techniques. In cooperation with the local authorities seven different sites were selected in order to demonstrate the different potential and requirements of geophysical prospection in archaeology. The sites comprised urban areas as wells as sites on the countryside, such as the prospecting of future construction ground, ancient and recent water supply systems, a suspect settlement hill, a fault zone, and a roman cemetery. The field examples demonstrate the advantages, and often the need, to apply different exploration methods in order to obtain enlightening underground images. The course highlight was the detection of the buried remnants of a previously unknown basilica of Byzantine age within the city of Iznik.

**PS2-19** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Klein, C., Erkul, E., Glomb, V., Stümpel, H. (Kiel)*

**Geophysikalische Prospektion in der pergammenischen Hafenstadt Elaia**

Unsere geophysikalischen Prospektionsarbeiten in Elaia (Pergamon) finden in Kooperation mit dem DAI - Istanbul unter der Leitung von Dr. F. Prison statt. Anhand von Keramikfunden und einem Steinbeil läßt sich zeigen, daß bereits in der frühen Bronzezeit eine erste Siedlung im Bereich der Akropolis bestand. Eine deutliche Erweiterung erfuhr die Stadt in hellenistischer Zeit, als sie zum

maritimen Satelliten der Pergamener wurde.

Seit 2006 wurden 45 ha geomagnetisch vermessen. Ziel dieser großräumigen Kartierung, ist die Erfassung städtischer Strukturen. Im Vordergrund stehen dabei land- und seeseitige Befestigungen sowie der Verlauf des Straßensystems.

Durch geomagnetische Messungen konnten im heutigen Ufer- und Flachwasserbereich ausgedehnte Molen, Kaianlagen und Gebäudestrukturen nachgewiesen werden. Es wurden noch weitere Strukturen in diesem Bereich gefunden, deren Zweck bis dato noch unklar ist. Im Inneren des Stadtgebietes sind erste Nachweise für ein Straßenraster zu finden.

Des Weiteren wurden in anderen Bereichen des Stadtgebietes Geoelektrik- und Georadarmessungen durchgeführt, die den Verlauf der Stadtmauer oder den Aufbau bestimmter Gebäude verdeutlichen sollen.

Erste ermutigende Tests wurden mit der Geoelektrik auch im Flachwasserbereich durchgeführt und geben Anlass zu einer Erweiterung dieser Messungen.

## **PS2–20** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Wunderlich, T., Erkul, E. (Kiel, CAU, Dept. of Geophysics), Hüser, A. (Hamburg, Helms-Museum), Stümpel, H. (Kiel, CAU, Dept. of Geophysics)*

### **Geophysikalische Prospektion der hethitischen Stadt Sarissa in Zentralanatolien**

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

Seit 1993 wurden in der hethitischen Provinzstadt Sarissa intensive geophysikalische Messungen für die Archaeologie durchgeführt. Unter der Leitung von Prof. Dr. Andreas Müller-Karpe wurden neben Tempeln, öffentlichen Gebäuden, einer Wohnbebauung und zwei großen Getreidespeichern auch Installationen zur Bewässerung entdeckt .

In den letzten Jahren konnten die Dämme vor dem Südwest- und dem Nordwesttor untersucht werden. An der heutigen Oberfläche ist von den Anlagen so gut wie nichts sichtbar, da die Talmulden mit den ehemaligen Staubecken stark zusegmentiert sind.

Die dammbegleitenden Böschungspflaster aus Kalkstein bilden sich in der Geomagnetik als negative magnetische Anomalien, in der Geoelektrik als Zonen erhöhten elektrischen Widerstands und im Georadar als Zonen starker Reflexionsenergie ab. Sogar zwei Bauphasen des Dammes können in den Radargrammen unterschieden werden. Entsprechendes lässt sich auch bei den anderen Kalksteinfundamenten innerhalb der Stadtanlage belegen. Durchgeführte Bodenanalysen lieferten neben der Art des Bausubstrats auch die elektrischen Leitfähigkeiten und magnetischen Suszeptibilitäten der jeweiligen Schichten. Die Kombination verschiedener Prospektionsergebnisse mit der großflächigen Freilegung des Dammes zum Ende der Untersuchungen lassen eine Rekonstruktion der Anlage zu. Insbesondere der Nordwestdamm offenbart die enorme technische Leistung und das Ingenieurwissen der hethitischen Dammbauer: Die Bauweise lässt sich kaum von modernen Erddämmen unterscheiden.

Außerdem wurden geophysikalische Messungen über einer linearen Struktur mit erhöhter Magnetisierung durchgeführt, die durch Bohrungen und eine Modellierung als Graben identifiziert werden konnte.

**PS2–21** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Klein, C., Erkul, E., Stümpel, H. (Kiel)*

### **Geophysikalische Prospektion in der hethitischen Hauptstadt Hattuscha**

Hattusha/Bogazköy war die Hauptstadt der Großkönige des ca. 1200 v. Chr. untergegangenen Hethitischen Weltreiches. Seit dem Sommer 2006 führen wir dort, in Zusammenarbeit mit dem DAI - Istanbul unter der Leitung von Dr. A. Schachner, großflächige geophysikalische Feldmessungen durch. Ziel dieser Untersuchungen ist es Aussagen über die Nutzung des Stadtgebietes und seines Umfeldes treffen zu können. Insbesondere ist die Lage von Nekropolen und Versorgungseinrichtungen für die Bevölkerung der Stadt interessant. In mittlerweile drei Kampagnen sind dort mehr als 40 Hektar mit geomagnetischen Methoden vermessen und an vielen Stellen durch Detailuntersuchungen mit der Geoelektrik ergänzt worden.

Die geomagnetischen Messungen werden weitestgehend mit unserem traktor-gezogene Sensor-System durchgeführt. Aufgrund der ausgeprägten Topographie werden einige besonders steinige und unzugängliche Gebiete mit dem Handwagen vermessen. Beide Systeme verwenden eine 'realtime' basierte DGPS-Navigation.

Im Stadtinneren sind die geomagnetischen Ergebnisse teilweise stark überprägt von Signalen der örtlichen geologischen Strukturen. An solchen Stellen ermöglicht die Geoelektrik weiterführende Ergebnisse. Auch an besonders steilen Abhängen lohnen sich die aufwendigeren Messungen mit der Geoelektrik. So gelingt es z.B. den detaillierten Verlauf der Stadtmauer nachzuweisen.

**PS2–22** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Erkul, E., Klein, C. (CAU Kiel), Mofidi Nasrabadi, B. (Uni Mainz), Stümpel, H. (CAU Kiel)*

### **Combined geophysical prospection of the archaeological site of Choga Zanbil in Iran**

During the last 7 years surveys, excavations and geophysical measurements have been carried out within the whole city area of Chogha Zanbil. The antique Elamite city of Dur Untash is situated in the vicinity of the river Dez in the region of Khuzestan, Iran. Remains of the building structure can often be observed on the earth surface. The remaining walls consisting of baked brick fragments, which have been preserved quite well until today, testify that a large area within the city was built-up. Where no architectural signs were recognizable, geophysical measurements were carried out. An area of 34 Hectares were

measured geomagnetically in Chogha Zanbil. The activities were concentrated on the so called Temenos area and the southeastern part of the inner city, because the surface findings were indicating a dense population of this area. Furthermore some areas to the Southwest and Northwest were measured. Additional geoelectrical measurements were executed at subfields by special interest.

The result of magnetic prospection was that a much larger part of the city had been populated than expected. Beside smaller building structures that can be identified as residential areas there were larger constructions. Strong registered contrast on the maps that resulted from the prospection indicated that baked bricks had been used for construction. Additional informations, e.g. the depth and resistivity of the objects, were acquired by geoelectrical measurements. Because of the time consuming application it is normally used only on well-chosen subfields by special interest. Clear structures are recognized in the calculated models of the geoelectric data to a depth of 2.0 m. The combination of the two geophysical methods gives an excellent base for a detailed analysis of the architectural structures and their functions within the city as well as the distribution of certain buildings and their reciprocal relationship.

**PS2-23** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Erkul, E. (CAU Kiel), Helfert, M., Lüth, F. (RGK-Frankfurt), Özkap, K., Stümpel, H. (CAU-Kiel)*

### **Geophysikalische Prospektion zu römischen Stadtanlagen im Kosovo Ulpiana/Justiniana Secunda - Die Stadt an der Goldquelle der römischen Kaiser**

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

Die Gold- und Silbervorkommen im Kosovo gehörten ab dem 2. Jh. n. Chr. zu den wichtigsten Bergbaurevieren des Imperium Romanum. Sie machten das an einer wichtigen Handelsroute gelegene Ulpiana für rund dreihundert Jahre zum urbanen Mittelpunkt des Zentralbalkans. Geophysikalische Prospektionen in der Stadt und ihrem Umland sollen Fragen zur Siedlungsstruktur und -entwicklung beantworten. Handelt es sich um eine geplante Neugründung unter Kaiser Trajan oder wurde ein seit vorgeschichtlicher Zeit bedeutender Wirtschaftsraum durch die Römer neu strukturiert?

Unter der Leitung der Römisch-Germanischen Kommission zusammen mit dem Museum Kosovo und dem Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel werden seit Frühjahr 2008 geophysikalische Prospektionsarbeiten in den römischen Siedlungen Ulpiana bei Gracanica und Vindenis bei Glamnik durchgeführt.

In Ulpiana konnte mit dem mobilen Kieler Multi-Sensor-System eine Fläche von ca. 25 ha geomagnetisch vermessen werden. Auf ausgewählten Flächen wurden hochauflösende Georadarmessungen durchgeführt. Dabei wurde, eine vom Nordtor zur nördlich gelegenen Nekropole führende Straße mit angrenzender Bebauung entdeckt. Die südliche Stadtmauer sowie das Osttor zeichnen sich mit ihren Türmen in der geomagnetischen Kartierung deutlich ab. In der Nordost-



stadt wurden die Mauerreste einer Festungsanlage nachgewiesen.

**PS2–24** – Mo,Di · Geophysik für Archäologie und Bodenkunde

*Erkul, E., Hofmann, R., Müller, J. (CAU-Kiel), Rassmann, K., Müller-Scheeßel, N. (RGK-Frankfurt), Yas, T. (KOU-Izmit)*

**Geoelektrische Untersuchungen auf dem spätneolithischen Siedlungshügel von Okoliste, Bosnien (5200-4500 v. Chr.)**

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

Seit 2002 wird unter der Leitung von Johannes Müller und Knut Rassmann eine spätneolithische Siedlungskammer bei Visoko in Bosnien erforscht. In diesem Rahmen wurde der ausgedehnte Siedlungshügel Okoliste von Archäologen der Römisch-Germanische Kommission und des Institutes für Ur- und Frühgeschichte der Universität Kiel geomagnetisch vermessen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse konnten gezielte Ausgrabungen durchgeführt werden.

Nachdem durch die Geomagnetik die Raumstruktur der Siedlung erfasst worden war, sollten die Ergebnisse mit einer zweiten geophysikalischen Methode kombiniert werden, um auch Informationen über tiefer gelegene Schichten des Tells zu gewinnen. Im Frühjahr 2008 erfolgten deshalb vom Institut für Geowissenschaften Kiel geoelektrische Messungen, welche die Möglichkeit eröffneten, die in der Geomagnetik sichtbaren Strukturen - also die Lage und die Orientierung der Häuser, der Gassen und der Wege - in zeitlicher Tiefe zu prüfen. Grundsätzlich ging es um die Frage, ob die Grundstruktur der Bebauung (Ausrichtung der Häuser) Veränderungen unterworfen war oder nicht.

Bei den mittels der Multi-Elektroden Apparatur RESECS durchgeführten Messungen wurde eine Doppelstrategie verfolgt, die nun wichtige neue Einblicke in die Genese der Siedlung erlaubt. Einerseits wurden fünf bis zu 335 m lange Messprofile über den Siedlungshügel gelegt. Diesen Profilen zufolge liegen die Siedlungsschichten auf einer pleistozänen Schotterschicht auf, die den natürlichen Untergrund des Tells bildet. Deren Unterkante wurde bei einer Tiefe von etwa 5 m gefasst. Im Westen und Norden werden die Grenzen der Siedlung durch Gräben in einer Schotterschicht deutlich. Im Osten grenzt die Siedlung an einen Altarm der Bosna, wo die Schotter des Untergrundes abrupt abbrechen.

Andererseits erfolgte die hochauflösende Aufnahme eines Schlüsselareals im Zentrum der Siedlung. Hier ließen sich die Reste verbrannter Ständerbauten, die einen relativ höheren elektrischen Widerstand als ihre Umgebung aufweisen, bis in eine Tiefe von 2 m verfolgen. In den Widerstands-Tiefen-Schnitten sind außerdem zusätzliche Hausablagerungen zu erkennen, die nicht verbrannt sind und keine erhöhte Magnetisierung aufweisen. Diese besitzen einen geringeren elektrischen Widerstand. Aus den Befunden lässt sich eine wesentlich dichtere Bebauung erschließen, als sie in der Geomagnetik sichtbar ist und die sich offenbar über einen langen Zeitabschnitt in ihrer Grundstruktur kaum veränderte. Eine weitere wichtige Erkenntnis besteht darin, dass die Häuser ab einer Tiefe von etwa 2,40 m in die Schotterschicht des Untergrundes eingetieft sind. Auch durch

die Grabungen ist nachgewiesen, dass es sich bei den Häusern der ältesten Siedlungsphase um bis zu 50 cm tief eingelassene Grubenhäuser handelt. Demnach deutet sich während der Besiedlungszeit in Okoliste ein grundlegender Wandel der Bauweise nicht jedoch der Raumordnung innerhalb der Siedlung an.

# S3

## Kontinentalränder

---

**S3-01/02** – Mi 25.3 08:30 - 09:10 HS F · Kontinentalränder

*Dixon, T.H. (University of Miami)*

### **Slow Earthquakes in the Costa Rica Subduction Zone**

Subduction seismogenic zones produce Earth's largest earthquakes and most tsunamis. The pattern of strain release during earthquakes is related to the pattern of strain accumulation during the interseismic period. Studying strain accumulation may therefore give clues to the nature of future earthquakes, leading to improved understanding of the seismic process and improved forecast of seismic hazard. However, GPS data at a number of subduction zones is indicating that not all accumulated strain is released seismically; slow, aseismic slip events with durations of days - months is increasingly recognized as a major component in the strain release budget. In this talk I will describe a new GPS and seismic network that is being installed in northern Costa Rica to monitor such events, and describe preliminary results from its first year and a half of operation. We have already observed one slow slip event, in May 2007. Maximum surface offsets were approximately 2 cm, occurring over a duration of several weeks, corresponding to an equivalent moment of  $\sim M 6.5$ . Maximum slip was centered near the down-dip edge of the conventionally defined seismogenic zone. Implications of these findings for future seismic events will be discussed.

**S3-03** – Mi 25.3 09:10 - 09:30 HS F · Kontinentalränder

*Thorwart, M., Rabbel, W. (CAU Kiel)*

### **Nichtvulkanische Tremore in Costa Rica**

Nichtvulkanische Tremore wurden nun in viele Subduktionszonen wie SW Japan, Cascadia, S Chile beobachtet, aber auch in Transformverwerfungen wie die San-Andreas-Verwerfung. Die Subduktionszonen zeichnen sich dadurch aus, dass die abtauchende Platte jung ( $< 15$  Ma) und damit heiß ist und dass sie langsam ( $< 5$  cm/a) subduzieren.

Ein Netz von kurzperiodischen Bohrlochstationen wurde im Juni 2006 auf der Nicoya Halbinsel (Nord Costa Rica) im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 574 „Volatiles and Fluids in Subduction Zones“ installiert. Es wurden mehrere Tremor-Episoden unterschiedlicher Intensität und Dauer beobachtet. Die stärkste Episode dauerte 10 Tage an, die andere zwischen 1 und 5 Tagen. Innerhalb der Episoden zeigen sich Unterschiede in Häufigkeit, Dauer und Amplitude der einzelnen Tremore.

Unter der Nicoya Halbinsel subduziert die 25 Ma alte Cocos-Plate unter die karibische Platte mit einer Geschwindigkeit von 8 cm/a. Damit sind die thermischen Bedingungen kühler als in den anderen Subduktionszonen mit nichtvulkanische Tremore. Es stellt sich Frage, in wie weit das rheologisch-mineralogische Modell für die Ursache von nichtvulkanischen Tremoren für Costa Rica gültig ist.

**S3-04** – Mi 25.3 09:30 - 09:50 HS F · Kontinentalränder

*Paschke, M., Stiller, M., Ryberg, T., Meqbel, N., DESIRE Group (GFZ Potsdam)*

### **Erstellung eines P-Geschwindigkeitsmodells der oberen Kruste im Bereich des Toten Meeres mit tomographischen Methoden**

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

Als ein Teil des DESIRE-Projekts wurde im Frühjahr 2006 ein Feldexperiment zur Steilwinkel-Reflexionsseismik über eine Länge von 122 km durchgeführt. Mit 972 seismischen Quellen, aufgezeichnet von jeweils  $\sim 180$  Aufnehmern, wurde ein Datensatz von 175000 Spuren geschaffen. Daraus konnten 124444 Laufzeiten von P-Wellen-Ersteinsätzen mit Hilfe eines Neuronalen Netzwerk-Pickers ermittelt werden. Mit einem laufzeitomographischen Verfahren wurde aus den ermittelten Ersteinsätzen ein P-Wellen-Geschwindigkeitsmodell mit einem RMS-Fehler von 19 ms invertiert. Das Modell zeigt deutlich den Bereich der Randstörungen des Pull-Apart-Beckens, in dem sich das Tote Meer befindet. Des Weiteren zeigt das Modell auf der westlichen Seite des Toten Meeres einen horizontal verlaufenden Bereich in  $\sim 0,5$  km Tiefe mit einer Geschwindigkeit von 4 km/s eingebettet in einen Bereich, wo Geschwindigkeiten von 3 km/s ermittelt wurden. Um die Position und den Verlauf der Randstörungen zuverlässiger eingrenzen zu bekommen, wurde das Geschwindigkeitsmodell mit einem elektrischen Widerstandsmodell aus der gleichen Region, ermittelt durch

das DESIRE-Magnetotellurikexperiment, korreliert. Dieses Korrelationsmodell gab die wesentlichen Merkmale beider Modelle wieder. Es zeigte sich außerdem, dass sich das Geschwindigkeits- und Korrelationsmodell auf beide Seiten des Toten Meeres gut mit der regionalen Geologie, basierend auf Bohrkerninformationen und Oberflächenbeobachtungen, korrelieren lassen.

Webseite: <http://www.gfz-potsdam.de>

**S3–05** – Mi 25.3 09:50 - 10:10 HS F · Kontinentalränder

*Meier, T., Friederich, W., EGELADOS Working Group (Ruhr-Universität Bochum)*

### **Das EGELADOS-Experiment in der Südägäis: Konzeption und erste Ergebnisse**

In der Hellenischen Subduktionszone wird Afrikanische Lithosphäre unter die Eurasische Platte subduziert. Es handelt sich um einen zurückweichenden aktiven Kontinentalrand; trotz Konvergenz zwischen dem kontinentalen Afrika und dem stabilen Europa wird die Ägäische Lithosphäre mit Strainraten von ca.  $10^{-7} a^{-1}$  gedehnt. Eine Benioff-Zone tritt bis in Tiefen von max. 180 km auf mit dem Potenzial für Beben bis Magnituden über 8. Der Inselbogen weist rezente vulkanische Aktivität z.B. in den vulkanischen Zentren Santorin und Nisyros auf. Der Forearc im Gebiet von Kreta ist durch starke Hebungen seit ca. 4 Ma gekennzeichnet. Diese Erscheinungen stehen im Zusammenhang mit slab pull der abtauchenden Platte, dem Eintrag von Fluiden und aufströmendem Material im Mantelkeil und dem Forearc. Die Lage der seismogenen Zonen, die Kopplung zwischen den Platten, die Struktur des Plattenkontaktes und des Mantelkeils, Details der Entstehung der Magmen im Mantelkeil sowie des Rückflusses metamorpher Gesteine im Gebiet des Forearcs sind jedoch nur teilweise oder wenig bekannt. Deren Kenntnis ist allerdings die Voraussetzung für quantitative Modellierung der aktiven geodynamischen Prozesse. Zwischen September 2005 und Mai 2007 wurde die Südägäis vom Peloponnes bis in die Westtürkei mit einem temporären seismischen Netz abgedeckt, der mittlere Stationsabstand betrug ca. 50 km. Es konnten 45 Landstationen und 24 OBS des DEPAS-Gerätepools sowie weitere 12 breitbandige bzw. kurzperiodischen Stationen eingesetzt werden. Der Datensatz wurde durch Daten permanenter Stationen in der Region ergänzt. Inzwischen können die Verfügbarkeit und die Qualität der Daten eingeschätzt werden und es liegen erste Ergebnisse zur Untersuchung der Seismizität und der Struktur bis in ca. 250 km Tiefe vor. Vorgestellt werden Lokalisierungen seismischer Ereignisse in der Südostägäis, einem bisher wenig untersuchtem Gebiet, Inversionen der Wellenformen nach 1D-Modellen der Scherwellengeschwindigkeit für Laufwege in der Region, Untersuchungen des Hintergrundrauschens, Modellierungen der Wellenausbreitung entlang des Plattenkontaktes und erste tomographische Abbildungen der Strukturen im Mantelkeil. Aufgrund dieser Ergebnisse ist zu erwarten, dass das EGELADOS-Experiment wesentlich zum Verständnis

der aktiven Prozesse in der Ägäis beitragen wird.

**S3-06** – Mi 25.3 10:10 - 10:30 HS F · Kontinentalränder

*Becken, M. (GFZ Potsdam/Uni Potsdam), Ritter, O. (GFZ Potsdam), Bedrosian, P. A. (USGS Denver), Weckmann, U. (GFZ Potsdam/Uni Potsdam), Munoz, G. (GFZ Potsdam)*

**San Andreas Fault system: Implications for the structure and dynamics from lithospheric electrical conductivity**

Deep non-volcanic tremor (NVT) has been observed SW of the San Andreas Fault Observatory at Depth (SAFOD), where the San Andreas Fault (SAF) zone changes its mechanical behavior from creeping farther north to being locked farther south. Recent seismological array observations confirm a depth range of approximately 30-50 km for the NVT but suggest that the source region is offset from the surface trace of the SAF by about 15 km to the SW. The cause of NVT at transform faults is not fully understood yet (to date), but it has been suggested that fluids play an important role in their genesis. Electrical conductivity is highly sensitive to the presence of fluids and/or partial melts. Over the last four years we deployed in a series of three large field experiments more than 250 magnetotelluric (MT) sites to study the deep roots of the SAF, to image deep structural along-strike variations of the transitional segment of the SAF near Parkfield, and to image for the first time the source region of NVTs with MT. In total, we measured seven profiles covering 130 km across-strike and 60 km along-strike. In early 2009, our onshore profiles have been extended offshore in a collaborative research effort with our colleagues from Scripps Institution of Oceanography, UCSD. Two-dimensional inversion of land MT data along profiles across the transitional-to-creeping segment of the SAF reveal a sub-vertical channel connecting a high conductivity region in the upper mantle and lower crust with the upper-crustal, brittle deformation zone of the SAF. We interpret this high conductivity as a zone where fluids can migrate into the SAF system. Interestingly, the crustal fluid channel is absent at the transitional-to-locked segment of the SAF. Along the locked segment, the zone of high mantle conductivity correlates with the source region of NVT. We speculate that these observations could be related with a confined region of locally trapped fluids at mantle depth. Depending on the permeability state of the crust, fluid migration and pressure release into the SAF system may only be possible where the fault exhibits creep. This release of fluids finds its expression in a sub-vertical channel of high conductivity and generally low or lacking tremor activity. Whether this along-strike variability in the deep hydraulic system depends on or controls the changing dynamics of the SAF is an open question.

**S3-07/08** – Mi 25.3 10:50 - 11:30 HS F · Kontinentalränder

*Schwartz, S.Y. (Santa Cruz, CA)*

**Slow Slip- An Ubiquitous Yet Poorly Understood Mode of Strain Release**

E-Mail: [sschwartz@pmc.ucsc.edu](mailto:sschwartz@pmc.ucsc.edu)

It has been known for a long time that slip accompanying earthquakes accounts for only a fraction of plate tectonic displacements. However, only recently has a fuller spectrum of strain release processes, including slow slip events, low and very low frequency earthquakes and seismic tremor been observed. Strain transients, accompanied by low frequency seismic activity, are one of the most important discoveries made at convergent margins over the last ten years. Large programs in Casacadia (PBO/Earthscope) and Japan (GEONET and Hi-Net), where hundreds of GPS and seismic instruments are deployed, are largely responsible for this landmark discovery. Studies from these regions reveal that slow slip is frequent and periodic, always accompanied by seismic tremor, and occurs at the downdip frictional transition from stick-slip to stable sliding where temperatures reach 450-550 degrees C. This behavior suggests that a transition in frictional stability is required for slow slip and that slow slip and tremor reflect the same process involving fluids liberated from the subducted slab. However, observations of slow slip and seismic tremor from other subduction zones indicate significant variation that may be exploited to better understand their generation. At the Costa Rica, New Zealand and Mexico convergent margins slow slip and tremor occur where temperatures are much lower or seismic tremor is sporadic or undetectable during slow slip events. The occurrence of slow slip and tremor at relatively cold margins presents a challenge to the hot fluid-rich scenario believed critical for their generation at the Cascadia and Japan margins.

**S3-09** – Mi 25.3 11:30 - 11:50 HS F · Kontinentalränder

*Dzierma, Y., Thorwart, M., Rabbel, W. (Kiel, CAU), Flüh, E.R. (Kiel, IfM-Geomar)*

**Eine Receiver-Funktions-Studie von Süd-Costa Rica – Hinweise auf steile Subduktion der Cocos-Platte**

Die tektonische Situation in Mittelamerika ist gekennzeichnet durch die Subduktion der ozeanischen Cocos-Platte unter der karibischen Platte und der Panama-Mikroplatte entlang des mittelamerikanischen Grabens. Aufgrund von aktiv-seismischen Daten, Seismizitätsstudien, geodätischen Messungen und der Lücke im aktiven Vulkanbogen wurde eine flache Subduktion unterhalb des Talamanca-Gebirge (Süd-Costa Rica) postuliert. Um die Tiefenstruktur dieser Subduktionszone zu erforschen, wurde von 2005 bis 2007 ein Transect von Breitbandseismometern durch das Talamanca-Gebirge betrieben.

Eine Analyse von etwa 1800 Receiver-Funktionen lieferte folgende Strukturen: a.) eine Moho in 35 km und eine krustale Diskontinuität in 20 km Tiefe, was mit aktiv-seismischen Ergebnissen übereinstimmt; b.) eine steil abtauchen-

de, als Slab interpretierte Konversion bis zu einer Tiefe etwa 170 km. Die Struktur stimmt mit den bisherigen seismischen Beobachtungen überein, steht aber im Widerspruch zum postulierten Modell. Wir präsentieren mehrere Alternativ-Modelle, die sowohl die geophysikalischen Beobachtungen als auch die geodätischen und vulkanologischen Ergebnisse berücksichtigen.

**S3-10** – Mi 25.3 11:50 - 12:10 HS F · Kontinentalränder

*Langmann, B., Hort, M. (Hamburg, Institut für Geophysik, Universität Hamburg), Hansteen, T. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

**Meteorological influence on the seasonal and diurnal variability of the dispersion of volcanic emissions in Nicaraguan: a numerical model study**

E-Mail: baerbel.langmann@zmaw.de

Nicaragua comprises seven historically active volcanoes (Cosigüina, San Cristobal, Telica, Cerro Negro, Momotombo, Masaya, Concepcion), five of which are in a state of continuous degassing. Published measurements of the atmospheric dispersion of continuous emissions from Nicaraguan volcanoes, the chemical and aerosol microphysical modifications of the released gases and aerosols, and related acid deposition and impacts on the environment cover only short periods of time. We applied a three-dimensional atmosphere-chemistry/aerosol numerical model over Central America focussing on Nicaraguan volcanic emissions for month long simulation periods during the dry and wet season of 2003. The model is able to reproduce observed monthly precipitation and wind speed throughout the year 2003. Model results for near surface SO<sub>2</sub> concentrations and SO<sub>2</sub> dry deposition fluxes around Masaya volcano are in very good agreement with field measurements. During the dry season, oxidation of SO<sub>2</sub> to sulphate plays only a minor role downwind of the Nicaraguan volcanoes and over the Pacific Ocean, whereas SO<sub>2</sub> released from Arenal and Poas in Costa Rica is oxidised to sulphate much faster and closer to the volcanoes due to higher humidity and cloud water availability. During the wet season, more variable wind conditions lead to reduced dispersion of SO<sub>2</sub> over the Pacific Ocean and increased dispersion inland. The availability of liquid water in the atmosphere favours sulphate formation close to the Nicaraguan volcanoes via aqueous phase oxidation and represents another limitation for the dispersion of SO<sub>2</sub>. Strong precipitation removes sulphate quickly from the atmosphere by wet deposition. Atmospheric SO<sub>2</sub> concentrations and in particular dry deposition close to the volcanoes show a pronounced diurnal cycle.



**S3–11/12** – Mi 25.3 12:10 - 12:50 HS F · Kontinentalränder

*Hackney, R., Hashimoto, R., Higgins, K., Petkovic, P., Rollet, N., Logan, G., Colwell, J., Morse, M. (Geoscience Australia, Canberra)*

**Australia's eastern margin: geophysical studies of remote deep-water frontier basins**

E-Mail: ron.hackney@ga.gov.au

Geoscience Australia, an agency within the Australian government's Department of Resources, Energy and Tourism, is a world leader in providing first-class geoscientific information and knowledge. This enables the government and community to make informed decisions about the exploitation of resources, management of the environment and the safety of critical infrastructure.

In 2006, Geoscience Australia commenced a five-year government-funded Energy Security Program to provide new pre-competitive geoscience data and information for onshore and offshore frontier basins. The offshore component of the program is focussed on the southwest, southern and remote eastern margins of Australia. Studies of the remote eastern frontier are currently focussed on the Capel and Faust Basins, largely unknown depocentres on the northern Lord Howe Rise that lie 800 km east of Brisbane in 1000–3000 m of water.

Interest in the Capel and Faust Basins was generated by the observation that negative residual gravity anomalies (derived from satellite-altimeter data) generally correlate with basins evident in reconnaissance seismic reflection data. The anomalies highlight several elongate depocentres that are roughly N–S-trending or arcuate, and limited in strike extent. Interpretation of new seismic reflection data collected in 2006/2007 suggests the presence of four main syn-rift megasequence packages (?Early Cretaceous–?Campanian) and several post-rift sag packages (?Campanian–Recent). Maximum unequivocal depocentre thickness is ~4 seconds two-way time.

The 20–50 km separation between 2D seismic lines and the isolated nature of the basin depocentres requires a 3D interpretation strategy. The process of linking structures between lines and the mapping of faults and horizons in 3D is facilitated by marine and satellite potential-field data. 3D forward and inverse modelling of the gravity and magnetic data is providing a means to characterise different basement terranes and to better constrain sequence boundaries within the depocentres.

**S3–13** – Mi 25.3 12:50 - 13:10 HS F · Kontinentalränder

*Riedel, S. (CAU Kiel)*

**Aerogeophysikalische Verfahren zur Kartierung der Lithosphärenstruktur in Dronning Maud Land, Antarktis**

Die Antarktis steht bei der Rekonstruktion der Großkontinente Rodinia und Gondwana im Mittelpunkt der erdgeschichtlichen Entwicklung. Die geologische Erschließung ist, bedingt durch die Eisbedeckung der Antarktis, nur

begrenzt möglich und stützt sich auf spärliche, geologische Aufschlüsse. Satelliten- und flugzeuggestützte Beobachtungen dienen der flächenhaften Erfassung geophysikalischer Daten. Bisherige geologische Studien deuten auf drei tektonische Großereignisse im Gebiet um Dronning Maud Land (DML) hin: die Grenvillische Orogenese (1.1 Ga) führte zur Bildung Rodinias, die Pan-Afrikanisch-Antarktische Orogenese (EAAO, 500 Ma) gipfelte in der Entstehung von Gondwana, sowie dessen Zerfall um 180 Ma.

Vorgestellt werden das Magnet- und Schwerfeld, sowie die Topographie auf einer homogenisierten Datenbasis (AWI-Bremerhaven) für die Region um Dronning Maud Land, zwischen 14W-20E und 70S-78.5S. Die gemeinsame Interpretation belegt den Verlauf geologisch-tektonischer Großstrukturen (auch unter der Eisbedeckung), der bisher weder in Lage, Form und Ausprägung vollständig bekannt war. In Bezug auf die Gesamtheit der bisherigen Datenbasis, im Gebiet um Dronning Maud Land, werden 85% der Schwere- und 65% der Magnetikdaten erstmals interpretiert.

Die lithosphärische Grenze zwischen dem Archaischen Craton, der Grunehogna Provinz, und dem Proterozoischen- / Früh-Paleozoischen mobilen Gürtel, der Maudheim Provinz, konnte aufgrund der interpretierten Datenbasis sowie weiterführenden Betrachtungen zur Isostasie und mit Hilfe der Curvature-Analyse, gezogen werden. Detaillierte Kartierungen von Störungszonen weisen auf den Verlauf und die Ausrichtung tektonischer Großereignisse hin.

**S3–14** – Do 26.3 08:30 - 08:50 HS F · Kontinentalränder

*Klaucke, I., Weinrebe, W., Bialas, J., Klaeschen, D., Völker, D. (Kiel)*

### **Fluid venting along the Central Chilean Continental Margin: A geophysical perspective**

The Central Chilean subduction zone between S35 and S37 was recently investigated during a cruise with RV James Cook in order to identify, document and possibly understand fluid flow and fluid venting within the forearc region. Several areas were mapped using multibeam bathymetry, multibeam backscatter, high-resolution Sidescan sonar, Chirp subbottom profiling and reflection seismic data. First analysis of the dataset shows surprisingly little indications for fluid venting along the mid-slope region, which is different from other subduction zones such as Central America or New Zealand. In particular, accretionary ridges between S35.5 and S36 were suspected to show fluid venting, but this fact could not be confirmed with our dataset. Within the closely investigated area abundant indications for fluid venting are observed along the mid-slope between S36.5 and S36.8 along the seaward margin of an intra-slope basin. Here, backscatter anomalies indicate widespread authigenic carbonate precipitation, which probably resulted from the expulsion of methane-rich fluids. We speculate that these fluids are of biogenic origin and generated within the slope sediments, but this will likely be confirmed during a sampling cruise in the coming year. However, similar patterns are reported from the accretionary margin off

New Zealand, while the erosive margin off Central America shows venting of fluids derived from the subducting plate. Subsequent analysis of the data might show that this is a common difference between accretionary and erosive active margins.

**S3–15** – Do 26.3 08:50 - 09:10 HS F · Kontinentalränder

*Jacoby, W. (Mainz)*

**The SE Iceland shelf and the opening of the North Atlantic: Gravity inversion with a minimum of a priori information and reconstruction**

E-Mail: jacoby@uni-mainz.de

The lower crust of the SE Iceland shelf may contain a continental splinter from the Greenland shelf edge. Arguments are (1) a possible crustal connection with Jan Mayen Ridge which has a seismically demonstrated continental basement; (2) continental zircon ages from East Iceland, (3) reconstructions of spreading in the North Atlantic and (4) the suggestive dipolar gravity anomaly. The hypothesis is tested here by gravity inversion. Simple estimates suggest that the dipolar gravity anomaly is a typical edge effect of a low-density lower crust below a high-density upper crust near the shelf edge. But gravity inversion is ambiguous and requires a priori information. The only solid a priori knowledge comes from seismic information about the structure of the neighbouring regions of Iceland and the deep sea as well as from local bathymetry and topography. Detailed local seismic information is missing. Density models of the shelf are constructed, guided by the above arguments, and as a genuine inversion problem the models are optimised to fit the observed gravity anomalies. The results tend towards structures which compare well with the seismic structure of the Jan Mayen Ridge, 800 km to the north. The criteria of the inversion process are critically discussed. Both the Free Air anomaly and the Bouguer anomaly are analysed and the probability of the interpretation is assessed. The results of gravity inversion support the idea of a continental crustal core to exist in the SE shelf, which was split from the Greenland continental margin and transported to eastern Iceland and the Jan Mayen Ridge. An accompanying paper presents the ways of how this may have happened by successive ridge jumps governed by the Iceland Plume.

**S3–16** – Do 26.3 09:10 - 09:30 HS F · Kontinentalränder

*Jacoby, W. (Mainz)*

**An attempt to reconstruct the evolution of the North Atlantic and Iceland and their margins**

E-Mail: jacoby@uni-mainz

The opening of the North Atlantic is reconstructed under the following assumptions: plume-ridge interaction governing seafloor spreading since the opening of

the North Atlantic about 60 Ma ago; linearity of all movements (relative plate and plume motion from beginning to present, 60 Ma later, implying constant orientations of all line elements; neglect of plate rotation and earthcurvature; EUR taken as fixed reference. The initial and the final geometrical conditions are estimated from the maps and geological data. Relative southward plume migration (7 mm/a, N160W) is taken into account. Spreading set in after transtension between Greenland and EUR when the (super) plume still lay under Greenland, about 2° from the Greenland margin. When it arrived over the plume 30 Ma ago, spreading jumped from the now extinct Aegir Ridge (in the Norwegian Basin) to the Proto-Kolbeinsey Ridge, as the continental margin was weakened by heating. Ridge jumping from the Aegir Rise to the Kolbeinsey Ridge occurred in steps repeatedly starting from the Greenland margin. Each time continental shelf slivers were detached and carried away from Greenland, creating the en echelon features of the Jan Mayen-Iceland Ridge. The evolution reflects plume-Greenland margin interaction. In the developing Iceland, plume-ridge interaction dominated. In Iceland the first jump of spreading also started from the Greenland shelf edge, but then repeatedly jumped to the east, as the lithosphere grew by spreading over the plume. The earliest parts of Proto-Iceland are the eastern Iceland-Faeroe Ridge (IFR) and the easterly protrusion of the Greenland shelf, buried by basalt. The eastern counterparts of the Greenland shelf are the Faeroe Island and, from later steps, the Jan Mayen ridge, the SE Iceland shelf and East Iceland. The IFR had a complex history of transform movements. A complex age structure is thus suggested for the northern ocean basins and Iceland, however, mostly buried under younger basalt strata. Splitting of continental margins is not uncommon; another example is the Arctic Lomonosov Ridge coming from the Siberian continental shelf. Continental crust and lithosphere seems to be softer than oceanic crust and lithosphere due to material properties and temperature.

**S3-17** – Do 26.3 09:30 - 09:50 HS F · Kontinentalränder

*Winkelmann, D. (Kiel, IFM-GEOMAR), Geissler, W., Stein, R., Niessen, F., Schenke, H.-W. (Bremerhaven, AWI)*

### **Submarine Slope Failure in the Arctic Ocean - The Hinlopen/Yermak Megaslides**

E-Mail: [dwinkelmann@ifm-geomar.de](mailto:dwinkelmann@ifm-geomar.de)

First systematic survey including seismic, acoustic and sedimentological investigations revealed an enormous submarine slope failure north of Spitsbergen. The complex failure consists of one major failure event - a tectonically induced partial collapse of the Hinlopen Trough Mouth Fan (TMF) that initiated as a submarine megaslides. It affected an area of more than 10.000 square kilometres and involved approx. 2.400 cubic kilometres of sedimentary material. This megaslides created the highest headwalls ever found on glaciated continental margins reaching more than 1600 m. Rafted blocks reach extensions of 2,5 x 5 x 0,45 km. The megaslides has been dated to 30 kyr. BP - a time of rapid environmental changes:

inflow of Atlantic water leading to growing ice-sheets, dropping sea-level and increasing glacio-tectonic activity. The megaslide was followed by smaller failure events, associated with the adjusting adjacent continental slope and retrograding eastern headwalls. This process might still not have reached an equilibrium.

**S3–18** – Do 26.3 09:50 - 10:10 HS F · Kontinentalränder

*Elbeshausen, D., Winnemann, K. (Museum für Naturkunde, Berlin), Titov, V. (NOAA Center for Tsunami Research, Seattle, USA), Weiss, R. (Texas AM University, College Station, USA)*

### **A computational framework for studying tsunamigenic rockslides**

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

The interaction of debris flows, both subaerial and submarine, with water may lead to generation of tsunami-like waves with devastating consequences. The knowledge of the slide body's dynamics plays a key role in understanding the generated waves. Numerical studies of such events require high-resolution calculations of the avalanches (usually less than a few meters per cell). On the other hand, a grid spanning tenth of kilometres is necessary to investigate tsunami generation and wave propagation. We are going to meet this challenge by coupling different codes: The well known multi-material hydrocode iSALE (originally developed to study meteorite impacts) used for the initial stage, a wave dispersive code to calculate the wave propagation and a shallow water code for the coastal run-up. We conducted hydrocode simulations to model the generation of tsunami by slide in two dimensions. In good agreement to respective laboratory experiments we could reveal a highly complex behaviour of the waves in the initial stage, resulting in wave breaking and plunging. Our results could show the complexity of the initial wave evolution as well as the development of the sliding body itself. 2D simulations of the first stage allow high-resolution calculations and hence a very accurate prediction of the wavelengths. However, the wave pattern depends on the bathymetry and the shape of the sliding body. Hence, full 3D-simulations are required for more realistic conclusions. Just recently we developed iSALE-3D, a three-dimensional version of iSALE, and successfully applied it for studying landslide events. The effort we made is the first step into an experimental framework increasing the knowledge of tsunamigenic rockslides and a better hazard assessment and forecast.

*Web page:* <http://ida.naturkundemuseum-berlin.de>

**S3-19** – Do 26.3 10:10 - 10:30 HS F · Kontinentalränder

*Münch, U., Lauterjung, J., Rudloff, A. (Potsdam, GFZ)*

### **Tsunamiwarnungen für den Indischen Ozean**

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

Am 11. November 2008 wurde das Indonesische Tsunami-Frühwarnsystem in Jakarta in Betrieb genommen. Neue wissenschaftliche Verfahren und Technologien wurden für dieses Warnsystem entwickelt, da herkömmliche Systeme den besonderen Anforderungen im Indischen Ozean nicht gewachsen waren.

Erdbeben im Indischen Ozean vor Indonesien ereignen sich entlang der Subduktionszone, die sich bogenförmig von Sumatra bis nach Flores erstreckt. Im Extremfall kann eine Tsunamiwelle die Küste in weniger als einer halben Stunde erreichen. Eine schnelle und exakte Bestimmung insbesondere der Erdbebenparameter ist daher essentiell für dieses Tsunami-Frühwarnsystem. Deshalb wurde von Wissenschaftlern des GFZ ein neuartiges Mess- und Auswerteverfahren entwickelt, welches aus den aufgezeichneten Signalen in Minutenschnelle die Lage und Stärke des Bebens ermittelt. SeisComp3, so der Name der neuen Auswertesoftware, setzt mittlerweile weltweit einen neuen Standard. Die Software wird in verschiedenen Anrainerstaaten des Indischen Ozeans wie den Malediven, Pakistan und Thailand, sowie auch in verschiedenen europäischen Ländern - beispielsweise in Italien, Spanien und Griechenland - erfolgreich eingesetzt.

Da aber nicht jedes Erdbeben einen Tsunami auslöst, werden üblicherweise mit Messgeräten auf dem Ozeanboden Druckänderungen erfasst. Im Indischen Ozean kommen nun erstmalig zusätzlich noch GPS-Bojen zum Einsatz, um an Hand von Meeresspiegeländerungen Tsunamiwellen frühzeitig registrieren zu können. Auch Küstenpegel, die insbesondere auf den vorgelagerten Inseln installiert sind, werden hierfür eingesetzt. GPS-Stationen an Land, ermöglichen die Erfassung der Bodenverschiebung.

Bis zum Projektende im März 2010 wird das vielfältige Sensornetz noch vervollständigt, sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten und Softwaresysteme optimiert werden.

Webseite: <http://www.gitews.de>

**S3-20** – Do 26.3 11:30 - 11:50 HS F · Kontinentalränder

*Hackney, R. (Geoscience Australia, Canberra), Tassara, A. (Universidad de Concepción, Chile)*

### **Subduction-zone rigidity and its relationship to giant earthquake rupture**

E-Mail: [ron.hackney@ga.gov.au](mailto:ron.hackney@ga.gov.au)

Of the many factors that control the generation of earthquakes along subduction zones, the integrated mechanical strength of the slab-forearc system is one of the most important. The mechanical strength, which can be parameterized by

flexural rigidity, governs deformation in response to applied forces and should, therefore, influence the initiation and propagation of mega-thrust earthquakes. We have found that four of five giant (magnitude  $M \geq 9$ ) earthquakes of the twentieth century initiated in regions of high flexural rigidity and that their rupture propagated exclusively through adjacent regions of low rigidity. High flexural rigidity likely reflects high mechanical coupling between subducting and overriding plates and, consequently, unstable frictional behaviour (stick slip) at the plate interface. In contrast, low rigidity indicates weak plate coupling owing to conditionally-stable friction, a state in which seismic slip on the mega-thrust only occurs if it is triggered by the arrival of slip from elsewhere. Contrary to the generally-accepted view, this implies that the parts of the plate interface that slip the most and release the most co-seismic energy (asperities) are not necessarily the strongest parts of the seismogenic zone. In contrast to other twentieth century  $M \geq 9$  earthquakes, rupture during the giant and unexpected 2004 Sumatra–Andaman earthquake propagated entirely through a region of high rigidity. This suggests that once an earthquake initiates, there are two possible paths to a giant earthquake: extensive rupture through a region of low flexural rigidity or, probably less frequently, sequential rupture through several high-rigidity patches that are all loaded by plate convergence near to a critical stress threshold. The observed relationship between rigidity and rupture also potentially provides a means to predict likely rupture patterns and, therefore, to improve predictions of tsunami hazard following a giant earthquake.

**S3–21** – Do 26.3 11:50 - 12:10 HS F · Kontinentalränder

*Planert, L., Kopp, H., Shulgin, A. (Kiel, IFM-GEOMAR), Lüschen, E., Müller, C. (Hannover, BGR), Flüh, E.R. (Kiel, IFM-GEOMAR), Engels, M. (Hannover, BGR), Djajadihardja, Y. (Jakarta, BPPT)*

### **Crustal structure of the Sunda-Banda arc transition: linking lower plate variability and forearc deformation**

E-Mail: [lplanert@ifm-geomar.de](mailto:lplanert@ifm-geomar.de)

The Sunda-Banda arc transition, the easternmost portion of the Indonesian convergent margin, presents a probably unique natural laboratory to study lower plate variability and related upper plate deformation in the so-called “subduction factory” for a deeper understanding of forearc evolution. In neighboring margin segments, we can observe strong changes of the incoming plate (transition from an oceanic to a continental lower plate, presence/absence of an oceanic plateau, variability in plate roughness) as well as a wide range of corresponding forearc structures, including large sedimentary basins and an accretionary prism/outer arc high of variable size and shape. During RV Sonne cruise SO190 in 2006, we acquired a combination of seismic wide-angle OBH/OBS refraction, multichannel streamer and gravity data along a number of trench normal corridors located between 113°E and 121°E. Additionally, a number of trench parallel profiles were conducted which mainly focus on the internal structure of the large sedi-

mentary basins and which were also intended for further clarifying the type of underlying forearc crust and mantle, respectively.

To obtain seismic velocity models we used a tomographic approach for refracted and reflected phases. The results show the seismic velocity structure of the incoming plate, starting 100 km seaward of the trench, and the adjoining forearc down to depths of 20-28 km, i.e. well into the upper mantle, and at the same time fit the gravity data very well, using simple velocity-density relations.

In the Argo abyssal plain, the models show 8.0-8.5 km thick oceanic crust. The velocities in the crust and uppermost mantle are reduced within distances of 50 km seaward of the trench, which coincides with the onset of normal faulting on the incoming oceanic plate. Anomalously low mantle velocities of 7.5 km/s directly beneath the Moho are possibly due to the intrusion of seawater and subsequent serpentinisation of mantle peridotite. Landward of the trench in the outer arc high, velocities do not exceed 5.5 km/s down to the top of the subducting slab, which can be traced over 70 km length beneath the forearc down to 13 km depth. The plate boundary is of irregular shape, obviously imprinted by the complex deformation of the oceanic basement prior to subduction. Offshore Lombok island, our models reveal the geometry of the Lombok basin as well as the forearc Moho in 16 km depth. Reduced upper mantle velocities suggest a hydrated shallow mantle wedge for this corridor. Further east offshore Sumba island, we find no evidence for a shallow mantle wedge beneath the forerarc. Crustal-type velocities are found down to depths of 20 km, which would point towards a different forearc regime, most likely related to the collision with the Sumba block. Our results give a detailed view into the complex deformation in both the deeper and shallower portions of this convergent margin.

**S3-22** – Do 26.3 12:10 - 12:30 HS F · Kontinentalränder

*Scherwath, M., Kopp, H., Flüh, E.R. (IFM-GEOMAR, Kiel), Henrys, S.A., Sutherland, R., Stagpoole, V. (GNS Science, Lower Hutt, Neuseeland)*

### **Geophysical imaging of the fore-arc deformation at the northern Hikurangi margin, New Zealand**

E-Mail: [mscherwath@ifm-geomar.de](mailto:mscherwath@ifm-geomar.de)

The northern Hikurangi margin northeast of North Island, New Zealand, is a unique subduction zone setting where the incoming Pacific plate forms a large igneous province, called the Hikurangi Plateau, which subducts beneath one of the deepest fore-arc basins in the world, the Raukumara Basin. West of the basin, highly active arc volcanism occurs at the adjacent Kermadec Ridge, and east of the basin the uplifting East Cape Ridge is the source area of many large mass wastings. We have investigated this region in order to study the upper lithospheric structure and deformation of this subduction zone. As part of the MANGO project (Marine Geoscientific Investigations on the Input and Output of the Kermadec Subduction Zone), we have acquired seismic wide-angle data during cruise SO192 to determine the seismic velocity distribution. In addition,



high resolution multi-channel seismic reflection data as well as gravity and magnetic data help to to better constrain the subsurface structures, rock composition and origin. Our models show that the Raukumara fore-arc basin contains over 10 km of sediments, and the velocities and seismic stratigraphy suggest that up to 6 km of these sediments are Cretaceous in age, originating from the old Gondwana margin. The crustal thickness of underlying Australian plate varies between 5 and 10 km, with the thinnest part directly beneath the deepest part of the basin, having formed a natural sink for sedimentation. The fore-arc mantle outside the area of active arc-volcanism has velocities above 8 km/s, indicating mantle material apparently unaffected by hydration processes above the down-going plate. The incoming plateau carries at the trench about 2 km of slower sediments above a 2 km mixed layer of volcanoclastics, limestone and chert. The crust consists of a 4.9-6.7 km/s fast upper crust and a faster ( $> 7.1$  km/s) lower crust. As no mantle phases could be detected, gravity modelling was applied to estimate that this northern edge of the plateau is around 10 km thick, apparently thinner than suggested elsewhere but easily facilitating subduction. Finally, the East Cape Ridge is underlain by a shallow, 3.5 km deep highly magnetic high-velocity zone. On-shore correlation of magnetic data suggests that we have detected part of the Matakaoa volcanic allochthon. We consider underplating and uplift to destabilise the East Cape Ridge, triggering mass wasting both down into the trench as well as into the Raukumara Basin on the other side.

**S3–23** – Do 26.3 12:30 - 12:50 HS F · Kontinentalränder

*Shulgin, A., Kopp, H. (Kiel, IFM-GEOMAR), Müller, C., Lueschen, E. (BGR, Hannover), Planert, L. (Kiel, IFM-GEOMAR), Engels, M. (BGR, Hannover), Flüh, E.R., Krabbenhöft, A. (Kiel, IFM-GEOMAR), Djajadihardja, Y. (Jakarta, BPPT)*

### **The Sunda-Banda Arc Transition (northwest Australia): seismic and gravity modeling of the incipient continent-island arc collision**

E-Mail: [ashulgin@ifm-geomar.de](mailto:ashulgin@ifm-geomar.de)

We present integrated results of a refraction/wide-angle reflection tomography, gravity modeling, and multichannel reflection seismic imaging using data acquired in 2006 along a 355 km long N-S oriented profile at 121°E across the eastern Sunda arc, which is one of the few regions globally where the early stages of continent-arc collision may be studied. Our study area south and east of Sumba Island is located along the western limit of the collision zone at the Sunda-Banda arc transition, where the Australian margin collides with the Banda island arc, causing widespread back arc thrusting. Newly acquired seismic reflection/refraction and gravity data east and south of Sumba Island resolve the deep crustal structure of the Sunda-Banda arc transition. The composite structural model reveals the previously unresolved deep geometry of the collision zone. Changes in crustal structure encompass the 10-12 km thick Australian basement in the south and the 22-24 km thick Sumba ridge in the north, where

backthrusting of the 130 km wide accretionary prism is documented. The structural diversity along the transect may be characteristic of originating collisional systems at the transition from oceanic subduction to continent-arc collision. The current system may be regarded as a precursor of a fold-and-thrust belt, which may develop in the forearc as the collision progresses. The wide-angle seismic data resolve the full crustal structure of the Sumba ridge and the Savu basin and for the first time provide the geophysical background for geodynamic models of nascent collisional systems. The observed variations in crustal structure along the profile may be typical for tectonic settings with continental margins approaching island arcs.

**S3–24** – Do 26.3 12:50 - 13:10 HS F · Kontinentalränder

Weinzierl, W., Kopp, H., Flüh, E.R., Klaeschen, D., THALES Working group (Kiel)

### **A Seismic Profile Traversing the Lesser Antilles Island Arc**

E-Mail: [wweinzierl@ifm-geomar.de](mailto:wweinzierl@ifm-geomar.de)

In the framework of the THALES (=Transients in the Hellenic and Antilles Loci of Earthquakes of European Subductions) project a 280km long regional wide-angle seismic profile south of Guadeloupe was acquired. The profile crosses one of the largest accretionary complexes in the world which is bound partially by the Tiburon Ridge. We conducted a statistical analysis to explore velocity-depth model space derived from the inversion of seismic refraction data. The profile crossing the island arc was characterized by three tectonic entities, namely the accretionary complex, active and inactive island arc. By perturbing the model space ( $v,z$ ) as well as the transition zones in between it is possible to sample the model space and compare the results of inversion of this monte carlo ensemble. We inverted more than 20000 first arrival travel times in over 50 starting Models enhancing the statistical resolution of the final average model. Forward modeling of the wide angle data to constrain the deeper portions of the transect followed. Intracrustal as well as Moho reflections could be distinguished where the upper crust is approximately 13km thick and the lower crust 8km. The backstop of the accretionary wedge shows considerable topography and is approximately 10-20km in width. Beneath the island arc the North-American plate shows a dip angle of approximately 40° up to 40km in depth.

**PS3-01 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Arroyo, I.G. (Kiel, IFM-GEOMAR), Husen, S. (ETH-Zurich), Flüh, E.R. (Kiel, IFM-GEOMAR), Alvarado, G.E. (Instituto Costarricense de Electricidad)*

**Characterization of the shallow part of the Central Costa Rican Pacific Subduction Zone from Local Earthquake Tomography using an amphibian network**

The erosional convergent margin along the Middle America Trench off Costa Rica is one of the target areas during the first part of the project SFB574 „Volatiles and Fluids in Subduction Zones“. The Central Pacific sector of the margin shows a high seismicity rate, coincident with the subduction of rough-relief ocean floor, including seamounts and ridges. The area has generated earthquakes with magnitude up to seven in the past, most recently a Mw-6.9 event in 1999 and a Mw-6.4 in 2002. Precise local earthquake locations and detailed knowledge of the three-dimensional velocity structure provide valuable insights into the dynamics and structure of the shallow part of the subduction zones, including the limits and geometry of the seismogenic zone. To this end, we performed a 3-D Local Earthquake Tomography using P-wave traveltimes from 595 selected events recorded by a seismological network consisting of 23 ocean-bottom and 15 onshore stations, deployed for 6 months in the area, combined with data from 10 of the permanent stations of the country, improving coverage toward the volcanic front. The results reflect the complexity associated to subduction of bathymetric highs and the transition from normal to thickened oceanic crust (Cocos Ridge). The slab is imaged down to 70 km depth as a high-velocity anomaly with a band of low velocities (LVB) on top enclosing the intraslab events deeper than 30 km. Below the margin slope, the LVB is locally thickened by at least two seamounts. We observe an abrupt, eastward widening of the LVB, preceded by a low-velocity anomaly under the continental shelf, which we interpret as a big seamount or plateau (anomaly i). The thickening coincides with an inverted basin at the inner forearc and a low-velocity anomaly under it (anomaly ii). The latter appears in a sector where blocks of inner forearc are uplifted, possibly by underplating of eroded material against the base of the crust. The anomaly promotes seismicity within the upper plate, and could be linked to a Mw-6.4 earthquake that caused extensive damage along the coast in 2004.

In the west part of the area, the interplate seismicity forms a dipping, planar cluster from 15-19 to 25 km depth beneath the continental shelf. Its updip limit coincides with the 150°C isotherm and an increase in  $V_p$  along the plate boundary. This further supports a recently proposed model in which the seismicity onset along the plate interface is mainly due to a decrease in the abundance of fluids released by early dehydration happening between 60-150°C in subducted sediments. Higher seismicity rates locally concur with seamounts present at the seismogenic zone, while seamounts under the margin slope may shallow the onset of interplate seismicity. To the east, a sharp decrease of interplate seismicity

could be caused by a reduced mechanical competence of the upper plate, coincident with a big embayment in the margin slope. Alternatively, anomaly ii could be pushing the upper plate upward, reducing the coupling.

**PS3-02** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Planert, L., Klaeschen, D., Berndt, C., Brückmann, W., Hensen, C. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

**Drilling into dewatering sites along the Costa Rica margin (IODP proposal 633): first results from pre-site survey seismic data evaluation**

E-Mail: [lplanert@ifm-geomar.de](mailto:lplanert@ifm-geomar.de)

IODP drilling proposal 633 (Costa Rica Mud Mounds) aims to enhance the general understanding of complex forearc dewatering processes of the erosive subduction system off Costa Rica. Major sites of dewatering planned for drilling are mounds, related to mud diapirism/volcanism and precipitation of authigenic carbonates, and large-scale slides related to the subduction of seamounts.

New pre-site survey seismic data was collected during a cruise of R/V Marcus Langseth in 2008 at the proposed sites of Mound Culebra and Mounds 11 and 12. The new seismic profiles were acquired using a 36-gun, four-string linear gun array up to 240 Hz, and a 240 channel streamer with 3000 m of active length. The new data are of exceptionally high quality and allow a detailed analysis of the processes that control fluid migration in the Costa Rican margin. We will present first results obtained from prestack depth migration focusing on structures above the acoustic basement.

The selected mound sites at Mound Culebra and Mound 11 are both clearly related to deep-reaching fault systems, corroborating preliminary estimates of the source depth of fluids and extruded material. In addition, the new seismic data show differences in terms of the mounds' activity and stage of development. A continuous bottom simulating reflector (BSR), i.e. the base of the gas hydrate stability zone, is visible in the vicinity of the mounds, but seems to vanish directly beneath their surface expression. The selected drill sites are chosen to penetrate deeper than BSR depth in order to record changes in fluid geochemistry and microbiology along the flow path where it transgresses into the hydrate stability field.

At Jaco Scar, which is the target site selected for studying seamount subduction, there is evidence for fluid flow as detected by geochemical anomalies in scar sediments and prominent methane plumes in the water column. Drilling of the seamount site at Jaco Scar will test the hypothesis that seamount subduction creates deep-reaching conduits between the upper plate sediments and the continental basement wedge.

**PS3-03** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Sanchez, J. (Kiel, Institut für Geowissenschaften, CAU), Götze, H.-J. (Kiel, CAU), Schmitz, M. (Caracas, Venezuela, FUNVISIS)*

**Moho variation and Caribbean slab geometry in Venezuela inferred from 3-D lithospheric density modeling**

E-Mail: jsanchez@geophysik.uni-kiel.de

We present results from forward modeling of the Bouguer gravity anomaly in the Caribbean-South American plate boundary zone from eastern Venezuela (62°W) to eastern Colombia (74°W) and between southern Venezuelan basin (16°N) and Guayana shield (6°N). For modeling propose more than 100,000 gravity measurement have been compiled and homogenized. Final database comprises about 80,000 observations onland and more than 20,000 stations offshore. The 3D density model reproduces the measured gravity at continental-scale and represents the density structure of the mantle and crust of the South America plate and the subducted Caribbean slab up to 300 km depth. We integrate results from several independent studies to constrain our density model: velocity structure derived from wide-angle seismic data, receiver functions, local seismicity surface geology and available geodynamic information. Additionally a complete analysis of gravity field was performed: Spectral analysis, depths from Euler deconvolution solutions and isostatic anomaly map using Venig-Meinesz algorithm. In general, Moho variations are well constrained for seismic model but a few differences have been found. Depth values for the continental part range between 35-40 km (e.g. Guayana Shield, Barinas-Apure and Guárico Basins). Along the coastal cordilleras, crustal thickness oscillates around 35 km and decreases slightly towards the Leeward Antilles up to 24 km. The model shows the sinking slab of the Caribbean plate under the Maracaibo block with a significant long slab reaching down to 250 km depth. The slab geometry is base on the intermedium depth seismicity beneath Maracaibo block, and it extend from the seismic cluster of the Bucaramanga nest (Colombia) eastward up to 70°W beneath Paraguaná peninsula, where the slab have observed by means of wide-angle seismic data in the northern part. Contribution to the project FONACIT G2002000478 GEODINOS (Recent Geodynamics of the Northern Limit of the South American Plate).

**PS3-04** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Mahatsente, R., Bolte, D., Götze, H.-J. (University of Kiel)*

**Crustal and lithospheric strength of Nazca plate: role on the initial stage of subduction**

E-Mail: rezene@geophysik.uni-kiel.de

It is widely assumed that the buoyancy of a cold thermal boundary layer of convective mantle- flow is the primary driving mechanism of plate motion. However, recent numerical and experimental studies indicate that thermal buoyancy during the initial stage of subduction increases at a slow rate and initiation of subduction

requires an additional force, most probably compression.

We use heat flow, geoid height and bathymetry data from a 5000 km long transect perpendicular to the East Pacific Rise (Eastward at 12° S Lat.) to constrain the thermo-mechanical structure of the Nazca plate and assess the strength of the plate to transmit ridge-push and positively contribute to the initiation of subduction. The results indicate that the overall strength of the Nazca plate, as expected, resides in the cold geothermic part of the lithosphere. However, the likelihood of the plate to transmit ridge-push and positively contribute to the trench-pull depends on its age. The integrated lithospheric strength of Nazca plate, for ages less than 25 Ma, is in the order of  $10^{11} \text{ Nm}^{-1}$ . This part of the plate is not relatively strong compared to stress caused by ridge-push and is unlikely to make significant contribution towards initiation of subduction. Part of the Nazca plate, which is 40 Ma old and above, however, exhibits lithospheric strength ( $10^{13} \text{ Nm}^{-1}$ ) comparable to the magnitude of ridge-push and thermal buoyancy of a mature oceanic lithosphere. Thus, older lithospheres, owing to their high density, cold geothermic condition and relatively higher integrated strength, are more likely to transmit ridge-push and positively contribute to the initiation of subduction.

### **PS3-05 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Kopp, H., Klaeschen, D., Flüh, E.R. (Kiel, IFM-GEOMAR), Reichert, C. (Hannover, BGR)*

#### **Seismische Tiefensondierung der Subduktionszone vor Zentralchile**

E-Mail: [hkopp@ifm-geomar.de](mailto:hkopp@ifm-geomar.de)

Der chilenische Kontinentrand ist geprägt durch die Subduktion tektonischer Strukturen der ozeanischen Platte. Vor Valparaiso führt die Subduktion des aseismischen Juan Fernandez Rückens zu einem Wechsel von akkretionären Prozessen im Süden zu erosiver Subduktion im Norden. Untersuchungen der Wechselwirkungen zwischen der Rückensubduktion bzw. der damit verbundenen Variation des Sedimenteintrages im Tiefseegraben und der Struktur und Evolution der Oberplatte sind essentiell für das Verständnis des Gesamtsystems. Die lateral stark variierende Tiefenstruktur der Subduktionszone nördlich und südlich des Eintrittspunktes des Juan Fernandez-Rückens ist in seismischen Profilen abgebildet. Zwei nördlich des Rückens gewonnene Linien wurden mit Mehrkanalseismik sowie korrespondierenden refraktionsseismischen Daten im Rahmen des SPOC-Projektes abgedeckt und ergänzen ein früheres Weitwinkel-Profil südlich des Rückeneintritts aus dem CONDOR-Vorhaben. Die Geschwindigkeits-Tiefen-Modellierung der Weitwinkeldaten als auch die pre-stack Tiefenmigration der Mehrkanalseismik, die hier zum ersten Mal vorgestellt wird, bilden die tektonischen Strukturen mit unterschiedlicher Skaligkeit bis in Tiefen von 30 km ab und reflektieren die jeweils vorherrschenden Prozesse und Subduktionsmechanismen, die durch die Rückensubduktion an zusätzlicher Komplexität gewinnen.

**PS3-06** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Micksch, U. (Potsdam, GFZ), Krawczyk, C.M. (Hannover, LIAG), TIPTEQ Research Group*

### **Subduction channel deposits and damage zones in the Chilean forearc - seismic and combined geophysical measurements of project TIPTEQ**

The crustal structure of the subduction zone in south central Chile is revealed with high-resolution reflection seismic imaging within project TIPTEQ (from The Incoming Plate to mega-Thrust Earthquake processes). The near-vertical incidence reflection seismic profile spans across 140 km from the coast of the Pacific Ocean to the Central Valley. The downdip end of the seismogenic coupling zone and the hypocenter of the great Chilean earthquake of 1960 ( $M_w = 9.5$ ) lie in the center of the seismic section.

The downgoing oceanic plate can be traced from 27-55 km depth. The oceanic crust has a varying reflectivity. A smooth increase in reflectivity below 30 km depth may be caused by the release of fluids because of the porosity collapse in the oceanic basalt. A zone of high  $V_p/V_s$  ratio supports this observation. A clear continental Moho could not be found, but it may be inferred together with constraints from gravimetrical modelling. Strong reflectivity above the plate interface may be associated with a subduction channel with a varying thickness of 2-5 km. Local seismicity possibly defines its upper boundary. The segmented crust of the overriding plate has two seismically transparent zones, separated by the Lanahue Fault Zone. The eastern transparent zone may be caused by the Coastal Batholith which is covered by sediments in the Central Valley. A nearsurface first-break tomography of the data set revealed the subsurface continuation of the batholith and a sediment thickness of ca. 1 km in the western part of the Central Valley.

The combination of the seismic depth section with magnetotelluric, gravimetrical and seismological findings results in an integrated interpretation along the TIPTEQ transect at 38° S.

**PS3-07** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Groß, K., Buske, S., Wigger, P., Shapiro, S.A. (Berlin, FU)*

### **SEISMIC IMAGING OF THE CHILEAN SUBDUCTION ZONE AROUND THE HYPOCENTER OF THE 1960 VALDIVIA EARTHQUAKE**

E-Mail: kolja@geophysik.fu-berlin.de

In the frame of the interdisciplinary project TIPTEQ (from The Incoming Plate to mega-Thrust Earthquake processes) a reflection seismic image of the hypocentral area of the 1960 Valdivia earthquake was acquired.

The application of Kirchhoff prestack depth migration for both P- and S-waves as well as two advanced imaging techniques (Fresnel Volume Migration, Reflection Image Spectroscopy) clearly show the subducted oceanic Nazca plate below

the segmented forearc and a highly reflective overriding South American plate. The reflectivity varies across the section and appears to be weak around the area of the 1960 earthquake hypocentre. We associate the high reflectivity at the plate interface with the existence of a subduction channel with a varying thickness of 2-5 km down to a depth of at least 38 km. The continental Moho in the overriding plate is not clearly visible. The reflectivity east of the hypocenter shows horizontal structures at various depths, which give rise to different eastward continuations of the continental Moho.

The combination of the obtained high resolution seismic image together with the results from other geophysical investigations provides a detailed image of the nucleation point area of the 1960 Mw=9,5 megathrust earthquake.

*Web page:* <http://phase.geophysik.fu-berlin.de/>

### **PS3-08 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Anasetti, A., Krastel, S., Weinrebe, W., Klauke, I., Bialas, J. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

#### **Geophysical investigation of an unusually situated landslide off south-central Chile**

E-Mail: [aanasetti@ifm-geomar.de](mailto:aanasetti@ifm-geomar.de)

Submarine landslides are known from all over the world. They are one of the most important mechanisms for the configuration of continental margins and for transporting huge quantities of sediment downslope. Geophysical data acquired during cruise JC 23 in Spring 2008 and previous cruises cover most of the active Chilean continental margin between 33°S and 37°S. Integrated interpretation of the data allowed identifying a number of landslides in the area. Unlikely to most other slides along continental margins, this one is situated on the eastern slope of a submarine ridge facing landwards. The setting of the landslide has an important impact of the associated tsunami wave field (first arrival of positive amplitude). Geometrical parameters of the slide and the adjacent slope have been measured. The slide affected an area of 16.5 km<sup>2</sup> between about 1060 m and over 1700 m water depths. The deposit is about 6km long, up to 3km wide and its total volume is about 0,5 km<sup>3</sup>. The landslide was induced by a single event. On account on this we presume its tsunami potential to be high. Situated on a steep ridge flank, the trigger mechanism is most likely closely related to the formation and evolution of the ridge. The ridge follows an elongated fault zone running app. parallel to the margin. This fault zone has a dextral component which, in combination with the faults elongation, implicates a compressional regime that is superimposed on the overall subduction-related compression and ultimately generated this ridge. Over-steepening of rapidly accumulated sediments (high sedimentation rate) seems to be the most preconditioning factor of the slide. A weak layer may have acted as slipping surface as well. The most likely trigger for the landslide is one of the earthquakes occurring frequently in the area.



**PS3-09 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Dzierma, Y., Thorwart, M., Rabbel, W. (Kiel, CAU), Comte, D., Legrand, D. (Santiago de Chile, Universidad de Chile), Bataille, K. (Concepcion, Chile, Universidad de Concepcion), Iglesia, P., Prezzi, C. (Buenos Aires, Argentinien, Universidad de Buenos Aires)*

**Ongoing seismological investigations around Villarrica Volcano, Southern Chile**

In addition to presenting a continental end-member of subduction zones, seismicity and volcanism in the Chilean subduction zone are influenced strongly by sediment input into the trench, oblique convergence and strain partitioning, and pre-Andean characteristics of the overriding plate. Furthermore, the occurrence of the largest instrumentally recorded earthquake, the Valdivia 1960 earthquake, close to the very active Villarrica volcano, makes this region ideally suited for subduction-related hazard investigations.

A network of 55 seismological stations was installed in November 2008 between 39 deg and 40 deg South. The stations are distributed from the coast to the back-arc in Argentina, linking the Villarrica Volcano with the area of maximum coseismic slip of the 1960 Valdivia earthquake. The data collected by this network will serve for local and teleseismic tomography, seismicity, receiver function and anisotropy studies.

This poster presents first data examples. In addition to exploring the deep structure and geometry of the subduction zone, these studies will provide insight into the presence of fluids, fluid pathways, and the stress field. In combination with geochemical and volcanological studies also performed by the SFB 574, these investigations will contribute to a better understanding of subduction zone characteristics in a region of extreme coseismic stress, slab-arc fluid processes, volcano dynamics and hazards.

**PS3-10 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Scharff, L., Hort, M. (Hamburg, Institut für Geophysik), Varley, N. (Colima, Facultad de Ciencias, Universidad de Colima, Mexico)*

**Installation of a permanent Doppler radar monitoring system at Volcan de Colima, Mexico**

E-Mail: [lea.scharff@zmaw.de](mailto:lea.scharff@zmaw.de)

Continuous monitoring of volcanoes showing signs of unrest is one of the most important tasks in volcanology, especially for hazard mitigation. A newly developed Doppler radar monitoring system has been installed on the south flank of Colima volcano, Mexico, in November/December 2008. Besides the continuously measuring Doppler radar, a regular video camera is monitoring the activity during daytime. The data is transmitted to the University of Colima via a wireless LAN connection. Because the Doppler radar measures up to 15 spectra per second, thus producing a huge amount of data, a special trigger system has been

developed to only record high resolution data in case of an eruption. The camera is triggered through the radar, i.e. there will be videos of eruptions. In times of quiescence the radar as well as the camera can be configured to get snapshots at arbitrary time intervals. Logging onto the monitoring system via the wireless connection allows to remotely reconfigure the whole system, in times of a volcanic crises.

Doppler radar data is used to measure the velocities and the amount of erupted material enabling us to define the activity status in near real time during an eruption. Such data also give insight into dynamic processes during an eruption. So far such measurements have only been used to characterize strombolian type explosions (Stromboli/Italy, Mount Erebus/Antarctica and Yasur/Vanuatu) as well as studies of rock falls and explosive activity at Merapi (Java, Indonesia) and the very special ring-shaped eruptions at Santiaguito (Guatemala).

Our deployment at Colima volcano is the first investigation of vulcanian and subplinian eruption dynamics with Doppler radar. This data provides a measure of the mass eruption rate (product of velocity and density of the erupted material) which is the main factor controlling the height of the eruption cloud. Therefore those data will allow a near real time prediction of the possible eruption cloud height using 1D and 2D numerical models of eruption cloud development, beforehand parameterized with 3D numerical models. This will help to gain a better understanding of eruption cloud forming processes plus we will be able to verify those numerical models through our Doppler radar and video data.

**PS3-11** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Ziemen, F., Scharff, L., Hort, M. (Hamburg, Institut für Geophysik)*

### **Numerical Simulation of Doppler Radar Observations of Volcanic Eruptions**

Volcanic eruptions pose a major thread to the local infrastructure and population. Sometimes volcanic ash clouds require re-routing of air-traffic; on the ground, the ash threatens lives, and can destroy houses as well as crops and infrastructure. Thus, decision makers need estimates of the amount of ash released during an eruption as fast as possible. However, estimating this mass flux is difficult. In recent years it has been proposed that the mass flux could be derived from Doppler radar observations of volcanic ash clouds. Here we present a study exploring the potential of this method.

To obtain the mass flux from radar measurements, one needs to know the particle size distribution (PSD) of the erupted ash. Studies of various historic eruptions suggest that the PSD can be described using a Weibull distribution. The Weibull distribution is characterized by three parameters, a shape factor (steepness), its mean value (particle radius) and a linear scaling of the amplitude. For the shape factor, values between one and two yield good fits of measured data. The mean particle size and amplitude have to be determined for each individual eruption. The traditional approach to estimate the mean particle size using the

particles terminal settling velocities is biased by the wind and thus unreliable.

Here we present an approach to determine the mean particle size by using measurements at multiple carrier frequencies and backscatter efficiencies calculated using Mie theory. This method is independent of sidewind effects and thus could yield more reliable estimates of the amount of mass released in an eruption than the approach using terminal velocities. We demonstrate the feasibility using synthetic measurements at five wavelengths between 6 and 96 mm.

Furthermore we apply of the simulation program to eruptions recorded at Santiaguito Volcano in Guatemala. Here the calculations helped to explain the radar observations which in this case were quite complex as the radar only delivers a 1D view of a complex 3D process.

### PS3-12 – Mi,Do · Kontinentalränder

*Gerst, A., Hort, M. (University of Hamburg), Kyle, P.R. (Socorro, New Mexico Tech), Voege, M. (University of Hamburg. Now at NGI, Oslo)*

#### **Understanding the mechanics of Strombolian eruptions.**

E-Mail: Alexander.Gerst@zmaw.de

In 2005/06 we deployed three continuous wave Doppler radar instruments at the crater rim of Erebus volcano in Antarctica. At the time there was a  $\sim 40$  m wide,  $\sim 1000^\circ\text{C}$  hot convecting phonolite lava lake inside the crater, which was the source of  $\sim 0\text{--}6$  Strombolian gas bubble explosions per day. We measured the velocities of  $\sim 50$  explosions using a sample rate of 1-15 Hz. The measurements provide new insights into the still largely unknown mechanism of Strombolian eruptions, and help improve existing eruption models.

We present a technique for a quasi in-situ measurement of the absolute gas pressure inside exploding bubbles. Pressures were derived using bubble surface velocities during explosions in combination with a simple explosion model. This technique also allows us to present a comprehensive energy budget of a volcanic eruption as a time series of all important energy terms (i.e. potential, kinetic, dissipative, infrasonic, surface, seismic and thermal energy output). As an additional output, explosion direction vectors were calculated in 4D, allowing for conclusions on the symmetry of the vent system.

The absolute gas pressure inside exploding bubbles rapidly drops from  $\sim 3\text{--}10$  atm to  $\sim 1$  atm before the burst, which usually occurs at radii of  $\sim 15\text{--}20$  m. These pressures are significantly lower than previously assumed for such explosions. Large explosions release more than  $10^9$  J each (equivalent to several 100 kg of TNT), at a peak discharge rate frequently exceeding  $10^9$  W (the power output of a typical nuclear power plant). This dynamic output is mainly controlled by the kinetic and potential energy of the exploding magma shell, while other energy types were found to be much smaller (with the exception of thermal energy).

Remarkably, most explosions at Erebus show two distinct surface acceleration peaks separated by  $\sim 0.3$  seconds. This suggests that rising gas bubbles fragment

into two or more parts shortly before reaching the lava lake surface. We estimate the total gas volume of large explosions to be  $>10,000 \text{ m}^3$ , of which only  $\sim 10\%$  appear to be contained in the first approaching bubble fragment. This suggests the existence of a stable mechanism leading to the fragmentation of gas bubbles only a few tens of meters beneath the lava lake surface, e.g. caused by an abrupt change in conduit width. Such a mechanism should be considered when interpreting seismic and acoustic recordings of eruptions.

Web page: <http://planet3.de/>

### PS3–13 – Mi,Do · Kontinentalränder

*Weckmann, U. (Helmholtz Centre Potsdam - GFZ and University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Germany), Ritter, O. (Helmholtz Centre Potsdam - GFZ, Germany), Becken, M. (Helmholtz Centre Potsdam - GFZ and University of Potsdam, Institute of Geosciences, Potsdam, Germany), Pek, J. (Geophysical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic), de Wit, M. (AEON, Africa Earth Observatory Network, University of Cape Town, Cape Town, South Africa)*

#### **Electrical conductivity images of Kaapvaal craton transition, South Africa**

Within the framework of the German–South African geo–scientific research initiative Inkaba yeAfrica several magnetotelluric (MT) field experiments were conducted along the Agulhas–Karoo transect in South Africa. This 600km long transect is designed to cross the Cape Fold Belt, the Namaqua–Natal Mobile Belt (NNMB), the Karoo Basin and the transition into the Kaapvaal Craton. At the same time, the transect crosses the Beattie Magnetic Anomaly and the Southern Cape Conductive Belt. In this presentation we will focus on the  $\sim 1.2 - 1.0 \text{ Ga}$  old convergent margin represented by the Kaapvaal craton–bounding Proterozoic Namaqua–Natal orogenic belt.

Along the northernmost segment of the transect, we deployed over 120 MT sites along the 250km profile with a site spacing of 2–4km. With our experiment we focussed on a high–resolution image of the Mobile Belt / Craton transition on lithospheric scale.

The MT data show a predominantly 2D behaviour; however, some sites show strong 3D effects, which are consistently observed over a 15km long segment. Anisotropic and 3D modelling studies show that these effects are caused by the unique setting of the extremely resistive rocks of the Kaapvaal Craton in combination with very conductive shallow structures.

2D– and 3D inversion results exhibit a shallow conductivity anomaly: a sub-horizontal, high conductivity band in the upper 5km of the NNMB. In view of other MT data collected in the area, we can map this anomaly over an area of  $400 \text{ km}^2$ . Based on deep borehole information, we are able to correlate the conductive band with the black shale and pyrite rich Whitehill formation within the Karoo basin, which seems to wedge out NE of the Craton transition. This Karoo

sedimentary basin covers the crystalline basement in the area of our experiment and farther south, obscuring bounding structures of the Kaapvaal Craton and the NNMB. As a consequence tectonic structures shown in geological maps are inferred from aeromagnetic lineaments. In mid to lower crustal levels, the MT models show the transition from the untypically conductive rocks of the Proterozoic mobile belt and the extremely resistive rocks of the Kaapvaal Craton. In comparison with existing geological models we observe Cratonic rocks farther SW, suggesting a different location of the craton boundary.

### **PS3-14 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Braeuer, B., Asch, G., Haberland, C., Weber, M. (Potsdam, GFZ), Hofstetter, R. (Tel Aviv, GII), Darwish, J. (Amman, NRA), El-Kelani, R. (Nablus, An-Najah National University), DESIRE Group (Potsdam, GFZ)*

### **First results from a temporary seismological network in the Southern Dead Sea area**

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

Within the framework of the international project DESIRE (Dead Sea Integrated Research Project) a local seismological network was operated in the Southern Dead Sea area as a cooperation between the GFZ Germany, GII Israel, NRA Jordan and An-Najah National University Palestine. From October 2006 to March 2008 about 65 short period (38) and broadband (27) instruments recorded continuously the seismicity of the Dead Sea basin. This investigation aims in studying the deeper structure of the Dead Sea area based on the distribution of the local seismicity. About 500 local events have been recorded and more than 400 have been processed up to now. A dominant feature in this first part of the dataset we found a cluster of 95 earthquakes, occurring in February 2007, including multiplets. This cluster was relocated with double-difference procedure hypoDD (Waldhauser 2001). We determined a 1D-reference model of P- and S-velocities using Velest (Kissling et al., 1994). The model shows a high velocity increase between 6 and 10 km depth. This could be related to a prominent reflector found in the results of the wide angle reflection experiment in the area in 2006 (Mechie et al., 2008). The station corrections suggest a 2D structure: The basin with lower velocities in the middle and the shoulders with higher velocities on the east and the west.

**PS3–15 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Ritter, O., Munoz, G., Krings, T., Chen, X. (Helmholtz-Zentrum Potsdam - GFZ), Rybin, A., Batalev, V. (Research Station of the Russian Academy of Sciences, Bishkek, Kyrgyzstan)*

**Magnetotelluric data from the Tien Shan and Pamir continental collision zones, Central Asia**

E-Mail: oritter@gfz-potsdam.de

We present magnetotelluric (MT) data obtained within the framework of the multi-disciplinary Tien Shan / Pamir Geodynamic program (TIPAGE). The dynamics of the Tien Shan and Pamir orogenic belts are dominated by the collision of the Indian and Eurasian continental plates. With the geophysical components, we intend to image the deepest active intra-continental subduction zones on Earth (the N- dipping Hindu Kush and the S- dipping Pamir zones) and to establish how the highest strain over the shortest distance that is manifested in the India / Asia collision zone is accommodated structurally.

The MT data were recorded in summer 2008 at 80 stations (12 combined broad-band (BB)/long period (LMT) sites and 68 BB sites) in the Pamir mountain ranges in Tajikistan with a spacing of approximately 2 km between BB sites and 14 km for the BB/LMT sites. These stations form the 156 km long, southern part of an approximately 340 km long profile from Osh in Kyrgyzstan via Sarytash, the Kyrgyz - Tajik border, Karakul and Murgab to Zorkul in southern Tajikistan. We present examples of the MT data, which is of exceptionally high quality in this very remote area.

**PS3–16 – Mi,Do · Kontinentalränder**

*Schnabel, M., Franke, D., Baristeads, N., Damm, V. (BGR Hannover)*

**Kontinentales Rifting im Südchinesischen Meer offshore Palawan**

Das Südchinesische Meer ist ein relativ junges Randbecken und eignet sich dadurch besonders, um die Prozesse im frühen Stadium des kontinentalen Aufbrechens zu studieren. Wir präsentieren erste Ergebnisse einer seismischen Untersuchung des passiven Kontinentrandes im östlichen Bereich der südchinesischen See.

Auf der Fahrt SO197 RISE wurden entlang des Kontinenthangs nordwestlich Palawans 16 reflexionsseismische Profile akquiriert. Die seismische Energie wurde mit einem G-Gun Array mit einem Gesamt-Volumen von 50,8 l angeregt. Die Signale wurden mit einem Digital-Streamer mit einer aktiven Länge von bis zu 3900 m aufgezeichnet. Der vorliegende Datensatz wurde mit einem einheitlichen Processing bearbeitet und abschließend zeit-migriert.

Die Kontinent-Ozean-Grenze (COB) zeigt in unserem Untersuchungsgebiet zwei unterschiedliche Erscheinungsformen. Der erste Typ ist gekennzeichnet durch ein ebenes Meeresbodenrelief. An der Grenze zwischen kontinentaler und ozeanischer Kruste finden sich ausgeprägte listrische Abschiebungen. Im Ge-

gensatz dazu zeigt der zweite Typ eine ausgeprägte Rückenstruktur im Bereich der COB. Der Bereich des kontinentalen Riftings zeigt auf vielen Profilen zwei ausgeprägte Sedimentbecken, die durch eine Rückenstruktur getrennt sind.

**PS3–17** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Podszun, L., Huhn, K., Kock, I., Golbeck, I., Kuhlmann, J. (Bremen, MARUM)*

### **Untersuchung des Einflusses der basalen Reibung auf die Mechanik von Akkretionskeilen unter Verwendung eines 3D Diskrete Elemente Modells**

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

Subduktionszonen zählen zu den tektonisch und seismisch aktivsten Regionen unserer Erde. Dies gilt speziell für den Akkretionskeil, welcher durch Aufschuppung und Akkretion der ozeanischen Sedimente an die kontinentale Platte gebildet wird. Die Anlagerung von Sedimenten kann durch zwei generelle Akkretionsmechanismen erfolgen: frontale und/oder basale Akkretion. Im ersten Fall wird das Material entlang steiler frontaler Überschiebungen in einzelnen Akkretionschuppen angelagert. Hingegen wird das Material im zweiten Fall weit entlang flacher Störungen unterschoben und anschließend in einem sogenannten Duplexstapel basal akkretiert. Diese Mechanismen werden begleitet von unterschiedlichen Hangwinkeln: frontale Akkretion = flacher Keil, basale Akkretion = steiler Hangwinkel. Zur Beschreibung dieser Kinematik und Mechanik von Akkretionskeilen dient die Critical Taper Theorie (Dahlen, 1983). Diese stellt einen Bezug zwischen dem Hangneigungswinkel, dem Akkretionsmechanismus und damit verbunden dem Massentransport sowie der basalen Reibung her. Dieser Einfluss der basalen Reibung wurde in den vergangenen Jahrzehnten umfangreich mittels analoger Sandexperimente und numerischer Simulationen untersucht. Nichtsdestotrotz gibt es bisher zum einen wenige 3D Studien und zum anderen nur vereinzelt Arbeiten, die sich mit der Ausbildung von Transferzonen im Bereich wechselnder basaler Reibung beschäftigen. In dieser Studie wird mit Hilfe der Diskreten Elemente Methode in einem 3D Modell die Bildung eines Akkretionskeil bei fortschreitender Subduktion simuliert. Diese Methode erlaubt es solche komplexen Deformationsprozesse in 3D zu untersuchen und darüber hinaus ein weites Materialspektrum sowie Modellgeometrien zu testen. Hauptaugenmerk lag auf der Quantifizierung der Variation des Hangwinkels, der Störungsgeometrie sowie des Massentransports in Abhängigkeit von der basalen Reibung. Die Auswertung der Modelle zeigt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen basaler Reibung und Hangneigungswinkel gemäß der Critical Taper Theorie. Die Untersuchung des Massentransports ergab einen vorwiegenden Transport der Partikel in Subduktionsrichtung. Lateraler Massenfluss senkrecht zur Abtauchrichtung ist weder bei homogener basaler Reibung noch im Bereich der Transferzonen am Übergang zwischen zwei basalen Reibungen zu beobachten.

**PS3–18** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Kopp, H. (Kiel, IFM-GEOMAR), Hindle, D. (Freiburg, University of Freiburg), Klaeschen, D. (Kiel, IFM-GEOMAR), Oncken, O. (Potsdam, GFZ), Reichert, C. (Hannover, BGR), Scholl, D. (Menlo Park, USGS)*

**Prestack-depth migrated seismic images of the Java margin**

E-Mail: [hkopp@ifm-geomar.de](mailto:hkopp@ifm-geomar.de)

We present seismic data from the western Java margin off Indonesia. The newly pre-stack depth migrated seismic images resolve the structural details of the western Java forearc and the fate of sediment subducted at the trench. Approximately 2/3 of the trench sediment fill is detached and incorporated into frontal prism imbricates, while the floor sequence is transported down a subduction channel. Basal mass transfer occurs by episodic accretion of sediment beneath the submerged forearc as the active detachment stepwise descends to a deeper level below the outer wedge. Fluctuations in subduction channel dimensions are enhanced by deep-reaching thrust faults that are traced from a velocity singularity marking the top of the oceanic basement towards the seafloor. These thrust faults breach the subduction channel and inhibit recycling of material to mantle depth, while serving as an incremental ramp along which the active detachment is transferred to a lower position. The high ratio of accreted/subducted sediment is associated with the evolution of a large bivergent wedge (>100 km) despite the comparatively low sediment input to the trench (< 2 km). We used quantitative DEM modeling to gain some insight into the evolution of the distinct tectonic units. In the modelling, initiation of sediment accretion occurs against the arc rock framework, which is imaged in the MCS data. Overthrusting of the wedge onto the forearc basin is also expressed in a prominent retro-thrust imaged in the seismic data. The seismic data document an end-member type of subduction zone where near-complete accretion of the trench sediment fill by frontal and basal accretion is supported by the lack of evidence for subducted sediment in the geochemical signature of Mt. Guntur and Mt. Gallunggung, two volcanoes positioned in the prolongation of our seismic line on Java.

**PS3–19** – Mi,Do · Kontinentalränder

*Falck, C., Ramatschi, M., Bartsch, M., Merx, A., Hoeberechts, J. (GeoForschungsZentrum Potsdam), Rothacher, M. (ETH Zurich, Institute of Geodesy and Photogrammetry, Zurich)*

**The near real-time, GNSS-based component for the German-Indonesian tsunami early warning system**

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

Nowadays GNSS technologies (GPS, GLONASS, GALILEO) are used for a large variety of precise positioning applications. The accuracy can reach the mm level depending on the data analysis methods. GNSS technologies thus offer a high potential to support tsunami early warning systems, e.g., by detection of



ground motions due to earthquakes and of tsunami waves on the ocean. Although GNSS-based precise positioning is a standard method, it is not yet common to apply this technique under tight time constraints and, hence, in the absence of precise satellite orbits and clocks. The new developed GNSS-based component is the first system of its kind that was integrated into an operational early warning system. (Indonesian Tsunami Early Warning Centre INATEWS, inaugurated at BMKG, Jakarta on November, 11th 2008) The implemented system covers all aspects from sensor stations with new developed hard- and software designs, manufacturing and installation of stations, real-time data transfer issues, a new developed automatic near real-time data processing, a graphical user interface for early warning centre operators and training on the system. GNSS sensors are installed on buoys, at tide gauges and as real-time reference stations (RTR stations), either stand-alone or co-located with seismic sensors. For sensors on land the system delivers deviations from their normal, mean coordinates. This displacement information is a valuable source to estimate an earthquake's mechanism with a possible relevance for a potentially following tsunami. For buoy based GNSS data the system delivers deviations from the mean sea level height, which is a direct indication for a possibly passing tsunami wave. By this means the GNSS component supports, in company with other components (e.g., seismology, ocean bottom sensors, scenario simulation) the decision finding process whether to release a tsunami alert or not.

Web page: <http://www.gitews.org>

### PS3–20 – Mi,Do · Kontinentalränder

*Elbeshausen, D., Wünnemann, K. (Museum für Naturkunde, Berlin), Titov, V. (NOAA Center for Tsunami Research, Seattle, USA), Weiss, R. (Texas AM University, College Station, USA)*

#### **Characteristics of oceanic waves caused by landslides**

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

The tsunamigenic potential of landslides has been reported in several studies before. Two-dimensional simulations are able to predict the wavelengths, but fail to produce a realistic radiation pattern of the waves caused by a landslide event. For this purpose full three-dimensional (3D) simulations are required. Due to high computational demands, so far no parameter study has been performed in three dimensions. It has been recently shown that iSALE-3D, a multi-material, multi-rheology hydrocode originally developed to study hypervelocity impacts of comets and asteroids on planetary surfaces, is capable of performing a large number of calculations within a reasonable time. Here we test the applicability of this 3D code to the landslide problem. We focus on modeling the initial wave generation to study the dependency of the resulting wave pattern on the slope of the bathymetry and the shape of the sliding body.

Within an intended computational framework, iSALE-3D will play a key role

by providing information regarding the structure of the initial wave caused by a landslide event. Based upon these results, simulations of the wave propagation and run-up can be performed, allowing a better hazard assessment for coastal regions.

*Web page:* <http://ida.naturkundemuseum-berlin.de>

# S4

## CO2-Speicherung

---

**S4-01** – Di 24.3 08:30 - 08:50 HS K · CO2-Speicherung

*Dahmke, A. (Geowissenschaften, CAU Kiel)*

### **Sieben Aspekte zur CCS-Diskussion aus geowissenschaftlicher Sicht**

Die internationalen und insbesondere auch die nationalen politischen und wirtschaftlichen Entscheidungen zur zukünftigen Energieversorgung sind vor dem Hintergrund der Klimaveränderungen abhängig von der technischen Durchführbarkeit, der wirtschaftlichen Sinnhaftigkeit und der gesellschaftlichen Akzeptanz von CCS (Carbon Capture and Sequestration). Die öffentliche Diskussion umfasst dabei ein sehr breites Spektrum von Fragestellungen, z.B. ob der Klimawandel überhaupt durch den durch anthropogene Tätigkeiten hervorgerufenen Treibhausgasanstieg verursacht wird, bis hin zu sehr technischen und wissenschaftliche Fragestellungen, wie z.B. die Kinetik der langfristigen CO<sub>2</sub>-Wasser-Gesteinsreaktionen im Speicherraum. Die potenzielle Gefahr einer auf einzelne Fragestellungen und Risiken orientierten Diskussion ist jedoch, die übergreifenden Zielsetzungen und Aufgaben nicht gebührend zu berücksichtigen. Anhand von Literaturdaten und Ergebnissen aus derzeit laufenden Forschungsprojekten soll deshalb im Vortrag versucht werden, die CCS-Diskussion aus geowissenschaftlicher Sicht einmal zu gliedern und übergreifend zu beleuchten.

Die Themenbereiche sind die 1. Notwendigkeit von CCS zum Klimaschutz, 2. die geologischen Speicherpotenziale, 3. bisherige Erfahrungen bei CCS-Projekten, 4. die Risiken der CO<sub>2</sub>-Speicherung in geologischen Einheiten, 5. die Erkundungs- und Monitoringsziele und möglichkeiten bei einer CO<sub>2</sub>-

Speicherung in geologischen Einheiten, 6. offene wissenschaftliche Fragestellungen bei der CO<sub>2</sub>-Speicherung und 7. Implikationen auf wirtschaftliche und rechtliche Aspekte.

**S4-02/03** – Di 24.3 08:50 - 09:30 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Wallmann, K. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **Marine gas hydrates: CO<sub>2</sub> storage and natural gas production**

In summer 2008, the SUGAR project (Submarine Gas Hydrate Reservoirs) was launched in Germany. The project aims to produce natural gas from marine methane hydrates and to sequester carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from power plants and other industrial sources as CO<sub>2</sub>-hydrate in marine sediments. This largescale national project is funded by two federal ministries and German industries. The project has almost 30 institutional partners from academia and industries and is coordinated at the Kiel-based Leibniz Institute for Marine Sciences (IFM-GEOMAR).

During the first phase of the SUGAR project (July 2008 June 2011) a large range of new technologies will be developed for enhanced hydrate exploration, exploitation, and natural gas transport. In a second phase, starting in July 2011, hydrate exploitation will be tested in the field together with international cooperation partners.

**S4-04/05** – Di 24.3 09:30 - 10:10 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Eiken, O. (Trondheim, StatoilHydro)*

### **Surface geophysical monitoring of geological CO<sub>2</sub> storage**

For safe and reliable subsurface storage of CO<sub>2</sub>, site monitoring during injection and some time after site abandonment will be a key element of the operation. Such monitoring can compare performance with expectations made during site selection and validate the long-term storage.

Seismic monitoring has proved to be a powerful tool at the Sleipner site, North Sea. This is the worlds first, largest and longest-running CO<sub>2</sub> storage project. Six repeat surveys through 12 years have revealed both an expansion and densifying of the CO<sub>2</sub> plume. Distribution estimates of the CO<sub>2</sub> saturation has been made from 4D seismic data and understanding of CO<sub>2</sub> flow, with reasonably accuracy. High-quality seismic images of injected CO<sub>2</sub> have also been obtained at the Canadian Weyburn field. The Ketzin, Germany and Nagaoka, Japan sites have been successfully monitored by well-based methods.

Gravity monitoring has been tested at the Sleipner site, and a time-lapse signal from the injected CO<sub>2</sub> has been detected. This constrains the in-situ density, which otherwise is poorly determined. Electromagnetic methods have been tested at Sleipner. Other remote sensing techniques, as microseismic (passive) monitoring of small earthquakes, or surface deformations, are responses to pres-

sure and stress changes, and broadens the spectrum of monitoring methods.

If CCS (Carbon Capture and Storage) is applied on a large scale, monitoring will then have to be an important part of the technology. Particular challenges are precision level and costs. The time horizon of tens to hundreds of years requires better planning, equipment reliability and documentation than most of us have been used to.

**S4-06** – Di 24.3 10:10 - 10:30 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Ewer, W. (Rechtsanwälte Weißleder und Ewer, Kiel)*

### **Gefährdungsabschätzung und Gefährdungsermittlung der Speicherung von CO<sub>2</sub> aus rechtswissenschaftlicher Sicht**

E-Mail: ewer@weissleder-ewer.de

Neben vielen naturwissenschaftlichen Fragen wirft die Speicherung von CO<sub>2</sub> im Untergrund auch rechtliche Fragen auf, insbesondere nach den beim Einsatz einer solchen Technologie hinnehmbaren Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit. In diesem Vortrag soll erläutert werden, welche Maßstäbe die Rechtswissenschaft bislang für den Einsatz neuer Technologien im Hinblick auf die Ermittlung und Bewertung möglicherweise von diesen ausgehenden Risiken entwickelt hat. Weiterhin soll erörtert werden, inwieweit sich diese Maßstäbe speziell auf die Speicherung von CO<sub>2</sub> im Untergrund übertragen lassen werden. Ein Teil des Vortrags soll dabei besonders auch der Zulässigkeit des Einsatzes virtueller Risiko-Szenarien-Untersuchungen gewidmet werden.

**S4-07** – Di 24.3 10:50 - 11:10 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Hese, F., MoPa M-VI Working Group (Flintbek, LLUR Schleswig-Holstein)*

### **Geologische 3D Modelle des Landes Schleswig-Holstein zur Untersuchung der CO<sub>2</sub> Speicherung in tiefen, salinaren Formationen - Ansätze zur Modellierung und Parametrisierung**

E-Mail: fabian.hese@llur.landsh.de

Das CO<sub>2</sub>-MoPa Projekt (Modellierung und Parametrisierung von CO<sub>2</sub> Speicherung in tiefen, salinaren Formationen für Dimensionierungs- und Risikoanalysen) ist ein Verbundvorhaben, das im Rahmen des deutschen Forschungsprogramms GEOTECHNOLOGIEN durchgeführt und vom BMBF sowie Industriepartnern gefördert wird. Das Ziel des Teilprojektes M6, das im LLUR Schleswig-Holstein seit August 2008 durchgeführt wird, ist die Erfassung und Bewertung von Strukturen im tiefen Untergrund von Schleswig-Holstein, die eine sichere Speicherung von CO<sub>2</sub> ermöglichen könnten. Auf der Basis eines landesweiten 3D Modells werden für Strukturtypen mit unterschiedlicher Positionierung hochauflösende Teilgebietsmodelle des tiefen und oberflächennahen Untergrundes erstellt. Zielrichtung ist die Charakterisierung der Speicherformationen und Deckschichten sowie Risikoabschätzungen einer möglichen CO<sub>2</sub>-Migration in

oberflächennahe, hydrogeologisch relevante Bereiche. Die parametrisierten Modelle können als Grundlage für eine Szenarienmodellierung eines CO<sub>2</sub> Eintrages in tiefe saline Grundwasserleiter sowie für eine Transportmodellierung dienen.

Um die großräumigen Strukturen und der Lagerungsverhältnisse von potenziellen Speichern einschließlich der relevanten Deckschichten erfassen und bewerten zu können, wird mit Hilfe des Programms GOCAD ein Basismodell konstruiert, das auf den Datenbeständen des Geotektonischen Atlas von NW-Deutschland (Baldschuhn et al. 1996, BGR) basiert. Nach der dreidimensionalen Darstellung und Analyse der vorhandenen Datensätze werden zunächst geologische Grenzflächen zwischen der Basis des Zechstein und der Oberfläche konstruiert und mit dem Aufbau des Modells der intrusiven Salzstrukturen begonnen. Erste Vergleiche zwischen Bohrdaten und der Tiefenlage der geologischen Horizonte des GTA zeigen regionale Übereinstimmungen. Lokal und vor allem im Bereich des Glückstadt Grabens sind jedoch vertikale Abweichungen zu beobachten. Um ein möglichst realitätsnahes Abbild des Untergrundes zu erreichen, werden zusätzliche Informationen aus KW-Bohrungen und Interpretationen reflexionsseismischer Profile, die nicht im GTA berücksichtigt wurden, erfasst und in die Modellierung integriert. Hierdurch soll die Tiefenlage von geologischen Horizonten und die Ausbildung und Ausdehnung von Störungssystemen und Salzstrukturen korrigiert werden.

**S4-08** – Di 24.3 11:10 - 11:30 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Kießling, D., Schöbel, B., Krüger, K., Schmidt-Hattenberger, C. (Potsdam, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches Geoforschungszentrum), Schütt, H. (Stavanger, StatoilHydro ASA), Danckwardt, E., Petzold, G., Rücker, C. (Leipzig, Universität Leipzig)*

**Geoelektrische Überwachung der geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherung in Ketzin, Deutschland (CO<sub>2</sub>SINK Projekt): geoelektrische Bohrlochmessungen und kombinierte Oberflächen-Bohrlochmessungen**

E-Mail: Dana.Kiessling@gfz-potsdam.de

Im europäischen Verbundprojekt CO<sub>2</sub>SINK (CO<sub>2</sub> Storage by Injection into a Natural saline aquifer at Ketzin) wird in der ersten europäischen Pilotanlage bei Berlin die CO<sub>2</sub>-Speicherung in poröse, salzwassergesättigte Sandsteine in einer Tiefe von etwa 650 m untersucht. Zur sicheren Speicherung des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid werden neben geophysikalischen auch geochemische und mikrobiologische Methoden zur Überwachung der zeitlichen und räumlichen CO<sub>2</sub>-Ausbreitung angewandt. 2007 wurden in Ketzin drei Bohrungen, eine zur Injektion, zwei weitere zur Beobachtung, etwa 800 m erfolgreich abgeteuft. Die Bohrungen sind in 50 und 100 m Entfernung L-förmig angeordnet. Insgesamt konnten 45 permanente ringförmige Stahlelektroden (15 in jeder Bohrung) auf der elektrisch nicht leitenden Verrohrung in Teufen von 590 bis 735 m mit Elektrodenabständen von etwa 10 m erfolgreich installiert werden. Mit dem momentan tiefsten Permanent-Vertikalelektrodensystem (VERA) weltweit las-

sen sich kostengünstige Bohrlochmessungen realisieren, ohne den seit Juni 2008 laufenden Injektionsprozess selbst unterbrechen zu müssen. Es werden Messungen zwischen allen Bohrungen mit Dipol-Dipol-Anordnungen durchgeführt. Die 3D Dateninversion führt zu einer Verteilung der elektrischen Widerstände im Reservoir, welche den Fortschritt der CO<sub>2</sub>-Ausbreitung charakterisieren. Unabhängig von seismischen Messungen lassen sich Sättigungsverhältnisse im Reservoir untersuchen. Zusätzlich wurden kombinierte Oberflächen-Bohrloch-Messungen (in Kooperation mit der Universität Leipzig) durchgeführt, die auf großskalige Richtungsabhängigkeiten in der CO<sub>2</sub>-Ausbreitung hinweisen.

Fazit: Geoelektrische Bohrlochmessungen sind prädestiniert für die permanente Überwachung der geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherung. Zusätzliche kombinierte Oberflächen-Bohrlochmessungen geben Rückschlüsse auf mögliche Richtungsabhängigkeiten in der Ausbreitung, sind aber analog der 3D Oberflächen-Seismik nur in einzelnen Messphasen durchgeführt worden und sollen die Bohrlochmessungen komplettieren.

Webseite: <http://www.co2sink.org>

**S4-09** – Di 24.3 11:30 - 11:50 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Houpt, L., Buske, S. (Berlin, Freie Universität Berlin)*

### **Seismic modelling of CO<sub>2</sub>-injected based EGR (project CLEAN)**

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

The joint research project “CLEAN” (CO<sub>2</sub> Largescale EGR in the Altmark Natural-gas field) is a scientific program accompanying the “Enhanced Gas Recovery” (EGR) project within the second largest natural gas field in Europe - the Altmark gas field.

Within this program a set of active and passive seismic surveys are planned in order to monitor the spatial and temporal evolution as well as the related processes of CO<sub>2</sub> injection into the reservoir.

These experiments comprise time-lapse 3D-VSP/MSP (vertical/moving-source-profiling) surveys as well as the installation of a borehole seismometer network for monitoring and analysis of injection induced seismicity.

For both configurations we have performed elastic finite-difference simulations of the seismic wavefield based on a given subsurface model and for a range of injection-induced variations of seismic parameters.

We will show the results and discuss the findings in terms of survey design, the estimation of expected changes in the seismic wavefield (reflectivity, travelttime, etc.), the repeatability of the measurements and the understanding of the limits for a rock-physical interpretation of the observed effects.

Web page: <http://web.fu-berlin.de/geophysik/>,  
<http://www.clean-altmark.org>

**S4-10** – Di 24.3 11:50 - 12:10 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Naderi Beni, A., Blaschek, R. (RWTH Aachen), Kühn, M. (GFZ Potsdam), Clauser, C. (RWTH Aachen)*

**Numerical modeling of a potential geological CO<sub>2</sub> sequestration site at Minden (Germany)**

E-Mail: [anaderi@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:anaderi@eonerc.rwth-aachen.de)

We studied CO<sub>2</sub> sequestration scenarios for the Bunter sandstone formation near Minden, Northrhine-Westphalia at a depth of around 3000 m. Our numerical reactive transport simulations with the numerical code TOUGHREACT focus on three CO<sub>2</sub> storage mechanisms: (1) hydrodynamic trapping; (2) dissolution trapping; and (3) mineral trapping. The reservoir at Minden is selected because of its close vicinity to the power plant Heyden. Within the numerical experiment, 114 Mt of CO<sub>2</sub> are injected into the reservoir during 40 years. Our results indicate that, due to buoyancy, the injected CO<sub>2</sub> phase will migrate towards the top of the reservoir initially where it is trapped hydrodynamically beneath the confining layer of the cap rock. Then, the CO<sub>2</sub> spreads laterally and dissolves partially in the formation water. The dissolution of CO<sub>2</sub> results in an increase of brine density causing a downward migration until the brine settles at the bottom of the reservoir after 10,000 years. Within the first 40 years, carbonic acid generated from CO<sub>2</sub> dissolution dissolves calcite within the rock's mineral assemblage while aluminum-silicate reactions dominate in the long term. Albite alteration results in the formation of kaolinite and calcite, and significant amounts of dawsonite, ankerite, and siderite are precipitated. The simulations indicate that, after 10,000 years, approximately 15 % of the injected CO<sub>2</sub> (17 Mt) are trapped hydrodynamically, about 4.4 % (5 Mt) are trapped by dissolution and nearly 80.6 % (92 Mt) are fixed in the newly formed carbonates. After 10,000 years, hydrodynamic trapping has become insignificant near the injection point and distant from the cap rock. The mineral reactions cause a net decrease of porosity and in turn a decrease of permeability down to 9 % of the initial value in parts of the reservoir. The latter is based on a cubic relationship between porosity and permeability. An important criterion for the feasibility of sequestration in saline aquifers is the resulting pressure build-up. Within our study, pressure increases near the injection well by a factor of 1.1 which is lower than the generally accepted upper limit in gas storage operations. This over-pressure diffuses back to hydrostatic after around 50 years. Our numerical results indicate that the injection of CO<sub>2</sub> in formation water need not increase the reservoir pressure inacceptably.

*Web page:* <http://www.geophysik.rwth-aachen.de>



**S4-11** – Di 24.3 12:10 - 12:30 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Bauer, S. (Kiel)*

**Simulation of CO<sub>2</sub> storage in deep saline formations: Model development and Application**

E-Mail: [sebastian.bauer@gpi.uni-kiel.de](mailto:sebastian.bauer@gpi.uni-kiel.de)

Subsurface storage of CO<sub>2</sub> has become a widely discussed option for mitigating the adverse climate effects of atmospheric CO<sub>2</sub>. An evaluation of the processes involved in subsurface CO<sub>2</sub> storage requires not only the corresponding data but also process-oriented numerical models of the governing processes and their effects. This talk will highlight these processes and the program development towards this integrated simulation concept, as well as present first simulation results.

*Web page:* <http://www.geohydromodelling.uni-kiel.de>

**S4-12** – Di 24.3 12:30 - 12:50 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*al Hagrey, S. A. (Kiel, CAU, Dept. of Geophysics)*

**Optimisation of crosshole electrode configurations for CO<sub>2</sub> plume modelling in saline reservoirs**

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

One main task inside the research project CO<sub>2</sub> MoPa (modelling and parameterisation of CO<sub>2</sub> storage in deep saline formations for dimensions and risk analysis) is to study the efficiency of electrical resistivity tomography in boreholes (BRT) in monitoring the underground distribution of CO<sub>2</sub> sequestered in deep saline reservoirs. Similar to ground surveys, BRT data acquisition between a pair of borehole electrode arrays can be conducted in the tripotential quadrupole configurations of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  in vertical and horizontal modes. The circulating vertical mode is carried out within the same borehole (in-hole) and between two boreholes (crosshole). The *comprehensive* data set results from excluding the less stable inversion configurations from the *complete* set (of all possible independent non-reciprocal configurations) and should result in the best possible resolution. An *optimised* data set takes into account the trade-off between resolution and measurement time. It has the advantage of far less data size than the *comprehensive* one and gives almost the same resolution. Loke (2008, pers. com.) extended the 2D optimisation of electrode array for ground surveys into BRT measurements. Using an initial base data set of the dipole-dipole configuration, the new configurations (from the remaining comprehensive data set) with the largest increase in the model resolution matrix is added to the base data set. After each iteration, the number of arrays in the optimised data set is increased and the procedure is repeated iteratively until the required data size is achieved. For BRT surveys between two vertical borehole arrays, these and further eight (non)-conventional configurations have been examined as a function of: 1) for-

ward and inversion setup parameter, 2) thickness and concentration of the CO<sub>2</sub> plume, and 3) aspect ratio. The sensitivity and resolution of the inverted models resulting from the single electrode configurations has been analysed using the depth/region of index (D/ROI). Configurations with splitting of both current and potential pairs between the two boreholes show lateral current flows and good resolution for vertical structures only. Opposed to this, configurations with near-vertical current flows are more influenced by horizontal layers in the interwell region.

*CO<sub>2</sub> MoPa project is funded by the Federal German Ministry of Education and Research (BMBF) and a consortium of energy companies (E.ON Energy, EnBW AG, RWE Dea AG, Stadtwerke Kiel AG, Vattenfall Europe Technology Research GmbH and Wintershall Holding AG).*

**S4-13** – Di 24.3 12:50 - 13:10 HS K · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Thomsen, A., Tedla, G., Schmidt, S., Götze, H.-J. (Kiel, CAU)*

### **Towards an information infrastructure for the Joint Research Project „CO<sub>2</sub>-MOPA“**

E-Mail: athomsen@geophysik.uni-kiel.de

For the joint research project CO<sub>2</sub>-MoPa (Modelling and Parameterisation of CO<sub>2</sub> Storage in Deep Saliniferous Formations for Dimension and Risk Analyses), an information infrastructure is under development, that serves to enhance the creation of synoptic, interdisciplinary interpretations and evaluations of complicated, interconnected observations and processes.

The information gained during project CO<sub>2</sub>-MoPa stems from a range of different geoscientific branches - from geologic 3D modelling to numerical simulation, from mineralogy to reflexion seismic and geoelectrical measurements. The expected results will be of lasting value for the modelling and parameterization of CO<sub>2</sub> observations and processes, as well for the risk analysis of storage in deep saline reservoir rocks.

Therefore an information system must satisfy the needs for documentation of data from observations and measurements, results of numerical calculations, as well as different model data, parameters, and constraints. Also, there must be a documentation of the applied methods, the programs used, the relevant formats and standards, and there must be a suitable representation of data and modelling results by figures, texts, pictures, and also, if appropriate, by animations and 3Dvirtual reality display. Finally, as the work of the individual projects advance, some procedure must keep track of the different versions of the modelling results and their interpretation. Finally, to support a synoptic view of the results of the different projects, transformation mechanisms must be implemented and documented.

To cope with this comprehensive task, a distributed data handling approach is chosen: whereas each project manages its own information according to the individual requirements, standard WorldWideWeb and Semantic Web technologies

are employed to manage the joint projects meta-information and its relationships with the scientific information available via internet, while an XML-database handles the documentation of the different information resources. Dedicated DBMS serve to store spatial 2D-data (PostGIS/PostgreSQL) and 3D-Data(Geo-DB3D) with the possibility of an extension to time-dependent geometry, and are connected with advanced 3D-modelling (GOCAD and IGMAS+) and visualisation technology (Geo-Wall and CAVE). As the joint project proceeds, a number of data transformation procedures will be developed according to project demands.

#### **PS4-01 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Mündel, R., Sens-Schönfelder, C., Korn, M. (Universität Leipzig)*

#### **Passive Image Interferometry zur Beobachtung des CO<sub>2</sub>- Injektionsgebietes bei Ketzin**

In dieser Arbeit wird darauf eingegangen, ob man die CO<sub>2</sub> Einlagerung in der Nähe von Ketzin mit Hilfe von Passive Image Interferometry beobachten kann. Diese Technik nutzt das seismische Rauschsignal von entfernten Quellen und ermöglicht eine kontinuierliche Beobachtung der Wellengeschwindigkeitsänderung mit sehr hoher Genauigkeit. Zu diesem Zweck wurde ein temporäres seismisches Netzwerk aus sieben Stationen aufgebaut, dessen Ost- West- Ausbreitung ca. 2,4km und Nord- Süd- Ausbreitung ungefähr 4km beträgt. Drei der sieben Stationen befinden sich direkt auf dem Injektionsgelände, eine 20m und zwei weitere ca. 200m vom Injektionspunkt entfernt. Die Messung begann am 16. Mai 2008.

Um die Qualität der Messdaten einzuschätzen, überprüften wir die Daten auf Signale der Meeresmikroseismik, die unterschiedlich stark, aber durchgängig sichtbar sind. Des weiteren sind deutlich antropogene Störfaktoren auf den Signalen zu erkennen, die allerdings nachts zwischen ca. 22:00 und 04:00 Uhr und an Wochenenden wesentlich schwächer sind. Zusätzlich treten auf dem Injektionsgebiet technische Störsignale auf, die durch Pumpen und andere Geräte verursacht werden. Aufgrund dieser besonderen Bedingungen ist die näherungsweise Ermittlung der Green'schen Funktion mittels Kreuzkorrelation sehr schwierig. Ohne Datenaufbereitung sind in den Korrelationen keine Signale erkennbar. Allerdings ist bei der Filterung von 1 bis 5Hz und anschließender 1-bit Normierung im Zeitbereich ein deutliches Signal erkennbar, das unter Berücksichtigung der Stationsabstände einer Geschwindigkeit von ungefähr 330 m/s entspricht. Ähnliche Ergebnisse ergaben sich auch bei Anwendung eines Frequency-Whitening der Ausgangsdaten und einer anschließenden Filterung der Korrelationen. Hier sind sogar Signale zwischen 0,1 und 1Hz sichtbar. Weitere Bearbeitungsschritte sollen dazu dienen erstens die Korrelationen in einem möglichst breiten Frequenzbereich zu erhalten und zweitens die Green'schen Funktionen von unterschiedlichen Zeiten vergleichen zu können, wodurch mögliche Geschwindigkeitsänderungen ermittelt werden können.

**PS4-02** – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Kießling, D., Schöbel, B., Krüger, K., Schmidt-Hattenberger, C. (Potsdam, Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches Geoforschungszentrum), Schütt, H. (Stavanger, StatoilHydro ASA), Danckwardt, E., Petzold, G., Rücker, C. (Leipzig, Universität Leipzig)*

**Geoelektrische Überwachung der geologischen CO<sub>2</sub>-Speicherung in Ketzin, Deutschland (CO<sub>2</sub>SINK Projekt): geoelektrische Bohrlochmessungen und kombinierte Oberflächen-Bohrlochmessungen**

E-Mail: Dana.Kiessling@gfz-potsdam.de

Im europäischen Verbundprojekt CO<sub>2</sub>SINK (CO<sub>2</sub> Storage by Injection into a Natural saline aquifer at Ketzin) wird in der ersten europäischen Pilotanlage bei Berlin die CO<sub>2</sub>-Speicherung in poröse, salzwassergesättigte Sandsteine in einer Tiefe von etwa 650 m untersucht. Zur sicheren Speicherung des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid werden neben geophysikalischen auch geochemische und mikrobiologische Methoden zur Überwachung der zeitlichen und räumlichen CO<sub>2</sub>-Ausbreitung angewandt. 2007 wurden in Ketzin drei Bohrungen, eine zur Injektion, zwei weitere zur Beobachtung, etwa 800 m erfolgreich abgeteuft. Die Bohrungen sind in 50 und 100 m Entfernung L-förmig angeordnet. Insgesamt konnten 45 permanente ringförmige Stahlelektroden (15 in jeder Bohrung) auf der elektrisch nicht leitenden Verrohrung in Teufen von 590 bis 735 m mit Elektrodenabständen von etwa 10 m erfolgreich installiert werden. Mit dem momentan tiefsten Permanent-Vertikalelektrodensystem (VERA) weltweit lassen sich kostengünstige Bohrlochmessungen realisieren, ohne den seit Juni 2008 laufenden Injektionsprozess selbst unterbrechen zu müssen. Es werden Messungen zwischen allen Bohrungen mit Dipol-Dipol-Anordnungen durchgeführt. Die 3D Dateninversion führt zu einer Verteilung der elektrischen Widerstände im Reservoir, welche den Fortschritt der CO<sub>2</sub>-Ausbreitung charakterisieren. Unabhängig von seismischen Messungen lassen sich Sättigungsverhältnisse im Reservoir untersuchen. Zusätzlich wurden kombinierte Oberflächen-Bohrloch-Messungen (in Kooperation mit der Universität Leipzig) durchgeführt, die auf großskalige Richtungsabhängigkeiten in der CO<sub>2</sub>-Ausbreitung hinweisen.

Webseite: <http://www.co2sink.org>

**PS4-03** – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Grandel, S., Dahmke, A. (CAU Kiel)*

**CO<sub>2</sub>-MoPa: Modelling and parametrisation of CO<sub>2</sub> storage in deep saline formations for dimension and risk analyses**

The poster gives an overview of the joint project CO<sub>2</sub>-MoPa where dimension and risk analyses for subterrestrial CO<sub>2</sub> storage is investigated by virtual scenario analyses. The main objectives are to derive quantitative conclusions concerning the long-term sequestration of CO<sub>2</sub> in the storage formation, CO<sub>2</sub> migra-

tion prognoses, the evaluation of utilizable storage capacity, and risk assessment.

Project work includes (1) the development of numerical, process-oriented and integral modelling tools, describing the trapping and migration processes of CO<sub>2</sub> in the underground, considering hydraulic, geochemical and geomechanical processes. (2) Compilation of a validated, consistent, comprehensive and transparent data base as a basis for numerical simulations. (3) Performance of laboratory experiments and site studies to resolve selected open questions and to determine parameters required for simulations. (4) Numerical simulation of synthetic virtual-type scenarios in order to determine trapping processes, to test and develop long-term monitoring strategies and risk analyses, including resulting administrative consequences and instruments.

The project time frame is from 04/2008 till 03/2011. Research partners are several work groups from the Institute of Geosciences (University of Kiel), Institute of Hydraulic Engineering (University of Stuttgart), Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) Leipzig, Technical University of Dresden, State Office for Nature and Environment Schleswig-Holstein and Weißleder & Ewer, Lawyers.

The project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), EnBW AG, E.ON AG, RWE Dea AG, Vattenfall AG, Wintershall AG and Stadtwerke Kiel AG within the framework of the Programme GEOTECHNOLOGIEN.

#### **PS4-04 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Hese, F., MoPa M-VI Working Group (Flintbek, LLUR Schleswig-Holstein)*

#### **Geologische 3D Modelle des Landes Schleswig-Holstein zur Untersuchung der CO<sub>2</sub> Speicherung in tiefen, salinaren Formationen - Ansätze zur Modellierung und Parametrisierung**

E-Mail: [fabian.hese@llur.landsh.de](mailto:fabian.hese@llur.landsh.de)

Das CO<sub>2</sub>-MoPa Projekt (Modellierung und Parametrisierung von CO<sub>2</sub> Speicherung in tiefen, salinaren Formationen für Dimensionierungs- und Risikoanalysen) ist ein Verbundvorhaben, das im Rahmen des deutschen Forschungsprogramms GEOTECHNOLOGIEN durchgeführt und vom BMBF sowie Industriepartnern gefördert wird. Das Ziel des Teilprojektes M6, das im LLUR Schleswig-Holstein seit August 2008 durchgeführt wird, ist die Erfassung und Bewertung von Strukturen im tiefen Untergrund von Schleswig-Holstein, die eine sichere Speicherung von CO<sub>2</sub> ermöglichen könnten. Auf der Basis eines landesweiten 3D Modells werden für Strukturtypen mit unterschiedlicher Positionierung hochauflösende Teilgebietsmodelle des tiefen und oberflächennahen Untergrundes erstellt. Zielrichtung ist die Charakterisierung der Speicherformationen und Deckschichten sowie Risikoabschätzungen einer möglichen CO<sub>2</sub>-Migration in oberflächennahe, hydrogeologisch relevante Bereiche. Die parametrisierten Modelle können als Grundlage für eine Szenarienmodellierung eines CO<sub>2</sub> Eintrages in tiefe salinare Grundwasserleiter sowie für eine Transportmodellierung dienen.

Um die großräumigen Strukturen und der Lagerungsverhältnisse von potenziellen Speichern einschließlich der relevanten Deckschichten erfassen und bewerten zu können, wird mit Hilfe des Programms GOCAD ein Basismodell konstruiert, das auf den Datenbeständen des Geotektonischen Atlas von NW-Deutschland (Baldschuhn et al. 1996, BGR) basiert. Nach der dreidimensionalen Darstellung und Analyse der vorhandenen Datensätze werden zunächst geologische Grenzflächen zwischen der Basis des Zechstein und der Oberfläche konstruiert und mit dem Aufbau des Modells der intrusiven Salzstrukturen begonnen. Erste Vergleiche zwischen Bohrdaten und der Tiefenlage der geologischen Horizonte des GTA zeigen regionale Übereinstimmungen. Lokal und vor allem im Bereich des Glückstadt Grabens sind jedoch vertikale Abweichungen zu beobachten. Um ein möglichst realitätsnahes Abbild des Untergrundes zu erreichen, werden zusätzliche Informationen aus KW-Bohrungen und Interpretationen reflexionsseismischer Profile, die nicht im GTA berücksichtigt wurden, erfasst und in die Modellierung integriert. Hierdurch soll die Tiefenlage von geologischen Horizonten und die Ausbildung und Ausdehnung von Störungssystemen und Salzstrukturen korrigiert werden.

#### **PS4-05 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Offermann, P., MoPa M-VI Working Group (Flintbek, LLUR)*

#### **Datenbasis und Methodenentwicklung eines 3D-Teilgebietsmodells im Pleistozän und Tertiär**

E-Mail: [petra.offermann@llur.landsh.de](mailto:petra.offermann@llur.landsh.de)

Das CO<sub>2</sub>-MoPa Projekt (Modellierung und Parametrisierung von CO<sub>2</sub> Speicherung in tiefen salinaren Formationen für Dimensionierungs- und Risikoanalysen) ist ein Verbundvorhaben, das im Rahmen des deutschen Forschungsprogramms GEOTECHNOLOGIEN durchgeführt und vom BMBF sowie Industriepartnern gefördert wird. Im Rahmen des Verbundprojektes werden 5 Teilgebietsmodelle mit unterschiedlichen Strukturtypen (söhlige Lagerung, Antiklinale, Synklinale, Salzstockflanke sowie einer Transgressionsstruktur bezogen auf den tiefen Untergrund) ausgewählt. Für die Erarbeitung der Modelle werden hier die Entwicklung der Datenbasis sowie erste Ergebnisse vorgestellt.

Nach der Sichtung und Auswertung von hydrogeologischen und geothermischen Bohrungen sowie zugehöriger geophysikalischer Bohrlochvermessungen des Geologischen Landesarchivs unter Einbeziehung von Gutachten und Berichten werden die Daten mit GeODin aufbereitet und visualisiert. Um die relevanten geologischen und hydrogeologischen Einheiten (Marker) definieren zu können, wird eine Hydrostratigraphie Schleswig-Holstein nach Grundtabelle der Geologischen Landesdienste modifiziert und eingeführt. Die Konstruktion von geologischen Profilschnitten und das Setzen der Marker dient als Grundlage für das Modell, welches nach Import und Visualisierung der Bohrungen und der daraus abgeleiteten Profilschnitte mit Gocad als 3D-Darstellung weiterentwickelt werden kann. Die Parametrisierung wird durch lithologische Attributierung der

Formationen durchgeführt.

Der weitgehend von der Ostsee umgrenzte hydrogeologische Teilraum Wagrien (Strukturtyp söhliche Lagerung) zeichnet sich im mitteltiefen pleistozänen Bereich kleinräumig durch einen inhomogenen, glazialtektonisch stark gestauchten Schichtaufbau aus. Dieser Bereich ist resultierend aus dem inhomogenen Datenbestand und der ungleichen Verteilung der Bohrungen lediglich sehr vereinfacht stark generalisiert darstellbar.

#### PS4-06 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Strahser, M., al Hagrey, S. A., Rabbel, W. (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)*

#### **CO<sub>2</sub>-Ausbreitung in salinen Formationen - erste Ergebnisse geoelektrischer und seismischer numerischer Modellierungen**

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

Das Forschungsprojekt „CO<sub>2</sub>-MoPa“ (Modellierung und Parametrisierung von CO<sub>2</sub>-Speicherung in tiefen salinen Formationen für Dimensionierungs- und Risikoanalysen) wurde 2008 von Partnern aus verschiedenen Disziplinen (z.B. Geologie, Hydrogeologie, Geochemie, Geophysik, Geomechanik und Wasserbau) initiiert. Die Sequestrierung von CO<sub>2</sub> in tiefen salinen Formationen erfordert die Erarbeitung einer Strategie für die Überwachung der Ausbreitung des CO<sub>2</sub> im Sediment und seiner langfristigen Entwicklung. Dafür kommen wegen der Dreidimensionalität des Vorganges hauptsächlich seismische Reflexionsmessungen in Frage, in Ergänzung dazu auch geoelektrische Bohrloch-Messungen, die zwar Einschränkungen in Bezug auf das räumliche Auflösungsvermögen aufweisen, für eine kontinuierliche Überwachung aber eine ökonomische Alternative sind. Ein Ziel des Forschungsvorhabens ist die Abschätzung der Sensitivität und des Auflösungsvermögens reflexionsseismischer und geoelektrischer Wiederholungsmessungen zur Ermittlung der Verteilung von CO<sub>2</sub> im Untergrund, das in tiefe saline Reservoirs verpresst wurde. Die Anwendung dieser beiden Methoden wird durch die Abnahme der seismischen Geschwindigkeit und des elektrischen Widerstandes durch injiziertes CO<sub>2</sub> begründet. Unsere numerischen 2D-/3D-Modellierungen zeigen das Potenzial dieser Techniken, CO<sub>2</sub>-Plumes und durch diese verursachte Veränderungen als eine Funktion von Mächtigkeit, Konzentration, Aufnehmerkonfiguration, Aspektverhältnis und Modellierungs- und Inversionsrandbedingungen zu kartieren. Abhängig von diesen Faktoren erweisen sich manche Konfigurationen durch höhere räumliche Auflösung und geringere Artefakte als besser geeignet.

Das „CO<sub>2</sub>-MoPa“-Forschungsprojekt wird gefördert durch das Bundesforschungsministerium und einem Konsortium von Industriepartnern (E.ON Energy, EnBW AG, RWE Dea AG, Stadtwerke Kiel AG, Vattenfall Europe Technology Research GmbH and Wintershall Holding AG).

Webseite: <http://www.co2-mopa.de/>

**PS4-07 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Spangenberg, E., Kummerow, J. (GFZ, Potsdam), Kurschus, K. (Vattenfall Europe, Cottbus)*

**Veränderung der physikalischen Gesteinseigenschaften durch CO<sub>2</sub>-Injektion**

E-Mail: erik@gfz-potsdam.de

Die Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in die Atmosphäre wird als effizientestes Mittel zur Eindämmung der globalen Erwärmung betrachtet. Ein Weg dies zu erreichen wird in der Einlagerung von anthropogenem CO<sub>2</sub> in permeable geologische Tiefenformationen gesehen, wie saline Aquifere und leer-geförderte Gas- oder Ölreservoirs. Eine sichere Deponierung des CO<sub>2</sub> über einen langen Zeitraum kann nur dann gewährleistet werden, wenn es bei den gegebenen in-situ Bedingungen (Druck und Temperatur), der mineralogischen Zusammensetzung der Reservoir- und Abdeckgesteine und dem Chemismus des zu verdrängenden Porenfluids zu keiner Schädigung des Reservoirs oder dessen Abdeckung kommt. Weiterhin muss durch entsprechende Monitoringsysteme sichergestellt werden, dass die räumliche Verteilung des CO<sub>2</sub> im Speicher zu jeder Zeit bestimmt werden kann und dass mögliche Schädigungen des Speichers oder seiner Abdichtung schon im Entstehen erkannt werden. Im Rahmen des CCP (Carbon Capture Project) und des COSONOSTRA-Projekts (CO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>-NO<sub>x</sub> Stimulated Rock Alteration) wurden WAG-Tests (Water Alternating Gas) im Labor durchgeführt. Diese, unter simulierten in-situ Bedingungen durchgeführten Experimente wurden genutzt, um die durch den Fluidaustausch hervorgerufenen Änderungen der Ultraschallgeschwindigkeiten und der elektrischen Leitfähigkeit zu erfassen. Durch den wiederholten Austausch der Porenfluide (Wasser und CO<sub>2</sub>) sind diese Experimente hervorragend geeignet, irreversible Veränderungen durch Fluid-Gesteinswechselwirkungen zu erfassen und wichtige Daten für die Optimierung von geophysikalischen Monitoring- Technologien bereitzustellen.

**PS4-08 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Draeger, I., Clauser, C., Amann, A., Bertier, P., Krooss, B. M., Littke, R., Stanjek, H., Waschbüsch, M. (Aachen, RWTH Aachen University), Balthasar, K., Blume, J., Mutschler, T., Neumann, T., Eckhardt, J.D., Stosch, H.-G., Triantafyllidis, T. (Karlsruhe, Universität Karlsruhe (TH)), Busch, A., Claus, O. (The Netherlands, SHELL Int. Exploration and Production)*

**CO<sub>2</sub>Seals - Integrität von Deckgesteinsformationen für die CO<sub>2</sub> Speicherung: Ein integrierter Ansatz von Laborexperimenten zur numerischen Simulation auf der Reservoirskala**

E-Mail: info@CO2Seals.de

CO<sub>2</sub>Seals ist ein, im Rahmen des R&D Programms GEOTECHNOLOGIEN des BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) angelegtes Verbundvorhaben der Universität RWTH Aachen und der Technischen Universität Karlsruhe



he. Das Projekt wird durch die SHELL International Exploration and Production Netherlands unterstützt.

Basierend auf vorangegangene und aktuelle wissenschaftliche Studien, sollen hier die Deckeigenschaften geologischer Barrieren im Hinblick auf eingelagertes und frei bewegliches CO<sub>2</sub> näher analysiert werden.

Neben verschiedenen mineralogischen, petrophysikalischen und geochemischen CO<sub>2</sub>-Gesteinsanalysen, wird im speziellen die Durchlässigkeit von CO<sub>2</sub> in gestörten Gesteinen untersucht, d. h. entlang von Störungen und Rissstrukturen.

Dabei spielen physikalische Veränderungen der Gesteinsfazies durch Mineralalteration wie auch der Flüssigkeitstransport von gelöstem CO<sub>2</sub> im Porenwasser entlang von Störungszonen eine übergeordnete Rolle.

Für den realitätsnahen Bezug der numerischen Simulationen werden geologische Reservoir- und Deckschichtenmodelle mesozoischer und känozoischer Formationen des Norddeutschen Beckens herangezogen.

Die numerischen Modellierungen der Laborexperimente dienen als Basis, der im Zuge der Analysen entwickelten und hochskalierten Reservoir-Modelle.

Ziel dieses Projektes ist es, mit Hilfe der numerischen Simulationen, die Selektion und Charakterisierung potentieller CO<sub>2</sub>-Lagerstätten zu erleichtern und eine Risikoeinschätzung verschiedener Leckage-Szenarien zu ermöglichen.

Webseite: <http://www.co2seals.de>

#### **PS4-09 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Zisser, N., Nover, G., Gafert-Kalaitzidis, N., Hbib, N. (Bonn)*

#### **Petrophysikalische Charakteristik gebleichter und ungebleichter Buntsandsteine - Eine natürliche Analogie zur CO<sub>2</sub>-Gesteins-Wechselwirkung bei der CO<sub>2</sub>-Sequestrierung?**

Die Sandsteine des Buntsandsteins der Hessischen Senke wurden vermutlich in der Erdgeschichte durch CO<sub>2</sub>-reiche Gase (vulkanischen Ursprungs) z.T. alteriert, wodurch entlang von Störungszonen gebleichte Bereiche in der Sandsteinformation entstanden. Dies bietet eine natürliche Analogie zur Gesteinsalteration, die evtl. mit der industriellen CO<sub>2</sub>-Sequestrierung einhergeht. Um die Wechselwirkungen zu quantifizieren wurden gebleichte als auch ungebleichte Proben petrophysikalisch charakterisiert (Porosität, Permeabilität, spez. Oberfläche, Mineralbestand und elektrische Eigenschaften). Die bisher untersuchten Proben zeigen keine signifikanten Unterschiede dieser Eigenschaften zwischen gebleichtem und ungebleichtem Zustand, bzw. diese lassen sich durch die Heterogenität der Formation erklären. Um die CO<sub>2</sub>-Gesteins-Wechselwirkung unabhängig von der natürlichen Heterogenität zu erfassen werden zudem experimentelle Langzeituntersuchungen durchgeführt, in denen teilgesättigte ungebleichte Gesteinsproben mit superkritischem CO<sub>2</sub> unter den entsprechenden p-T-Bedingungen durchgeführt werden. Diese Experimente erfolgen sowohl statisch als auch mit konstanter Durchströmungsrate.

**PS4-10 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*McPhie, M., Clauser, C. (E.ON Energy Research Center, RWTH Aachen)*

**Extension of multi-phase flow to SHEMAT**

E-Mail: mathieu.mcphie@eonerc.rwth-aachen.de

Currently there is a great deal of interest both in the production of geothermal energy and in the long-term storage of the waste carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from coal-burning power plants in deep saline aquifers. A critical stage in the evaluation of the suitability of a particular site for either of these applications is computer simulation of the expected short and long term behaviours. Amongst the simulation packages available none include all of the important geological, chemical and hydrodynamic processes involved.

The hydro-geomechanical flow simulator SHEMAT, developed at the Institute for Applied Geophysics and Geothermal Energy, RWTH Aachen, has been available for some years. This program simulates heat and species transport in deep saline aquifers. A particular feature of this software is the very detailed simulation of chemical reactions and the incorporation of the subsequent porosity and permeability changes.

We wish to extend SHEMAT to enable multi-phase flow simulations so as to create a complete reservoir simulation code for applications in CO<sub>2</sub> storage and geothermal energy extraction. This program will include brine, steam and supercritical CO<sub>2</sub> as fluids, and retain the complex chemical reaction module which is necessary for simulating the very long term geochemical trapping of CO<sub>2</sub>.

**PS4-11 – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung**

*Gutknecht, B.D. (Inst. f. Geowissenschaften, CAU Kiel), Alvers, M.R. (Transinsight GmbH, Dresden), Götze, H.-J. (Inst. für Geowissenschaften, CAU Kiel)*

**Semantische Optimierung konzeptioneller Relationen in der CO<sub>2</sub> Sequestrierung**

E-Mail: benjamin@geophysik.uni-kiel.de

Bei computergestützten Daten- und Literaturrecherchen haben sich Suchalgorithmen und Standardprozeduren etabliert, die zeitaufwendig sind und zu unbefriedigenden Ergebnissen führen können. Meist führen sie dazu, dass ein erhebliches Maß an Zeit und Energie in den Prozess der Informationssuche investiert werden muss, statt in die Bearbeitung der wissenschaftlichen Fragestellung. So motiviert sicherlich nicht zuletzt auch der finanzielle Faktor das Suchen nach alternativen Herangehensweisen bei der Informationsgewinnung.

In der Präsentation wird anhand des aktuellen Beispiels der CO<sub>2</sub> Sequestrierung ein Einblick in die zugrunde liegenden semantischen Strukturen einer formellen Konzeptualisierung der geophysikalischen Aspekte gegeben. Relationen zwischen einzelnen Disziplinen und geophysikalischen Parametern werden 'sichtbar' und führen bei Implementierung in Text-Mining Algorithmen und An-

wendung auf potentielle Informationsquellen zu erheblichen Verbesserungen bei der zielgerichteten Suche nach Informationen und Daten.

**PS4–12** – Mi,Do · CO<sub>2</sub>-Speicherung

*Ivanova, A., Asch, G., Lüth, S., Goetz, J. (GFZ Potsdam)*

**2D/3D velocity model for the high resolution 2D and 3D seismic data from the CO<sub>2</sub>SINK project and a possible reservoir modeling**

E-Mail: aivanova@gfz-potsdam.de

Seismic traveltime inversion, traveltime tomography and seismic reflection techniques have been applied for two dimensional (2D) and three dimensional (3D) data acquired in conjunction with the characterization and monitoring aspects at a carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) geological storage site at Ketzin, Germany (the CO<sub>2</sub>SINK project)(Yordkayhun, S. 2008). A seismic source comparison from a 2D pilot study for acquisition parameter testing at the site found a weight drop source suitable with respect to the signal penetration, frequency content of the data and minimizing time and cost for 3D data acquisition. For the Ketzin seismic data, the ability to obtain an accurate 2D/3D interval velocity model is limited by the acquisition geometry, source-generated noise and time shifts due to near-surface effects producing severe distortions in the data. Moreover, these time shifts are comparable to the dominant periods of the reflections and to the size of structures to be imaged. Therefore, a combination of seismic refraction and state-of-the-art processing techniques, including careful static corrections and more accurate velocity analysis, resulted in key improvements of the images and allowed new information about the 2D/3D interval velocities. The results from these studies together with boreholes information, hydrogeologic models and seismic modeling will be combined into an integrated 2D/3D velocity model. After that a reservoir modeling is to be provided regarding the fact that the occurrence of free gas in porous medium changes the medium's elastic properties. The theory of porous medium acoustics allows to find appropriate relations under the elastic module, the compressional wave velocity ( $V_p$ ), the shear wave velocity ( $V_s$ ) and the free gas saturation, using geological and geochemical qualities of the Ketzin reservoir. It lets predict a new 3D velocity model and compute the velocity of CO<sub>2</sub> fluid infiltration.

# S5

## Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

---

**S5-01** – Mo 23.3 14:00 - 14:20 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Timmen, L. (LU Hannover), Ågren, J. (LM, Gävle), Gitlein, O. (LU Hannover), Klemann, V. (GFZ Potsdam), Lidberg, M. (LM, Gävle), Wolf, D. (GFZ Potsdam)*

### **Gravity Changes in Fennoscandia from 5 years measurements with the Hannover Absolute Gravimeter**

E-Mail: [timmen@ife.uni-hannover.de](mailto:timmen@ife.uni-hannover.de)

Fennoscandia is a key study region for postglacial rebound research. For absolute gravimetry, it offers a unique opportunity to show its capability as a geodetic tool for geophysical research. In the period 2003 to 2008, the Institut für Erdmessung performed annual absolute gravity measurements occupying stations in the central uplift area, east and west of the Gulf of Bothnia, as well as north of the polar circle, in southern Sweden, and in Denmark. The Working Group for Geodynamics of the Nordic Geodetic Commission (NKG) serves as a platform to organise the cooperation with the Nordic agencies and research institutions.

For the Hannover gravimeter FG5-220, an overall accuracy of  $\pm 30 \text{ nm/s}^2$  is indicated for a single station determination. First results of linear gravity changes are derived for 11 stations in the central and southern part of the uplift area. Comparing with the predicted rates of a glacial rebound modelling, the gravity trends of the absolute measurements differ by 20% (r.m.s. discrepancy) from the uplift model. The mean difference between observed and predicted rates is  $-0.6 \text{ nm/s}^2$  per year only. From the absolute gravity trends and from the

BIFROST GPS rates, the ratio between gravity and height change is obtained with  $-1.67 (\pm 0.04) \text{ nm/s}^2$  per mm.

**S5-02** – Mo 23.3 14:20 - 14:40 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Brasse, H., Houbt, L., Schäfer, A. (FU Berlin), Hoffmann, N. (BGR Berlin), Neska, A. (PAS Warsaw), EMTESZ Working Group (many cities)*

### **Electromagnetic imaging of the southern Baltica margin**

Within the EMTESZ project (Electromagnetic study of the Trans-European Suture Zone) two long-period magnetotelluric profiles were conducted in the transition zone between Baltica and the Northeast German Basin. Profile I extends from the basement areas of Scania via the Sorgenfrei-Tornquist Zone, the island of Rügen until the Elbe river, while profile II was laid out from the Baltic coast on Usedom island to the southern margin of the basin close to the border of the state of Saxony.

Being remarkably consistent, almost all data may be treated as two-dimensional (2-D), with the exception of minor 3-D influences of salt domes and basement anomalies in the south of profile II. 2-D inversion of profile I shows a sharp transition from the resistive basement complexes in Scania to the highly-conductive sedimentary sequences of the Northeast German Basin. This high conductivity is primarily caused by the saline aquifer, extending to depths of 2-3 km along most of the study area. In the Wiek Trough on Rügen these conductive layers reach even deeper. On profile II, a similarly deep-reaching anomaly is modeled just north of Usedom island, an observation which is corroborated by offshore measurements from the Polish Academy of Sciences.

The near-surface conductor impedes resolution of deeper structures, although on profile II a conductor is modeled at mid-crustal levels, which may tentatively be associated with the Variscan front. Until now, however, it has not been possible to resolve the proposed rise of the asthenosphere beneath NE Germany. In this contribution we compare our current modeling results with those obtained from an earlier study across the Tesseyre-Tornquist Zone in NW Poland.

**S5-03** – Mo 23.3 14:40 - 15:00 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Trampe, A. F., Spiess, V. (University of Bremen), Krastel, S. (Kiel, IFM-GEOMAR), Andrén, T. (Stockholm University), Ender, R., Harff, J. (Warnemünde, Baltic Sea Research Institute)*

### **High resolution seismic investigations of Hanø Bay / Bornholm Basin: reconstruction of the Quaternary depositional history**

The Baltic Sea Basin (BSB) is one of the world's largest intra-continental basins. It has served as depositional sink throughout its geological history. The accumu-

lated sediments comprise a unique high-resolution paleoenvironmental archive where the history of the drainage area and the basin itself is preserved. The general aim of the IODP project "Paleoenvironmental evolution of the Baltic Sea Basin through the last glacial cycle" is to reconstruct the climatic response of Northern Europe to the forcing of the Northern Atlantic atmospheric and oceanic circulation system during the last glacial cycle (Andrén et al., 2007). In 2006, during an IODP Pre-Site Survey, high resolution seismic data were collected. Six of the 11 sites, which were proposed in the IODP proposal, were investigated during this cruise. Four of them are located in Han  Bay and on a transect into the Bornholm Basin (southern Baltic Sea). The objectives of our investigations are to reconstruct the Quaternary depositional history of Han  Bay / Bornholm Basin in order to verify the suitability of these proposed locations as potential drilling sites. For the reconstruction of the Quaternary depositional history, it is necessary to distinguish between Pre-Quaternary and Quaternary sediments, which is a complicated task because older reflectors are running nearly parallel to the Quaternary sediment cover. During the Pre-Site Survey two different streamer systems were deployed parallel during data acquisition: a 300 m long 48 channel streamer and a 50 m long 48 channel shallow water streamer. The long streamer data were mainly used for velocity analysis. The high resolution data of the shallow water streamer were used for a detailed structural imaging and seismic attribute analysis. The first interpretation of the facies analysis shows that the whole area is characterized by a 10 m thick top layer, which is interpreted as Holocene Mud and Clay. Below these sediments, a relative thin till layer of late Weichselian age is presumed. The relative thick transparent layer with some internal reflectors beneath would then be of Eemian or early to mid Weichselian age. In the deeper part of the Bornholm Basin, some sediment pockets below the Weichselian till were discovered. These sediments were probably deposited in the lake that occupied the southern Baltic Basin from Eemian up to the last Weichselian ice advance. For the detection of the boundary between Quaternary and Pre-Quaternary sediments a seismic facies analysis as well as a detailed velocity analysis were applied. The scope of the velocity analysis is to find a distinct velocity step, which should appear between older compacted sediments and younger sediments with lower seismic velocities.

References:

ANDRÉN T., BJ ORCK S., J ORGENSEN B. B., KNUDSEN K. L., HARFF J., BITINAS A., EMELYANOV E., JAKOBSON M., JENSEN J. B., KOTILAINEN A., SPIESS V., USCINOWICZ S., VESKI S., and ZELCHS V. (2007) Paleoenvironmental evolution of the Baltic sea basin through the Last Glacial Cycle (Full-Proposal).

**S5-04/05** – Mo 23.3 15:00 - 15:40 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Fichler, C., Wienecke, S. (Trondheim, StatoilHydro), Stadtler, C., Gram, C. (Stavanger, StatoilHydro), Bauer, C. (Trondheim), Olesen, O. (Trondheim, Geological Survey of Norway)*

**High resolution gravity and magnetic data for sedimentary and crustal features, offshore Norway**

E-Mail: chrif@statoilhydro.com

Since the 1990's, many hydrocarbon exploration areas have been covered by high resolution potential field data including aeromagnetic, ship borne gravity and gravity gradiometry data. The positive environmental impact of using high resolution potential field data includes both minimum impact due to passive acquisition as well as by focusing and thereby reducing seismic acquisition. Case histories will be shown for targets in sediments and crystalline basement, where potential field data substantially added to structural and geological understanding.

The case stories cover (1) modeling and inversion of salt domes (Nordkapp Basin, Barents Sea) integrated with seismic interpretation in order to resolve the sub salt geometry; (2) magnetic mapping of Quaternary sub-glacial melt water channels (Viking Graben, North Sea), which are often badly imaged by seismics and may - unresolved - disturb the deeper seismic image; (3) estimation of the gas saturation in a shallow gas reservoir and a gas chimney through density estimation (Viking Graben, North Sea), which is difficult to be resolved by seismic amplitude analysis, and (4) re-mapping of oceanic crust (Vøring Margin) resulting in the re-definition of an oceanic fracture zone.

**S5-06/07** – Di 24.3 08:50 - 09:30 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Thybo, H., Nielsen, C., Sandrin, A. (Copenhagen, Denmark)*

**Did cooling after intensive magmatism cause the Danish-Norwegian basin at the edge of the Baltic Shield?**

E-Mail: thybo@geo.ku.dk

Wide sedimentary basins may form around aborted rifts due to loading of the lithosphere by sedimentary and volcanic in-fill of the rift. This type of subsidence will create wide basins without faulting. The Danish-Norwegian basin in the North Sea area also has subsided gradually during the Triassic without faulting, but only few rift (graben) structures have been identified below the Triassic sequences. We have identified several mafic intrusions throughout the region, e.g. at the Oslo Graben, below the North Sea, in central Jutland and below Sealand and Scania. Where imaged, these intrusions are in the form of large batholiths, typically more than 100 km long, 20-40 km wide and 20 km thick. The best studied example is below central Jutland at the, so-called Silkeborg

Gravity High, where seismic profiles provide both along-strike and cross-strike control. The seismic images indicate that magma also intruded along the Moho for up-to 100 km distance away from the main batholith in the crust. Reflection seismic images of the sedimentary strata show a series of half-grabens at the base of the Zechsteins, which all dip away from the interpreted batholith in the crust, as expected for a thermal domal uplift. We propose that the heat introduced into the lithosphere by the extensive magmatism in the area would have lifted the surface by about 2 km, which may have been eroded before cooling subsidence. The subsequent contraction due to solidification and cooling would create subsidence in a geometry similar to basins that developed by loading. This new type of thermal basin formation mechanism leads to basins which are only weakly controlled by faulting and, therefore, are similar to loading type of basins.

**S5-08/09** – Di 24.3 09:30 - 10:10 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Ebbing, J. (Trondheim)*

**Why do we still see the Scandes mountain range? New geophysical insights into an old problem**

E-Mail: Joerg.Ebbing@ngu.no

The Scandes, located at the western edge of the Precambrian Fennoscandian shield, include two dome-like areas of plateaus whose uplift occurred in several phases in Cenozoic times, sourcing sediments to the basins offshore Norway. While the surface geology of this mountain range and surrounding areas is well-mapped, the underlying structure of the crust and lithosphere is not well known. Such information is however needed to understand the mechanisms that led to mountain building far away from plate boundaries, and the nature of the compensating masses sustaining the present-day topography. The Bouguer anomaly map over the Scandes features a gravity low along the entire Scandes mountain belt, which is indicating, at least partly, isostatic compensation. In contrast to this observation seismological studies have not imaged a pronounced crustal root, which is pointing against simple Airy-Heiskanen isostatic compensation. Taking into account the geometry of the base lithosphere, isostatic balance can be achieved by introducing a high-density lower crust below the Fennoscandian shield which tapers out below the Scandes. The top of this lower crustal body appears to be the missing root of the Scandes, necessary to explain the overall gravity signal. However, also this 3D model does not sufficiently explain the topography of the entire mountain chain. For the Southern Scandes an additional component from the upper mantle is likely required to sustain present-day topography, as indicated by regional seismological models and modelling of dynamic topography.



**S5–10** – Di 24.3 10:10 - 10:30 HS A · Regional Focus: Scandinavia and the Rim of Baltica

*Weidle, C., Maupin, V. (Univ. Oslo, Norway)*

**The "rim of Baltica" at depth – the upper mantle beneath Northern Europe**

E-Mail: christian.weidle@geo.uio.no

A recent regional surface wave tomography for Northern Europe revealed unprecedented images of the upper mantle beneath the (Tertiary) North Atlantic and the bordering Fennoscandian craton of Archean-Proterozoic age. With respect to the circum-Atlantic regions of uplift, no common mantle pattern supporting the uplift of these regions is observed.

The western boundary of the thick cratonic lithosphere follows the trend of the continental margin offshore northern Norway (i.e. the northern Scandes are underlain by thick lithosphere) whereas further south the boundary of the craton is located further east beneath southwestern Sweden. SV shear wave velocities beneath southern Norway are 10% slower than ak135 (at 70-115 km depth) and these low-velocities are clearly connected to the North Atlantic low-velocity regime through a  $\sim 400$  km wide 'channel'. The low-velocity anomaly beneath Southern Norway coincides in geometry roughly with the dome-like high topography of the southern Scandes and may thus have a non-negligible contribution to the isostatic balance of the region.

The amplitude and depth-distribution of this anomaly are due to be further constrained by new data that were acquired during the MAGNUS experiment in 2006-2008. The temporary seismic network, consisting of 41 broadband seismometers covers to a large extent the location of the anomaly as imaged by the regional tomography. This enables us to get unique control on the tomographic model at improved lateral and vertical resolution. Preliminary analysis of surface wave phase velocities yields an average 1-D shear wave velocity profile for southern Norway as a first step to constrain the presence and depth extent of this low-velocity anomaly.

*Web page:* <http://www.geo.uio.no/TopoScandiaDeep/>

# BP

## Bohrloch-Geophysik

---

**BP-01** – Mo 23.3 14:00 - 14:20 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Chen, H.-C., Grüneberg, S., Rifai, H. (LIAG), Kümpel, H.-J. (BGR), Krawczyk, C.M. (LIAG)*

### **In-situ measurement and simulation models of near-surface deformation induced by groundwater pumping**

E-Mail: [Lisa.Chen@liag-hannover.de](mailto:Lisa.Chen@liag-hannover.de)

The study area at Fuhrberger Feld, north of Hannover (Lower Saxony) contains a mostly steady and unconfined aquifer in sandy layer. A radial collector well (consisting of a central pit and 8 horizontal wells) was built to optimize the efficiency of water collection resulting in the withdrawal of large quantities of water. Given these conditions, the study area was investigated for signs of considerable induced near-surface movements.

We installed 12 tiltmeters and 5 pressure transducers and monitored the area over nearly 2 years for ground deformation and pore pressure variations. Generally, the azimuths and amplitudes of pump induced tilt signals are associated with the radial distance to the central pit and the horizontal wells. Their range varies between  $10^\circ$  -  $20^\circ$  and  $0.3$  -  $0.5 \mu\text{rad}$  in response to a change in pumping rate of  $100 \text{ m}^3/\text{h}$ .

The detection of anomalous tilt results of  $\pm 10^\circ$  or  $\pm 0.2 \mu\text{rad}$  indicates the regional existence of inhomogeneities. This has been verified by the results from additional geophysical measurements, pump tests of individual screen sections and numerical analysis. Seismic surveys indicate the possible occurrence of mi-

nor structures; direct current resistivity reveals a discontinuous distribution of near-surface geomaterials; ground penetrating radar evidences the position of the water level.

We used the modeling program POEL to obtain better visualization of ground deformation and pore pressure variations from the pumping processes. Four models are constructed: (a) single point source, (b) wide single source, (c) disk-like source, and (d) continuous points source. With different configurations of forcing sources, these models adequately distinguish the forcing source between the central pit and the horizontal wells. Model (d) is the preferred solution reflecting the field conditions best.

**BP-02** – Mo 23.3 14:20 - 14:40 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Costabel, S. (Technische Universität Berlin), Yaramanci, U. (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik)*

### **NMR-Messungen an Linern zur Charakterisierung der vadosen Zone**

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

Die Erkundung der oberflächennahen und damit ungesättigten Bodenzone ist von besonderem Interesse, vor allem im Hinblick auf hydrodynamische Parameter. Beispielsweise bei der Grundwasserneubildung oder bei der Versickerung und Ausbreitung von Schadstoffen im Untergrund spielt diese Zone eine entscheidende Rolle. Eine Charakterisierung der hydrodynamischen Eigenschaften des Bodens (z.B. ungesättigte Wasserleitfähigkeit) erfolgt im Allgemeinen über eine aufwendige Probennahme und Analyse im Labor. Mithilfe von modernen NMR-Verfahren (Nuclear Magnetic Resonance) kann die vertikale Wassergehaltsverteilung an oberflächennah erbohrten Linern kontinuierlich untersucht werden. Der kapillare Aufstieg oberhalb des Grundwasserspiegels als Indikator für die Wasserleitfähigkeit bei Teilsättigung lässt sich so mit beliebiger Genauigkeit messen. Durch mobile NMR-Methoden können diese Untersuchungen sogar unmittelbar im Anschluss an den Bohrprozess erfolgen, so dass fast eine in-situ-Messung der ungesättigten Zone möglich ist.

Als Grundlage für die zukünftige Arbeit mit real erbohrten Linern haben wir vergleichende Untersuchungen mit 2 verschiedenen NMR-Apparaturen mit jeweils unterschiedlicher Arbeitsfrequenz (Laborgerät Maran mit 2 MHz und mobiles Feldgerät Terranova mit 2 kHz - Erdmagnetfeld) durchgeführt. Das untersuchte Material sind Sande mit unterschiedlicher Korngröße. Die Liner wurden zunächst vollgesättigt und anschließend drainiert, wobei ein Grundwasserspiegel in kontrollierter Höhe simuliert wurde. Mithilfe der NMR-Geräte wurde nun das kapillargebundene Wasser oberhalb des Grundwasserspiegels mit hoher vertikaler Auflösung gemessen. Dabei wird durch eine Inversionsrechnung das jeweilige sensitive Volumen der Apparatur ausgeglichen. Es zeigt sich, dass die Messung mit dem mobilen Erdfeld-NMR-Gerät aufgrund des geringeren Auflösungsvermögens für kleine Poren die Restwassersättigung des Materials nicht auflösen kann. Dafür ist zum einen die hohe Totzeit des Gerätes, zum anderen

die höhere Oberflächenrelaxivität im Erdmagnetfeld verantwortlich. Abgesehen davon stimmen die Wassergehaltsmessungen beider NMR-Geräte aus der kapillaren Aufstiegszone sehr gut mit der Realität überein (Fehlerbereiche bei Maran: 1 bis 2%, bei Terranova: 3 bis 4%). Die NMR-Messkurven werden im Sinne einer van-Genuchten-parametrisierung invertiert und mit den exakten Werten verglichen. Die Übereinstimmung dieser Parameter für die untersuchten Sande ist ebenfalls sehr gut.

**BP-03** – Mo 23.3 14:40 - 15:00 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Buckup, Ph. (Leipzig, UFZ)*

### **Algorithmen zur Porositäts-, Sättigungs- und Dichtebestimmung aus Impuls-Neutron-Neutron-Messungen**

E-Mail: philipp.buckup@ufz.de

Die Aussagemöglichkeiten des Impuls-Neutron-Neutron-Verfahrens in der Decay-Ausführung sind sehr vielfältig und gehen über die praktizierte TAU/SIGMA-Berechnungen hinaus. Die zeitabhängige Neutronintensitätsverteilung hängt von verschiedenen petrophysikalischen Größen ab- Dichte, Sättigung, Porosität und natürlich der Lithologie bzw. der mineralischen Zusammensetzung. Bei verschiedenen methodischen Ansätzen sind Bestimmungsmöglichkeiten gegeben, die weitgehend unabhängig zu praktisch verwendbaren Ergebnissen auch unter komplizierten Bedingungen führen. Für Porositätsbestimmungen kann die Beziehung zwischen Zählraten in zwei verfügbaren Kanälen genutzt werden. Für Sättigungsabschätzungen ist eine 2-Komponenten-Auswertung der Abklingkurve zu empfehlen. Dichteberechnungen können mit integralen Zählraten erfolgen. Praktische Beispiele belegen eine aussichtsreiche Anwendung.

Webseite: <http://www.bohrlochmesser.de>

**BP-04** – Mo 23.3 15:00 - 15:20 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Koller, Ch., Börner, F. (DGFZ e.V., Dresden), Gawlik, H. ((LogIn - Bohrlochmeßgeräte GmbH Gommern))*

### **AACI-Log – ein neues Bohrlochmeßtool zum hochauflösenden Nachweis der Dichtungswirkung von Tonsperren**

E-Mail: ckoller@dgfz.de

Die Wirksamkeit von Tonsperren wird neben hydraulischen Tests vor allem mit der geophysikalischen Bohrlochmeßung bewertet. Hydraulische Tests zur Lokalisierung von Fehlstellen in Tonsperren sind zumeist gleichzeitig komplex, kompliziert und hiermit kostenintensiv. Die meisten geophysikalischen Bohrlochmeßsonden messen zu einem Teufenpunkt einen integralen Wert über den gesamten Bohrlochumfang (360°). Eine azimutale Differenzierung der Qualität

der Abdichtung ist damit nicht möglich. Gesamtziel des F&E Vorhabens ist die Entwicklung einer serientauglichen azimuthal messenden Bohrlochmeßsonde, mit der die Funktionsfähigkeit insbesondere von Grundwaßermeßstellen und Brunnen hinsichtlich der Wirksamkeit ihrer Ringraumabdichtungen überprüft werden kann. Gegenwärtig fokußieren sich die Arbeiten auf die Testphase des Prototyps „Azimuthal-Annulus-Convection-Identification (AACI)-Log“. Partner im Vorhaben ist die LogIn Bohrlochmeßgeräte GmbH Gommern. Meßmethodisch wird die drei-dimensionale Lokalisierung von Fehlstellen und Vertikalströmen hinter der Verrohrung durch die Kombination (1) einer azimuthalen Gamma- oder Gamma-Gamma-Dichte-Meßung mit (2) einer azimuthalen Temperaturmeßung realisiert. Azimutal meßende Sonden sind beispielsweise in der Formationsbewertung im Rahmen der Kohlenwaßerstofferkundung bekannt. Die technische Realisierung des AACI-Logs erfolgt durch eine Bohrlochmeßsonde, die vier um 90° versetzte Sondenarme elastisch an die Verrohrungswand drückt. Hiermit kann eine horizontale Meßebeene azimuthal vermaßen werden. Die ersten Testphasen des AACI-Logs in realen Grundwaßermeßstellen und offenen Bohrungen zeigen die Funktionsfähigkeit des Verfahrens. Die Untersuchung von Schichtneigungen mit dem AACI-Log ist in Vorbereitung.

**BP-05** – Mo 23.3 15:20 - 15:40 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Virgil, C., Hördt, A., Klein, T. (TU Braunschweig), Leven, M., Steveling, E. (Universität Göttingen), Kück, J. (GFZ Potsdam)*

### **Dreikomponentige Bohrlochmagnetik in der Tiefbohrung Outokumpu/Finnland**

Eine vom Magnetfeld unabhängige Orientierung von Bohrlochsonden ist sehr schwierig. Aus diesem Grund wird bei Messungen des Magnetfeldes meist nur die Totalkomponente ausgewertet. Wenn man aber in der Lage ist, sowohl das Magnetfeld als auch die Lage der Sonde in allen drei Komponenten zu messen, kann man das Magnetfeld auf geographische Koordinaten zu projizieren und gewinnt so Informationen über die Inklination und Deklination der Gesteinsmagnetisierung. Mit diesen Informationen kann man ein sehr viel genaueres Model der Lithosphäre bestimmen und somit z.B. Faltungsprozesse besser verstehen. Ein weiteres wichtiges Aufgabengebiet ist die Reorientierung von Bohrkernen. Durch die Kenntnis der Deklination des Magnetfeldes „In Situ“ ist es möglich, den Kernabschnitten nicht nur eine Teufe zu zuordnen, sondern auch ihre azimuthale Ausrichtung zu bestimmen.

Unsere Sonde, das „Göttinger-Bohrloch-Magnetometer“ (GBM) erfasst die Sondenorientierung mittels dreier faseroptischen Kreisel und zweier Pendelinklinometer. Das Magnetfeld wird mit einer dreikomponentigen Förstersonde gemessen. Die Faserkreisel haben den Vorteil einer sehr hohen Auflösung von  $9 \cdot 10^{-5}^\circ$ , weisen allerdings eine temperaturabhängige Drift von  $1^\circ/\text{h}$  bis  $2^\circ/\text{h}$  auf.

Die Driften der Kreisel, sowie die Nichtorthogonalitäten, Skalenfaktoren und Offsets der Magnetfeldsensoren wurden durch Kalibriermessungen in dem Ma-

gnetlabor „Magnetsrode“ bestimmt und bei der anschließenden Datenverarbeitung neben weiteren Korrekturen mit berücksichtigt.

Die Sonde wurde schon in verschiedenen Bohrungen erfolgreich eingesetzt, unter anderem in HSDP und der KTB. Der jüngste Einsatz war September 2008 in Outokumpu, Finnland. Das Ziel dieser Messungen ist der Gewinn von neuen Erkenntnissen über den Entstehungsprozess der dortigen Cu-Co-Zn-Erzlagerstätten. Die vorläufigen Ergebnisse lassen eine Genauigkeit bei der Bestimmung der Deklination der Gesteinsmagnetisierung von  $10^\circ$  -  $20^\circ$ , bzw. bei der Inklination von unter  $5^\circ$  zu, was für verschiedene Anwendungen, wie z.B. die Erzexploration schon ausreichend ist. Eine Erhöhung dieser Genauigkeit ist durch eine weitere Optimierung des Reorientierungsprozesses und weitere Kalibriermessungen angestrebt.

**BP-06** – Di 24.3 08:30 - 08:50 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Berthold, S., Börner, F. (DGFZ Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V.)*

### **Geophysikalische Detektion von dichtegetriebenen Vertikalströmungen in Tiefbohrungen - erste Ergebnisse für die KTB-HB**

E-Mail: sberthold@dgfz.de

Dichtegetriebene vertikale Konvektion kann in Bohrungen zum Wärme- und Stofftransport führen. Werden z.B. Gase und andere gelöste Stoffe durch die Strömung in neue Teufen verfrachtet, kann dies die Repräsentativität von Wasserproben und anderen hydrogeologischen Untersuchungen nachteilig beeinflussen. Auch für geophysikalische Bohrlochmessungen ist die Kenntnis der Vertikalströmungen in Bohrungen wichtig. In Bereichen die durch dichtegetriebene vertikale Konvektion geprägt sind können z.B. die Temperaturen der Wassersäule deutlich von denen der umgebenden Formation abweichen. Dies wirkt sich auf die Interpretation geothermischer Untersuchungen und Untersuchung von unterirdischen Wasserbewegungen aus, die auf eine exakte Temperaturbestimmung angewiesen sind.

Zur Detektion dichtegetriebener Vertikalströmungen und zur Unterscheidung verschiedener Strömungsformen wurde eine neue bohrlochgeophysikalische Auswertemethode entwickelt. Das resultierende, sogenannte Synthetische Konvektionslog wurde bereits erfolgreich an zahlreichen Grundwassermessstellen und flachen Bohrungen bis zu 300 m getestet. Die Herausforderung besteht nun darin, diese Auswertemethode an die Verhältnisse bei Messungen in Tiefbohrungen anzupassen. Dazu wurden im Oktober 2008 in der KTB-HB zunächst eigene Messungen durchgeführt. Später sollen vorhandene Messdaten von verschiedenen Lokationen genutzt werden.

Erste Ergebnisse aus den hochaufgelösten Bohrlochmessungen in der KTB-HB bis in eine Teufe von 525 m uGOK zeigen im gesamten untersuchten Abschnitt das Vorhandensein von dichtegetriebenen Vertikalströmungen. Aufgrund der Auswertungen kann davon ausgegangen werden, dass im untersuchten Bereich der Wassersäule ein ständiger aufwärtsgerichteter Wärme- und abwärtsge-

richteter Salzstrom erfolgt. In welchem Maße der in der Wassersäule induzierte Wärmestrom z.B. die Bestimmung verlässlicher Wärmestromdichten der umgebenden Gesteinsformation beeinflusst, bleibt noch zu klären.

Webseite: <http://www.dgfz.de>

**BP-07** – Di 24.3 08:50 - 09:10 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Linder, S., Paasche, H., Tronicke, J. (Universität Potsdam), Niederleithinger, E. (BAM, Berlin)*

### **Gemeinsame Inversion von P-, S-Wellen und Georadar Laufzeitdatensätzen: Eine Fallstudie**

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

Die Anwendung mehrerer geophysikalischer Verfahren zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes ist weit verbreitet. Um Qualität und Zuverlässigkeit der Auswertung und der anschließenden Interpretation zu verbessern, ist es sinnvoll, die gesammelten Daten bzw. die erhaltenen Modelle möglichst quantitativ zu integrieren. Um dies zu erreichen, verwenden wir einen unlängst vorgestellten flexiblen Ansatz zur gemeinsamen Inversion unterschiedlicher geophysikalischer Datensätze. Dieser liefert ein zoniertes Multi-Parametermodell des Untergrundes. Die Strategie beruht auf der Verknüpfung klassischer iterativer Inversionsalgorithmen mit fuzzy c-means Clusteranalyse. Dabei wird für jeden berücksichtigten Datentyp ein separates Inversionsproblem formuliert. Nach jeder Iteration werden die einzelnen geophysikalischen Parametermodelle durch die Clusteranalyse miteinander verknüpft. Daraus folgt ein zoniertes Modell, aus dem die Eingangsmodelle für den anschließenden Iterationsschritt abgeleitet werden. Auf diese Art wird ein regelmäßiger Informationsaustausch zwischen den beteiligten geophysikalischen Datensätzen während der Modellgenerierung ermöglicht. Das Resultat ist ein geophysikalisches Multiparametermodell, das alle berücksichtigten Datensätze erklärt und die dominante Strukturierung des Untergrundes darstellt. Wir verwenden diesen gemeinsamen Inversionsansatz erstmals im Rahmen einer geophysikalischen Feldstudie für die Inversion dreier tomographischer Laufzeitdatensätze. Die entsprechenden Crosshole-Experimente (P-, S-Wellen und Georadar) wurden auf dem Testfeld Technische Sicherheit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Horstwalde durchgeführt. Dabei wurde ein Vertikalprofil von ca. 11 m Länge und 12 m Tiefe beprobt. Das mittels gemeinsamer zonierter Inversion erhaltene geophysikalische Drei-Parametermodell erklärt die gemessenen Laufzeiten aller drei Datensätze und weist sechs Untergrundzonen aus. Ein Vergleich des finalen zonierten Modells mit Gamma-Ray Logs und Cone Penetration Tests (CPT) zeigt eine gute Übereinstimmung und bestätigt somit die invertierten Strukturen. Weiterhin erlauben die Gamma- und CPT-Daten eine weitergehende Interpretation der detektierten Zonen, z.B. hinsichtlich ihrer Lithologie und geotechnischer Eigenschaften.

**BP-08** – Di 24.3 09:10 - 09:30 HS F · Bohrloch-Geophysik

*Kopf, M., Giese, R., Jaksch, K. (Helmholtz Zentrum Potsdam, Deutsches Geo-ForschungsZentrum), Kreuter, H. (GeoThermal Engineering GmbH, Karlsruhe), Reich, M., Sohmer, M. (TU Bergakademie Freiberg), Wenke, A. (GeoThermal Engineering GmbH, Karlsruhe)*

**(S)PWD - (Seismic) Prediction While Drilling: Entwicklung einer hochauflösenden Vorauserkundung für die tiefe Geothermie**

E-Mail: mkopf@gfz-potsdam.de

Ziel des (S)PWD-Projekts ist die Entwicklung eines seismischen Vorauserkundungssystems für tiefe geothermische Bohrungen. Das System soll eine hochauflösende Vorfelderkundung während des Bohrens ermöglichen. Dies soll durch eine Integration der seismischen Quellen und Empfänger in das Bottom Hole Assembly (BHA) in Bohrmeißelnähe erreicht werden. Das System soll geologische Strukturen im Meterbereich erkennen und erlaubt damit die Detektion von kleinen Störungen, die wasserführend sein können.

In der Tunnelvorauserkundung wurden in den letzten Jahren neue Ansätze verfolgt und mehrere Systeme zur Marktreife gebracht, die eine seismische Vorauserkundung während des aktiven Vortriebs im Hartgestein oder in Sedimenten ermöglichen. Diese Systeme können Vortriebsstillstände und kostenintensive Materialschäden durch das Anfahren von Störungen verhindern. Erfahrungen des am GFZ entwickelten Tunnelvorauserkundungssystems ISIS sollen in das (S)PWD-Projekt eingebracht werden.

Ein Prototyp wird zurzeit in zwei horizontalen Bohrlöchern im Lehr- und Forschungsbergwerk 'Reiche Zeche' der TU Bergakademie Freiberg getestet. Er ist mit mehreren Aktuatoren und 3-Komponenten-Geophonen ausgestattet. Ziel der Messungen ist die Verstärkung der Kompressionswellen oder Scherwellen in Bohrrichtung. Dazu wird die Geometrie der seismischen Quellen und Empfänger im Bohrloch variiert und Signale mit veränderten Amplituden- und Phasengängen zur Steuerung der Aktuatoren verwendet. Das abgestrahlte seismische Wellenfeld wird im Bohrloch und im umgebenden Gesteinsblock mit einem 3-Komponenten-Geophonarray registriert.

**PBP-01** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Nordsiek, S., Weller, A. (TU Clausthal)*

**Anwendung der Debye Zerlegung auf IP-Spektren von Sandsteinen**

E-Mail: sven.nordsiek@tu-clausthal.de

Am Beispiel von Schlacke-Sand Gemischen wurde demonstriert, dass die Auswertung von Spektren der Induzierten Polarisation (IP) durch die Anpassung von Modellen des Cole-Cole Typs problematisch ist. Zwischen den Parametern der einzelnen Modelle ergeben sich teilweise große Diskrepanzen. Zudem lassen sich die Modelle häufig nicht an das gesamte gemessene Frequenzspektrum anpassen. Die Beschränkung auf einen Bereich, in dem die Spektren der Cole-Cole



Modellform genügen, ist notwendig.

Bei der Beschreibung von IP-Spektren stellt die Debye Zerlegung eine Alternative dar. Bei diesem Ansatz werden die gemessenen Amplituden- und Phasenspektren als Ergebnis der Überlagerung mehrerer Debye Modelle interpretiert. Die Debye Zerlegung ist flexibler und lässt sich besser an die gemessenen Daten anpassen als die Modelle der Cole-Cole Familie. Auch komplizierte Phasenspektren, die kein Cole-Cole-typisches Verhalten zeigen, können beschrieben werden. Als Ergebnis wird eine Verteilung von Relaxationszeiten geliefert, aus der unter anderem die mittlere Relaxationszeit und die Gesamtaufladbarkeit als zusammenfassende Parameter folgen.

IP-Spektren verschiedener Sandsteine werden mit Modellen der Cole-Cole Familie und mit dem neuen Ansatz bearbeitet. Bezüglich der Güte der Anpassung erweist sich die Debye Zerlegung gegenüber der herkömmlichen Cole-Cole Modellierung als überlegen. Ein Bezug zu petrophysikalischen Größen kann durch die Korrelation der normierten Gesamtaufladbarkeit  $m_n$  mit der porenvolumenspezifischen inneren Oberfläche  $S_{por}$  gezeigt werden.

## **PBP-02** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Ronczka, M., Costabel, S. (Technische Universität Berlin), Yaramanci, U. (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik - Hannover)*

### **Zur Abschätzung der relativen Permeabilität von Sand-Schluff-Mischungen durch NMR-Messungen**

Die geophysikalische Anwendung der NMR (Nuclear Magnetic Resonance) im Geländemaßstab ist relativ neu und für Erkundung von vollgesättigten Bereichen recht erfolgreich. Die Abschätzung der Porosität, Permeabilität und Porenradienverteilung im vollgesättigten Zustand ist Standard. Für den teilgesättigten Bereich besteht allerdings noch Forschungsbedarf.

Die Abschätzung der relativen Permeabilität bei teilgesättigten Materialien durch NMR ist eine neuere Anwendung. Hierzu wurde ein Modell (Chen et al., 1994) hergeleitet, welches die relative Abklingzeit (Quotient aus  $T_{2;S<1}$  und  $T_{2;S=1}$ ) mit der relativen Permeabilität verbindet. Die Gültigkeit dieses Modells wurde an Glasperlen (Durchmesser: 0.3mm) von Ioannidis et al. 2006 bestätigt.

Das Ziel der hier vorgestellten Arbeit war es, die Anwendbarkeit des Modells von Chen et al. (1994) auf Sande und Sand-Schluff-Mischungen zu überprüfen. Als Basismaterial wurde Grobsand, Mittelsand und Glasperlen (mit Korngrößen von 1-2 mm, 0,18-0,335 mm und 0,04-0,07 mm) gewählt. Sechs Proben von reinem Grobsand bis schluffigem Sand wurden untersucht. Es wurden Sättigungsgrade zwischen 5 und 100% durch Evaporation erstellt und anschließend  $T_2$ -Messungen durchgeführt.

Bei Vollsättigung entsprechen die NMR-Permeabilitäten den durch Darcy-Versuchen ermittelten. Die aus den  $T_2$ -Messungen berechneten rel. Permeabilitäten wurden mit den zugehörigen van Genuchten-Mualem Kurven verglichen. Selbst

durch die Variation der in den Modellen vorhandenen Konstanten konnten nicht alle Daten exakt angepasst werden. Die Abweichungen nehmen bei zunehmendem Schluff-Gehalt zu. Die Schlussfolgerung ist, dass das Modell von Chen et al. (1994) zur Abschätzung der rel. Permeabilität für Materialien mit ungleichmäßiger Porengrößenverteilung nicht geeignet ist. Als Basis für zukünftige Modelle zur Ableitung der rel. Permeabilität aus NMR-Daten muss eine stärkere Fokussierung auf die Porengrößenverteilung erfolgen.

### **PBP-03 – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik**

*Alali, F. (TU Berlin), Yaramanci, U. (Leibniz-Institute of Applied Geophysics and TU Berlin)*

#### **Dependence of SIP and NMR parameters on clay content and saturation degree**

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

The assessment of the quality of data in measurements of Spectral Induced Polarization (SIP) and Nuclear Magnetic Resonance (NMR) is difficult in particular for partly saturated samples (with distilled water). We conducted a range of systematic measurements with different sand samples (0.125-0.5 mm of grain size) and with different proportions of clay (Kaolin) content (0, 1, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 70 and 100 W. %) at various degrees of saturation. For SIP, only the values at 1 Hz are used. The frequency dependency of SIP usually provides valuable information, but it is to be assessed in another work.

It is known that with the increase of the clay content and the decrease of the saturation degree, the NMR relaxation time ( $T_1$ ,  $T_2$ ) decreases, which has also been verified with the experiments. By comparing the imaginary part ( $\sigma''$ ) with both saturation degree (S) and clay content (CC) for samples that are containing between 10-30 % clay, it is noted that with increase in saturation degree,  $\sigma''$  increases up to a point when S is in the range 60-70 % and then decreases. This phenomenon can be explained as, that for these samples (10-30 % CC) there are two kinds of pore space (large between the sand particles and fine between the clay particles roughly). The current flows easily through the large pore spaces. By decreasing saturation, as water being drained from large pores, only the water in fine pores between the clay particles act as flow paths causing an increase in  $\sigma''$  because of the increase of the double layer effect. For S less than 60 %, also fine pores are drained leading to a decrease in  $\sigma''$ . The relationship of  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $\sigma'$  and  $\sigma''$  to S and CC is now experimentally extensively quantified. Next, an analytical expression derived from the data is sought, to enable CC and S predictions from SIP and NMR parameters, not only at laboratory scale but also for field measurements.

Web page: <http://www.geophysik.tu-berlin.de>

**PBP-04** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Costabel, S. (Technische Universität Berlin), Yaramanci, U. (Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik)*

**Ableitung von Wasserretentionskurven aus NMR-Porengrößenverteilungen**

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

Die Charakterisierung der ungesättigten Bodenzone erfolgt im Allgemeinen über die Analyse der sog. Wasserretentionskurve (WRK), auch Kapillardruckkurve genannt. In geeigneter Weise parametrisiert, lässt sich aus der WRK die relative Permeabilität (bzw. ungesättigte Wasserleitfähigkeit) des Bodens herleiten. Dabei wird die WRK als kumulative Porenradienverteilung verstanden. Auch das NMR-Verfahren (Nuclear Magnetic Resonance) ist in der Lage, über die Annahme von multi-exponentiellem Abklingverhalten, eine Porengrößenverteilung abzubilden. Daher sollte es möglich sein, die aufwendige Messmethodik zur Rekonstruktion der WRK durch eine einfache NMR-Messung bei Vollsättigung zu ersetzen.

Wir zeigen und vergleichen die gemessenen und die aus NMR abgeleiteten WRK für unterschiedliche Materialien im Kornspektrum vom Grobsand bis hin zum reinen Ton. Als Grundlage für die Ableitung der WRK aus den NMR Messungen dienen kapillare Porenraummodelle, einerseits mit kreisförmigem, andererseits mit gewinkelten Kapillarquerschnitt. Es zeigt sich, dass das zweitgenannte Modell besser geeignet ist, da der in Menisken gebundene Wassergehalt mit berücksichtigt wird. Weiterhin zeigen unsere bisherigen Untersuchungen, dass eine exakte Übereinstimmung der mit NMR vorhergesagten und der realen WRK nur für sandige Materialien gegeben ist. Das Problem, vor allem bei breiten Kornspektren mit zunehmenden Schluff- und Tonanteilen, besteht darin, dass das NMR-Verfahren als volumenbasiertes Verfahren vor allem auf die Porenbäuche sensitiv ist. Die direkte Messung der WRK (Prinzip: Lufteintritt in den Porenraum bei zunehmendem Luftdruck) dagegen berücksichtigt eher die Porenhäule. In der Diskussion der Ergebnisse wird dargestellt, dass die Restriktivität des Porenraumes hier nur durch empirische Strategien berücksichtigt werden kann.

**PBP-05** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Mohnke, O., Klitzsch, N., Clauser, C. (Aachen)*

**Microscale simulations of NMR relaxation behaviour in the presence of fluid flow in porous media**

E-Mail: [omohnke@eonerc.rwth-aachen.de](mailto:omohnke@eonerc.rwth-aachen.de)

Structure and state of soils have considerable influence on their flow and transport properties in particular for the vadose zone. In petrophysical applications of nuclear magnetic resonance (NMR), the measured relaxation signals originate from the fluid filled pore space. Hence, in (partially) saturated rocks or sediments the water content directly corresponds to the initial amplitude of the recorded NMR relaxation signals. The rate of relaxation (longitudinal / transversal re-

laxation time T1/T2) is sensitive to the pore size and physiochemical properties of the rock-fluid interface (surface relaxivity), as well as the concentration of paramagnetic ions in the fluid phases (bulk relaxivity).

Joint numerical simulations of the NMR relaxation behaviour (Bloch equations) and fluid flow (Navier-Stokes) on a pore scale dimension have been implemented in a finite element model using Comsol Multiphysics. Solving the differential equations for general cases allows to simulate NMR responses for arbitrary pore geometries and heterogeneous distributions of surface properties. The simulations can cover every possible NMR relaxation regime, e.g. diffusion or surface limited as well as intermediates, depending on the model's properties. The implementation of the KST approach for NMR surface properties allows to link the (magnetization) sink terms in the differential equations with spatially distributed concentrations of paramagnetic ions in the fluid phase and at the fluid-rock interfaces. A strong inter-pore coupling due to connectivity of pores with different NMR properties (size, surface properties) can significantly shift the relaxation time distribution that is not accounted for in the determination of pore size distribution from NMR decay times.

These simulations are verified by corresponding NMR and SIP laboratory experiments on fully and partially saturated reference samples with accurately defined pore spaces determined by computer tomography (see Wiens et al.). Based on these investigations and pore scale simulations of frequency dependent behaviour of the complex resistivity (Spectral Induced Polarization, SIP; see also Volkmann et al.) we aim at an interpretation scheme combining NMR and SIP to assess structure, state and thus flow properties of partially saturated soils.

*Web page:* <http://www.meteo.uni-bonn.de/projekte/tr32-wiki/doku.php>

**PBP-06** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Kurz, G. (Baker Hughes INTEQ GmbH, Celle), Thern, Holger F., Kruspe, Th. (Baker Hughes INTEQ GmbH), Kelting, R. (Petroleum Engineering Institute, Clausthal University of Technology)*

### **Definition and Characterization of Vertical Resolution for Sequential Formation Evaluation Measurements under Special Consideration of NMR Logging While Drilling**

Vertical resolution is a key property characterizing wellbore logging data. It is influenced by several parameters which can be divided into two groups. The first group of parameters is controlled by the measurement principle and is influenced by the total measurement time and signal-to-noise ratio of the acquired data. The second group is influenced by operational parameters like rate of penetration, required accuracy, tool motion and vibration level. All parameters and effects must be considered to ensure that accurate and high-resolution downhole measurements can be obtained.

Nuclear Magnetic Resonance (NMR) has already proven its strength and ro-

bustness for measuring porosities during Logging While Drilling. NMR enhances the interpretation techniques for formation evaluation such as sand-shale sequences. The estimation of effective porosity in thin layers requires a relatively high vertical resolution. Measurements with high vertical averaging tend to give a lower vertical resolution but a higher accuracy of the bulk porosity as a mean porosity from the zone of investigation.

In this study the vertical resolution is investigated from the modeled NMR response of a series of consecutive layers. The modeling considers the location of bed boundaries, bed thicknesses and porosity as well as the influence of operational parameters. Data from field measurements are shown to demonstrate the vertical resolution of real NMR-LWD data.

Kelting, U. R. (2008): Definition of operational limitation of NMR-While-Drilling tools under special consideration of vertical resolution (Master thesis at Petroleum Engineering Institute, Clausthal University of Technology)

Theys, P. (1999): Log data acquisition and quality control. - 2nd edition, Editions Technip, Paris.

Marzorati, D., Barbieri, E., Thern, H. F., Scanavino, D., Tilsley-Baker, R., Benefield, M., Kruspe, T., Fischer, M. (2007): Magnetic Resonance While Drilling for Geosteering and Rock Quality Differentiation. - Offshore Mediterranean Conference and Exhibition, Ravenna, Italy.

#### **PBP-07** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Kitamura, Y. (IFM-GEOMAR), Kanamatsu, T. (IFREE/JAMSTEC), Zhao, X. (UC Santa Cruz)*

#### **Strain in accretionary prism toe and formation of imbricate sediment piles: results from NanTroSEIZE Expedition 316**

This study presents magnetic fabric analysis to examine internal structure of the accretionary wedge, especially at the toe of the prism in the Nankai Trough, off Japan. Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE) is a complex drilling project within a framework of Integrated Ocean Drilling Project (IODP) and aims to reveal insitu phenomena of seismogenic zone processes in subduction zone. Measurement of anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) provides insight into recorded strain during sedimentary and tectonic processes. Results from the upper part of the wedge show sedimentary acquired compaction fabric in general. In the lower part, AMS fabrics occasionally rotate almost ninety degree and suggest horizontal compression. In contrast, magnetic fabric did not show any correspondence to in-sequence thrusts or minor faults, which implies that those faults have developed with concentrated shear deformation without disturbing surrounding sediments. Dense sampling from two adjacent drilling sites clearly figured out a change in strain field which is reported by previous ocean drilling studies. Based on the results, we propose a model of structural evolution at the toe of the prism. Plunging sediments induce horizontal stress in the lower part of the wedge, which reduces the effective stress and

forms high pore pressure anomaly and fracture zone. The frontal thrust is bended geometrically and terminates its activity in response to increase of friction that triggers initiation of the next-generation frontal thrust. The upper part of the wedge tilts accordingly that results in unstable slope of the wedge surface. This model is only for ca. 1km scale tectonics at the deformation front but is very important to build up the „imbricate fold and thrust zone“. Since the region behind the prism toe is only dead structure unless they are cut by out-of-sequence thrusts later, deformation in the prism toe would be a key for whole accretionary wedge.

### **PBP-08 – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik**

*Klein, T., Hördt, A. (Braunschweig), Leven, M. (Göttingen), Virgil, C. (Braunschweig)*

#### **Messungen mit dem Göttinger Bohrlochmagnetometer (GBM) in der Bohrung Schotten/Sichenhausen im Vogelsberg**

E-Mail: t.klein@tu-bs.de

Das Göttinger Bohrlochmagnetometer (GBM) ist derzeit die einzige Sonde, die ihre Orientierung im Bohrloch unabhängig vom Magnetfeld bestimmen kann. Für diese Bestimmung werden drei orthogonal zueinander stehende Faserkreisel, fibre optic gyros (FOG), benutzt. Die Rotationsinformation der Bohrlochsonde wird verwendet, um mittels eines Algorithmus, der auf Euler-Matrizen beruht, die mit einer dreiachsigen Förstersonde gemessenen Magnetfelddaten in geographische Koordinaten (Nord, Ost, Vertikal) zu transformieren. Mit der 3-D-Information über das Magnetfeld im Bohrloch kann neben der Stärke auch die Inklination und Deklination der Gesteinsmagnetisierung bestimmt werden. Mit der GBM-Sonde wurden mehrere Testmessungen in der 300 Meter tiefen Bohrung Schotten/Sichenhausen im Vogelsberg durchgeführt, um mit echten Messdaten Auswirkungen von Korrekturen und Datenauswertung zu untersuchen. Die Bohrung Schotten/Sichenhausen befindet sich an einem Waldweg am nordöstlichen Hang der Herchenhainer Höhe und ist ca. 1,5 km nordwestlich der Ortschaft Herchenhain zu finden.

Als Korrektur wurden unter anderem die Fehler der Magnetfeldsensoren (Verschiebung der Nullpunkte der Sensoren, unterschiedliche Skalenfaktoren der Sensoren und nicht exakte Orthogonalität der Sensoren zueinander) berücksichtigt, die erstmals mittels Kalibriermessungen im magnetischen Laboratorium Magnetsrode bestimmt werden konnten. Das magnetische Laboratorium Magnetsrode des Instituts für Geophysik und extraterrestrische Physik befindet im abgelegenen Südwest-Zipfel des Geländes der ehemaligen Forschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es geringe zivilisatorische Störeinflüsse aufweist und frei von kleinräumigen magnetischen Anomalien ist. Es ist deswegen besonders gut für Kalibriermessungen von Magnetfeldsensoren geeignet. Magnetsrode verfügt über ein Braunbek-Spulensystem, in dessen Homogenitätsbereichs im Inneren das Magnetfeld um

weniger als 1 nT abweicht.

Neben mehreren Messungen mit einer anderen Kalibrieremethode zur Bestimmung der Fehler der Magnetfeldsensoren, dem Drehverfahren, wurden auch Messungen im Braunbek–Spulensystem durchgeführt. Die ermittelten Fehlerparameter (Nullpunktsverschiebungen, Skalenfaktoren und Orthogonalitäten) der Förstersonde konnten durch die zwei unterschiedlichen Bestimmungsverfahren bestätigt werden.

Die 4 gemessenen Logs in der Bohrung Schotten/Sichenhausen werden benutzt, um die Datenauswertung zu optimieren. So konnte durch Einbeziehung einer Fehlerkorrektur für die Magnetfeldsensoren in die Datenauswertung die Abweichung im magnetischen Totalfeld zwischen Up- und Downlog im Mittel um ca. 20 nT verbessert werden.

**PBP–09** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Zisser, N., Nover, G. (Bonn, Universität)*

### **Beziehung zwischen SIP-Spektren und Permeabilität in dichten Sandsteinen bei besonderer Betrachtung der Anisotropie**

Gegenstand der Untersuchung sind neun Sandsteine aus einem “Tight Gas“Reservoir des Norddeutschen Beckens. An den petrophysikalisch gut charakterisierten Proben wurden jeweils in drei Richtungen die Permeabilitäten mittels einer Druck-Transient-Methode gemessen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen betrachteten Richtungen einer Probe betragen bis zu einer Größenordnung. An den identischen Proben wurden Messungen der Spektralen Induzierten Polarisation (SIP) durchgeführt. Die Spektren zeigen ebenfalls eine deutliche Abhängigkeit von der betrachteten Richtung. Eine Beziehung zwischen der mittleren Relaxationzeit und der normierten spezifischen Oberfläche, wie sie z.T. von anderen Autoren gefunden wurde, zeigt sich für die untersuchten Proben nicht. Stattdessen konnte eine direkte Beziehung zwischen Relaxationszeit und Permeabilität gefunden werden. Die Korrelation beider Größen ist allerdings nicht exakt genug, um die Anisotropie der Permeabilität aus der mittleren Relaxationszeit abzuleiten.

**PBP-10** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Kopf, M., Giese, R., Jaksch, K. (Helmholtz Zentrum Potsdam, Deutsches Geo-ForschungsZentrum), Kreuter, H. (GeoThermal Engineering GmbH, Karlsruhe), Reich, M., Sohmer, M. (TU Bergakademie Freiberg), Wenke, A. (GeoThermal Engineering GmbH, Karlsruhe)*

**(S)PWD-(Seismic) Prediction While Drilling: Entwicklung einer hochauflösenden Vorauserkundung für tiefe Geothermiebohrungen**

E-Mail: mkopf@gfz-potsdam.de

Der zukünftige Energiemarkt konzentriert sich auf eine umweltschonende und regenerative Strom- und Wärmegewinnung wie der Geothermie. Der wirtschaftliche Erfolg von tiefen Geothermieprojekten ist von der erzielbaren Fördermenge und den Investitionskosten abhängig. Die Minimierung des ökonomischen Risikos bzw. der Investitionskosten kann durch Explorationen vor und während der Bohrungen erreicht werden. Explorationsmethoden wie Vertical Seismic Profile (VSP) und Seismic While Drilling (SWD) erreichen eine vertikale Tiefenauflösung zwischen 30 und 60 Metern und werden nicht routinemäßig eingesetzt.

Das Ziel von (S)PWD bildet die Verwirklichung eines seismischen Vorauserkundungssystems in Bohrrichtung. Innovativ ist dabei die Integration der seismischen Quellen und Empfänger in den Bohrstrang an einem dem Bohrmeißel nächstmöglichen Punkt. Dies ermöglicht eine deutliche Verbesserung der vertikalen Tiefenauflösung bis hin zum Meterbereich. Im Lehr- und Forschungsbergwerk „Reiche Zeche“ der TU Bergakademie Freiberg wurden zwei horizontale Bohrlöcher eingebracht, in denen ein erster Prototyp getestet wird. Die Ausrichtung der Bohrungen erfolgte auf potentielle Reflektoren, geologische Störungen und eine gegenüberliegende Strecke, hin.

Ziel der Testmessungen ist die Optimierung der Einstellungen des Laborprototyps und die Fokussierung der seismischen Wellen in Bohrrichtung, um eine vorausschauende Erkundung zu gewährleisten. Das angeregte seismische Wellenfeld wird im Bohrloch und im umgebenden Gestein aufgenommen. Die Dimension des umgebenden Messgebietes von 40 x 80 m gewährleistet die Ausbreitung des erzeugten Wellenfeldes in einem Größenverhältnis von 1:1 im Vergleich zur späteren Anwendung in vertikalen Bohrungen. Überprüft werden soll auch die Anwendbarkeit erfolgreicher Methoden der Tunnelseismik zur Vorauserkundung von Bohrungen, wie z.B. das am GFZ entwickelte seismische Tunnelvorauserkundungssystem ISIS.



**PBP-11** – Mo,Di · Bohrloch-Geophysik

*Hellwig, O., Wenk, S., Bohlen, T. (TU Bergakademie Freiberg)*

**Seismic 2.5D FD-modeling of reflections from near-borehole layer boundaries with arbitrary dip**

E-Mail: olaf.hellwig@geophysik.tu-freiberg.de

To understand the interaction of body waves reflected at near-borehole interfaces and boreholes, in which sources and receivers are situated, and to develop new techniques for imaging near-borehole structures, it is important to model seismic wave propagation in and around boreholes. However, computation costs for 3D models are very high since small scale structures of the borehole as well as large scale structures around the borehole have to be considered.

We use a 2.5D finite difference approach similar to the FD-scheme by Randall et al. (1991) to solve the elastic wave equation in cylindrical coordinates. The 3D problem is reduced to a 2D problem assuming an axis-symmetric model and replacing the spatial derivations with respect to the azimuthal angle  $\theta$  in the equations by the azimuthal wavenumber  $n$ , which is used as parameter. Thus it is possible to model borehole waves and reflections from layer boundaries perpendicular to the borehole in an effective way. However, plain reflectors with arbitrary dip cannot be treated with this 2.5D-approach, since reflections from dipping layer boundaries excite not only a single wave mode with one definite wavenumber  $n$ .

Quiblier (1997) proposes a method using a decomposition of an incident plane wave into several modes excited along the borehole wall, where only the first few modes are of interest. We extend this approach to reflections from near-borehole layer boundaries, where the plane wave approximation fails, and illustrate by means of synthetic data how effects like source directivity, reflection coefficient dependent on the angle of reflection and amplitude decay due to spreading can be included into the model. With this method 3D modeling of the interaction of reflections and boreholes becomes computationally very efficient.

**Literature**

*Quiblier, J., 1997, Propagation des ondes en géophysique et en géotechnique. Modélisation par méthodes de Fourier. Éditions Technip, Paris.*

*Randall, C.J., Scheibner, D.J., and Wu, P.T., 1991, Multipole borehole acoustic waveforms: Synthetic logs with beds and borehole washouts. Geophysics, 56, 1757-1769.*

# EP

## Extraterrestrische Geophysik

---

**EP-01** – Di 24.3 09:30 - 09:50 HS F · Extraterrestrische Geophysik

*Holschneider, M. (University of Potsdam), Manda, M., Luehr, H. (GFZ, Potsdam), Gilder, St. (LMU München), Wicht, J. (MPI für Sonnensystemforschung, Katlenburg-Lindau)*

### **PLANETARY MAGNETISM (PlanetMag): a new SPP proposal**

The results from recent space missions to Mars and Venus strongly indicate that planetary magnetic fields play a vital role in preventing atmospheric erosion by the solar wind. Without the geomagnetic field, for example, life on Earth as we know it would not be possible. However, very little is known about the underlying interaction between the solar wind and a planet's magnetic field. Space missions have also revealed that the planetary and lunar magnetic fields show surprising differences. These distinct magnetic signatures carry invaluable information about the past and present internal structure and dynamics of their parent bodies. The reason for the different characteristics remains also little understood. The program PlanetMag aims at exploring and understanding the diversity of planetary and lunar magnetic fields in our solar system with a focus on their interaction with the solar wind. The timing of the proposal coincides with several space missions designed to measure magnetic fields and other key properties, which offers a unique chance to significantly advance our knowledge. In order to achieve this, a synergistic interdisciplinary approach is essential, combining newly developed tools for data acquisition and analysis, computer simulations of planetary interiors and dynamos, models of solar wind interaction, measurement

of ancient terrestrial rocks and meteorites, and laboratory investigations.

**EP-02** – Di 24.3 09:50 - 10:10 HS F · Extraterrestrische Geophysik

*Elbeshausen, D., Winnemann, K. (Museum für Naturkunde, Berlin)*

**Hydrocode simulations of meteorite impacts in three-dimensions - on the role of the impact angle**

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

The importance of impact processes for the origin and evolution of the solar system, planets and their satellites is well documented by the heavily cratered landscapes on planetary surfaces. Most of our current knowledge of crater formation is derived by vertical impact experiments (both in laboratory and numerical frameworks). In nature, however, almost every impact strikes the surface at an oblique angle of incidence. To quantify the effect of the impact angle, we developed iSALE-3D, a three-dimensional multi-material, multi-rheology hydrocode which is efficient enough to perform large parameter studies of the entire crater formation process. Here we present some results of our more than 300 3D-simulations, worldwide the only large parameter study ever done for meteorite impacts in three dimensions. To quantify the consequences of meteorite impacts it is important to know the energy required to produce a crater of a given size. For this purpose, knowing how the impact angle affects the crater size is essential. Our results allowed us to modify existing scaling laws to include the effect of the impact angle. Further more, we focused on the role of friction on crater formation and determined whether crater shape changes with the impact angle. We revealed how the crater formation mechanism and the generation of the central peak depend on the impact angle. Additionally we proved whether morphological and structural asymmetries in the craters can be used to identify the impactor's trajectory. Just recently also the effect of target topography has been investigated.

Web page: <http://ida.naturkundemuseum-berlin.de>

**EP-03** – Di 24.3 10:10 - 10:30 HS F · Extraterrestrische Geophysik

*Hempel, S., Knapmeyer, M. (DLR Berlin), Sens-Schönfelder, C. (Uni Leipzig), Oberst, J. (DLR Berlin)*

**Sind rückseitige Mondbeben durch Apollo-Messungen detektierbar?**

E-Mail: [stefanie.hempel@dlr.de](mailto:stefanie.hempel@dlr.de)

Während des Apollo-Programms wurden in der Zeit von 1969 bis 1977 mehr als 12000 seismische Ereignisse registriert, von denen mehr als die Hälfte als Tiefbeben klassifiziert wurde. Diese wurden zum größten Teil auf der der Erde zugewandten Hemisphäre lokalisiert, was zum einen in der Positionierung und Apertur des Apollo-Netzwerkes um den Suberde-Punkt und zum anderen in der

Aseismizität der Mondrückseite bzw. in der Verwendung von Startlösungen auf der Vorderseite begründet sein kann.

Diese Annahmen wurden mit einem neuen Lokalisierungsansatz (LOCSMITH: Knapmeyer, GJI, 2008), das besonders an die Situation von Netzwerken mit wenigen Stationen, beschränkter Apertur und schlechter Datenlage angepasst ist, systematisch untersucht.

Sowohl für bisher mittels der Einsatzzeiten unlokalisierte Mondbebencluster als auch ca. 30% der schon lokalisierten Beben können die Lösungen nicht auf eine der beiden Hemisphären eingeschränkt werden. Die Rückseite kann also nicht als aseismisch bezeichnet werden. Aus den Untersuchungen ergibt sich weiterhin, dass sich aus der Abwesenheit von Einsätzen rückseitiger Beben weder auf die Existenz noch die Nichtexistenz eines flüssigen Kerns schließen lässt.

Unsere Kenntnis der lunaren Seismizität und den inneren Aufbau des Erdtrabanten kann durch geplante Missionen wie MoonLITE (GB), MoonNext (ESA) oder das International Lunar Network verbessert werden, wenn ein Netz mit mindestens drei Stationen, davon eine auf der Mondrückseite, mit Zentrum nahe des 90. Längengrades E oder W, installiert würde.

**PEP-01** – Mo,Di · Extraterrestrische Geophysik

*Elbeshausen, D., Winnemann, K. (Museum für Naturkunde, Berlin)*

### **Asymmetries in complex craters due to oblique meteorite impacts and target topography**

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

The origin of asymmetries in meteorite impact craters is a controversially discussed topic. By using our newly developed multi-rheology hydrocode iSALE-3D we conducted some three-dimensional numerical simulations to investigate the material motion in the target during crater excavation and subsequent crater collapse. Our objective is to achieve a better understanding of the crater formation mechanism of oblique impacts and to reveal the influence of the impact angle on material motion (and hence its role on structural asymmetries in craters). We found significant patterns in the ejecta blanket and the post-impact stratigraphy directly resulting from an oblique angle of incidence. However, since all these signatures are located close to the surface, they are often affected by erosion. Hence, we focused also on structures in the deeper part of the target. We found that a superposition of different types of material motion results in very complex deformations of the central peak. Since these material flows are controlled not only by the angle of incidence, but also by impact energy and material properties, relating the resulting deformations in the central peak to the impact angle becomes highly sophisticated.

Besides the impact angle, also inhomogeneities in the pre-impact target topography may result in asymmetric crater shapes and influence the distribution of ejected material. Hence we also reveal first results from a corresponding 3D-numerical study. Influenced by an irregular topography, crater formation be-

comes even more sophisticated. Scaling laws and point source approximations, commonly used to describe impact processes, are no longer valid since the formation process becomes additionally dependent on the impact velocity and gravity.

*Web page:* <http://ida.naturkundemuseum-berlin.de>

# GD

## Geodynamik

---

**GD-01** – Do 26.3 08:30 - 08:50 HS C · Geodynamik

*Urlaub, M., Fabian, M. (Bremen)*

### **Pump induced tilt and pore pressure in a poroelastic half-space with fault**

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

We use the PC-based finite-element software COMSOL Multiphysics to simulate in a 3D FE approach the pump induced deformation (tilt and pore pressure) next to a fault in a sedimentary subsoil. The geological setting is similar to the Lower Rhine Embayment in Germany or to comparable sedimentary basins with large groundwater or hydrocarbon deposits.

Surface deformation caused by subsurface pore pressure gradients have been observed in recent studies by high-resolution tiltmeters installed close to the surface, and numerical models considering the poroelastic behaviour of the subsoil assess observed deformation fields. However, these models are mostly restricted to 1D or 2D or need a lot of computational power. In this study we chose a rather simplified model. The fault is represented by a material interface, i.e. a boundary with a contrast in poroelastic parameters. The model's solution shows a characteristic deviation of the tilt field compared to the half-space solution without fault. Resulting anomalies at the surface and in the subsurface show amplitudes of up to some  $\mu rad$ , which can easily be resolved by state-of-art tiltmeters and pressure transducers.

**GD-02/03** – Do 26.3 08:50 - 09:30 HS C · Geodynamik

*Meissner, R. (Kiel), Artemieva, I. (Copenhagen)*

### **Interaction between Crust and Mantle in Europe**

E-Mail: rmeissner@email.uni-kiel.de

Using data on the thickness and the velocity structure of the crust in Europe, we investigate past and recent tectonic processes that cause the exchange of material between the earth's crust and mantle. Four major mechanisms provide material exchange: three of them, namely oceanic subduction, continental subduction, and lithosphere delamination transport material downwards and fertilize the mantle, while mafic magmatism transports mantle material upwards modifying the structure of the crust and the lithosphere. We analyze different interaction processes in various tectonic units in Europe. Our special focus is on the crust in central and western Europe which was formed during the Variscan orogeny, but presently has the structure of a typical extended crust.

**GD-04** – Do 26.3 09:30 - 09:50 HS C · Geodynamik

*Schmeling, H., Wallner, H. (Goethe Universität, Frankfurt)*

### **Die Rolle von Schmelzprozessen bei kontinentalem Rifting, Aufbrechen und Ozeanbildung**

E-Mail: schmeling@geophysik.uni-frankfurt.de

Aktives oder passives kontinentales Rifting wird von lithosphärischer Ausdünnung, Aufstieg der Asthenosphäre und Dekompressionsschmelzen begleitet. Dabei perkoliert die Schmelze durch die partiell geschmolzene Quellregion, akkumuliert an ihrer Oberseite und wird extrahiert. Zwei-dimensionale numerische Modelle zur Extension des kontinentalen Lithosphären-Asthenosphären-Systems wurden in einer Euler'schen, viskoplastischen Formulierung durchgeführt. Die Erhaltungsgleichungen der Masse, des Impulses und der Energie werden für ein Multi-Komposition- (Ober-, Unterkruste, Mantel) und Zweiphasen- (Schmelze-Matrix) System gelöst. Temperatur-, druck- und spannungsabhängige Rheologien, basierend auf Labor-Daten für Granit, Pyroxenite und Olivin, werden für die obere, untere Kruste und den Mantel angenommen. Rifting wird durch eine konstante, extern angreifende Extensionsrate modelliert. Ein typisches Extensions-Experiment ist durch drei Phasen charakterisiert: 1) Verteilte Extension, teilweise überlagert mit einer Pinch and swell -Instabilität, 2) lithosphärisches Necking und 3) kontinentales Aufbrechen, gefolgt von Ozeanbildung. Der zeitliche Übergang von Phase 1) zu Phase 2) findet typischerweise nach 100 bis 150 km Gesamtextension bei dem hier untersuchten System statt. Der dynamische Anteil an der Topographie beträgt 1 - 2 km (positiv). Das bedeutet, falls Rifting gestoppt würde (z.B. durch das Ausbleiben externer Kräfte), dann würde die Topographie um zusätzlich diesen Betrag einsinken. Gefrieren aufsteigender Schmelze unter den Riftflanken führt zu basaltischer Anreicherung und Underplating unter den Flanken, was auch häufig an passiven Kontinental-

rändern beobachtet wird. Die Schmelze hat einen extrem starken Effekt auf die Aufstiegs geschwindigkeit der Asthenosphäre unter der Rift-Achse. Die schmelzinduzierte sublithosphärische Konvektionszelle ist außerdem durch einen Abstrom unter der Riftflanke gekennzeichnet. Modellier te Magmamengen sind geringer als im Ost-Afrikanischen Grabensystem (EARS) beobachtet. Eine Erhöhung der Asthenosphärentemperatur, wie es der Fall bei aktivem Rifting bei einem großräumigen Plume kopf wäre, führt zu einer besseren Übereinstimmung mit den beobachteten Magmamengen. Überraschenderweise wird bei einem Modell ohne lokale Perturbation, aber mit großräumiger angehobener plume-ähnlicher Temperatur ein Doppelfrift erzeugt. Weitere Modelle, die lithosphärisches Erweichen aufgrund von Schmelz-Extraktion und -Platznahme in der steifen Mantellithosphäre annehmen, werden gezeigt.

**GD-05** – Do 26.3 09:50 - 10:10 HS C · Geodynamik

*Schmalholz, S.M., Kaus, B.J.P., Burg, J.-P. (Zurich, ETH)*

**Stress - strength relationship in the lithosphere during continental collision: Implications for occurrence of deep Earthquakes**

E-Mail: [schmalholz@erdw.ethz.ch](mailto:schmalholz@erdw.ethz.ch)

Lithospheric strength profiles generally predict excessively high differential stresses in the sub-Moho continental mantle, which seems inconsistent with the relative scarcity of earthquakes at this depth. This inconsistency was put forward as evidence for weak lithospheric mantle rheology. However, this argumentation implicitly assumes that strength envelopes are valid in actively deforming lithospheric regions. We test this assumption on two end-member lithospheres with (1) a weak lower crust and strong mantle and (2) a strong lower crust and weak mantle. For this purpose, we compare 1D models with 2D visco-elasto-plastic numerical models of continental shortening. Both 2D models show that strongly heterogeneous deformation typically follows initially homogeneous deformation. Lithospheric-scale buckle folds and shear zones result in strain rate variations of up to three orders of magnitude. Differential stresses in the upper crust are close to yield, as predicted by 1D models. Stresses in deeper lithospheric regions, however, are significantly smaller than in 1D models, especially in actively deforming regions. Systematic numerical simulations as a function of temperature and deformation rate reveal that 1D models are reliable in hot and/or slowly deforming lithospheres only. The relative scarcity of earthquakes at mantle levels should thus be interpreted as an intrinsic consequence of strong lithospheric deformation rather than as evidence for a weak upper mantle rheology.



**GD-06** – Do 26.3 10:10 - 10:30 HS C · Geodynamik

*Besutiu, L. (Institute of Geodynamics of the Romanian Academy)*

**New insights on the intracontinental intermediate-depth seismicity within the bending zone of East Carpathians**

E-Mail: besutiu@geodin.ro

The INDEGEN (Integrated research on the intracontinental intermediate depth earthquake genesis within Vrancea zone) project represents a complex approach to the problem of the Vrancea intermediate-depth earthquakes. Multidisciplinary studies (12 work-packages) related to the structure and dynamics of the seismic body, and earthquake mechanism were performed, among which, seismologic studies, basin analysis, monitoring non-tidal gravity change and geodetic observations on the crust deformation, evaluation of the seismic contribution of the phase transform processes, assessing geothermal history and thermal stress numerical estimate, monitoring water geochemistry, etc.

Following the research conducted, an alternate geodynamic model has been proposed: Vrancea unstable FFT triple junction (VTJ), located between East European Plate, Moesian Microplate, and Intra-alpine Microplate. Consequently, several aspects should be stressed. (i) High resolution tomography revealed a prismatic triangularly shaped high velocity seismic body. (ii) Mineral physics advocate the sunken lithosphere compartment to which intermediate-depth seismicity is associated should be continental in nature. (iii) Extensive Neogene subsidence that should be associated to the presence of an unstable triple junction was confirmed by basin analysis performed. Tectonic subsidence within the inner foredeep (inside VTJ) is three times higher than in the outer foredeep (outside VTJ). There is a six times higher Neogene rate of sedimentation within the bending area of East Carpathians than in the rest of the area; (iv) The non-tidal gravity changes were interpreted in terms of vertical stretching of the sunken lithosphere (gravitationally pulled down by eclogitization of its lower part), to which earthquakes in its upper (brittle) segment may be associated; focal mechanisms indicating vertical extension occur in the area of the assumed unstable triple junction only, unlike neighbouring zones where horizontal strike-slip mechanisms are pointed out; (v) Post-seismic slight subsidence in the epicentre area, as revealed by high accuracy repeated levelling in the geodynamic polygon Tulnici-Valea Sarii-Vrâncioaia, support the assumption. (vi) Significant variations in water geochemistry could be associated with larger events ( $M_w > 6$ ); (vii) Numerical modelling of the thermal stress revealed large values (50-70 MPa), focused in the zone where intermediate earthquakes occur. (viii) Geodetic monitoring of the Peceneaga-Camena Fault dynamics have revealed irregular, both right- and left-lateral displacements along this plate boundary.

**GD-07** – Do 26.3 11:30 - 11:50 HS C · Geodynamik

*Hasenclever, J. (Hamburg, Institut für Geophysik), Phipps Morgan, J. (Ithaca, Cornell University, EAS), Hort, M. (Hamburg, Institut für Geophysik), Rüpke, L. (Kiel, IFM-Geomar)*

**A numerical study of diapiric upwelling in the mantle wedge**

E-Mail: joerg.hasenclever@zmaw.de

Subducting oceanic lithosphere is composed of different layers (sediments, oceanic crust, oceanic mantle) that contain various amounts of water. The water is partly or completely released as the slab descends and higher pressure and temperature cause mineral phase transitions. Fluids entering the mantle wedge above the slab cause serpentinization of olivine and trigger flux-induced melting - both processes reduce the density and viscosity of the mantle and may cause convection patterns different from the corner flow commonly assumed for the mantle wedge.

We use our new 2D and 3D numerical models that have been developed over the last 3 years to simulate mantle flow within the wedge between subducting slab and overriding plate. Our main interest is to study under which conditions buoyantly rising diapirs develop within the mantle wedge. In a systematic parameter study several key factors are varied: angle of subduction, rate of subduction, depth range of parameterized dehydration, viscosity within the mantle wedge and buoyancy of hydrated material. The distribution of diapirs, especially the spacing between the mantle upwellings parallel to the trench, is compared against the known spacing of volcanoes at subduction zones worldwide.

We ran ~40 numerical simulations in 3D, for a wide range of parameters, that can be easily compared. In these runs, we have simplified (or excluded) geodynamical processes that so far remain poorly understood such as transport mechanisms of fluids released from the slab. For this reason we also prescribe the slab geometry in all simulations instead of modeling a self-subducting slab that changes its geometry during subduction. Thermodynamics and phase changes due to dehydration and hydration processes and mantle melting are not yet included in these initial experiments. Hydration of the mantle wedge above the slab is simulated by a change in composition that is advected and conducted with time, similar to a thermal anomaly evolving through time.

Since complex numerical models including thermodynamics, phase changes and high resolution grids are currently only available in 2D we also compare 2D and 3D runs with the same parameters in order to better understand the significance of extending high resolution 2D results to 3D conclusions.

**GD-08** – Do 26.3 11:50 - 12:10 HS C · Geodynamik

*Schubert, M., Hansen, U. (Universität Münster)*

### **Doppelt diffusive Konvektion - Untersuchung von Konvektionsströmungen im diffusiven Regime**

E-Mail: [maike.schubert@uni-muenster.de](mailto:maike.schubert@uni-muenster.de)

Doppelt diffusive Konvektion spielt auf der Erde in vielen Bereichen eine Rolle, zum Beispiel bei der thermo-chemischen Evolution von Magmakammern oder auch in Ozeanen. Die Grundlagen des nichtlinearen Verhaltens solcher doppelt diffusiver Strömungen sind noch nicht vollständig verstanden.

In einem 2D finite Elemente Modell wird das Verhalten von Kriechströmungen (Näherung für unendliche Prandtlzahlen) im diffusiven Regime untersucht. Dabei wirkt die thermische Komponente als antreibende, die chemische Komponente als hemmende Kraft auf die Strömung.

Wird die Rückstellkraft konstant gehalten und die antreibende Kraft systematisch erhöht, kommt man in einen Bereich, in dem die Strömung quasi frei von hemmenden Kräften konvektiert. Verringert man die treibende Kraft bei weiterhin konstanter Rückstellkraft, erhält man eine Hysterese, die zu einem Bereich subkritischer Konvektion führt. Es wird also Konvektion in Bereichen beobachtet, in denen man keine erwarten würde. Die Stabilität der Strömung hängt signifikant von der Dicke der thermischen und chemischen Grenzschicht ab.

Ziel der Studie ist es, Kriterien zu finden, wann und warum diese plötzlichen Wechsel im Verhalten der Strömungen auftreten. Hierzu wird insbesondere das Verhalten der thermischen und chemischen Grenzschichten untersucht.

**GD-09** – Do 26.3 12:10 - 12:30 HS C · Geodynamik

*Schumacher, L., Hansen, U. (WWU Münster)*

### **Auswirkungen tiefenabhängiger Viskosität auf das Strömungsmuster und die Plumedynamik eines zweidimensionalen Konvektionsmodells**

E-Mail: [lina.s@uni-muenster.de](mailto:lina.s@uni-muenster.de)

Es ist allgemein bekannt, dass Plumes in fluiddynamischen Systemen ohne weiters äußeres Einwirken entstehen können. Über ihre zeitliche und räumliche Dynamik bis hin zu ihrer Existenz im Erdmantel wird dagegen viel diskutiert.

Die Plumedynamik hängt stark von der Rheologie des Mantelmaterials und somit von dem Viskositätsverhalten mit Temperatur und Druck ab. Aktuelle, auf Inversion basierende Untersuchungen deuten auf einen deutlich größeren Viskositätsanstieg mit der Tiefe hin als bisher angenommen. In Bezug auf die Frage, ob die hohe Viskosität an der Kernmantelgrenze die Bildung von Plumes unterdrückt oder zur Bildung von wenigen, dafür sehr ausgeprägten Plumes führt, wird in dieser Studie der Effekt tiefenabhängiger Viskosität auf das Strömungsverhalten sowie die Plumedynamik analysiert.

Es wird ein zweidimensionales Mantelkonvektionsmodell basierend auf der finiten Volumendiskretisierung verwendet. Um Randeffekte zu minimieren wird

das Querverhältnis des Modells auf 12 gesetzt. Das System wird von unten mit konstanter Temperatur geheizt und von oben gekühlt. Die Rayleighzahl beträgt an der Oberfläche in allen Simulationen  $Ra_0 = 10^7$ . Untersucht wird eine exponentielle Tiefenabhängigkeit der Viskosität mit Viskositätskontrasten von  $\Delta\eta_p = 3$  bis  $\Delta\eta_p = 1000$ .

Tiefenabhängige Viskosität vergrößert die Wellenlänge der Mantelkonvektion, so dass sich mit zunehmendem Viskositätskontrast Konvektionszellen mit größerem Querverhältnis ausbilden. Der thermische Auftrieb wird in einzelnen, zeitlich und räumlich stabileren Aufströmen fokussiert. Kleinere Grenzschichtinstabilitäten wandern von der großskaligen Konvektion getrieben innerhalb der Grenzschicht, bis sie mit einem der Plumes kollidieren. Die horizontale und vertikale Geschwindigkeitskomponente, Temperatur und Wärmetransport werden analysiert.

**GD-10** – Do 26.3 12:30 - 12:50 HS C · Geodynamik

*Maßmeyer, A., Harder, H. (WWU Münster)*

### **Einfluss der Postperovskit-Schicht auf die Mantelkonvektion**

E-Mail: a.massmeyer@uni-muenster.de

Bei dem Übergang von Perovskit zu Postperovskit (PPV) handelt es sich um einen exothermen Phasenübergang im tiefen Erdmantel, mit einer hohen positiven Clapeyronslope. Ziel dieser Arbeit ist es, mit Hilfe einer numerischen Simulation den Einfluss der PPV-Schicht auf die Mantelkonvektion zu untersuchen.

Das dazu verwendete Modell wird mit einem Pseudo-Spektralcode berechnet und beschreibt Konvektion in einer Kugelschale. Die Phasengrenze ist nach [Christensen und Yuen, 1985] im Programm implementiert und wird zunächst unter Verwendung der Boussinesq-Approximation gerechnet. Hierfür werden zwei Modellrechnungen präsentiert, die eine Tiefenlage des Phasenübergangs in oder direkt über der thermischen Grenzschicht untersuchen. Es zeigt sich, dass dies keinen signifikanten Einfluss auf die Konvektion hat. Um den Einfluss der PPV-Schicht zu modellieren, soll im Weiteren die erweiterte Boussinesq-Approximation implementiert werden, die den zusätzlichen Einfluss latenter Wärme berücksichtigt.

Christensen, U. R., und D. A. Yuen, Layered Convection induced by Phase Transitions, *J. Geophys. Res.*, 90, 10,291-10,300, 1985

**GD-11** – Do 26.3 12:50 - 13:10 HS C · Geodynamik

*Brannaschke, K., Stein, C., Hansen, U. (Universität Münster)*

### **Topographie der Kern-Mantel-Grenze in doppelt diffusiver Konvektion mit stark variabler Viskosität**

Aus zahlreichen seismischen Untersuchungen sind zwei große Anomalien niedriger seismischer Geschwindigkeit unter Afrika und dem zentralen Pazifik

bekannt (z.B. Ritsema et al. (1999)). Aufgrund zunehmender Hinweise auf chemische Unterschiede dieser Anomalien, gewinnt ein Mantelmodell an Interesse, das langlebige thermochemische Hügel an der unteren Mantelgrenze beinhaltet. In dieser numerischen Studie soll in Anlehnung an Lassak et al. (2007) der Einfluss thermochemischer Hügel auf die Topographie der Kern-Mantel-Grenze untersucht werden. Die Untersuchungen von Lassak et al. (2007) ergaben, dass in isochemischer Konvektion Aufströme zu positiver Topographie und Abströme zu negativer Topographie führen. Im Erdmantel spielt jedoch die Temperaturabhängigkeit der Viskosität eine entscheidende Rolle. Der Einfluss der Temperaturabhängigkeit auf die Topographie zeigt sich auch in der Arbeit von Lassak et al. (2007). Die Topographie bei thermochemischer Konvektion ist gegenüber dem isochemischen Fall reduziert. Während Lassak et al. (2007) eine Tracer-Methode verwenden, soll hier nun das Verhalten der Topographie bei doppelt diffusiver Konvektion unter Verwendung des Feldansatzes selbstkonsistent untersucht werden. Verwendet wird dabei ein 2D finite Volumen Programm (Trompert und Hansen (1996)), mit dem zwei verschiedene chemische Komponenten gelöst werden können. Außerdem berücksichtigt das Modell eine Temperaturabhängigkeit der Viskosität. Diese wollen wir über mehrere Größenordnungen variieren, um deren Einfluss auf die Topographie an der Kern-Mantel-Grenze zu untersuchen.

#### References

- Lassak, M. T., McNamara, A. und Zhong, S. (2007). *Earth Planet. Sci. Lett.* 261, 443-455.
- Ritsema, J., van Heijst, H. J. und Woodhouse, J. H. (1999). *Science* 286, 1925-1928.
- Trompert, R. A. und Hansen, U. (1996). *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics* 83, 261-291

**PGD-01** – Mi,Do · Geodynamik

*Bannach, N. (Göttingen)*

#### **Doppelt-diffusive Konvektion in rotierenden Kugelschalen**

Das Ziel der numerischen Simulation doppelt-diffusiver Konvektion in rotierenden Kugelschalen ist die Untersuchung eines möglichen Antriebsmechanismus für das Erdmagnetfeld im äußeren Erdkern. Im Hinblick auf die thermische Entwicklung der Erde ist sowohl die Existenz eines thermischen als auch eines chemischen Gradienten entscheidend, wobei ihre wahren Einflüsse auf die Konvektion im äußeren Erdkern noch nicht hinlänglich bekannt sind. Mögliche Konstellationen von thermischen und chemischen Gradienten wurden mit einem Fortran Code simuliert, der die Variation zahlreicher Parameter ermöglicht. Der verwendete Parameterbereich umfasst Ekmanzahlen von  $10^{-3}$  bis  $10^{-5}$ . Dabei wurde bei verschiedenen thermischen und chemischen Rayleighzahlen der Antrieb durch chemische Konvektion mit einem stabilisierenden Temperaturbei-

trag, sowie der Antrieb durch thermische Konvektion mit einem stabilisierenden chemischen Beitrag simuliert, wobei das Verhältnis von Prandtl- zu Schmidtzahl zwischen 0,5 bis 0,01 variierte.

Die Auswertung erfolgte an Hand der vom Programm berechneten Nusselt- und Sherwoodzahlen in Abhängigkeit von den Rayleighzahlen für verschiedene Parameterkonstellationen. Zusätzlich konnte die Konvektion rein qualitativ untersucht und für verschiedene Werte der Parameter verglichen werden.

**PGD-02** – Mi,Do · Geodynamik

*Bierhaus, M., Schmalzl, J. (Münster)*

### **Untersuchung von Mischeigenschaften in einem sphärischen Konvektionsmodell**

Konvektionsströmungen spielen eine zentrale Rolle bei der Erklärung der Dynamik des Erdmantels. Einen wichtigen Hinweis auf die Art der Konvektionsströmungen bietet die Vermischung chemischer Inhomogenitäten.

Die für die Mantelkonvektion relevanten Gleichungen sind bekannt, jedoch nur für sehr wenige Spezialfälle analytisch lösbar.

Laborexperimente stoßen, bei den im Erdmantel vorherrschenden Bedingungen, schnell an ihre Grenzen. Die für den Erdmantel relevanten Materialeigenschaften und Zeit- sowie Größenskalen lassen sich im Labor kaum herstellen.

Als Lösungsmöglichkeit wird hier der Einsatz eines numerischen Modells gewählt. Um die Verhältnisse im Erdmantel gut darstellen zu können wurde ein sphärisches 3D finite Volumen Modell verwendet, welches Einflüsse von Temperatur, Druck und Viskosität auf die Strömung berücksichtigt. Gerade chemische Eigenschaften und Konzentrationen sind in so einem Modell jedoch nicht ohne Probleme behandelbar. Deshalb wird der Einfluss chemischer Eigenschaften auf die Strömung mit Hilfe von aktiven Tracern untersucht.

Ein großes Problem von solchen numerischen 3D-Modellen ist der sehr hohe Rechenzeit Bedarf. Bei einem 3D Modell führen schon geringe Auflösungen zu einer sehr großen Zahl an Gitterpunkten und die Modelle müssen sehr viele Zeitschritte lang rechnen um zu verwertbaren Lösungen zu kommen. Dies alleine führt zu sehr langen Rechenzeiten.

Bei den Tracern ergeben sich ähnliche Probleme. Man benötigt sehr viele Tracer um ausreichende Tracerdichten zu erzielen, da das zur Verfügung stehende Volumen groß ist und man eine mindest Dichte an Tracern für die Rechnung benötigt. Dieser hohe Bedarf an Rechenzeit macht es nötig sowohl das eigentliche Konvektionsprogramm, als auch den Traceralgorithmus massiv zu parallelisieren. Da das Programm für den Einsatz auf großen Clustersystemen vorgesehen ist, wird dafür der Standard MPI verwendet.

Dadurch ist es möglich auch große Mengen Tracer in dem 3D Modell zu berechnen.

**PGD-03** – Mi,Do · Geodynamik*Rolf, T., Schmalzl, J. (Universität Münster)***Untersuchung des Einflusses der Plattenbewegung auf das Mischverhalten des Erdmantels durch Post-Processing zeitabhängiger 3D-Strömungen**

E-Mail: Tobias.Rolf@uni-muenster.de

Die Vermischung chemischer Inhomogenitäten spielt eine wichtige Rolle zum Verständnis des Erdmantels, denn dadurch können Aussagen über die Struktur der Konvektionsströmungen im Erdmantel getroffen werden. Da die beschreibenden Gleichungen i.A. nicht analytisch gelöst werden können, erfolgt die Behandlung numerisch.

Es wurde ein Programm entwickelt, mit dem die Lagrange-Bahnen passiver Tracer berechnet werden. Für stationäre 2D-Strömungen ergeben sich geschlossene Trajektorien. Im stationären 3D-Fall bewegen sich die Tracer auf Torusoberflächen. Aus diesem Grund ist das Mischen bei Stationarität ineffektiv. Im Fall der Zeitabhängigkeit ist die Lagrange-Bahn nicht auf diese Art beschränkt und die Vermischung kann viel effizienter sein.

Der Einfluss der Zeitabhängigkeit soll im Post-Processing untersucht werden. Dazu wurde ein 3D-Finite-Volumen Konvektionsmodell mit einem rheologischen Modell gekoppelt, das Temperatur-, Spannungs- und Druckabhängigkeit der Viskosität beinhaltet (Stein et al., 2005). Je nach Wahl der rheologischen Parameter können dadurch flüssige oder plattenhafte Oberflächen (episodisch oder kontinuierlich) auftreten.

Es soll untersucht werden, wie sich die Plattenbewegung auf das Mischungsverhalten des Mantels auswirkt. Dazu werden Vermischung und Lebensdauer chemischer Heterogenitäten, sowie Zeitskalen und Effizienz des Mischens auf kleinen (inner-cell-) und großen Längenskalen (cross-cell-mixing) betrachtet.

**PGD-04** – Mi,Do · Geodynamik*Hage, E., Gerstung, P. (Göttingen)***Chemisch getriebene Konvektion: Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Massentransport**

E-Mail: prisca.gerstung@geo.physik.uni-goettingen.de

Die Analogie von thermisch getriebener zu chemisch getriebener Rayleigh-Benard-Konvektion in horizontalen Zellen mit vertikalem Temperatur bzw. Konzentrationsgradienten wird sowohl experimentell als auch numerisch überprüft. Die Konvektion wird von einem Konzentrationsgradienten angetrieben, der elektrochemisch erzeugt und aufrechterhalten wird. Hierbei wird eine Kupfersulfatlösung mit Leitsalzüberschuss (Schwefelsäure) benutzt, um den Migrationseffekt auszuschalten und so die Analogie zur thermisch getriebenen Konvektion zu erreichen. Der experimentelle Aufbau untersucht den Massentransport (Sherwoodzahl) in einem elektrochemischen System (Kupfersulfatlösung) für hohe Rayleighzahlen ( $10^5 < Ra < 10^{12}$ ). Mit der Software Comsol wird das Experi-

ment numerisch simuliert, wobei nur kleinere Rayleighzahlen erreicht werden können. Dennoch kann bei geeigneter Wahl der Parameter eine Wiedergabe der experimentellen Daten erreicht werden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wird in einer weiteren experimentellen Arbeit zusätzlich ein Temperaturgefälle angelegt, um doppeltdiffusive Konvektion näher zu untersuchen.

**PGD-05** – Mi,Do · Geodynamik

*Fink, M., Bialas, J. (IFM-GEOMAR), Reston, J. (Birmingham, University of Birmingham)*

**ASTERICS (= Geophysical Studies near the Ascension Transform: Evolution of Ridge Segmentation and Crustal Structure) - Segment A0/A1**

E-Mail: mfink@ifm-geomar.de

The ASTERICS project investigates the crustal and upper mantle structure in the area of the Ascension Transform (AT) at the Mid-Atlantic-Ridge (MAR). The AT is a 'double transform fault' consisting of two parallel transform fault/fracture zone systems sandwiching a very short segment. The project investigates the tectonics and structure of the double transform as well as the segments south of it. Here four spreading segments can be identified. Segment A1 is formed by a typical axial ridge with a distinct graben. To the South segment A 2 continues with an intermediate shaped seafloor topography, while the segment A3, is marked by a well defined axial high. Subject of this poster are seismic models derived first from data collected along a 200 km long wide angle seismic profile (OBS), which has been recorded along the center of the SAFZ and second from data collected along a 85 km long profile across the well pronounced MAR of segment A1. Slightly offset to the East an axial ridge like graben is observed between the two transforms at the western end of the AT. The velocity model derived from a first arrival tomography after Korenaga et al. (2000) of the MAR in segment A1 shows a high of the mantle 15 km east of the axial graben. A tongue of reduced velocities (6-6.5 km/s) indents from West underneath it. Together with the elevated seafloor on the Eastern flank of this MAR segment this setting forms the typical structure expected with Inside Corner Highs (ICH) and Outside Corners (OC). From available bathymetry no corrugated surface has been identified, arguing for a young stage of development.

**PGD-06** – Mi,Do · Geodynamik

*Wallner, H., Schmeling, H. (Frankfurt)*

**Riftinduzierte Delamination am Beispiel der Rwenzori Mountains: Erkundung des Parameter Raums**

E-Mail: wallner@geophysik.uni-frankfurt.de

Die extreme Topographie der Rwenzori Mountains, einem Horst innerhalb der Western Rift-Zone des Ostafrikanischen Rift Systems, motiviert unsere Suche



nach einem geodynamischen Antriebsmechanismus. Nach Prüfung einiger Hypothesen favorisieren wir RID aufgrund erfolgreicher numerischer Modelle. RID ist die Hypothese riftinduzierter Delamination von Mantellithosphäre und Krustenhebung. Sie basiert auf der Ausbreitung sich nähernder Riftenden, die von aufsteigender Asthenosphäre gespeist werden, dabei steife alte Lithosphäre umringt und durch Erniedrigung der Viskosität und Festigkeit der untersten Kruste die Ablösung von kalter, dichter Mantellithosphäre auslöst. Diese Entlastung des weniger dichten Krustenblocks darüber führt zu dessen schnellen Hebung entlang steil stehender Verwerfungen.

Mit der Methode Finiter Differenzen in einer Euler-Formulierung wird viskoplastisches Fließen in 2D-Modellen 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.

Durch Erkundung des Parameter Raums mit Familien von Modellen versuchen wir RID zu bestätigen und mehr über den Prozess zu lernen. Ziel ist es, die relevanten Größen, welche die Delamination kontrollieren, zu identifizieren. Kandidaten für die Untersuchung sind die Parameter, welche die Anfangsstörung beschreiben, die zusätzliche Temperatur und deren Geometrie und der Abstand der berandenden Rifts. Weitere Kandidaten umfassen die rheologischen Eigenschaften, die nichtlinearen Fließgesetze für Mantel, Unter- und Ober-Kruste und die begrenzende Yield Spannung und ihre Tiefenabhängigkeit. Variationsbreite und Empfindlichkeit der einzelnen Werte werden aufgezeigt. Einige Werte zeigen hohe Sensitivität, hierbei sollte zwischen physikalischen und numerischen Antworten des Systems genau unterschieden werden.

Das aktuell verwandte Modell ist 2D und möglichst einfach, um zu testen unter welchen Bedingungen die Hypothese prinzipiell funktionsfähig ist. Die Erde ist natürlich viel komplexer, wie neue Beobachtungen um das Rwenzori zeigen. Wenn RID für die sehr spezielle Situation des Rwenzori wahr ist, sollte man die Verallgemeinerung versuchen und nach ähnlichen Situationen suchen.

**PGD-07** – Mi,Do · Geodynamik

*Torizin, J., Jentzsch, G., Gebauer, A., Malischewsky, P. (Jena, Institut für Geowissenschaften), Abakanov, T. (Almaty, Institute of Seismology)*

### **Finite-Elemente Modell der Spannungsakkumulation im Nord-Tianschan**

Die frühere Hauptstadt Kasachstans Almaty wurde in den letzten 150 Jahren mehrmals von starken Erdbeben zerstört. In der Region sind in diesem Zeitraum neun Erdbeben mit der Magnitude  $>7$  bekannt. Trotz des verstärkten Interesses der Wissenschaftler aus aller Welt, konnte für die Region bislang keine zuverlässige Erdbebengefährdungskarte erstellt werden. In dem Projekt „Seismic Hazard Assessment for Almaty„ wird in den Vordergrund die Erforschung der geodynamischen Situation der Region mit geophysikalischen Verfahren gestellt. Ein geodynamisches Modell basierend auf der Finite-Elemente-Methode soll die

Spannungsakkumulation an bekannten Störungszonen aufzeigen und verbesserte Randbedingungen zur Erschaffung einer neuen seismischen Gefährdungskarte liefern.

Aus GPS-Messdaten und geologischen Karten wurden aktive Störungszonen geometrisch konstruiert. Die Aktivität der Störungszonen lässt sich mit den seismischen Dichtekarten, die auf der Basis des zusammengeführten Erdbebenkatalogs für die Region erstellt wurden, verifizieren. Die Geometrie der Störungszonen, petrophysikalische Parameter, die aus den seismischen Modellen und gravi-metrischen Modellen ermittelt wurden, sowie geodätische Daten liefern die Randbedingungen für das Modell. Das Startmodell und erste Ergebnisse werden präsentiert.

### **PGD-08 – Mi,Do · Geodynamik**

*Donner, S., Rößler, D., Strecker, M., Landgraf, A., Ballato, P. (Universität Potsdam)*

#### **Seismotektonische Studie des Elbursgebirges, Nordiran: Momententensorinversion, Kataloganalysen und Schürfgräbendaten**

Die Nordwärtsbewegung der Arabischen gegen die Eurasische Platte verursacht im Gebiet der Kollisionszone im Iran bedeutende kompressive Spannungen, die zur Deformation und Heraushebung des Elburs - Gebirges und zur Bildung mehrerer Blattverschiebungssysteme geführt haben. Zu einem wesentlichen Teil werden die Spannungen entlang von Überschiebungen und Blattverschiebungen im Elbursgebirge aufgenommen, die dort zu großen historisch belegten Erdbeben  $M > 7$  geführt haben. Um zu beantworten, in welcher Form und an welchen Strukturen die Spannungen abgebaut werden, ist neben paläoseismologischen und neotektonischen Indikatoren ein besseres Verständnis der Herdmechanismen aktueller Erdbeben erforderlich. Bisherige Studien zu diesem Thema haben sich mit Hinblick auf die Gefährdung der Hauptstadt Teheran hauptsächlich auf den zentralen und südlichen Teil des Gebirges konzentriert. Bereits vorhandene regionale Analysen zu Momententensoren beruhen ausschließlich auf teleseismischen Daten moderater bis starker Beben ( $M_w > 5$ ). In der hier vorgestellten Studie werden Registrierungen regionaler Erdbeben an kurzperiodischen und Breitbandgeräten für die Inversion nach Momententensoren kombiniert. Dabei sollen, in Ermangelung genügend moderater und starker Erdbeben, auch schwächere Ereignisse ( $M_w < 4.5$ ) der gesamten Gebirgskette unter besonderer Berücksichtigung des Zentralelburs systematisch charakterisiert werden. Weiter ist geplant, zusätzliche Information aus der Analyse neu überarbeiteter Kataloge zur Seismität des Iran zu gewinnen und Informationen aus paläoseismologischen Untersuchungen in Schürfgräben zu integrieren. Es soll hierbei vor allem die Frage geklärt werden, wie sich benachbarte Störungssysteme mit z.T. unterschiedlicher Kinematik zueinander verhalten und welche eventuellen Wechselwirkungen es gibt.

**PGD-09** – Mi,Do · Geodynamik

*Hanke, K. (Bochum, Ruhr Universität)*

**An experimental investigation of the brittle-plastic transition of Aheim Dunites (Norway)**

E-Mail: karin.hanke@ruhr-uni-bochum.de

Samples of Aheim dunite (Norway) were deformed in conventional triaxial compression tests at confining pressures of 1.0 to 2.5 GPa, room temperature to 900 degree C and strain rates of 1 and  $4 \cdot 10^{-5}$  s<sup>-1</sup> using a modified Griggs apparatus. Tin and sodium chloride served as confining pressure medium at room temperature and elevated temperature, respectively. Aheim dunite is predominantly composed of olivine grains with a size of ca. 100 to 500 nm. While a moderate strain rate dependence of strength is observed in experiments so far, the high differential stress levels above the confining pressure indicate that brittle deformation prevails up to a temperature of at least 600 degree C. Microscopic investigations helped to identify operating deformation mechanisms. The objective of this experimental study was to delineate the transition from brittle to plastic deformation as a function of pressure, temperature and eventually strain rate for olivine-rich rocks. This transition affects the transport of fluids into peridotites for example and thus the extent of hydrothermal convection and ultimately the degree of serpentinization in the oceanic lithosphere.

**PGD-10** – Mi,Do · Geodynamik

*Zoporowski, A., Miller, S. A. (Universität Bonn)*

**Modellierung periodischer Eruptionsprozesse von Schlammvulkanen**

E-Mail: zoporowski@geo.uni-bonn.de

Das Phänomen der Schlammvulkane ist in den vergangenen drei Jahren aufgrund der von LUSI in Indonesien verursachten finanziellen und gesellschaftlichen Schäden stärker in das öffentliche und wissenschaftliche Interesse getreten. Obwohl der Aufbau und die Eruptionseigenschaften von Schlammvulkanen seit Längerem beobachtet, untersucht und geologisch modelliert werden, gibt es kaum Ansätze für eine numerische Behandlung.

Wir stellen ein einfaches numerisches Modell vor, das den Austritt von Fluiden aus einem unterirdischen Reservoir durch einen Schlot oder ein vertikales System von Spalten und Rissen beschreibt und sich an der Erdoberfläche als ein Schlammvulkan manifestiert. Wir konzentrieren uns auf die Untersuchung des Einflusses rheologischer Eigenschaften des Fluids und des umgebenden Gesteins auf die Fließdynamik, wobei wir unseren Schwerpunkt auf das Langzeitverhalten, die Zyklizität und das Abklingen der Eruption legen. Mithilfe dieser mathematischen Modellierung und Simulation des Ausbruchprozesses können Durchflussrate und extrudiertes Fluidvolumen aus Annahmen zu Schlammvulkaneigenschaften abgeschätzt werden und einen Beitrag zum Risikomanagement im Bereich dieser Naturgewalt leisten.

**PGD-11 – Mi,Do · Geodynamik**

*Cacace, M. (Universität Potsdam, Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum), Scheck-Wenderoth, M. (Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum), Sippel, J. (Potsdam, Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum)*

**Modeling the thermal field and the impact of salt structures in the North East German Basin**

The recent structural setting of the North East German Basin is mainly controlled by the presence of a thick sequence of Zechstein salt acting as a decoupling horizon between the Mesozoic and Cenozoic strata and the Upper Permian pre-Zechstein sediments. Apart from affecting the structural evolution of the basin, the salt structures locally modify the regional geothermal field. These interactions result in an active convective system within the basin as also constrained by (hydro)-geochemical studies. In order to properly investigate these features, numerical simulations of the geothermal field are carried out on both a basin-wide scale as well as smaller and more detailed scales. Based on a detailed 3D structural model of the North East German Basin, the present-day regional geothermal field is modelled. The goal of the regional study is to quantify the interaction of the different physical rock properties and the thickness of the structural layers with regard to the resulting steady-state conductive thermal field. The present-day regional geothermal field of the North East German Basin provides proper boundary and initial conditions to be used in more refined and smaller-scale models, thus yielding essential information to better understand structures and details of the convective flow system affecting the basin.

**PGD-12 – Mi,Do · Geodynamik**

*Urlaub, M., Fabian, M. (Bremen)*

**3D FE modelling of pump induced tilt and pore pressure gradient fields next to faults**

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

Surface deformation fields caused by sub-surface fluid flow can be measured by high-resolution tiltmeters and explained with high confidence by the theory of poroelasticity. Analytic solutions of the partial differential equations exist solely for simple settings such as a homogeneous full or half space. However, sub-surface structures are often more complex, e.g. layers or tectonic expressions such as faults. Consequently, easy-to-handle models to estimate good locations of tiltmeters for a presupposed geological setting like a fault are rather useful for survey planning. The commercial PC-based finite element software package COMSOL Multiphysics is capable to handle fully coupled poroelastic equations in 2 and 3 dimensions on a common desktop PC. Models can comparatively quickly be adapted to any particular hydrogeological setting. We show models of distinct geological scenarios to demonstrate the resulting effects that are

anomalous to the homogeneous half-space solution.

# GE

## Geoelektrik/Elektromagnetik

---

**GE-01** – Do 26.3 08:30 - 08:50 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Bhatt, K. M., Hördt, A., Weidelt, P. (Inst. f. Geophysik u. Extraterrestrische Physik, TU Braunschweig), Hanstein, T. (KMS Technologies - KJT Enterprises Inc.)*

### **Motion Induced Noise in Marine Controlled Source Electromagnetic data**

E-Mail: a.hoerdt@tu-bs.de

The detection of hydrocarbon reservoirs with marine controlled source electromagnetic (CSEM) data may be adversely affected by different kinds of natural electromagnetic (EM) noise. Noise in seafloor EM data is generally considered small, but since the characteristic reservoir signal is also small, the understanding and possible removal of different sources of noise may be essential to increase the number of possible target reservoirs. Here, we study the EM noise caused by ocean water flow with in earth's magnetic field.

For the mathematical formulation, we consider electrical charges moving with a given velocity in the earth's magnetic field. The charges experience a Lorentz force, which generates a secondary electric field through galvanic and inductive processes. The Lorentz electric field acts as a source in the corresponding set of Maxwell's equations. First, we solve these Maxwell's equations for a simple 1D model, where the velocity has a horizontal component only, and is a function depth and time. The model is extended to a 2D model, where the velocity component is still horizontal, but characterised by a horizontal wave number. Maxwell's equations are solved by disintegrating them into TM and TE mode. The simulations indicate that for practical cases the electric and magnetic field

noise might be relevant for reservoir detection. For example, for a vertical component of earth's magnetic field of 50000 nT, and a typical conductivity model with ocean depth 1000m, a 0.1 Hz ocean movement with 10cm/s amplitude generates electric field amplitudes of 2.5  $\mu\text{V/m}$  and magnetic induction of 7 nT. This is in the range of typical reservoir signals.

**GE-02** – Do 26.3 08:50 - 09:10 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Maier, F. (Göttingen, Institut für Geophysik)*

### **Synthetischer Zugang zur MT-Analyse von langperiodischen Daten**

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

Bei der magnetotellurischen Analyse von langperiodischen Daten mit Anregungsperioden von ca. 10.000 bis 100.000 Sekunden wird das Ergebnis durch den Einfluss des Sq-Ganges beeinflusst. Durch die Überlagerung der ebenen Welle und des Stromwirbels des Sq-Ganges kommt es zu einer Polarisation des magnetischen Feldes der Erde. Eine erste Auswertung einer ca. 8 Monate langen Zeitreihe hat jedoch gezeigt, dass es möglich ist ein akzeptables Ergebnis zu bekommen. Das Ergebnis in diesem Periodenbereich ist von Interesse, da es Aussagen über die Leitfähigkeitsverteilung an der 660-km-Diskontinuität ermöglicht.

Um eine Abschätzung über die Auswirkung des Sq-Ganges auf die magnetotellurische Übertragungsfunktion zu bekommen, wird ein Programm benutzt, das künstliche Felder und Übertragungsfunktionen erzeugt und analysiert. Dabei wird versucht, eine schrittweise Annäherung an reale Verhältnisse zu realisieren. Der Übergang von einem magnetischen Variationsfeld mit verschiedenen Anregungsrichtungen zu einem polarisierten mit Rauschen überlagerten magnetischen Variationsfeld als anregendem Feld steht dabei im zentralen Interesse der Studie.

**GE-03** – Do 26.3 09:10 - 09:30 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Haeuserer, M., Junge, A. (Geoth University Frankfurt)*

### **Indication for an electrically anisotropic lithosphere beneath the Western branch of the East African Rift in Uganda**

Long Period Magnetotelluric (LMT) measurements were performed at up to 14 sites simultaneously within an area of 150 km x 80 km east of the Rwenzori Mountains during 2 field campaigns in 2007 and 2008. The Rwenzories are located in the western branch of the East African Rift in the west of Uganda near the Congo border. Altogether at eight sites time variations of both Magnetic and Telluric fields were recorded, whereas at 15 sites only the Electric field components were observed. MT transfer functions and phase tensor ellipses were estimated at all sites in the period range 10-10000s due to a rather homogeneous source field. Large distortions of the transfer functions indicate a complicated three dimensional conductivity structure within the crust predominantly at the

transition zone between the Rwenzori Mountains and the Rift shoulder to the North East. The overall pattern of the phase tensor ellipses shows a consistent split of the minimum and maximum phase for all sites at periods  $>100$ s. The high maximum phases  $>60^\circ$  are associated with currents perpendicular to the Rift Valley and the minimum phases ( $45^\circ$ ) with currents parallel to the Rift. The high phase component over the period range 100-10000s indicates a downwards increasing conductivity over a large depth range within the lithosphere. The phase split can be explained by a model with anisotropic lithospheric conductivity. Generally all impedance phases increase above  $45^\circ$  for periods longer than 2000s denoting an increase of the conductivity beneath the lithosphere.

**GE-04** – Do 26.3 09:30 - 09:50 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Agricola, T. (Frankfurt, Goethe Universität), Günther, T. (Hannover, LIAG), Junge, A. (Frankfurt, Goethe Universität), Kracht, M., Nesbor, D. (Wiesbaden, HLOG)*

### **Dem Trachytdom im Hohen Vogelsberg mit großskaliger Tiefengeoelektrik auf der Spur**

Mit einer Fläche von 2100km<sup>2</sup> ist der Vogelsberg das größte Vulkangebiet Mitteleuropas und Teil einer im Tertiär aktiven vulkanischen Zone. Die Förderung der Schmelzen, die aus einer Tiefe von bis zu 100km stammen, setzte vor ca. 18 Ma ein und endete vor etwa 14 Ma.

Im Jahr 2007 wurde die Forschungsbohrung Sichenhausen-Eschwald in der Nähe des Hoherodskopfes abgeteuft. In dieser Bohrung wurden ab einer Teufe von fast 200m bis zur Endteufe von 305m Gesteine erbohrt, die auf einen großen endogenen Lavadom hinweisen.

Um die Ausdehnung dieses möglichen Lavadoms genauer zu untersuchen, wurden 2008 u.a. durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLOG), das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) und die Goethe Universität Frankfurt am Main geophysikalische Untersuchungen durchgeführt.

Hierzu wurden auf einem etwa 3x3km großen Gebiet um die Forschungsbohrung 21 Stationen mit je 3 Kanälen des Datenloggers GEOLORE als Empfängerstationen aufgebaut. Die Empfängerdipole waren ca. 30m lang. Es wurden zwei vertikale Empfängerdipole in der Forschungsbohrung installiert. Bei diesen lag ein Pol an der Oberfläche und der zweite bei 140 bzw. 210 m Teufe.

In der aktiven Phase des Experiments wurden insgesamt 36 Einspeisungen parallel zu den Empfängerdipolen durchgeführt. Hierbei wurde die Hochstromquelle des LIAG verwendet und Ströme von bis zu 36 A eingespeist. Die Länge der Sendedipole betrug 150-300m, sie wurde bewusst größer gewählt, um günstigere Geometriefaktoren zu erreichen.

Der Datensatz wurde im November 2008 durch hochfrequente AMT-Messungen ergänzt. Ziel ist es, mit beiden Datensätzen ein gemeinsames Untergrundmodell zu erstellen. In die Auswertung der Daten flossen auch die Bohr-



lochmessungen des Widerstandes aus der Forschungsbohrung ein.

Das derzeitige Leitfähigkeitsmodell zeigt zwei hochohmige Strukturen, die sich von der Oberfläche bis in eine Tiefe von einigen 100m erstrecken und durch Aufschlüsse bzw. weitere Bohrungen in Zusammenhang mit der vulkanischen Aktivität gebracht werden können.

**GE-05** – Do 26.3 09:50 - 10:10 HS A · Goelektrik + Elektromagnetik

*Streich, R. (SINTEF Petroleum Research, Norway)*

### **3D finite-difference frequency-domain modeling of marine controlled-source electromagnetic data using a direct matrix solver**

3D Modeling of marine controlled-source electromagnetic (CSEM) data is vital to improve the understanding of electromagnetic responses collected in increasingly complex geological settings. A modeling tool has been devised for simulating 3D marine CSEM surveys, based on a finite-difference discretization of the Helmholtz equation for the electric fields. The modeling approach is optimized for CSEM surveys by using a frequency-domain technique, a staggering scheme that reduces inaccuracies especially for horizontal electric dipole sources located near the seafloor, and a new interpolation technique that provides highly accurate electromagnetic field values for receivers located in the immediate vicinity of the seafloor. Air in the model is naturally accounted for by using complex conductivities. Source singularities are eliminated through a secondary field approach, in which the primary fields are computed analytically either for a homogeneous or a 1D layered background and the secondary fields are computed using the finite-difference technique. Exploiting recent advances in computer technology and algorithmic developments, the system of finite-difference equations is solved using the MUMPS direct matrix solver. This facilitates efficient computations of the responses for multiple sources, and also makes the algorithm well-suited for future use within an inversion scheme. Models with up to  $\sim 250000$  cells have been handled on eight processing cores of a small test cluster, producing a matrix factorization within little more than one hour and individual source solutions within few seconds. The accuracy of the chosen approach and the benefits from the specific optimizations have been verified by comparing simulated data for 1D layered models to data generated using a 1D reflectivity technique.

**GE-06** – Do 26.3 10:10 - 10:30 HS A · Goelektrik + Elektromagnetik

*Büttner, G., Reincke, U. (Universität Greifswald)*

### **Einsatz geophysikalischer Prospektionsmethoden zur Erkundung eines rutschungsgefährdeten Gebietes auf Rügen**

E-Mail: buettner@uni-greifswald.de

Die Insel Rügen ist weithin für ihre markanten Steilküsten aus Kreide- und Eiszeitablagerungen bekannt. In den vergangenen Jahren waren insbesondere auf

Jasmund zahlreiche Abbrüche und Rutschungen zu verzeichnen. Ziel verschiedener geologischer und geophysikalischer Untersuchungen ist es seither, die Ursachen zu erkennen und gefährdete Bereiche auszuweisen. An einem beispielhaften Standort in Lohme wurden neben einer jungen Rutschung Georadar- und geoelektrische Messungen durchgeführt. Sie sollten demonstrieren, inwieweit indirekte Methoden geeignet sind, potentielle Rutschungsflächen anzuzeigen.

Die Messungen in der ersten Phase belegen, dass die Untersuchungen mit dem Georadar aufgrund der starken Dämpfung keine Untergrundstrukturen erkennen lassen. Die Gleichstromgeoelektrik hingegen zeigt deutliche Widerstandsunterschiede in den obersten Metern an. Zum Teil werden höherohmige Schichten von geringohmigen Schichten unterlagert, die deutlich der Morphologie folgen. In benachbarten Bohrungen sind über Geschiebemergel/Geschiebelehm mit veränderlichen Tongehalten Sande aufgeschlossen. Somit lassen sich die geringen Widerstände entweder durch einen höheren Tongehalt oder einen deutlich erhöhten Wassergehalt interpretieren. In beiden Fällen kann jedoch von einer verminderten Standsicherheit ausgegangen werden.

Die aufgenommenen Pseudosektionen und vorhandenen Bohrungen weisen außerdem auf eine starke laterale Heterogenität der Schichtenfolge hin. Mittels neuer engständiger gleichstromgeoelektrischer Messungen und Bohrungen sollen die lokalen Anomalien stärker abgrenzt und ihre lithologische Zuordnung verbessert werden.

**GE-07** – Do 26.3 11:30 - 11:50 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Pfaffhuber, A. A., Helle, T. E., Rømoen, M. (NGI, Oslo), Donohue, S., Long, M. (UCD, Dublin), O'Connor, P. (APEX, Gorey), Bastani, M., Persson, L. (SGU, Uppsala)*

### **Surface- and CPT resistivity surveys as a tool to map Quick Clay hazard zones**

E-Mail: [apf@ngi.no](mailto:apf@ngi.no)

Leached marine clay and consequently quick clay in coastal, post-submarine areas in Scandinavia and North America is a serious geohazard and large efforts are being taken to map its occurrence and extent.

Quick clay can be described as highly sensitive, marine clay, which had been deposited in a coastal marine environment during the last glacial period. Due to post-glacial heaving these areas are now up to 200 m above sea level. The former marine clay has consequently been exposed to ground water and percolating surface water which has led to a reduction in pore water salinity. Marine clay has large pore volumes between the clay minerals and the structure is kept stable by the salt in the pore water. When the salt leaches, the bindings between the clay minerals become weaker, and the clay becomes sensitive. Some of the most densely inhabited areas of Norway e.g. the areas around the Oslo- and Trondheimsfjord are located in potential quick clay areas and hence detailed risk assessment is needed.

Quick clay hazard zones have traditionally been mapped by virtue of geotechnical field investigations such as rotary pressure soundings and cone penetrating tests (CPT). Within a three year research effort NGI, in cooperation with other groups in Norway, Ireland and Sweden, has started to investigate the applicability of resistivity logging CPT (RCPT) in concert with surface resistivity methods such as ERT, CSRMT, IP, etc. to identify and map quick clay. As the electrical resistivity of sediments is generally governed by the clay content and pore fluid chemistry, resistivity appears to be a good indicator for quick clay. Within a potential quick clay layer the bulk resistivity thus indicates quick clay or unleached clay. First results from RCPT field data and core measurements in the lab confirm our assumptions. When it comes to extending RCPT soundings laterally and spatially surface resistivity methods come to mind and have in fact been successfully applied in Norway before. The challenges in combining RCPT and surface resistivity are the different survey parameters such as geometry and frequency as we are dealing with a presumably anisotropic and polarizable material. Tackling these challenges is substance of our ongoing research.

Web page: <http://www.ngi.no/en>

**GE-08** – Do 26.3 11:50 - 12:10 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Kütter, S., Franke-Börner, A., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Bergakademie Freiberg)*

### **3D FE Simulation von MT unter Verwendung digitaler Geländemodelle am Beispiel vom Stromboli**

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

Der Stromboli ist eine vulkanische Mittelmeerinsel vor der Westküste Italiens und gehört zum Äolischen Archipel. Der Vulkan ist vor allem für seine über die letzten 2000 Jahre regelmäßigen aber meist harmlosen Ausbrüche bekannt. Dieser Zyklus wird jedoch immer wieder durch größere Eruptionen unterbrochen. Um Aussagen über die dabei ablaufenden Prozesse treffen zu können, ist eine genaue Kenntnis der inneren Strukturen des Vulkans und ihrer zeitlichen Änderungen notwendig. Im Rahmen der vorgestellten Arbeit sollen Modellstudien zeigen, ob die Magnetotellurik (MT) einen Beitrag zur Lösung dieser Aufgabenstellung liefern kann. Numerische Simulationen haben ergeben, dass für die Berechnung hinreichend genauer Ergebnisse, die Verwendung realer Topographie- und Bathymetriewerte aus digitalen Geländemodellen (DGM) erforderlich ist. Zur Einbindung dieser komplizierten Modellgeometrien ist die Finite-Elemente-Methode in Verbindung mit unstrukturierten Tetraedergittern besonders gut geeignet. Die elektromagnetischen Felder, scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstände und Phasenwinkel können entlang verschiedener Profile durch das Modell betrachtet werden. Die Berechnungen müssen außerdem für einen großen Frequenzbereich von 0.001 bis 1000 Hz durchgeführt werden, um sowohl die oberflächennahen Strukturen als auch die Schichten unterhalb des Vulkans und

die Magmakammer auflösen zu können. Weitere systematische 3D Modellstudien sollen die Einflüsse von Änderungen der inneren Vulkanstruktur, wie sie beispielsweise beim Aufsteigen von Gasblasen auftreten, auf die MT Felder zeigen.

**GE-09** – Do 26.3 12:10 - 12:30 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Grinat, M., Ziekur, R., Südekum, W., Steuer, A. (LIAG Hannover)*

### **Geoelektrische Messungen zur Erkundung der Süßwasserlinsen auf der Nordseeinsel Borkum**

Die von der BGR auf der Nordseeinsel Borkum durchgeführten flächenhaften hubschrauberelektromagnetischen Messungen (Steuer et al., DGG-Tagung 2009) wurden durch geoelektrische Messungen am Boden ergänzt. Dabei erfolgten gleichstromgeoelektrische Multielektrodenmessungen und Sondierungen in Schlumberger-Elektrodenanordnung sowie Messungen mit dem OhmMapper.

Die Messungen mit der Multielektrodengeoelektrik wurden im Wassergewinnungsgebiet Ostland auf drei Profilen quer zum Dünengürtel durchgeführt. Sie haben die Grenze zwischen den Süßwasser führenden Dünen und dem salzwasserdominierten Bereich erfasst sowie Hinweise zur Mächtigkeit der Süßwasserlinse geliefert. Zusätzlich erfolgten testweise Messungen mit dem OhmMapper auf einem Profil quer zu den Dünen, auf dem auch Sondierungen vorlagen. Diese haben - wie die Multielektrodengeoelektrik - den Übergang zum salzwasserdominierten Bereich gezeigt.

Von besonderem Interesse sind mögliche Veränderungen der beiden Süßwasserlinsen. Daher erfolgten im Jahr 2008 sowohl im Ostland als auch in der Wardelle an insgesamt 36 Sondierungspunkten der Jahre 1991, 1992 und 1995 Wiederholungsmessungen mit der Gleichstromgeoelektrik in Schlumberger-Elektrodenanordnung. In beiden Gebieten konnte keine signifikante Veränderung der Mächtigkeit der Süßwasserlinse nachgewiesen werden.

**GE-10** – Do 26.3 12:30 - 12:50 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Steuer, A. (Hannover, LIAG), Siemon, B. (Hannover, BGR), Grinat, M. (Hannover, LIAG)*

### **Hubschrauber-Elektromagnetik zur Erkundung der Süßwasserlinsen der Nordseeinsel Borkum**

E-Mail: annika.steuer@liag-hannover.de

Die Insel Borkum ist die größte der Ostfriesischen Inseln. Sie besteht ausschließlich aus quartären Sedimenten, wie Sanden, Tonen und Schluffen. Bis Mitte des 19. Jahrhunderts war Borkum zweigeteilt in Ostland und Westland, getrennt durch einen Priel. Jeder Teil hatte seine eigene Süßwasserlinse. In der heute zusammengewachsenen Insel äußert sich die ehemalige Zweiteilung noch durch zwei separate Süßwasserlinsen.

Durch den Orkan Kyrill Anfang 2007 gelangten Salzwassereinbrüche bis an den Rand des inneren Dünengürtels. Solche Ereignisse, aber auch der Tourismus in den Sommermonaten und der damit einhergehende verstärkte Wasserverbrauch gefährden die Süßwasserlinsen. Noch kann die gesamte Trinkwasserversorgung mit inseleigenem Grundwasser erfolgen.

Ziele dieses Projekts sind die 3D-Kartierung der Süßwasserlinsen und, aufbauend auf vorhandenen Messungen, die Ermittlung von Veränderungen im Salz-Süßwasser-Grenzbereich. Die Ergebnisse sollen auch als Grundlage für ein hydrochemisches Monitoring in sensiblen Bereichen der Süßwasserlinsen dienen. Die Methoden, die bisher zur Erkundung der Süßwasserlinsen eingesetzt wurden sind: klassische Schlumberger-Geoelektrik, Multi-Elektroden-Geoelektrik und OhmMapper<sup>TM</sup> (Grinat et al., DGG-Tagung 2009), Hubschrauber-Elektromagnetik (HEM), Georadar, Leitfähigkeitssondierung und Direct-Push-Verfahren inklusive Grundwasserentnahme. Zusätzlich existieren zahlreiche Bohrprofile.

Mithilfe der HEM konnte die Ausdehnung der Süßwasserlinsen flächendeckend kartiert und damit das potentielle Trinkwasservolumen der Insel abgeschätzt werden. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Erkundungstechniken konnten die Ergebnisse der HEM präzisiert werden.

Die HEM-Messungen haben stattgefunden innerhalb des LIAG-Projekts "Flächenhafte Befliegung mit Aerogeophysik" (Wiederhold et al., DGG-Tagung 2009).

Webseite: <http://www.liag-hannover.de>

**GE-11** – Do 26.3 12:50 - 13:10 HS A · Geoelektrik + Elektromagnetik

*Blindow, N., Suckro, S. (Münster), Eisenburger, D. (BGR Hannover), Stax, R. (K+S AG, Kassel)*

### **Helicopter-borne GPR measurements for geological applications - Recent results of the UMAIR system**

E-Mail: [blindow@earth.uni-muenster.de](mailto:blindow@earth.uni-muenster.de)

A helicopter-borne 30 MHz pulse radar has been developed at the Institute for Geophysics, University of Münster, Germany. Primarily designed for measurements of temperate ice of mountain glaciers and sub-Antarctic ice caps it was called UMAIR (University of Münster Airborne Ice Radar). The system operates from any helicopter capable of carrying a sling load of 250kg which makes it a versatile instrument for many purposes.

The UMAIR system has had successful missions over glaciers in Chile and Switzerland measuring temperate ice with up to 800 m thickness.

Within the scope of feasibility studies of the BGR we tested the UMAIR for geological applications. Two case studies are presented:

- The system was able to penetrate over 30 m of glacial sediments in Northern Germany showing some sedimentary structures and the water table as the

lowermost reflector. The results match well with GPR profiles measured on the ground along the flight tracks. Some drawbacks in data quality occur due to multiple reflections and changing flight altitude.

- Dry salt lakes are huge mineral deposits, especially in South America. With the UMAIR system we were able to map the base of the salt in parts of Salar Grande, Northern Chile, close to an open pit mine. The salt (mainly dry sodium chloride) is fissured and is covered by a weathered layer of slightly moist salt karst. The base of the deposit consists of moist sandstone. A penetration depth of about 80 m to the base of the deposit could be achieved in spite of the absorbing and scattering surface layer. Some internal layering is also visible. Drillings and GPR measurements on the ground serve as references for the salt thickness. They are in close match with the helicopter-borne UMAIR results.

Web page: <http://earth.uni-muenster.de/polarhomepage/info.shtml>

**PGE-01** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Kiberu, J. M. (TU Berlin), Yaramanci, U. (Leibniz-Institute of Applied Geophysics and TU Berlin)*

**Assessment of the capability of Magnetic Resonance Sounding in structurally complex geological formations using post drilling**

E-Mail: [jmkiberu@yahoo.co.uk](mailto:jmkiberu@yahoo.co.uk)

Magnetic Resonance Sounding (MRS) is a geophysical method that allows direct determination of the distribution of mobile water content and is based on the spin magnetic moment precession of protons in the hydrogen atoms of water. It therefore offers an opportunity of locating and quantifying occurrences of groundwater and as well as estimating key hydrogeological parameters. A field work study was conducted in Uganda to assess the potential of the MRS technique in extracting and estimating hydrogeological parameters in highly jointed geological formations. The flow of groundwater in the unweathered bedrock aquifer (granitic or gneissic) is entirely through fractures, which presents a challenge due to the fact the MRS technique has been so far successfully tested and used only in sedimentary aquifers (e.g. sandy). The signal amplitude was <50 nV corresponding to little amounts of water (<6 vol%) after inversion. The Equatorial Electrojet (EEJ) phenomenon contributed to the high noise levels and thus different antenna shapes were applied to obtain a better signal with reduced noise. The stacked noise was approximately 10 nV with stacking rates > 200. Many rock exposures are heavily weathered and much of their original iron content has been leached out forming red lateritic soils. However, the rock magnetic susceptibility measured in the field was < 10e-2 SI, which is in the tolerable range for MRS measurements. The pumping test data reveal the yield of water to be around 300 l/h with a hand pump and in excess of 9000 l/h with a production well. After each sounding, the information from MRS was directly verified by drill holes and the results showed a correlation close to 100%. The inversion re-

sults have been correlated with alternative data sources such as drill hole (lithology) and pumping tests. Supplementary laboratory measurements have also been used. On ground of MRS, it was decided to drill, which gave the unique opportunity to assess the capability of a MRS as a reliable tool for assessing the presence of producible water in a such a complex environment as encountered in Uganda.

Web page: <http://www.geophysik.tu-berlin.de>

## **PGE-02** – Mi,Do · Goelektrik/Elektromagnetik

*Wilhelms, W., Schwarzbach, C., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Bergakademie Freiberg)*

### **A fast 3D MT inversion - the forward operator behind**

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

There is a growing demand for fast three-dimensional inversion algorithms applied to the interpretation of three-dimensional MT data sets. However, there still is a multitude of problems involved, which have to be solved simultaneously. First, the forward problem has to be implemented in a sufficiently fast and accurate manner. Second, a fast and efficient calculation of the sensitivity matrix is desired. Finally, the inversion scheme should provide a proper convergence rate.

For the first two problems fast and efficient solutions could be found. A forward operator based on the finite element method on unstructured tetrahedral grids was employed, making this a whole new approach. Further, a direct sparse matrix solver ensures high performance of the solution of the large linear equation systems arising from the discretization of the curl-curl equation involved. The sensitivities are calculated using the adjoint equation method. In our implementation we make use of the matrix factors already provided by the forward solution step. Using this factorization, the sensitivities for all MT sites with respect to a change in electrical conductivity within a small volume can be calculated simultaneously by two inexpensive backward substitution steps, which only requires little computational overhead. Once forward modelling and sensitivity calculations are validated, we will focus on the implementation of inversion strategies, such as Gauß-Newton or Nonlinear Conjugate Gradients methods.

## **PGE-03** – Mi,Do · Goelektrik/Elektromagnetik

*Chen, J., Jegen, M. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **MT data processing with Empirical Mode Decomposition and Hilbert Spectra**

In this abstract, we present a new dynamic time series analysis method to infer the magnetotelluric impedance tensor from time varying electric and magnetic fields.

Most commonly applied analyzing techniques determine the spectra by means of Fourier transform, which assume either that the signals are stationary over the record length or that any distortion in the spectral estimations due to non-stationarity will occur in an equivalent manner in the spectra of both the electric and magnetic fields. We present a new method dealing with non-stationary MT time series based on empirical mode decomposition (EMD).

With the EMD method, non stationary time series may be decomposed into a sequence of intrinsic mode functions (IMFs) based entirely on signal characteristics and not on any given set of base functions such as sines and cosines in the Fourier transform or wavelets in the Wavelet transform. The IMFs themselves allow, as opposed to the raw data, the derivation of a well behaved Hilbert spectra, showing the frequency content of the signal as a function of time. This representation in turn allows for the a detailed inspection of signal and noise content over the length of the data series. We then use marginal Hilbert spectra of electric and magnetic fields data and Markov Chain Monte Carlo (MCMC) approach to determine the magnetotelluric impedance tensor.

The EMD method, Hilbert transform and spectra will be illustrated using synthetic and real data sets and the derivation of the impedance tensor based on EMD and Fourier analysis will be compared.

**PGE-04** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Franke-Börner, A., Börner, R.-U., Spitzer, K. (TU Bergakademie Freiberg)*

**Is there a most efficient formulation of the MT boundary value problem for three-dimensional finite element simulations?**

Maxwell's equations give rise to different formulations of the three-dimensional (3D) magnetotelluric (MT) boundary value problem. We have derived the equation of induction in terms of the magnetic field, the electric field, the magnetic vector potential and the electric scalar potential, the magnetic vector potential only, and the secondary magnetic vector potential. Including Dirichlet and Neumann boundary conditions, the vector fields can be calculated in a bounded domain  $\Omega$ . From their derivatives with respect to space we obtain MT data such as the impedance tensor, apparent resistivity, and phase. To find a solution of the boundary value problems we apply the finite element (FE) method on unstructured tetrahedral grids. Linear, quadratic, and cubic vector finite elements ensure continuity of the tangential field components and allow for discontinuous normal field components at parameter contrasts. Therefore, they are well suited to approximate 3D electromagnetic quantities. Their degrees of freedom are associated with the edges, faces and the volume of the tetrahedra. A direct solver is utilised to solve the system of equations which results from the FE discretisation. Numerical differentiation and integration of the vector fields enables the computation of the MT data. We present a comparison of the different formulations of the MT boundary value problem concerning their accuracy and numerical efficiency. Since Maxwell's equations are not perfectly symmetric the



boundary value problem for the magnetic field shows different characteristics than that for the electric field and the potential approaches. Our studies cover an expanded frequency range that includes higher frequencies used by the radio and audio magnetotelluric method for studying shallow subsurface structures. Hence, displacement currents need consideration. In order to be able to simulate the dependency of the vector fields on all electromagnetic parameters, we also consider the magnetic permeability and the dielectric permittivity as model parameters beside the electrical conductivity.

**PGE-05** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Afanasjew, M., Börner, R.-U., Eiermann, M., Ernst, O. G., Spitzer, K. (Freiberg)*

### **Advances in the numerical solution of the 3-D TEM forward problem**

Electromagnetic methods have recently gained much broader recognition in the exploration industry. However, challenging problems in the field of numerical simulation still remain. In this paper we address recent developments in numerical techniques which are most suitable for an efficient solution of the 3-D induction problem using transient dipole sources.

We consider the numerical solution of electromagnetic induction due to a transient dipole source located on the surface of a half-space with an arbitrary 3-D conductivity structure.

The spatial discretization requires an artificial boundary condition to be imposed at the air-earth interface to avoid discretizing the non-conducting air region. Such an exact boundary condition necessitates an efficient implementation of Fourier transforms on graded meshes. To avoid the undesired numerical overhead arising from using an FFT on non-uniform meshes, we precompute the action of the Fourier transform and interpolation operators on the discretized fields. Since these operators only depend on the mesh size, which remains constant throughout the time-stepping, the discrete action of the transform and interpolation can be formally expressed by a matrix-vector product. We give examples which illustrate the gain in efficiency of the time-stepping of Maxwell's equations.

As a further aspect, we consider time-stepping via Krylov subspace methods. These are generalizations of the well-known SLDM method, for which we have developed memory efficient restarting techniques and *a-posteriori* error bounds.

The time evolution of the electric and/or magnetic field can be expressed formally by an ordinary differential equation which incorporates a large sparse matrix representing the discrete curl-curl operator. Its solution is the matrix exponential applied to the vector of initial values. There exist a number of numerical techniques to approximate solutions to such problems involving matrix exponentials. Various implementations of this class of techniques will be discussed with respect to memory requirements, numerical efficiency, and accuracy.

**PGE-06 – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik**

*Lippert, K., Bergers, R., Yogeshwar, P., Tezkan, B. (Universität zu Köln)*

**Kalibrierung von RMT-Geräten auf einem zugefrorenen Eifel-Maar**

E-Mail: [lippert@geo.uni-koeln.de](mailto:lippert@geo.uni-koeln.de)

Zur Kalibrierung verschiedener Radiomagnetotellurik-(RMT)-Messgeräte wurde auf dem zugefrorenem Holzmaar bei Gillenfeld / Eifel eine Vergleichsmessung durchgeführt. Zum Einsatz kamen dabei: die beiden digitalen Geräte der Universität zu Köln aus russischer Produktion RMT-M (2-Kanal) und RMT-F (4-Kanal), sowie zwei analoge Geräte vom schweizer Hersteller Centre of Hydrogeology Neuchatel.

Das Holzmaar wurde gewählt weil dort aus früheren Untersuchungen des Instituts (TEM-Messungen zu Wasser) und anderer Institutionen bereits Informationen vorlagen und es darüberhinaus mit einer Wassertiefe von ca. 20m einen grossen Teil der mit der RMT-Methode erreichbaren Erkundungstiefen abdeckt. Während der mehrere Wochen andauernden Frostperiode im Winter 2008/09 bildete sich auf dem Holzmaar eine stabile Eisschicht, so dass der darunterliegende, in weiten Teilen quasi-homogene Halbraum zu Fuss erreicht werden konnte.

Neben vergleichenden Messungen der vier RMT-Geräte wurden die Unterschiede der kapazitiven und galvanischen Ankopplung des elektrischen Feldes bei den russischen Geräten untersucht und einige Versuche bezüglich der Variation der Ausrichtung gegen die Senderrichtung durchgeführt. Zur Ermittlung der wahren elektrischen Leitfähigkeit des Wassers als Funktion der Tiefe wurde für diese Messung eine Geoelektrik-Sonde gebaut und durch ein Loch im Eis abgeteuft.

Webseite: <http://www.geomet.uni-koeln.de>

**PGE-07 – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik**

*Shengjun, L. (Freiberg)*

**Application of Magnetotelluric in oil detecting**

Magnetotelluric (MT) can sounding different depth with certain frequency. It can get magnetic field  $H$ , the electric field  $E$ . In oil prospecting, the subsurface resistivity distribution can provide important information for imaging the reservoir because the resistivity of the common sedimentary rocks depends mainly on the porosity and salinity of the fluids in rocks. MT shows promise as a technique which could provide answers to exploration questions in areas where interpretable seismic data are very difficult to acquire. MT data are acquired simultaneously at some stations, or at one station with a reference station. Although MT does not have the resolution of seismic, it can typically map up to seven bulk layers in the subsurface. We have formulated a 3-D inverse solution for the magnetotelluric problem using the non-linear conjugate gradient method. Finite difference methods are used to compute predicted data efficiently and objective

functional gradients. MT data is representative to anticline area.

**PGE-08** – Mi,Do · Goelektrik/Elektromagnetik

*Hippmann, F., Samrock, F. (Göttingen, Institut für Geophysik)*

### **Langperiodische Magnetotellurik-Daten aus von Vulkanismus geprägten Regionen Deutschlands**

Wir präsentieren Magnetotellurik-Daten, die am geophysikalischen Institut der Universität Göttingen über einen Zeitraum von 8 Monaten aufgenommen wurden. Das Messgebiet erstreckte sich über 400km vom Westen Thüringens bis in die Eifel, wobei die Messtationen über der Göttinger D-Anomalie, dem Sauerland und der Vulkaneifel positioniert wurden. Die Gebiete um Göttingen und die Eifel waren in der Erdgeschichte in unterschiedlichem Maße immer wieder Schauplatz von Intraplattenvulkanismus, zu dessen Erklärung häufig die Existenz eines Plumes herangezogen wird.

Zur Aufzeichnung der Magnetotellurik-Daten wurde das in Göttingen entwickelte Aufzeichnungssystem RAP benutzt. Der lange Aufzeichnungszeitraum ermöglicht es den Schwerpunkt der Auswertung auf lange Perioden zu legen und somit Aussagen über tiefere Strukturen der Kruste und im oberen Mantel zu treffen. In der Auswertung sollen die durch die Methode der Magnetotellurik und die durch Geomagnetic Depth Sounding (GDS) gewonnenen Erkenntnisse präsentiert werden.

**PGE-09** – Mi,Do · Goelektrik/Elektromagnetik

*Löwer, A., Junge, A., Agricola, T., Häuserer, M. (Universität Frankfurt)*

### **Dem Trachytdom im Hohen Vogelsberg mit Audiomagnetotellurik (AMT) auf der Spur**

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

Mit einer Fläche von 2100km<sup>2</sup> ist der Vogelsberg das größte Vulkangebiet Mitteleuropas und Teil einer im Tertiär aktiven vulkanischen Zone. Im Jahr 2007 wurde die Forschungsbohrung Sichenhausen-Eschwald in der Nähe des Hoherods-kopfes abgeteuft. In dieser Bohrung wurden ab einer Teufe von fast 200m Gesteine erbohrt, die auf einen großen endogenen Lavadom hinweisen. Um die Ausdehnung dieses möglichen Lavadoms genauer zu untersuchen, wurden 2008 u.a. durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG), das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) und die Goethe Universität Frankfurt am Main geophysikalische Untersuchungen durchgeführt.

Als Tiefenergänzung zu den goelektrischen Messungen von Agricola et al (2008) wurden Anfang November 2008 magnetotellurische Daten im Frequenzbereich bis 16kHz aufgenommen. Hierzu wurde in einem Gebiet von ca. 3x 3km an 13 Standorten mit der Metronix ADU07 bis zu 12 Stunden gemessen.

Ein Hauptproblem bei den Messungen im Vogelsberg sind die Siedlungen in unmittelbarer Nähe, denn diese erzeugen eine Vielzahl von Störsignalen wie z.B. die 50Hz Netzfrequenz und die 16.7Hz der Bahn. Im Messbereich von ca. 10Hz – 16kHz fallen diese Hauptstörfrequenzen mit ihren Multiplen, die ein Vielfaches mehr an Energie enthalten als die natürlichen Schwingungen. Im Frequenzbereich können allerdings die Störfrequenzen eliminiert werden. Wir erhalten eine Zeitreihe, in der wir die datenbehafteten Bereiche von Hand selektieren und in ein automatisches Auswahlverfahren übergeben können. Dadurch wurde die Qualität der gewonnenen Übertragungsfunktionen stark verbessert.

Die 1D Interpretation der Übertragungsfunktionen bestätigen die großskalige Geoelektrik im gleichen Gebiet und deuten auf einen hochohmigen Bereich in den ersten 100 Metern hin, der im Zusammenhang mit vulkanischer Aktivität steht.

### **PGE-10 – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik**

*Meqbel, N., Ritter, O. (Potsdam, GeoForschungsZentrum), Weckmann, U. (Potsdam, GeoForschungsZentrum and University of Potsdam, Institute of Geosciences), Munoz, G., Becken, M., DESIRE Group (Potsdam, GeoForschungsZentrum)*

#### **The deep electrical conductivity structure of the Dead Sea Basin**

E-Mail: meqbel@gfz-potsdam.de

The left-lateral Dead Sea transform (DST) is a major transform fault separating the Arabian plate in the east from the African and Sinai plates in the west. It extends from Red Sea rift to the Taurus collision zone in eastern Turkey, with a total length of more than 1000 km. During its evolution, the DST formed several deep sedimentary (pull-apart) basins, such as the Gulf of Aqaba / Eilat, the lake of Tiberius and the Dead Sea basin (DSB). The DSB is the largest basin along the transform valley and probably the largest of these structures on earth. The basin is 135km long, 20km wide and according to an interpretation of gravity data the basins fill is approximately 10km thick.

Within the framework of the multi-disciplinary DESIRE (Dead Sea Integrated Research) project, several geophysical methods were applied to investigate the southern part of the DSB, including magnetotellurics (MT), active reflection and refraction seismic, aero-gravity, and passive seismology. The MT data were acquired in 2006 along a 120 km long, approximately east-west oriented profile at 150 stations. Resistivity models obtained from two-dimensional inversion of the MT data reveal several robust features: Beneath the Dead Sea, extending to a depth of approximately 3 km, we observe extremely low electrical resistivity (0.1-0.5  $\Omega\text{m}$ ). Embedded within this structure and located beneath the Al-Lisan Peninsula we observe a localized high resistivity body ( $> 100 \Omega\text{m}$ ), which is interpreted as the Al Lisan salt diapir. The lateral boundaries of the DSB are clearly expressed in the resistivity model as abrupt changes from moderately low ( $20 \Omega\text{m}$ ) to high resistivity ( $> 1000 \Omega\text{m}$ ) at depths of 3 and 4 km under the

eastern and western segment of the profile, respectively. The locations of the boundaries coincide with the surface traces of the eastern and western border faults. Furthermore, the 2D model images two conductive layers beneath both, the eastern and western segments of the profile at varying depth ranges. Based on hydro-geological information the location and depth extend of these conductive layers appear to coincide with a shallow and a deeper aquifer. With our electrical conductivity model it is possible to delineate the saline/fresh water interface, particularly at the eastern shoreline of the Dead Sea. The border faults appear to prevent cross-fault fluid flow of the Dead Sea brines.

We examine the influence of the Dead Sea on the induction vectors using three dimensional forward modelling. The final result indicates that the effect of the Dead Sea on the induction vectors can be reconstructed for periods up to 100s. For long periods, the behaviour of the induction vectors is characterized by high amplitudes and directions of  $135^\circ$  which cannot be explained by the influence of the Dead Sea.

**PGE-11** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Flechsig, Ch., Schütze, C., Rücker, C. (Universität Leipzig)*

**The Cheb Basin, Western Eger Rift (Czech Republic): a Geophysical Approach to Investigate a Magmatic CO<sub>2</sub> Degassing Structure**

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

The western Eger Rift, W-Bohemia/Czech Republic, with its large number of mofette fields and mineral springs, is also characterised by Quaternary volcanoes, anomalies of mantle derived He and the periodic occurrence of earthquake swarms. Geochemical study indicates, that the recent active magmatic processes in the earth's crust may have an influence on the degassing behaviour and the generation of swarm earthquakes. One of the main research questions is to understand the transport processes of CO<sub>2</sub> from the active magma reservoir in the subcrustal mantle through the earth's crust to the surface. Several active faults presented by geomorphological anomalies were found and their spatial distribution is complex. The location of degassing area is linked to faults acting as preferential pathways for the fluids.

The aim of geoelectrical investigations is to evaluate and to outline regions with an anomalous resistivity pattern (in combination of near surface surveys as well as large scale DC experiments) and to delineate prominent geoelectric structures associated with seismological and fluid related features.

The near surface investigations reveal a positive correlation between areas of high soil gas CO<sub>2</sub> concentration and flux with geophysical anomalies (negative self potential, positive structures of low resistivity) as well as with specific sediment properties (uplifted clay layer). These features are thought to be directly or indirectly related to the magmatic caused CO<sub>2</sub> flow and a high gas pressure. Effective large-scale DC field tests accompanied by self potential measurements in the region of the Novy Kostel (swarm earthquake epicenter 2000) and the zone

of forced degassing of magmatic CO<sub>2</sub> lead to the conclusion, that this methods are useful tools for further investigations of the resistivity distribution down to a depth of several kilometers to recognize geological structures and fault zones within the Cheb Basin/Eger Rift.

Web page: <http://www.geo.uni-leipzig.de/pde/projekte/eger2.html>

**PGE-12** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Attwa, A., Günther, T., Grinat, M., Binot, F. (Hannover, LIAG institute)*

**Geoelectrical investigation for studying saltwater intrusion and predicting the hydraulic parameters of Holocene tidal flat deposits at Lüdingworth, Cuxhaven area**

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

A direct current (DC) resistivity geoelectric technique is applied in Lüdingworth to delineate saltwater intrusions from Elbe River and North Sea and predict the paleo depo-and hydro-environment of the study area. In addition, the Dar-Zarrouk parameters (Maillet 1947 and Zohdy et al 1974) are determined and interpreted in terms of the hydraulic conductivity, transmissivity, clay content and grain size distribution of Holocene tidal flat deposits. An empirical relation between the normalized aquifer resistivity and transmissivity can be derived. From the complex electrical conductivity distribution we calculate hydraulic conductivity using the empirical equation suggested by Börner et al (1996). The interpretation of 1D soundings indicate that the subsurface resistivity distribution in the whole area is highly inhomogeneous. According to the deduced resistivities, two main saltwater layers can be differentiated in the area: a perched saltwater aquifer on interglacial Eemian clay layer and within the tidal flat deposits; a second layer is detected below freshwater sand. The transmissivity of Holocene tidal flat deposits is predicted by using different empirical relations. Normalized aquifer resistivity is a very good predictor for the Holocene deposits, dirty sand aquifer. A good agreement is observed between the calculated transmissivity from observed wells, electrical resistivity and complex conductivity. Thus, the DC/IP methods can be used to predict the hydraulic parameters in locations without available well information in the study area. This is of great benefit for the future quantification of the Pleistocene aquifer vulnerability.

**PGE-13** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Volkman, J., Klitzsch, N., Mohnke, O., Blaschek, R. (RWTH Aachen)*

**Microscale Modelling of the Frequency Dependent Resistivity of Porous Media**

In geophysics frequency dependent complex resistivity measurements are called Spectral Induced Polarization (SIP). In other fields this method is known as

Impedance Spectroscopy. In the last two decades many empirical relations were proposed which relate the frequency dependent electrical properties of water saturated rocks to structural properties such as pore radius, and inner surface area, or to hydraulic conductivity. Unfortunately, these relations are not universal; they apply only for specific rock types and water compositions. In order to quantify the influence of inner rock structure (as well as of electrochemical water and rock properties) on the frequency dependent electrical properties we model the charge transport processes at the pore space using Comsol Multiphysics.

In the frequency domain the effect of Induced Polarization (IP) is characterised by a phase shift between a measured electric current and an alternating voltage applied to the ground. A possible origin of this behaviour particularly for non-conducting rock minerals can be seen in the membrane polarization model as proposed by Marshall and Madden (1959). This model describes a system of electrolyte filled pores. Different mobilities of cations and anions in the small pores cause a membrane effect and thus an electrical polarization. We aim to find a more realistic way of modelling the membrane polarization effect than using the simple Marshall and Madden model. The electric double layer, the origin of the Induced Polarization effect, is caused by surface charges located at the electrolyte rock interface. Thus, the EDL as a boundary effect is accounted for by reduced counterion mobilities at the inner surface area. The governing equations and boundary conditions for a system of larger and smaller pores with applied voltage are expressed in frequency domain using a time harmonic approach, the electric current is determined to obtain information about amplitude and phase of the complex resistivity. The results are compared to the approach of Marshall and Madden. The resistivity-spectra show a frequency dependence as expected from experiments. The model is applied to study the influence of pore sizes and pore structure as well as of electrolyte properties like ion mobilities and concentrations.

These simulations are verified by corresponding laboratory experiments on saturated reference samples with accurately defined pore spaces determined by computer tomography (CT; see also Wiens et al). Based on these investigations and pore scale simulations of NMR relaxation (Nuclear Magnetic Resonance; see also Mohnke et al) we aim at an interpretation scheme combining NMR and SIP to assess structure, state and thus flow properties of partially saturated soils.

**PGE-14** – Mi,Do · Geoelektrik/Elektromagnetik

*Just, A., Rücker, C., Schütze, C. (Leipzig)*

**Numerische Untersuchungen zur Untertagegeoelektrik**

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

Die Interpretation der Messergebnisse geoelektrischer Untertagemessungen ist oftmals problematisch, da die Messprofile auf die vorhandenen Strecken beschränkt sind und sich gleichzeitig quasi im Vollraum befinden. Im allgemeinen ist man auf 1D-Profilauslagen am Stoß, auf der Sohle oder an der Firste

der Strecke angewiesen. Die Inversion der Daten erfolgt dann meist mit einem 2D-Inversionsprogramm. Der damit erhaltene 2D-Schnitt wird als Sektion der Widerstandsverteilung im Gebirge unter bzw. vor dem Messprofil angesehen. In Wirklichkeit spiegeln sich darin jedoch Einflüsse aus allen Raumrichtungen wider. Es werden also auch Anomalien, die sich oberhalb/unterhalb der Strecke oder sogar auf der der Messung gegenüber liegenden Seite der Strecke befinden, erfasst. Dies kann zu vollständigen Fehlinterpretationen führen.

Zur Untersuchung solcher Effekte wurden mit Hilfe von 3D Finite-Elemente-Modellierungen synthetische Datensätze für typische untertägige Erkundungssituationen erzeugt. Dabei fanden Elektrodenanordnungen auf mehreren parallelen Profilen Berücksichtigung. Anschließend wurden die Einzelprofile einer 2D-Inversion sowie zusammen einer 3D-Inversion unterzogen. Die Ergebnisse zeigen, dass bei Messungen auf mehreren räumlich angeordneten Profilen durch 3D-Inversion eine gewisse Richtungszuordnung von Widerstandsanomalien möglich wird.



# GZ

## Glaziologie

---

**GZ-01** – Mo 23.3 14:00 - 14:20 HS K · Glaziologie

*Swoboda, U., Bergmann, P., Misiek, R. (Essen)*

### **Teil 1: Marineseismische Messungen zur Erkundung glazialer Strukturen**

E-Mail: [Ulrich.Swoboda@dmtdmt.de](mailto:Ulrich.Swoboda@dmtdmt.de)

Im Auftrag der Hamburg Port Authority (HPA) führte die DMT GmbH & Co. KG, Geschäftsbereich Explorationsseismik und Ingenieurgeophysik, im Frühsommer 2007 hochauflösende marineseismische Messungen im Elbtrichter zwischen Cuxhaven und Brunsbüttel durch. Die Planung des Untersuchungsprogrammes wurde durch die G.E.O. Monitoring Umweltschutz- und Bau-Überwachungsgesellschaft mbH geleistet. Die Messungen fanden zum großen Teil im Wattgebiet statt, wodurch besondere Randbedingungen, wie z.B. sehr geringe Wassertiefen, vorlagen.

Die Hamburg Port Authority (HPA) und die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) haben ein Konzept zur langfristigen, nachhaltigen Entwicklung der Tideelbe entwickelt. Im Rahmen der weiteren Konkretisierung des Konzeptes hat HPA Erkundungen zur Verbreitung der im Mündungsgebiet anstehenden neogenen Lockergesteine und deren Eigenschaften veranlasst. Die Fa. DMT wurde deshalb damit beauftragt in einem Teil der Elbmündung reflexionseismische Profile auszuführen. Die Auswertung der Profile erfolgte zusammen mit der Fa. G.E.O. Monitoring, die für die Modellierung des Untersuchungsgebietes verantwortlich war. Ziel war es, Aufschlusslücken im Bereich der Elbmündung zu schließen. Aus den Ergebnissen der geophysikalischen und anderer Untersu-

chungen konnte die Geodynamik im Raum der Elbmündung seit der Elstervereisung genauer, als bisher möglich, beschrieben werden. Diese Datengrundlage ist bedeutsam vor dem Hintergrund der langfristigen und nachhaltigen Entwicklung des Tideelberaums, insbesondere unter Berücksichtigung des erwarteten Meeresspiegelanstiegs im 21. Jahrhundert.

Die reflexionsseismische Datengewinnung wurde in einer constant-offset Anordnung entlang gitterförmig vorgegebener Profile durchgeführt. Das Messgebiet umfasste eine Fläche von ca. 137 km<sup>2</sup>, die gesamte erfasste Messtrecke betrug etwa 202 km.

Die Ergebnisse der Datenbearbeitung werden auszugsweise vorgestellt. Dabei werden für das Wattengebiet typische seismische Charakteristika behandelt. Zusätzlich wird eine geometrische Messanordnung zur Vermeidung von Multiplen Reflexionen bei der seismischen Datenaufnahme diskutiert.

Der nachfolgende Vortrag (Pleistozäne Rinnen in der Elbmündung) informiert über die geologische Interpretation und die Ergebnisse dieses Projektes.

Webseite: <http://www.dmt.de>

**GZ-02** – Mo 23.3 14:20 - 14:40 HS K · Glaziologie

*Kneppenberg, M. (Hamburg), Misiek, R., Loske, B. (Essen)*

### **Teil 2: Pleistozäne Rinnen in der Elbmündung**

E-Mail: [M.Kneppenberg@geo-monitoring.de](mailto:M.Kneppenberg@geo-monitoring.de)

Auf Grundlage vorhandener Altdaten wurde bis Mitte 2006 ein erstes strukturelles geologisches Modell entwickelt. Auf Grundlage dieses Modells wurden sieben offshore Bohrungen geplant und niedergebracht (bis NN -65 m). Nach dem Bewerten der Bohrergebnisse durch G.E.O Monitoring beschloss die Hamburg Port Authority (HPA) eine umfangreiche geophysikalische Untersuchung in einem Teilbereich des Untersuchungsgebietes zu beauftragen.

Durch die Auswertung der Messergebnisse konnte eine Reihe von pleistozänen Rinnen beschrieben werden. Der Verlauf einer von Süden kommenden elsterzeitlichen Rinne konnte bis ins westliche Untersuchungsgebiet hinein verfolgt werden. Hierbei handelt es sich um eine Doppelrinne, die bis in eine Tiefe von 100 m unter NN reicht. Es handelt sich vermutlich um die nördliche Verlängerung des im Raum Cuxhaven nachgewiesenen Doppelrinnensystems (Oxstedter und Cuxhavener Rinne). An der Basis dieser elsterzeitlichen Sedimente wurde im Norden des Untersuchungsgebietes eine Salzkissenstruktur nachgewiesen.

Bereits von früheren Bearbeitern wurde vermutet, dass das weichseleiszeitliche Elbeurstromtal nördlich des derzeitigen Stromes verlief. Die aktuellen Untersuchungsergebnisse bestätigen dies. Sedimentuntersuchungen an den gewonnenen Bodenproben lassen den Schluss zu, dass das Elbeurstromtal einem bereits während der Saalevereisung angelegten Nordnordwest-Südsüdost streichenden Entwässerungssystem folgt, welches ungefähr zwischen dem Medemgrund und dem Klev bei St. Michaelisdonn verlief. Das liegende Nord-Süd streichende els-

terzeitliche Rinnensystem und die saalzeitliche Moränenablagerungen wurden überlagert und teilweise erodiert.

Im östlichen Untersuchungsgebiet konnte der westliche Prallhang des Urstromtales nachgewiesen werden. Weiterhin war es möglich, zwei vermutlich während der Weichselvereisung von Süden in das Elbeurstromtal einmündende Flüsse (Medem und Oste) zu kartieren.

**GZ-03** – Mo 23.3 14:40 - 15:00 HS K · Glaziologie

*Rückamp, M., Blindow, N., Suckro, S. (University of Münster), Braun, M. (University of Bonn)*

### **Dynamics of the ice cap of King George Island, Antarctica - Field measurements and numerical simulations**

King George Island, the largest of the South Shetland Islands, is located at the northern tip of the Antarctic Peninsula. It is largely governed by maritime climatic conditions. The mainly temperate and partly more than 300 m thick ice cap has a mean annual temperature of  $-2.4^{\circ}\text{C}$  and is regarded as most sensitive to changing climatic conditions. Global warming therefore has impacts on the dynamics and the mass balance of the ice cap. During several field expeditions of the University of Münster and the University of Bonn extensive measurements for a database of ice geometry, surface ice velocities and accumulation rates were carried out.

Distribution of flow velocity and temperature are numerical simulated with a three dimensional coupled thermo-mechanical ice sheet model. The relevant conservation equations and boundary conditions are implemented in the commercial Finite Element Code COMSOL, a high performance FE Solver for stationary and non-stationary nonlinear systems.

In the numerical model we take into account that in contrary to big cold ice bodies such as Antarctica and Greenland the ice temperature is at or close to pressure melting point. Therefore, a non-negligible water content exists in warmer ice bodies and effects their flow behaviour, e.g. basal sliding. As input and validation parameters for the ice sheet model the measured datasets are used. Here we present the measured and modelled ice dynamics of the northwestern part of the King George Island ice cap.

**GZ-04** – Mo 23.3 15:00 - 15:20 HS K · Glaziologie

*Suckro, S., Blindow, N., Rückamp, M. (University of Münster)*

### **Ice thickness and internal structure of Patagonian glaciers measured with the University of Münster Airborne Ice Radar**

The glaciers of the Southern and Northern Patagonian Ice Fields (SPI and NPI) in the Chilean Andes generally consist of temperate ice and are therefore highly sensible to climatic changes. The rising temperatures in the Andes are reflected

by an overall negative mass balance, which has been estimated by different authors. There is only scarce knowledge on the actual ice masses and glacier dynamics.

To contribute to the understanding of glaciers in the Andes, a joined field campaign was organized by Centro de Estudios Científicos (Valdivia, Chile), Institut für Geophysik, Universität Münster, Armada de Chile, and Universidad de Magallanes (Punta Arenas, Chile) to investigate two glaciers of the SPI.

In March 2008, an extensive survey of Glaciar Tyndall and Glaciar Grey at the Torres del Paine National Park was realized with the University of Münster Airborne Ice Radar (UMAIR). The UMAIR is a pulsed GPR system, operating at 25MHz, and was designed to penetrate temperate ice bodies with high water content. In six flights with the Armada Dauphin helicopter almost 400km of Ground Penetrating Radar (GPR) data were collected over the glaciers.

This presentation will focus on Glaciar Tyndall, which is heavily crevassed in its lower parts and therefore difficult to access with ground based methods. The collected profiles have been georeferenced with Differential GPS (DGPS) data and processed by GPR software. In the centre of the glacier, the ice thickness exceeds 800m. At altitudes above 1100m a.s.l. the ice is covered by a firn layer and a water table is visible, which shows features of a glacial drainage system.

#### **PGZ-01** – Mo,Di · Glaziologie

*Hofstede, C., Unezelmann-Neben, G., Nixdorf, U., Eisen, O. (AWI Bremerhaven), Kullessa, B. (Swansea University, UK)*

#### **Ice-internal and sedimentary structures in the Ekströmisen grounding line region detected with multi-offset seismics**

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

Ekströmisen is a small catchment area in coastal Dronning Maud Land, Antarctica, terminating in the Ekström ice shelf, which is bounded by a narrow embayment formed by two ice ridges. A seismic survey has been performed along a flow line on Ekströmisen over about 22 km, crossing the grounding line between ice sheet and shelf approximately midway of the profile. The measurements were performed with explosives in shallow firn holes as seismic sources and a 60 channel 1.5 km snow streamer for data recording. The data has been resorted to form a virtual 120 channel 3 km streamer, consisting of 150 shots. The maximum shot-receiver offset is thus about three times larger than the ice thickness, yielding wide angle information for intra-ice and bedrock reflections. Standard seismic data processing yields 862 common depth points in total, with an increment of 25 m. This provides a 20-fold coverage of each common depth point.

In addition to yielding the distribution of seismic velocity within the firn, ice and sediment, the data clearly images ice and sedimentary layers. Within the bottom part of the ice, a number of continuous internal layers are visible upstream of the grounding line. Currently, our favorite explanation is abrupt changes in the crystal orientation fabric caused by a combination of laterally compressional

flow and vertical shear, as observed with radio-echo sounding at other places in Antarctica. Upstream of and at the grounding line, structures are visible within the bedrock, which we interpret as sedimentary deposits related to glacial activity. The data provide the base for interpretations of the ice-dynamic and sedimentary processes occurring in the basal ice layer and at the ice-bedrock boundary, of relevance for further understanding details of the ice sheet-to-shelf transition area.

*Web page:* <http://www.awi.de/en/go/limpics>

# GV

## Gravimetrie

---

**GV-01** – Di 24.3 10:50 - 11:10 HS F · Gravimetrie

*Jentzsch, G., Weise, A., Naujoks, M. (Institut für Geowissenschaften, FSU Jena), Kroner, C., Abe, M. (Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungs-Zentrum (GFZ)), Ihde, J., Wilmes, H., Wziontek, H. (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie Frankfurt/M. (BKG))*

### **Terrestrische Schwerebeobachtungen mit supraleitenden Gravimetern zur Validierung zeitabhängiger Satelliten-basierter (GRACE) Schwerevariationen**

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 Satelliten-Mission GRACE abgeleitete Schwerefeldvariationen zu ergänzen bzw. zu validieren. Schweredaten sowohl terrestrischer als auch Satelliten-gestützter Beobachtungen enthalten wesentliche Informationen zu Massentransporten im System Erde. Damit eignen sie sich auch zur Evaluierung hydrologischer Modelle, deren Optimierung gleichzeitig zu einer verbesserten Reduktion hydrologischer Signale in den Schwerebeobachtungen beiträgt.

Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Auflösung der verschiedenen Datensätze liegt in deren Kombination ein größtmöglicher Informationsgewinn. Für eine konsistente Verknüpfung aller Zeitreihen sind die Auflösungsunterschiede zwischen den Datensätzen zu überwinden. Die Vorteile einer

Kombination der Zeitreihen supraleitender Gravimeter mit Absolutschweremessungen konnte bereits für mehrere Stationen nachgewiesen werden.

Grundsätzlich sind an den terrestrischen Daten dieselben Reduktionen anzubringen wie an den GRACE-Daten. Eine weitere Aufgabe liegt in der Trennung lokaler und regionaler hydrologischer Einflüsse in den terrestrischen Schwerebeobachtungen. Es wird gezeigt, dass sich selbst in einer hydrologisch komplexen Situation wie am Geodynamischen Observatorium Moxa lokale hydrologisch induzierte Schwereeffekte erfolgreich reduzieren lassen.

Die Ergebnisse der Arbeiten tragen zu einer Optimierung in der Nutzung satelliten-basierter Schwerefelddaten zum Nachweis großräumiger Massenverlagerungen und zu einer Verbesserung von Massentransfer-Modellen bei. Die Arbeiten konzentrieren sich zunächst auf Europa, wo ein dichtes Stationsnetz mit Langzeitbeobachtungen vorhanden ist. Vergleiche zwischen terrestrisch erfassten Schwerevariationen und aus Satellitendaten abgeleiteten Änderungen zeigen grundsätzlich gute Übereinstimmungen. Darüber hinaus ist auch eine gute Korrelation der beobachteten Zeitreihen mit dem Schwereeffekt basierend auf dem globalen hydrologischen Modell WGHM festzustellen.

**GV-02** – Di 24.3 11:10 - 11:30 HS F · Gravimetrie

*Hegewald, A., Jentzsch, G., Jahr, T. (Jena, Friedrich-Schiller-Universität)*

### **Analyse der Daten des LaCoste und Romberg Gravimeters ET18 und Vergleich mit dem supraleitenden Gravimeter CD-034**

E-Mail: a.hegewald@uni-jena.de

Im Geodynamischen Observatorium Moxa (30 km südlich von Jena) werden Schwerevariationen durch Permanentregistrierungen des LaCoste & Romberg Erdzeitengravimeters ET18 und des supraleitenden Gravimeters CD-034 (SG) parallel aufgezeichnet.

Die Registrierungen mit den Relativgravimetern basiert auf unterschiedlichen Sensorsystemen. Beim ET18 handelt es sich um das klassische Feder-Masse-System. Der Sensor des SG besteht aus einer schwebenden Niob-Kugel im konstanten, durch supraleitende Spulen erzeugten Magnetfeld. Demzufolge sind die Signalgehalte und deren Auflösung in den Zeitreihen unterschiedlich.

Die Bearbeitungen und Analysen der Schweredaten über ein Jahr wurden in drei Frequenzbereichen vorgenommen: tiefe Frequenzen bis  $1.5 \cdot 10^{-3}$  cph, hohe Frequenzen ab 0.125 cph und dazwischen die Frequenzen der Erdzeiten. Dabei betrachtete Effekte sind unter anderem: Gezeiten, Erdeigenschwingungen, Erdkernresonanzeffekt, Einfluss des Luftdrucks und der Temperatur und die langperiodische, instrumentelle Drift der Gravimeter.

Ergebnisse der Analysen sind: im tieffrequenten Bereich überstreicht die Zeitreihe des ET18 einen Schwerebereich von  $1447 \text{ nm/s}^2$ , wohingegen die Variation der Daten des SG nur  $100 \text{ nm/s}^2$  überdeckt. Im hochfrequenten Bereich wurden die Spektren zwischen 0.25 mHz und 4 mHz nach drei starken Erdbeben berechnet. Der Vergleich zeigt identische Anzahl an sphäroidalen Moden

der Eigenschwingungen der Erde in den Spektren, und dies trotz geringerem Signal-Rausch-Verhältnis zwischen 0.25 mHz und 1.5 mHz und kleineren Amplituden für das ET18. Im Erdzeitenbereich sind die Informationsgehalte bis zu den vierzehntägigen Gezeitenwellengruppen gleich, trotz höherem Rauschpegel (Faktor 6 höher) für das ET18.

Die Untersuchungen zeigten, dass eines der besten Federgravimeter, das ET18, im Periodenbereich bis 14 Tage mit dem supraleitenden Gravimeter vergleichbar ist. Der Vorteil des ET18 gegenüber des SG ist dessen Mobilität. Damit ist das überholte und neu kalibrierte Federgravimeter für den zukünftigen Einsatz an anderen Stationen vorbereitet.

**GV-03** – Di 24.3 11:30 - 11:50 HS F · Gravimetrie

*Schulz, H.R. (Rosengarten)*

### **AGES - ein Auswerte- und Modellierungsprogramm für gravimetrische Messungen**

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

Zunächst wird die historische Entwicklung des Programmes AGES (Applied Gravity Expert System) seit 1985 bis zur jetzt aktuellen Version 6 erläutert. Die modulare Struktur des Programmes wird vorgestellt und der unterschiedliche Anspruch der einzelnen Hauptmodule an die Hardware erläutert.

Vorgestellt werden einzelne Bausteine des Programmes wie der Field Data Manager und der AGEShandler. Besonders der lückenlose Datentransfer vom verwendeten Gravimeter zum berechneten Ergebnis entbindet den Nutzer von umständlichen Datentransfers und externen Umrechnungen. Schnittstellen zu verschiedenen Totalstationen zum Einbringen der Vermessungsergebnisse sind vorhanden.

Die unterschiedlichen gravimetrischen Korrekturmöglichkeiten des Programmes erlauben eine genaue und sachgerechte Auswertung von mikrogravimetrischen Messungen. Dazu zählt zum Beispiel die Möglichkeit die Geländekorrektur den Genauigkeitsbedingungen anzupassen oder die Schwerewirkung einer Bebauung entsprechend zu berücksichtigen.

Die Berechnungen von unterschiedlichen Anomalien bei der besonderen Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse werden kurz angerissen. Eine leistungsstarke 3D Modellierung für mikrogravimetrische Untersuchungen erlaubt es, die geologischen Strukturen (Lithologie, Tektonik, Wasserstände) in das Modell einzubringen.

Ein zusätzliches Modul zur Durchführung der Wartung des Gravimeters rundet das Gesamtbild ab.

Webseite: <http://www.angewandte-gravimetrie.de>



**GV-04** – Di 24.3 11:50 - 12:10 HS F · Gravimetrie

*Haase, C., Götze, H.-J., Schmidt, S. (Universität Kiel), Fichler, C. (StatoilHydro Trondheim)*

### **Kombinierte 3D Inversion von Schwere- und Schweregradientendaten am Beispiel synthetischer Salzstrukturen**

E-Mail: claudiah@geophysik.uni-kiel.de

Eine genaue Kenntnis der Struktur von Salzstöcken ist im Rahmen der Erdölexploration entscheidend. Schweremessungen bieten hierbei eine vielversprechende Ergänzung zur seismischen Exploration. Insbesondere die Messung von Schweregradienten zusätzlich zur vertikalen Schwerekomponente und deren kombinierte Inversion ermöglicht eine bessere strukturelle Auflösung der oberflächennahen Schichten und eine Reduzierung des Modellfehlers.

Das in dieser Arbeit verwendete lineare Verfahren bedient sich der MMSE-Methode (Minimum Mean-Square Error) zur Inversion von Schweredaten und der Erstellung eines 3D Dichtemodells. Die lineare Betrachtung wird durch eine feste Modellgeometrie ermöglicht. Strukturelle Änderungen des Modells können durch die ermittelten Dichten angedeutet werden.

Gezeigt werden erste Anwendungen des Verfahrens auf synthetische Salzstrukturen. Hierbei interessiert insbesondere die Frage, wie sich die Modelle durch kombinierte Inversion von Vertikalschwere und Schweregradienten verbessern.

**GV-05** – Di 24.3 12:10 - 12:30 HS F · Gravimetrie

*Choi, S., Götze, H.-J. (Kiel, Universität Kiel), Meyer, U. (Hannover, BGR), DESIRE Group (Potsdam)*

### **The international DESIRE aero gravity project in the Dead Sea area**

This geo-scientific research focuses on the geological setting of the Dead Sea Transform (DST) and the Dead Sea Basin (DSB) and its resulting pull-apart basins. Since the late 1970s, crustal scale geophysical experiments have been carried out in this region. However, the nature of the crust underlying the eastern and western shoulders of the DSB and underneath the DST itself is still a hotly debated topic among researchers. To address one of the central questions of plate tectonics ? How do large transform systems work and what are their typical features? ? An international geoscientific Dead Sea Integrated Research project (DESIRE) is being conducted by colleagues from Germany, Israel, Palestine, and Jordan. In order to provide a high resolution gravity database that support 3D numerical modeling and hence a more comprehensive understanding of the nature and segmentation of the DST, an airborne gravity survey as a part of the DESIRE project has been carried out from February to March 2007. The airborne gravity survey covered the DST from Elat/Aqaba in the South to the northern rim of the Dead Sea. The low speed and terrain-following helicopter gravity flights were performed to acquire the highest possible data quality. In total, 32 north-south

profiles and 16 west-east profiles crossing the DST have been measured. Most of the profiles concentrated in areas that lacked terrestrial gravity data coverage, e. g. over the shoulders of the DSB. The airborne gravity data are merged with existing conventional (terrestrial) data sets to provide a seamless gravity map of the area of interest. Using that combined gravity dataset and DESIRE wide angle refractions seismic interpretation we modified density structures in the DSB. As results we estimated that (1) the Moho depth varies from 26 km in the Israel side to 34 km in the Jordan side. (2) The maximum thickness of the Dead Sea sediment Basin is about 15 km. (3) The salt rock with an average thickness of about 5 km is present not only in the southern part of the DSB but also in northern part underlying the entire Dead Sea.

**GV-06** – Di 24.3 12:30 - 12:50 HS F · Gravimetrie

*Hese, F. (Flintbek, LLUR Schleswig-Holstein), Götze, H.-J., Rabbel, W., Schmidt, S., Willert-Arndt, S. (Kiel, CAU)*

### **Zum Einfluss tiefer, krustaler Strukturen auf die Beckenentwicklung in der Deutschen Nordsee**

E-Mail: [fabian.hese@llur.landsh.de](mailto:fabian.hese@llur.landsh.de)

Im Fokus dieser Untersuchung steht die Frage in welchem Maße die Entwicklung des südlichen Nordsee Beckens von tieferen Krustenstrukturen beeinflusst wurde. Eine der wichtigsten geologischen Grenzen der Lithosphäre in dieser Region ist die Thor-Tornquist Suturezone, die die Grenze zwischen dem präkambrischen Kraton Baltika im Norden und Osten und dem von Gondwana abstammenden Terran Avalonia im Süden und Westen darstellt. Die kristalline Kruste weist in dieser Region lithologische Kontraste und Schwächezonen auf, die die spätere geologische Entwicklung und die Lokalisierung von Störungssystemen beeinflusst haben.

Um die Schwereeffekte von Becken - und Basement Gesteinen voneinander trennen zu können, wurde ein hochauflösendes 3D Dichtemodell entwickelt. Dieses Modell des Beckens wird durch bathymetrische und reflexionseismische Randbedingungen gestützt. Die Festlegung von Strukturen in der kristallinen Kruste und der Thor-Tornquist Suturezone basiert auf tiefenseismischen Befunden aus dem MONA LISA Projekt, auf den Ergebnissen der Analyse und Feldtransformationen des Schwerefeldes. Die Krümmungsanalyse der Residualschwere im Niveau der Basis Zechstein führt zu einer deutlichen Verstärkung von charakteristischen Gradienten, die zum Teil parallel zu bekannten kaledonischen Lineamenten verlaufen und somit durch den Dichtekontrast der Gesteine Baltikas und Avalonias an der Suturezone verursacht werden. Für die Modellierung wurde die In-House Software IGMAS, sowie das Programm Gocad verwendet. Die Modellierungen waren Teil des CORTEC Projektes im SPP 1135.

**PGV-01** – Mo,Di · Gravimetrie

*Widmer-Schnidrig, R. (BFO, Institut für Geophysik, Universität Stuttgart), Züri,  
W. (BFO, Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe)*

### **Magnetische Empfindlichkeit von Doppelkugel SG Gravimetern**

E-Mail: [widmer@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:widmer@geophys.uni-stuttgart.de)

Die Empfindlichkeit von Akzelerometern auf Variationen des externen Magnetfeldes ist für Blattfederseismometer qualitativ und quantitativ u.a. von Forbringer (GJI, 2007) untersucht worden. Empfindlichkeiten zwischen  $0.05$  und  $1.2 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$  konnten nachgewiesen werden. Für Federgravimeter ist eine ebensolche Empfindlichkeit bekannt, aber sie ist weitaus geringer: Palinkas (2003) fand für ein LaCoste-Romberg G-Gravimeter  $0.008 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$ .

Supraleitende Gravimeter (SG) der Firma GWR (San Diego) besitzen eine doppelte magnetische Abschirmung bestehend aus einer äusseren  $\mu$ -Mettal Schicht und einer inneren supraleitenden Schicht. Für SGs wurde bisher angenommen, dass wegen den eingebauten Abschirmungen keine Magnetfeldempfindlichkeit besteht. Die Form dieser Abschirmungen entspricht zwei ineinander liegenden, oben offenen Hohlzylindern. Durch die Öffnung werden die Sensoren und ihre elektrischen Zuleitungen von oben eingeführt. Die Öffnung wird nicht durch einen amagnetische Deckel verschlossen. Damit ist die magnetische Abschirmung unvollständig und insbesondere für einen Sensor nahe der Zylinderöffnung muss mit einer Beeinflussung durch das äussere Magnetfeld gerechnet werden (E. Brinton, 2007, persönliche Mitteilung).

In Erwartung des neu zu beschaffenden SG für das BFO haben wir untersucht, ob bei Doppelkugel-SGs eine Magnetfeldempfindlichkeit nachgewiesen werden kann. Zu diesem Zweck haben wir die Daten der drei Doppelkugel-SGs in Bad Homburg, Wetzell und Southerland (Südafrika) für den Magnetischen Sturm von Ende Oktober 2003 untersucht.

Bei Doppelkugel Gravimetern sind zwei Sensoren im selben Dewar in einem vertikalen Abstand von nur 20 cm angeordnet - der obere Sensor ist also wesentlich näher an der Zylinderöffnung als der untere.

In den Differenzsignalen konnten die Signale des magnetischen Sturms klar nachgewiesen werden. In den Signalen der einzelnen Kugeln war auch nach einer Luftdruckkorrektur das Signal des magnetischen Sturms nur marginal zu sehen. Wird die Empfindlichkeiten ausschliesslich auf die obere, schlechter abgeschirmte Kugel zurückgeführt, so kann die Magnetfeldempfindlichkeit über eine Regression abgeschätzt werden. Wir finden Werte im Bereich  $0.003$ - $0.007 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$ .

Das ist 10-20 mal geringer als für die Blattfederseismometer am BFO. Deren Empfindlichkeit beträgt für die Vertikalkomponenten  $0.069 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$  für das STS-1 und  $0.074 \text{ ms}^{-2}/\text{T}$  für das STS-2 Seismometer.

**PGV-02** – Mo,Di · Gravimetrie*Kessler-Schulz, K.U., Schulz, H.R. (Rosengarten)***Zwei Vorgehensweisen zum Erkennen von Gefahrenzonen im Rahmen von Präventionsmaßnahmen oder Risikoabschätzung im Altbergbau mit Hilfe der angewandten Gravimetrie**E-Mail: [office@angewandte-gravimetrie.de](mailto:office@angewandte-gravimetrie.de)

Zur Erkennung von Gefahren durch alten Bergbau werden zwei unterschiedliche gravimetrische Herangehensweisen aufgezeigt. An zwei Projekten wird dies anschaulich erläutert.

Der erste Weg umfasst die Digitalisierung sämtlicher geologischer, morphologischer und bergbaulicher Daten. Die daraus berechneten Schweredifferenzen dienen zunächst zur Abschätzung, ob eine Gefahr von dem Altbergbau ausgehen kann. In einem zweiten Schritt wird das theoretisch erwartete Schwerefeld mit dem tatsächlich gemessenen Schwerefeld verglichen. Dabei auftretende Unterschiede sind kritisch zu bewerten.

Bei der zweiten Vorgehensweise werden auf Grund fehlender oder unzureichender Unterlagen zunächst gravimetrische Feldmessungen durchgeführt. Die Auswertung erfolgt nach den Möglichkeiten des Auswerteprogrammes AGES. Durch Felde rtrennung können Bereiche mit akutem Risiko abgegrenzt werden.

Die aussagekräftigen Ergebnisse beider Vorgehensweisen sind in diesem Poster dargestellt.

Webseite: <http://www.angewandte-gravimetrie.de>**PGV-03** – Mo,Di · Gravimetrie*Schmidt, S., Götze, H.-J. (CAU Kiel), Fichler, C. (StatoilHydro, Trondheim), Alvers, M. (Transinsight, Dresden)***IGMAS+ A New 3D Gravity, FTG and Magnetic Modeling Software**

Modern geophysical interpretation requires an interdisciplinary approach, particularly when considering the available amount of 'state of the art' information contained in comprehensive data bases. A combination of different geophysical surveys employing seismics, gravity and geoelectrics, together 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 modelling of these structures and the processes acting on them. Three-dimensional (3D) interactive modeling with the IGMAS+ software provides 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 standing for "Interactive Geophysical Modelling ASSistant". It bases on the existing software IGMAS, a tool developed during the past twenty years for potential field modelling. The new IGMAS+, however, will comprise the advantages of the "old"

IGMAS (e.g. flexible geometry concept and a fast and stable algorithm) with automated interpretation tools and a modern graphical GUI based on leading edge insights from psychological computer graphics research and thus provide optimal man machine communication. IGMAS+ fully 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 combination of geodata with density/susceptibility models. These visual overlays of different 2D and 3D datasets enables quantitative comparison and 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 plugins and user-defined functions.

*Web page:* <http://www.gravity.uni-kiel.de/igmas>

**PGV-04** – Mo,Di · Gravimetrie

*Damm, T., Schmidt, S., Götze, H.-J. (CAU Kiel)*

### **Interactive three-dimensional modeling of potential field data using the new Igmás+ software in a stereoscopic environment**

Within an industry funded project, a new version of the Igmás modeling software, namely Igmás+, is in recent development and has reached a productive state already. Based on JAVA it has greatly improved 3D capabilities.

Igmás+ can be used for the modeling of 3D gravity and magnetic data based on a very efficient data model and optimized algorithms. Joint inversion routines of 3D MT data is another main aim of this project. Other data can be used as visual constrains, e.g. earthquake hypocenters as point data or 2D sections with horizons from geologic interpretation.

The modeling of potential field data using a 3D model especially together with other constraining information requires not only powerful visualization, but also state of the art interaction mechanisms. Taking this into account, we have decided to make Igmás+ compatible with a wide variety of 3D visualization systems. Moreover, we are implementing 3D pointing devices including compatibility with tracking systems widely used in GIS visualization labs and CAVEs.

In addition to general and new aspects of the Igmás+ modeling software, our approach regarding visualization techniques will be presented both from a software and hardware perspective. Also the process of model manipulation, using e.g. a specially tracked 3D pointer, will be discussed in contrast to the still used

manipulation on sections.

**PGV-05** – Mo,Di · Gravimetrie

*Gutknecht, B.D. (Inst. f. Geowissenschaften, CAU Kiel), Fichler, C. (StatoilHydro ASA, Trondheim), Götze, H.-J. (Inst. f. Geowissenschaften, CAU Kiel)*

**Gradiometric Analysis on a 3D Variable, Synthetic Density Model in Homogeneous and Inhomogeneous Medium**

E-Mail: benjamin@geophysik.uni-kiel.de

During an Internship at the StatoilHydro Research Centre in Trondheim, Norway, a 3D variable, synthetic density model of a salt dome structure has been developed for forward modelling. The three cartesian gravity components as well as the Eötvös-Tensor (full gravity gradient tensor) have been calculated. In addition, different field invariants and other combinations of the tensor elements have been derived - in order to advance understanding gravity gradients and in order to test them in matters of gaining information on the subsurface structure.

The results of this study support the fact that using gravity gradients and their invariants allows for more accurate determination of borders and structure of density anomalies with respect to 'normal' gravity data.

**PGV-06** – Mo,Di · Gravimetrie

*Giszas, V. (Kiel, CAU)*

**Constrained 3D-gravity-modelling in the Nordkapp Basin area**

The Nordkapp Basin (Barents Sea) is covered by seismics, magnetics, electromagnetics and high resolution full tensor gravity data. The area has been shaped by extensional and salt tectonics and is thus interesting for exploration. Intensive data acquisition has been conducted by StatoilHydro and Gaz de France. During an internship at StatoilHydro (Stavanger) in summer 2008, constrained 3D-modelling was performed using the available gravity data base. The development of the 3D-density-model will be shown and perspectives of further work will be given. For modelling, an inverted model from  $g_z$  and  $g_{zz}$  was used as a starting model. The same components were used for forward modelling, but horizontal components were used to compare the various end models. Difficulties which arose to model certain features as well as to find geological explanation for others will be presented. Curvature and invariants were calculated for different cases, the most significant ones are to be displayed.

**PGV-07 – Mo,Di · Gravimetrie**

*Köther, N. (Kiel, CAU), Eckard, M. (Kassel, Wintershall Holding AG), Götze, H.-J. (Kiel, CAU)*

**Exploration im Taoudeni Becken - Modellierungsergebnisse der Aerogravimetrie und -magnetik**

E-Mail: nkoether@geophysik.uni-kiel.de

Das Taoudeni Becken erstreckt sich über eine Fläche von 1.8 Millionen km<sup>2</sup> und liegt hauptsächlich in Mauretanien und Mali. Das Untersuchungsgebiet deckt 68000 km<sup>2</sup> des Beckens mit Industriedaten ab. Die ursprünglich vorhandene Datenbasis ist spärlich und veraltet. Deswegen wurden 2007 Untersuchungen mit Aerogravimetrie und -magnetik veranlasst, um kosteneffektiv erste Ergebnisse zur Untergrundstruktur und eine Grundlage für die ökonomische Planung eines Seismiksveys zu erhalten. Schwierigkeiten entstehen durch die weite Verbreitung von Eruptivgesteinen im gesamten Messgebiet, die zu starken Anomalien der Potenzialfelder führen. Da die Interpretation von Potentialverfahren mehrdeutig ist, besteht die größte Herausforderung darin, die Anzahl der möglichen Modelle zu reduzieren und quantifizierte Aussagen über Lage und Art der Quellen der Anomalien zu treffen. Um das zu erreichen, wurden mehrere Modelle kompiliert, die geologisch bewertet wurden, außerdem wurden die Felder mit weiteren mathematischen Verfahren (Curvature, Euler Dekonvolution) bearbeitet, um Verlauf und Lage der Anomalien zu beschreiben. Erste Ergebnisse dieser Diplomarbeit werden hier vorgestellt.

**PGV-08 – Mo,Di · Gravimetrie**

*Naumann, S. (Kiel)*

**3D-Modellierung von Variationen in der Serpentinisierung in Subduktionszonen am Beispiel von Mittelamerika und Chile**

Schwerpunkt der Arbeit ist eine 3D-Modellierung (Gravimetrie und Magnetik) der Subduktionszonen von Chile und Zentralamerika. Dabei wird ein besonderes Augenmerk auf die Serpentinisierung gelegt. Unter Serpentinisierung versteht man einen metamorphen Prozess (Hydratation), welcher den im Peridotit enthaltenden Olivin unter hohem Druck und niedrigen Temperaturen und in Verbindung mit Wasser in Serpentinminerale umwandelt. Innerhalb der Arbeit werden detaillierte Modellierungen der Veränderungen der physikalischen Gesteinsparameter durchgeführt. So verändern sich zum Beispiel die seismischen Geschwindigkeiten, die Dichte, die magnetischen Eigenschaften und der Reibungskoeffizient. Dieser ist von besonderem Interesse in Bezug auf die Generierung von Erdbeben und deren Verteilung. Mithilfe verschiedener Techniken aus dem Bereich der Potenzialverfahren und seismischen Wide-angle Daten sollen möglichst signifikante Aussagen über die Verteilung von Serpentin getroffen werden. Auf dem Poster werden die ersten Ergebnisse aus der Diplomarbeit dargestellt.

# OR

## Outreach

---

**OR-01a** – Do 26.3 08:30 - 08:50 HS K · Outreach

*Schmitz, A. (Zentralen Studienberatung, CAU Kiel)*

**Studieren an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

E-Mail: ASchmitz@uv.uni-kiel.de

- Geschichte der Universität
- Studienangebot
- Bewerbung, Zulassung, Einschreibung
- Beratungsstellen
- Angebote der Zentralen Studienberatung
  - Studieninformationsblätter zu allen Studiengängen
  - Sprechstunden
- Hereinspaziert zum Schnupperstudium
- Studien-Informationen-Tage vom 31.3. bis 2.4.2009



**OR-01b** – Do 26.3 08:30 - 08:50 HS K · Outreach

*Rabbel, W. (Kiel)*

### **Geophysik? Geo? Physik? Aktuelles zu Forschung und Studium**

Erdbeben, Vulkanismus, die Kollision und das Auseinanderbrechen von Kontinenten sind äußere Anzeichen von dynamischen Vorgängen im Inneren unseres Planeten. Die Geophysik ist die Wissenschaft, die sich mit der Untersuchung der physikalischen Aspekte dieser natürlichen Erscheinungen auf der Erde, in ihrem Inneren wie auch im erdnahen interplanetaren Raum befasst. Für die Menschheit ist die Kenntnis dieser Vorgänge und der komplexen Geo-Prozesse im System Erde deshalb so wichtig, weil mit ihnen nicht nur Naturkatastrophen verbunden sind, sondern auch die Bildung von Rohstoffen und anderen Geo-Ressourcen. GeophysikerInnen erforschen das Innere der Erde auf ganz unterschiedlich großen Skalen: vom Dezimeter- und Meterbereich in der Archäometrie bis zu Hunderten von Kilometern bei der Untersuchung des Aufbaus und der Entwicklung von Kontinenten, Ozeanbecken und Gebirgen. Sie überwachen das sensible Erdsystem mit Instrumenten, die in Satelliten und auf Schiffen, oder fest auf der Erde installiert sind. Gestützt auf Messungen im Feld und im Labor, auf Informationssysteme und Computersimulationen erforschen sie unseren Lebensraum. An Hand aktueller Forschungsprojekte wird ein Überblick über zentrale Themen des Studienfaches Geophysik gegeben.

**OR-02** – Do 26.3 08:50 - 09:10 HS K · Outreach

*Dengg, J. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **NaT-Working "Meeresforschung" - paukst du nur oder forschst du auch?**

E-Mail: [jdengg@ifm-geomar.de](mailto:jdengg@ifm-geomar.de)

Immer häufiger sehen sich Schulen, Hochschulen und Wirtschaft mit dem Problem konfrontiert, Schüler und Studenten für Naturwissenschaften und Technik zu interessieren. Dies liegt zum Teil am Image einzelner Fächer, die als besonders anspruchsvoll empfunden werden, zum Teil aber auch an fehlender Information bezüglich der Arbeitsfelder. Einer der Wege Schülerinnen und Schülern die Naturwissenschaften näher zu bringen ist es, sie an aktueller Forschung teilnehmen zu lassen. Im Bereich der Meereswissenschaften finden deshalb am IFM-GEOMAR in Kiel seit 5 Jahren Kooperationen mit Schulen statt, in denen Schüler zusammen mit Meeresforschern aktiv Projektarbeiten durchführen. Das interdisziplinäre Programm umfasst alle Altersgruppen von der gymnasialen Unterstufe bis hin zu Abiturienten und erstreckt sich von Einzelarbeiten bis zu Projekten für ganze Schulklassen. Wichtige Komponenten hierbei sind die Einbindung der Lehrkräfte, die Präsentation der Arbeiten für die Öffentlichkeit, und die Erfahrung für die Schüler, durch Leistung über sich hinauswachsen zu können.

Webseite: <http://nat-meer.ifm-geomar.de>

**OR-03** – Do 26.3 09:10 - 09:30 HS K · Outreach

*Voloschina, M. (Kiel, Freie Waldorfschule)*

### **Die Eruptionen des Apoyo Vulkans in Nicaragua und ihre Risiken**

E-Mail: Marija.Voloschina@gmx.de

Die Eruption der Apoyo Caldera vor 25.000 Jahren hat 33 km<sup>3</sup> Magma gefördert. Aus der Verbreitung, Struktur und Zusammensetzung der dabei entstandenen Ablagerungen kann die Eruptionsgeschichte abgeleitet werden. Das vergangene Verhalten kann als Grundlage genutzt werden, um die mit einer erneuten Eruption verbundenen Risiken abzuschätzen. Das vulkanische Risiko wird von zwei Faktoren beeinflusst:

1. die Art der Vulkanaktivität und die damit verbundenen Gefahren, also im Fall von Apoyo die weitverbreiteten Fallablagerungen und häufigen pyroklastischen Ströme und Surges.

2. die Anfälligkeit der Gesellschaft bzw. des betroffenen Gebietes, die unter dem Aspekt der Bevölkerungsdichte und der Anzahl von instabilen Dächern pro Quadratkilometer betrachtet wurde. Diese infrastrukturellen Daten wurden in Karten dargestellt und farblich klassifiziert. Als Grundlage für die Gefahrenkarten wurde die Karte mit der Bevölkerungsdichte verwendet.

Die Gefahrenkarten für Apoyo zeigen jeweils die Verteilungsgebiete der Fallablagerungen und der pyroklastischen Ströme und Surges. Dadurch können Bereiche, in denen beide Faktoren hohe Werte erreichen, als Gebiete besonders hohen vulkanischen Risikos identifiziert werden. Gefahrenkarten helfen das Risiko zu minimieren, zum Einen durch langfristige Anpassungen der Infrastruktur und zum Anderen als Grundlage für Katastrophenschutzpläne.

**OR-04** – Do 26.3 09:30 - 09:50 HS K · Outreach

*Neuhaus, R., Vorlauf, A., Willie, B., Schnorrenberg, S., Klein, U. (Kiel)*

### **Der Einsatz von Geographischen Informationssystemen in der Schule**

Zeitgemäßer Erdkundeunterricht kann sich heute einiger Themen des schulischen Lehrplans unter Zuhilfenahme geographischer Informationssysteme (GIS) annehmen. Letztere können hierbei als Dokumentations- und Analyseinstrumente verschiedenster raumbezogener Daten dienen. Das Fach Erdkunde bekommt seinen ursprünglich explorativen Charakter zurück - Schüler werden zu Forschern.

Im vorgestellten Beispiel wird Falckenstein, ein der Schule nahegelegener Strandabschnitt Kiels samt seines Hinterlands von Schülern einer 11. Klasse untersucht. Ziel der Untersuchung war es, den Strandabschnitt gruppenweise unter den Aspekten: Umwelt, Landwirtschaft, biologische Vielfalt, Tourismus und Geologie zu erforschen. Binnen einer Woche konnten die Schüler eine Datenerhebung im Feld, die Dokumentation in Form einer eigenen thematischen Karte sowie deren Analyse mit Hilfe des Desktop-GIS Spatial Commander (Freeware) vornehmen. Zweiter Baustein in der Datenanalyse und Dokumentation war ein

Content-Management System des Institutes für Integriertes Küstenzonenmanagement in deren Projekt zur Küstenschule.

Bei dieser Vorgehensweise halten die Schüler die wesentlichen Erkenntnisschritte in der eigenen Hand und können im vorgegebenen Rahmen auch ihre Arbeitsgeschwindigkeit selbst bestimmen. Als entscheidender Vorteil bei der Anwendung des GIS ergibt sich, dass die Schüler den Raumbezug durch ihre eigene Tätigkeit herstellen können - eigene Daten können selbständig erhoben, dokumentiert und analysiert werden.

**OR-05** – Do 26.3 09:50 - 10:10 HS K · Outreach

*Fieberg, F. (Braunschweig)*

### **Archäometrie in der Schule**

E-Mail: [fieberg@hvf-bs.net](mailto:fieberg@hvf-bs.net)

Die Titelzeilen in der Presse sind bekannt: "Wir brauchen mehr Naturwissenschaftler und Techniker", "Wir müssen das Interesse junger Menschen an einem naturwissenschaftlichen Studium wecken". Doch wie? Viele Universitäten und Forschungseinrichtungen versuchen sich für interessierte Schüler zu öffnen, außerschulische Lernorte entstehen.

In diesem Vortrag soll ein anderer Weg beschrieben werden, in dem die jungen Menschen bereits in der Schule an wissenschaftliches Arbeiten herangeführt werden. Dabei bietet sich die Archäometrie mit ihren Methoden aus der angewandten Geophysik besonders an: Spannende Fragestellungen, das Entdecken des noch Unbekannten praktisch vor der Haustür liefern Motivation genug. Doch reicht das aus? In der Realität ersetzen methodisches Arbeiten, fundierte Kenntnisse in den Wissenschaften und eine Portion Durchhaltevermögen oft den Faktor Abenteuer. Das dennoch "aufregende" Resultate bereits mit Schülern der Oberstufe erzielt werden können, wird an Hand von einigen Fallbeispielen verdeutlicht.

Es wird dabei auch auf die unterschiedlichen Möglichkeiten eingegangen, um in der Schule – in Kooperation mit Universitäten, (Bezirks-) Archäologie und Heimatpflegern – Angebote zur Archäometrie einzusetzen.

**OR-06** – Do 26.3 10:10 - 10:30 HS K · Outreach

*Bialas, J. (Kiel, IFM-GEOMAR)*

### **CO<sub>2</sub> Sequestrierung: tausche gebrauchtes CO<sub>2</sub> gegen neuwertiges Methanhydrat**

E-Mail: [jbialas@ifm-geomar.de](mailto:jbialas@ifm-geomar.de)

In der aktuellen Diskussion zum Klimawandel ist deutlich geworden, dass der Versuch, nur durch Einschränkung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes den antropogenen Beitrag zur Klimaerwärmung zu reduzieren wenig erfolgreich ist. In der Konsequenz ist es notwendig weitere Anstrengungen zu unternehmen, um den CO<sub>2</sub> Eintrag in

die Atmosphäre zu verringern, indem anfallende Gase aufgefangen und anderweitig gelagert werden. Hier will das Projekt SUGAR neue Wege aufzeigen, die zu einer langfristig sicheren Einlagerung fernab von Siedlungsgebieten im Sediment unterhalb der Ozeane führt. Als wirtschaftlich positiver Nebeneffekt wird eine parallele Förderung von Methangas (Erdgas) angestrebt. In verschiedenen Ansätzen wird derzeit erprobt wie CO<sub>2</sub> in verflüssigter Form oder als Gas in den Untergrund verbracht werden kann. Zielregionen sind hierbei Salzwasseraquifere oder ehemalige Ölfelder, in denen das Gas dann als neue Porenfüllung eingebracht wird. Demgegenüber hat sich das SUGAR Projekt auf die Sequestrierung von CO<sub>2</sub> in Verbindung mit Hydratlagerstätten festgelegt. Hier wird das CO<sub>2</sub> nicht als mobiles Gas oder superkritische Flüssigkeit eingelagert, sondern das CO<sub>2</sub> durch die Umwandlung von Methanhydrat als Feststoff gelagert. Die dabei deponierte CO<sub>2</sub>-Menge ist ca. 2 -5 Mal größer als die freigesetzte Methanmenge. Das Verbundprojekt entwickelt in einem integrierten Ansatz neue Technologien für die gesamte potentielle Hydratwertungskette, die sich vom Aufspüren neuer Lagerstätten bis zum Transport des abzulagernden CO<sub>2</sub> und des gewonnenen Methans in geeigneten Schiffen erstreckt. Gerade dieses umfassende Konzept des Projektes SUGAR und die enge Kooperation von Industrie und Forschung bietet in seiner Gesamtheit die einmalige Chance auf deutscher Seite, das in langen Jahren der Grundlagenforschung erworbene Know-how weiterzuentwickeln und für die wirtschaftliche Nutzung bei zukünftigen Fragestellungen der CO<sub>2</sub> Sequestrierung bereitzustellen.

*Webseite:* <http://www.ifm-geomar.de/index.php?id=sugar>

# SM

## Seismik

---

**SM-01** – Mi 25.3 10:50 - 11:10 HS D · Seismik

*Bohlen, T., De Nil, D., Jetschny, S., Köhn, D. (TU Bergakademie Freiberg)*

### **Seismic prediction ahead of tunnel construction sites using tunnel surface waves**

Within the GEOTECHNOLOGIEN-project OnSITE we develop and improve seismic imaging techniques for structures ahead of the tunnel face using RSSR-waves. RSSR-waves are tunnel surface waves similar to Rayleigh waves. They are excited significantly behind the tunnel face and 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 tunnel surface waves which can be recorded by receivers placed at the tunnel wall significantly 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. We have implemented evaluation algorithms for different survey geometries aiming at the robust detection of structures in front of the tunnel face and reliable determination of reflector distance and orientation. Reflector distance and inclination with respect to the tunnel axis can be determined even with a single one-component receiver and a single source which both move with construction progress. This has been tested successfully with synthetic data including a data set of a complex 3D model obtained by finite differences.

**SM-02** – Mi 25.3 11:10 - 11:30 HS D · Seismik

*Köhn, D., Kurzmann, A., Przebindowska, A., De Nil, D., Nguyen, N., Bohlen, T.  
(TU Bergakademie Freiberg)*

### **Elastische Full Waveform Tomographie synthetischer seismischer Mehrkomponenten Reflexionsdaten**

E-Mail: daniel.koehn@tu-freiberg.de

In den letzten Jahren wurde die akustische Wellenformtomographie (FWT) zu einem sehr populären Werkzeug, um Untergrundstrukturen hochauflösend abzubilden. Allerdings kann die akustische FWT nur P-Wellen invertieren. Um die elastischen Parameter  $\lambda$ ,  $\mu$  und die Dichte  $\rho$  räumlich aufzulösen, muß das adjungierte elastische Problem gelöst werden. Im folgenden sollen die ersten Inversionsergebnisse unseres parallelen 2D elastischen Full Waveform Tomographie Codes im Zeitbereich anhand zweier synthetischer Testprobleme diskutiert werden. Speziell soll gezeigt werden, welchen Einfluß die Wahl der Materialparameter, des Startmodells und die Anwendung von Frequenzfiltern und Zeitfenstern auf die Konvergenzgeschwindigkeit und die Auflösung der FWT haben. Trotz der Nichtlinearität des Problems ist die elastische FWT in der Lage alle 3 elastischen Materialparameter sehr detailliert aufzulösen. Ziel der weiteren Untersuchungen ist die Anwendung auf reale Ultraschall-, Streamer- und OBS-Daten.

**SM-03** – Mi 25.3 11:30 - 11:50 HS D · Seismik

*Przybilla, J., Korn, M. (Leipzig, Universität Leipzig)*

### **Streuung elastischer Wellen in Zufallsmedien mit multiplen Skalen**

Bei der Wellenausbreitung in heterogenen Medien kommt es zur Streuung der Wellen, wenn die Heterogenitäten in der Größenordnung der jeweiligen Wellenlängen liegen. Zur Beschreibung solcher Heterogenitäten benutzt man in der Seismologie oft kontinuierliche Zufallsmedien. Diese sind durch eine Autokorrelationsfunktion (AKF) und die Parameter Korrelationslänge und Fluktuationsstärke gekennzeichnet. Typische AKF sind z.B. das Gaussche Zufallsmedium und das von Karman Zufallsmedium. Im von Karman Medium gibt es noch einen dritten Parameter, den Hurst-Exponenten. Dieser beschreibt mit welchem Potenzgesetz das Powerspektrum der AKF bei hohen Frequenzen gegenüber der Wellenzahl abfällt.

Wir betrachten hier den Energietransport der Wellen durch heterogene Medien und nicht die Ausbreitung der Wellen selbst. Das Ausbreitungsmedium ist ein Zufallsmedium mit multiplen Skalen, das durch die Superposition mehrerer Zufallsmedien generiert wird. Mit einem Monte-Carlo-Programm wird der Energietransport der elastischen Wellen durch das Zufallsmedium simuliert und mit Simulationen im einskaligen Gausschen Zufallsmedium verglichen. Hier zeigen sich dann deutliche Unterschiede in der P-Coda, die im Falle multipler Zufallsmedien auch bei starker Vorwärtsstreuung durchgebogen ist.

Motiviert wurde diese Arbeit durch Untersuchungen an Bohrkernen, die gezeigt

haben, dass ein Zufallsmedium mit nur einer Skala nicht genügt, um die kleinskaligen Heterogenitäten der Erdkruste darzustellen.

**SM-04** – Mi 25.3 11:50 - 12:10 HS D · Seismik

*Vanelle, C., Gajewski, D. (Universität Hamburg)*

### **NIP-Wellen-Tomographie für konvertierte Wellen**

E-Mail: [claudia.vanelle@zmaw.de](mailto:claudia.vanelle@zmaw.de)

Techniken zur Bestimmung eines Kompressionswellenmodells lassen sich in der angewandten Seismik theoretisch auch auf Scherwellen anwenden. Jedoch werden Scherwellen zumeist als konvertierte Wellen akquiriert, auf die sich diese Techniken nicht übertragen lassen. Zur Bestimmung der Schergeschwindigkeiten aus konvertierten Daten müssen entsprechend andere Verfahren eingesetzt werden. In dieser Arbeit wird ein neuer Ansatz vorgestellt, der auf der NIP-Wellen-Tomographie basiert. Bisher war diese Methode, die Wellenfeldattribute verwendet, die mit dem Common Reflection Surface (CRS) Stapelverfahren gewonnen werden, nur für monotypische Wellen wie PP-Daten anwendbar. Durch Kombination mit der Strahlpropagatormethode ist es uns gelungen, die NIP-Wellen-Tomographie auch zur Gewinnung eines Schermodells aus konvertierten Daten einzusetzen.

Webseite: <http://www.geophysics.zmaw.de/>

**SM-05** – Mi 25.3 12:10 - 12:30 HS D · Seismik

*Bauer, K., Haberland, C. (GFZ Potsdam)*

### **Seismische Dämpfungstomographie im Umfeld der Geothermie-Forschungsbohrung Gross Schönebeck (Norddeutsches Becken)**

Das durch die EU geförderte I-GET Projekt dient zur Entwicklung bzw. Anpassung von geophysikalischen Methoden für die Erkundung von klüftig - porösen geothermischen Reservoiren. Dabei werden verschiedene Verfahren (z.B. MT, Seismologie, Seismik) an typischen Standorten in vulkanischen, metamorphen und sedimentären Umgebungen getestet. Wir berichten von den Untersuchungen im Umfeld der Geothermie-Forschungsbohrung Gross Schönebeck. Das Messgebiet befindet sich etwa 40 km N/NE von Berlin, im Biosphärenreservat Schorfheide. Die Zielhorizonte bestehen aus Rotliegend Sandsteinen sowie Vulkanitlagen in 3.9 bis 4.3 km Tiefe. Diese Gesteine wurden während der initialen Phase des sich entwickelnden Südlichen Perm Beckens abgelagert.

Die seismischen Experimente in Gross Schönebeck dienen zur Erkundung der lithologischen und strukturellen Verhältnisse in einem grösseren Rahmen, sowie zur Identifizierung von potentiellen geothermischen Reservoiren. Dabei wurden zwei Telexperimente durchgeführt: (1) Eine 40 km lange komplette Empfängeranordnung (200 m Empfängerabstand) wurde mit 45 Explosionsquellen beschos-

sen. (2) Zentriert um die Bohrung GSB 3/90 bildeten 4 Profile mit jeweils 6 km Länge eine sternförmige Empfängeranordnung (125 m Punktabstand). Diese wurde mit etwa 50 Explosionsquellen beschossen.

Es werden Ergebnisse aus der Dämpfungstomographie präsentiert. Die Vorgehensweise wird zunächst an Hand eines synthetischen Datensatzes demonstriert. Die Laufzeiten der P Wellen Ersteinsätze dienen zur Ableitung eines Geschwindigkeitsmodelles. Im nächsten Schritt werden die Signalformen der direkten P Wellen aliniert und deren Spektren berechnet. An dieser Stelle vergleichen wir die Resultate aus einer Fourier-Analyse mit denen aus der Wavelet-Transformation. Es folgt eine geeignete Parametrisierung (Spektralabfall) und Berechnung der zu invertierenden Absorptionsdaten. Die tomographische Inversion erfolgt mit einem gedämpften Least-Squares Verfahren. An Hand der synthetischen Daten wird insbesondere getestet, inwieweit Störwellen (z.B. durch oberflächennahe Strukturen verursacht) die Bestimmung der Ersteinsatzspektren und damit die Inversionsergebnisse verfälschen können. Die Inversionsergebnisse aus den Profildaten werden zusammen mit anderen Resultaten (P Geschwindigkeiten, elektrische Leitfähigkeiten, Geologie) interpretiert. Erste Ergebnisse aus der Inversion der 3D Daten zeigen die Dämpfungsstrukturen der obersten 1000 m um die Bohrung herum.

**SM-06** – Mi 25.3 12:30 - 12:50 HS D · Seismik

Kröger, B., Kemna, A. (Universität Bonn)

### **Seismoelektrische Signaturen zur Detektion und lithologischen Charakterisierung dünner Schichten**

E-Mail: kroeger@geo.uni-bonn.de

Konventionelle seismische Verfahren sind aufgrund des begrenzten Auflösungsvermögens elastischer Wellen nicht in der Lage, dünne Schichten mit Mächtigkeiten, die deutlich kleiner als die seismische Wellenlänge sind, zu erfassen, geschweige denn lithologisch zu charakterisieren. Die Entwicklung eines seismoelektrischen Erkundungsverfahrens könnte das Potenzial besitzen, diese Einschränkungen zu überwinden. Die Seismoelektrik verspricht über die Messung elektrischer und/oder magnetischer Felder und ihrer transienten Signatur als Antwort auf eine seismische Anregung die Bestimmung hydraulischer Parameter mit hoher räumlicher Auflösung. Dabei ist neben der Ansprache von Permeabilitätskontrasten auch eine generelle lithologische Charakterisierung möglich.

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 analysiert. Dabei werden ausschließlich die Eigenschaften der „konvertierten Welle“ im „PSV-TM-System“ untersucht, d.h. die Modellierung behandelt die an einer Materialgrenze stattfindende Konversion von P- und SV-Welle zu transversal polarisierter magnetischer (TM-) Welle. Aufgrund der an der Materialgrenze ge-



nerierten elektrischen bzw. magnetischen Dipole ist es möglich, die seismisch „unsichtbaren“ Schichten in ihrer lithologischen Struktur seismoelektrisch zu erfassen.

**SM-07** – Do 26.3 09:10 - 09:30 HS D · Seismik

*Hummel, N., Shapiro, S.A. (Freie Universität Berlin)*

### **Nature of diffusivity estimates from microseismicity induced by nonlinear fluid - rock interaction**

We consider an impact of a borehole fluid injection on rock permeability. Such fluid operations induce microseismicity. We analyse nature of estimates of hydraulic diffusivity obtained from spatio-temporal behaviour of fluid-injection induced microseismicity following the seismicity-based reservoir characterisation approach (SBRC). Due to vanishing pore pressure perturbations locally, the diffusivity at the triggering front is equal to the initial diffusivity of the medium regardless whether the process of pore pressure diffusion is linear or nonlinear. Behind the triggering front a domain can be identified where significant pressure gradient is observed. This spatial domain (called fracturing domain in the following) is characterised by an enhanced density of microseismic events. We found that for media with a weak pressure-dependence of the hydraulic properties its diffusivity differs not significantly from the effective diffusivity heuristically estimated using SBRC approach. If nonlinearity is large the all three values, the initial medium diffusivity, the fracturing domain diffusivity and the diffusivity obtained from the triggering front using SBRC approach are significantly different.

**SM-08** – Do 26.3 09:30 - 09:50 HS D · Seismik

*Fertig, J. (Clausthal-Zellerfeld)*

### **Die Reflektorkrümmung: ein Maß für Porosität und Permeabilität?**

Primär undurchlässiges Gestein wird bei tektonischer Beanspruchung durch Riss- und Kluftbildung porös und permeabel. Einfache geometrische Beziehungen erlauben zunächst die Berechnung der Porosität. Nach einer klassischen Theorie von Lamb(1879) kann auch die Permeabilität des Gesteinspaketes angegeben werden. Beide Größen hängen von der Krümmung und Mächtigkeit der Gesteinsschicht ab. Die Porosität ist direkt proportional zur Krümmung. Die Permeabilität ist sogar zur dritten Potenz dieser messbaren Größe proportional. Lässt sich also der Oberbau in einer seismischen Sektion gut interpretieren und teufenmäßig darstellen; dann kann durch eine detaillierte Analyse des seismischen Signals die Mächtigkeit der Gesteinsschicht und durch die räumliche Verteilung der Krümmung die sekundäre Porosität und Permeabilität bestimmt werden. Vorausgesetzt wird die Kenntnis über das Bruchverhalten des Gesteins.

**SM-09** – Do 26.3 09:50 - 10:10 HS D · Seismik

*Ouadfeul, S. (Geophysics Department, FSTGAT, USTHB, Algeria)*

**3D seismic AVO data established by the wavelet transform modulus maxima lines to characterize reservoirs anisotropy in the 2D domain**

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

The main goal of this approach is to establish reservoirs as anisotropic media by the wavelet transform modulus maxima lines, first we gathered amplitude versus offsets AVO amplitudes at the top of the reservoirs and we calculate the 2D wavelet transform after we calculate its maxima and we estimate the Holder exponent at each one, variation of this coefficient can give information about the variation of lithology and fluid at any anisotropic direction. Application of this idea at synthetic 2D seismic model shows that application on real AVO seismic data and its attributes can give more ideas about reservoirs anisotropy.

Keywords: reservoirs, anisotropy, AVO, 2D wavelet transform, Holder exponent, AVO attributes.

**SM-10** – Do 26.3 10:10 - 10:30 HS D · Seismik

*Saenger, E. H. (ETH Zurich and Spectraseis), Enzmann, F. (U Mainz), Keehm, Y. (Kongju National University, South Korea)*

**Numerical estimation of effective properties of rocks using 3D tomographic images**

E-Mail: [erik.saenger@erdw.ethz.ch](mailto:erik.saenger@erdw.ethz.ch)

This paper is concerned with numerical considerations of effective transport and effective mechanical properties of rocks. We derive these properties directly from rock microstructure using 3D tomographic images. Permeability values were estimated through Lattice-Boltzmann (LB) flow simulations. The effective shear and P-wave modulus is derived by dynamic wave propagation simulations. We apply a displacement-stress rotated staggered finite-difference (FD) grid technique to solve the elastodynamic wave equation. An accurate approximation of a Newtonian fluid is implemented in this technique by using a generalized Maxwell body. We give a practical description how to use this approach. An additional accuracy condition for simulations with viscous fluid infill is described. This condition requires that the spatial grid size is several times smaller than the thickness of the dynamic viscous boundary layer adjacent to the fluid/solid interface.

**SM-11** – Do 26.3 11:30 - 11:50 HS D · Seismik

*Frehner, M., Schmalholz, S.M. (Zurich, ETH)*

### **Reflection, radiation and attenuation of Stoneley guided waves in fluid-filled fractures**

E-Mail: [schmalholz@erdw.ethz.ch](mailto:schmalholz@erdw.ethz.ch)

We study the reflection, radiation and attenuation of Stoneley guided waves in fluid-filled fractures in elastic rocks. Stoneley guided waves have been considered in the literature, for example, to explain long-period volcanic tremor signals or to propose methods for determining the fluid properties in fractured rocks. We use the finite element method (FEM) to model two-dimensional wave propagation in an elastic rock with an elliptically shaped finite crack (aspect ratio of length to thickness is 333) filled either with a viscous or inviscid fluid. The fluid in the crack is elastic in its bulk deformation behavior but viscous in its shear deformation behavior. Therefore, only P-waves are able to propagate within the crack, which are dispersive and attenuated. The crack geometry, especially the crack tip, is resolved in detail by the applied unstructured finite element mesh using 7-node triangles. The presence of a fluid-filled crack in the elastic rock gives rise to a so called Stoneley guided wave that is bound to and propagates along the crack walls with a much smaller velocity than all other waves in the system. At the tip of the crack the Stoneley guided wave is reflected. The reflection coefficient at the crack tip for cracks filled with common natural fluids (water, oil, hydrocarbon gas, magma) is around 0.8. The reflection coefficient depends on the crack shape. For example, the reflection coefficient of a rectangular crack is significantly smaller. Part of the Stoneley guided wave energy is converted and radiated at the crack tip as P- and S-waves. We also present results of Stoneley guided waves in rocks with two intersecting fractures and in fractures filled with two different fluids.

**SM-12** – Do 26.3 11:50 - 12:10 HS D · Seismik

*Saenger, E. H. (ETH Zurich and Spectraseis), Lambert, M.-A., Nguyen, T. T., Schmalholz, S.M. (ETH Zurich)*

### **Preliminary Model of Hydrocarbon Reservoir Related Microtremors**

E-Mail: [erik.saenger@erdw.ethz.ch](mailto:erik.saenger@erdw.ethz.ch)

Passive seismic low-frequency (between about 1 Hz and 6 Hz) data has been acquired at several locations around the world. Spectra calculated from this data, acquired over fields with known hydrocarbon accumulations show common spectral anomalies. A preliminary model is presented which can explain the source mechanism of those microtremors. Poroelastic effects due to wave induced fluid flow and oscillations of different fluid phases are significant processes in the low-frequency range which can modify the omnipresent seismic background spectrum. These processes only occur in partially saturated rocks. We assume that hydrocarbon reservoirs are partially saturated whereas the sur-

rounding rocks are fully saturated. Real data observations are consistent with this conceptual model.

**SM-13** – Do 26.3 12:10 - 12:30 HS D · Seismik

*Gutjahr, S., Buske, S., Shapiro, S.A. (Freie Universität Berlin)*

### **Seismische Abbildung des San-Andreas-Verwerfungssystems mit Multi-komponentendaten**

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

Im Jahr 2003 wurde im Rahmen des Projekts SAFOD (San-Andreas-Fault Observatory at Depth) ein seismisches Reflektionsexperiment in der Nähe der San-Andreas-Verwerfung durchgeführt. Das Experiment lieferte einen dreikomponentigen Datensatz, den wir mit Hilfe der Fresnel-Volumen Migration bearbeitet haben, um ein strukturelles Abbild der Untergrundstruktur entlang des ca. 50 km langen Profils zu erhalten. Dabei wurden für jede der drei Komponenten separate Abbilder berechnet. Aufgrund der nahezu vertikalen Einfallsrichtung der Störungen und der geringen Auftauchwinkel an der Oberfläche enthalten auch die horizontalen Komponenten einen bedeutenden Anteil an Reflektionsenergie. Des Weiteren wurde vor Anwendung der Fresnel-Volumen-Migration eine Wellenfeldtrennung durchgeführt, indem die einzelnen Komponenten in ein Strahlenkoordinatensystem überführt wurden. Das Ergebnis sind hochaufgelöste seismische Abbilder von zum Großteil steil stehenden Strukturen aber auch sekundärer kleiner Störungen in der Nähe der San-Andreas-Verwerfung, die struktureologisch unbekannt sind und keine an der Erdoberfläche bekannten Merkmale aufweisen. Die resultierenden Abbilder wurden mit den Ergebnissen anderer Experimente (MT, Tomographie, geodynamische Modellierung, Bohrlochdaten, ect.) verglichen und hinsichtlich der groß- bzw. kleinskaligen Struktur des Verwerfungssystems interpretiert.

**SM-14** – Do 26.3 12:30 - 12:50 HS D · Seismik

*Musmann, P., Buness, H., Rumpel, H.-M. (Hannover, LIAG)*

### **Hochauflösende reflexionsseismische Abbildung von oberflächennahen Störzonen im Oberrheingraben: Drei Fallbeispiele**

E-Mail: [Patrick.Musmann@liag-hannover.de](mailto:Patrick.Musmann@liag-hannover.de)

Im Rahmen des BMU-Projektes “Der Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten” untersucht das LIAG u.a. die Einsatzmöglichkeiten moderner 2D-Seismik zur oberflächennahen Struktur-erkundung von Störzonen im Oberrheingraben. Anhand neu gemessener Profile wird geprüft, ob und ggf. mit welchen Prozessingschritten sich 2D-Messungen zur hochauflösenden Abbildung des oberflächennahen Störungsmusters eignen und 3D-Messungen ergänzen können.

Insgesamt wurden drei, 2 - 3 km lange Profile gezielt über Störungen gelegt,

die in vorhandenen 3D-Daten in den oberen 1000 m zu erkennen sind. Als Quelle kam ein P-Wellen-Kleinvibrator zum Einsatz, der einen Frequenzbereich von 30 - 240 Hz anregte. Die Registrierung wurde mit 2 m Geophon- und 4 m Vibrationspunkt Abstand sehr eng vorgenommen.

Beim Prozessing wurde insbesondere der Einfluss von DMO und Migration auf das seismische Abbild untersucht. Das DMO-Prozessing ermöglicht nicht nur eine iterative Verbesserung des Geschwindigkeitsfeldes, sondern hebt auch Diffraktionen in der Stapelsektion hervor. Zusammen mit den migrierten Stapelungen ist durch sie eine bessere Interpretation des Störungsmusters möglich.

Abgebildet werden quartäre und tertiäre Einheiten im Tiefenbereich zwischen 20 und 1000 m. Zwei der Profile zeigen steil stehende ( $\geq 60^\circ$ ) Abschiebungsflächen. Im ersten Beispiel sind diese weitestgehend parallel gestaffelt und bilden eine ca. 200 m breite Störzone. Die Hauptverwerfung weist einen Versatz von mehr als 1000 m auf und wird von mehreren kleineren Verwerfungen begleitet. Störungen können dabei bis ins Pliozän verfolgt werden. Das zweite Beispiel zeigt eine von zwei synsedimentären Abschiebungen begrenzte Horststruktur, wobei die Abschiebungen noch subrezent aktiv waren. Mit zunehmender Tiefe verzweigen sich die Flanken in ein komplexes Störungsmuster. In einem dritten Beispiel ist ein stark zerbrochener Störungsbereich in den Einheiten des unteren Tertiärs zu erkennen, der eine Änderung des Einfallens der Schichten markiert.

Alle Beispiele zeigen, dass sich die in der 3D-Seismik sichtbaren Störungsmuster oberflächennah durch weniger aufwendige 2D-Messungen hochauflösend ergänzen lassen, wodurch sich mehr Einblicke in die Kinematik des Systems und in die zeitlichen Abfolgen gewinnen lassen.

Webseite: <http://www.liag-hannover.de>

**SM-15** – Do 26.3 12:50 - 13:10 HS D · Seismik

*Lindhorst, K., Krastel, S. (Kiel, IFM-GEOMAR), SCOPSCO Working Group (Köln)*

### **Sedimentary and tectonic evolution of ancient Lake Ohrid (Macedonia/Albania)**

E-Mail: [klindhorst@ifm-geomar.de](mailto:klindhorst@ifm-geomar.de)

Lake Ohrid (Macedonia/Albania) is probably the oldest lake in Europe (2-5Ma), and is considered an important sedimentary archive to study the evolution of a graben system over several million years. Multichannel seismic profiles were acquired in 2007 and 2008 showing that the lake can be divided into two main parts, the slope areas and a large, deep central basin. Major faults are the eastern and western graben fault but additional faults, especially in the northern part of Lake Ohrid, are active, as we can trace them from the basement up to the lake floor. Clinofolds mainly found in the southern part of the lake indicate that the Lake has undergone major lake level fluctuations. The central basin shows widespread areas with thick, undisturbed sedimentary successions. No

indications for a dry stadium are found in this part of the lake, hence, offering the possibility to recover long, continuous archives for the entire lifetime of Lake Ohrid demonstrating the potential of Lake Ohrid as a promising target for the SCOPSCO (Scientific Collaboration On Past Speciation Conditions in Lake Ohrid)-ICDP drilling campaign. Five primary drilling locations have been chosen as ICDP sites. One 680m long record in the central part will provide substantial information on age and origin of the lake, as well as a complete record of environmental history (incl. e.g. tephra deposition, evolutionary changes and their relation to geological events). Furthermore, another four drill sites closer to the shore of the lake will provide information on major changes of the hydrological regime, the age of ancient foresets, lake level changes, the tectonic activity, and mass movements.

**PSM-01** – Mi,Do · Seismik

*Bauer, K. (Potsdam, GFZ), Krawczyk, C.M. (Hannover, LIAG), Stiller, M. (Potsdam, GFZ)*

### **Combining refraction seismic tomography with near-vertical and wide-angle reflection imaging along transect BASIN 9601**

We present initial results from a reprocessing for joint refraction and reflection seismic data interpretation along profile BASIN 9601. This data set was already extensively elaborated and used to investigate the structure of the sedimentary successions together with the deep crustal and mantle features, in order to develop a geodynamic model for the evolution of the NE German basin. The major objective of the reprocessing is to study the expression of salt tectonics both in the P velocity and reflection seismic structures. Another, more methodical aspect of the new analysis is the question, to what extent new information can be added to the seismic model by additional consideration of wide-angle and so-called refracted reflection phases.

The tomographic and reflection seismic methods are applied both to synthetic simulations and the BASIN 9601 data set. First arrival travel times are determined and a P velocity model is derived using a damped least-squares tomography algorithm. Reflection seismic processing includes conventional NMO and, alternatively, common reflection surface (CRS) stacking and subsequent depth conversion. Furthermore, pre-stack depth migration techniques are applied using the Fresnel volume method, and a ray-theoretical approach for comparison. The P velocity model is interpreted together with the reflection seismic images. Particularly, the relationship between salt structures and P velocities is evaluated. Furthermore, we test if major fault structures can be identified in the integrated seismic model.

**PSM-02 – Mi,Do · Seismik***Kurschat, S., Krastel, S., Lindhorst, K. (Kiel, IFM-GEOMAR)***Akustische Kartierung von Rutschungen im Ohridsee (Mazedonien/Albanien)**

E-Mail: skurschat@ifm-geomar.de

Im Rahmen des ICDP Projektes SCOPSCO (Scientific Collaboration On Past Speciation Conditions in Lake Ohrid) wurden zwischen 2004 und 2008 drei geophysikalische Messkampagnen an den Ohridsee (Mazedonien/Albanien) unternommen aus denen ein dichtes Netz an seismischen Linien resultierte, die den gesamten See überdecken und ihn bis in eine Tiefe von 50 m abbilden. Anhand der daraus resultierenden Bathymetrie lässt sich der See in drei große Bereiche unterteilen: i) ein zentrales Becken mit einer deutlich herausragenden Erhöhung des Untergrundes im östlichen Teil, ii) steile Flanken, verursacht durch Abschiebungen, die den See sowohl im Osten als auch im Westen begrenzen, iii) flache Bereiche im Norden sowie im Süden, die wahrscheinlich alte Uferzonen des Ohridsees zeigen. Während im zentralen Becken weitgehend eine ungestörte Sedimentation beobachtet wurde, konnten mehrere, zum Teil sehr große, Rutschungsablagerungen im gesamten restlichen See identifiziert werden. Eine detaillierte Kartierung der Rutschungen ergab deren Verteilung, Größe und stratigraphisches Alter. So bedeckt eine  $27\text{km}^2$  große Rutschung im albanischen Teil des Sees etwa 7% der Fläche des Seegrundes. Sehr wahrscheinlich wurde das Material aus südwestlicher Richtung in das zentrale Becken transportiert. Unklar bleibt jedoch was der Auslöser für eine solches Ereignis gewesen ist, denn eine Abbruchkante lässt sich anhand der Sedimentecholotdaten nicht erkennen. Weiterhin treten am Fusse der Ost- und Westflanken verstärkt mehrere, sich überlagernde, kleinere Rutschungen auf Mittelgroßen findet man in einer unterseeischen Grabenstruktur im nordwestlichen zentralen Becken sowie am Fusse des Magic Mountain. Große Rutschungen befinden sich im Norden und Süden deren Ursprung in den Verebnungsflächen der Hangbereiche gelegen ist. Die Interpretation von markanten Horizonten an der Ober- und Unterkante von Rutschungen zeigt einen zeitlichen Zusammenhang der Rutschungen im gesamten See.

**PSM-03 – Mi,Do · Seismik***Francuski, M. (Novi Sad, NIS-Naftagas), Beric, M. (Beograd, Geophysical Institute)***3D SEISMICS IN DEFINING GEOLOGICAL MODEL OF THE WESTERN PART OF VELEBIT FIELD**

Velebit oil-gas field is located in the southern part of the Pannonian basin, at the northern Vojvodina.

Pannonian basin is characterized by complex geological structure. Origin of the block-radial structures at the wider area of this basin is related to intensive faulting, not only of local, but also of regional importance, so – evolution of Neogene

sediments has performed in dependence of Pre-Neogene blocks uplifting and sinking. Intensive tectonic movements are the reason for different lithological content and depth of Miocene and Pliocene sediments.

Velebit structure was formed as compacted anticlyne, by sedimentation over differentially sunk blocks. Within the core of the compacted antycline, under the Tertiary sediments, metamorphites (crystalline schists), Mesozoic dolomites and dolomite limestones are existent. At the Velebit structure, reservoir rocks are presented by inhomogeneous, fine-grained to medium-grain sandstone. Sandstone is dark, with color originating from oil. Mineral content includes well-rounded to sub-rounded quartz grains, chlorite and feldspar (in low percentage). According to x-ray analyses, quartz content is 30-80%. From grain-size viewpoint, reservoir rocks are made of sand component with grain-size 0.1-0.5 mm. Sediments are well sorted, because grains are of the similar diameter, improving collector characteristics. Petrophysical parameters are very good, with porosity of 33%, and hydrocarbon saturation is 88%.

On the basis of integrated sintesys of well-data and detailed integrated 3D seismics, local maximum at the SW part of the field was defined, as well as precise location of the R1 fault near to V-13 borehole. On the basis of analysis of the following lines: V-128, 171, 124 and V-181, 124, it can be concluded that thickness of reservoir rocks is reduced towards the East. New geological model of the western part of the Velebit field directs our attention to possibility of drilling at least two boreholes with suitable production.

#### **PSM-04 – Mi,Do · Seismik**

*Mechie, J., Kind, R. (Deutsches GeoForschungsZentrum - GFZ, Potsdam), Meissner, R. (Christian Albrechts University, Kiel), Zhao, W., Shi, D., Wu, Z. (Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, China), Brown, L.D. (Cornell University, USA), Klemperer, S.L., Karplus, M.S. (Stanford University, USA)*

#### **Preliminary results from the Controlled-Source Seismic Experiment along the INDEPTH IV Transect from the NE Tibetan Plateau to the Qaidam Basin**

E-Mail: jimmy@gfz-potsdam.de

During the INDEPTH IV controlled-source seismic experiment in June 2007, 949 vertical-component seismographs (IRIS-PASSCAL Texans) at 100-650 m station spacing and 20 broadband and 29 short-period three-component seismographs (34 from GIPP, Germany and 15 from SEIS-UK) 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. A detailed tomographic inversion of the well-recorded Sg arrivals observed by these 998 instruments reveals the S-velocity structure of the upper crust down to about 10 km depth beneath the profile. The major lateral variation in upper crustal S-velocities along the profile is from lower velocities beneath the Qaidam basin in the north to higher velocities beneath NE Tibet in the south. Beneath NE Tibet, there are



also lateral variations with lower S-velocities beneath the valleys (basins) along which the North Kunlun and South Kunlun Faults run and higher velocities in the mountainous regions between and to the north and south, where older rocks are generally exposed at the surface. From the S-velocity model, there is no evidence within the upper crust for major overthrusting of NE Tibet over the Qaidam basin. P-wave reflections indicate that the Moho lies at about 50 km depth beneath the southern Qaidam basin and that further south prominent boundaries exist within the deep crust beneath the NE Tibetan plateau. 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.

**PSM-05** – Mi,Do · Seismik

*Beric, M. (Beograd, Geophysical Institute), Francuski, M. (Novi Sad, Nis-Naftagas)*

### **EXPLORATION OF TERTIARY NON-STRUCTURAL TRAPS IN THE AREA OF MIDDLE BANAT BY 3D SEISMICS**

E-Mail: milovan.beric@nis-naftagas.rs

Middle Banat (Zitiste- Begejci area) is located in Vojvodina (northern part of the Republic of Serbia), including central part of the northern Banat depression. Predominant part, from the viewpoint of geological structure, belongs to erosion paleomassif, which has been transformed, by tectonic-erosion processes, into the horst structure.

During Pre-Pannonian Miocene, during synrift stage, marine clastites and limestones were deposited. From Pannonian, during the postrift stage of Pannonian basin evolution, begins deepening, in other words – slow sinking of Banat depression and its filling with terrigenous material of river paleoflows.

During Upper Pontian and Pliocene, shallow-water lacustrine-marsh deposition formations are active at the Zitiste-Begejci area, while during Quaternary, marsh-alluvial and aeolian sedimentation is present. Defined depth values of Tertiary sediments at structural rises are over 3000 m.

Seismic exploration (2D) in the area of northern Banat began in 1972, and stopped in 1997. On the basis of these exploration, Zitiste and Begejci fields were discovered. As these fields are exploited for a long time, hydrocarbon reserves are exhausted and that is why creation of new petroleum-geological model was necessary. In order to define the model in detail, in 2008, new 3D seismic exploration was planned and performed, in order to analyze wider area of these fields (network of 2D seismic lines was not enough).

On the basis of interpretation of obtained data, new non-structural traps were located, giving locations for new exploratory boreholes which can suggest new oil and gas reserve.

**PSM-06** – Mi,Do · Seismik

*Pussak, M., Bauer, K., Stiller, M. (GFZ Potsdam)*

**Seismic characterization of the sedimentary, medium and low enthalpy systems at Skierniewice (central Poland) using 3D reflection data**

The main objective of investigation conducted at Skierniewice (central Poland) is the exploration of the sedimentary, medium and low enthalpy, geothermal systems. The study consists of seismic and MT experiments to derive a detailed geostructural model of the geothermal test site. The location was selected based on the excellent conditions (highest free outflow of brine with temperatures larger than 110 C) found in borehole Kompina-2. Other criteria considered for the site selection include reprocessing of pre-existing 2D seismic data, as well as borehole logging and core analysis from 4 deep boreholes located close to Kompina-2. Following, three sedimentary aquifers were selected as the most promising targets for geothermal energy production: Cretaceous, Jurassic and Triassic.

A 3D reflection seismic survey was measured in 2008 covering a region of 6 by 6 km around the borehole Kompina-2. The survey consisted of 6 source lines with 42 vibrator points on each line, and 8 fixed receiver lines each with 170 geophone spread locations on it. The source signals were generated by 4 vibrators using 16 s, 8-100 Hz sweeps. Maximum offsets of 6.2 km were used to adequately illuminate the deepest target horizons at 4 km depth.

We present initial results of seismic processing of the 3D data set. Initial steps included geometry installation, trace editing, muting, velocity analysis, band-pass filtering, FK filtering, and deconvolution. NMO stacking is carried out both for selected 2D sub-sets (e.g., along source or receiver lines) and for the entire 3D volume. The idea of the initial 2D analysis is to test different processing tools to be applied later to the entire data set such as common reflection surface (CRS) stack, amplitude versus offset (AVO) analysis, and attribute extraction. Exemplary, we compare results from NMO and CRS stacking applied to several 2D cross sections to demonstrate the potential of the CRS method to improve the quality of the images. Furthermore, initial AVO results will be presented for selected target reflectors. Future steps include application of the CRS method to the 3D data set, and azimuthal amplitude analysis (AVA) to study effects related with anisotropy representing an important parameter in geothermal systems.

**PSM-07** – Mi,Do · Seismik

*Przebindowska, A., Köhn, D., Kurzmann, A., De Nil, D., Bohlen, T. (TU BA Freiberg)*

**Application of the 2D acoustic time-domain full waveform tomography to marine seismic data from offshore Costa Rica - first results**

The aim of the waveform tomography is to find the P-wave velocity model that minimizes the least squares difference between the measured and synthetic data across the full range of offsets. Our inversion algorithm is based on a finite dif-

ference solution of the 2D acoustic wave equation in the time domain (Tarantola, 1984).

The application of wavefield inversion can be successful only if we assume a starting model containing the long wavelength features, and estimate accurate source characteristics. The background velocity model cannot be recovered by waveform inversion due to its low convergence speed. Furthermore, to resolve P-wave velocity from the marine data set, it is necessary that the coverage of the data is high enough.

To test the resolution of our algorithm extensive numerical tests were performed. The synthetic data set, generated via acoustic finite difference modeling, has the same acquisition geometry and source wavelets as the Costa Rica data. The velocity distribution for the real data seems to be 1D, so initial subsurface models were constructed based on 1) the analysis of refracted waves and 2) conventional CMP velocity analysis.

The success of full waveform inversion of real data may require a limited amount of preprocessing, including a 3D to 2D geometrical spreading correction and the application of different preconditioning methods such as data windowing and frequency filtering to increase the convergence speed and resolution of the inversion results.

## Literature

Tarantola, A. 1984. Inversion of seismic reflection data in the acoustic approximation. *Geophysics*, 49, 1259-1266

**PSM-08** – Mi,Do · Seismik

*Iwanowski, K., Szalaiová, E., Rabbel, W. (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)*

## **Detektion von Störzonen in seismischen Sektionen für die Prognose geothermischer Lagerstätten. Teil 1: Kohärenzanalyse**

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

Die wirtschaftliche Nutzung geothermischer Energien wird zurzeit durch hohe Unsicherheiten in der Vorhersage der thermischen und hydraulischen Reservoirreigenschaften eingeschränkt. Ein Ziel des Verbundprojektes MeProRisk (mit den Projektpartnern CAU Kiel, RWTH Aachen, FU-Berlin und Geophysica) ist die Ermittlung von Wegsamkeiten für den Fluid-Transport im Festgestein, sowie die Bewertung ihrer Aussagesicherheit. Die automatische Detektion von Verwerfungen stellt dabei den ersten Schritt eines quantitativen seismischen Interpretationsschemas dar, welches helfen soll, das hohe Investitionsrisiko durch verbesserte Reservoircharakterisierung zu reduzieren.

Im Zuge dieser Problematik wurden auf einen Reflexionsseismikdatensatz verschiedene Methoden zur Erfassung des Störungsinventars angewandt. Als Datenbasis liegen 3D-Reflexionsseismikdaten permo-triassischer Sedimente des Norddeutschen Beckens zu Grunde.

Kohärenzberechnungen auf Basis von Eigenstrukturen der Kovarianzmatrizen führen dabei zu guten Ergebnissen. Besonders sichtbar treten die Verwerfungen in den Zeitscheiben hervor. Probleme ergeben sich bei Anwesenheit geneigter Horizonte. Informationen über die Schichtneigungen müssen erfasst und in die Berechnungen miteinbezogen werden. Ansätze für die Erfassung der Lage des Störzonenpotentials erfolgen durch die Detektion lokaler Extrema innerhalb der Zeitscheiben.

Später sollen die Erkenntnisse durch Bohrlochmessungen und Modellierungen ergänzt und verifiziert werden.

**PSM-09** – Mi,Do · Seismik

*Szalaiová, E., Iwanowski, K., Rabbel, W. (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)*

**Detektion von Störzonen in seismischen Sektionen für die Prognose geothermischer Lagerstätten. Teil 2: Bildverarbeitungsverfahren**

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

Geothermie kann unter den erneuerbaren Energien in Zukunft eine führende Stellung einnehmen, da sie zur flächendeckenden Versorgung vom Prinzip her geeignet und von tages- und jahreszeitlichen Schwankungen unabhängig ist. Die wirtschaftliche Nutzung der geothermischen Energie wird jedoch zurzeit durch hohe Unsicherheiten in der Vorhersage der thermischen und hydraulischen Reservoirigenschaften eingeschränkt. Im Rahmen des Verbundprojektes MePro-Risk werden geophysikalische Methoden entwickelt, die zu einer genaueren Abschätzung des Potenzials geothermischer Ressourcen dienen sollen. Die Verfahren werden an Hand von 3D-seismischen Felddatensätzen entwickelt, die in geologischen Formationen erhoben wurden, die für die geothermische Prospektion relevant sind: Das süddeutsche Kristallin (Lokation der Kontinentalen Tiefbohrung KTB) und permo-triassische Sedimente des Norddeutschen Beckens. Die Störzonen, die als Wegsamkeiten für den Transport heißer Tiefenwässer im Festgestein dienen können, werden im Fall der KTB mit Hilfe von Log-Gabor Filtern verstärkt und mit darauf folgender Skelettierung aus dem Datensatz isoliert. Mit diesem Verfahren konnten jedoch nicht alle Bruchzonen detektiert werden. Um die dominante Verwerfung, die selber ein seismisches Event ist, zu isolieren, müssen mehrere Verfahren, wie Dip- und Enveloppe-Berechnung kombiniert werden.

Das Resultat ist ein 3D-Strukturmodell welches bei den folgenden Modellierungen als Input-Modell dienen wird. Das Poster gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Ergebnisse für die Lokation der Kontinentalen Tiefbohrung in diesem laufenden Forschungsprojekt.

**PSM-10 – Mi,Do · Seismik**

*Lambrecht, L., Friederich, W. (Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics, Ruhr-University Bochum)*

**3D simulation of seismic wave propagation around a tunnel using the spectral element method**

E-Mail: [lasse.lambrecht@rub.de](mailto:lasse.lambrecht@rub.de)

For safe tunnel excavation it is important to predict the geological environment and the underlying geotechnical parameters. Seismic wave propagation can be simulated by different numerical techniques such as finite differences and pseudospectral methods. Their disadvantage is the lack of accuracy on free surfaces, numerical dispersion and inflexibility of the mesh. Here we use the software package SPEC-FEM3D, which is based on the spectral element method and can handle complex mesh geometries. A weak form of the elastic wave equation leads to a linear system with a diagonal mass matrix, where the free surface boundary of the tunnel can be treated under realistic conditions and can be effectively implemented in parallel.

We have designed a 3D external mesh of 102 x 102 x 102 meters including a tunnel with a length of 51 m and a diameter of 12 m. This model is subdivided into 1.1 mio hexahedral spectral elements. To approximate the displacement field, Lagrange interpolants of degree  $N = 4$  are used. This leads to  $(N + 1)^3$  coefficients inside each element and enables us to simulate seismic waves with a center frequency up to 500 Hz in order to analyze their propagation. In front of the tunnel we intend to implement perturbations and study the arising reflections and scattered signals. Due to the occurrence of undesired non-physical reflections at the mesh boundaries we have implemented paraxial absorbing conditions to this external mesh.

**PSM-11 – Mi,Do · Seismik**

*Hänssler, T., Junge, A. (Frankfurt, Goethe Universität), Polom, U. (Hannover, LIAG)*

**High frequency shear wave seimics for utility detection**

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

Currently different geophysical methods are compared on a test site at Frankfurt University for the detection of underground pipelines and cables. The area of the site is 50 m x 40 m and its maximum depth is 3 m; altogether about 2 km utilities were buried in several different types of material. Beside GPR and EM, high-frequency shear wave seimics were applied in view of their suitability to utility detection. Especially above electrically highly conductive subsurface seismic methods might be superior to the other techniques.

We used a MiniVib source constructed by LIAG with a signal frequency range of 400 - 1600 Hz and 23 SH geophones mounted onto a landstreamer. The field layout consisted of 35 parallel seismic profiles being 1 m apart; source point dis-

tance was 0.4 m and receiver distance 0.2 m.

The data were processed in a standard way and influences of the soil type and paving on data quality, strength and frequency content were investigated. Furthermore the observations were compared to synthetic data using a model of the underground structure of the test site.

It turns out that the reliable detection of utilities is still difficult with seismic methods of current technology. However, the comparison of adjacent profiles together with statistical evaluation of certain frequency band data might raise the detection probability.

Strategies are discussed to overcome the existing deficiency, e.g. the use of a higher frequency source, reduction of receiver and source point distances along with a larger number of receivers.

**PSM-12** – Mi,Do · Seismik

*Caspari, E., Przebindowska, A., De Nil, D., Bohlen, T. (TU Bergakademie Freiberg)*

### **Joint Inversion of Rayleigh and Love waves - application to synthetic and field data**

E-Mail: [casparieva@yahoo.de](mailto:casparieva@yahoo.de)

Inversion of surface waves is a widely used method to obtain shear wave velocity depth profiles. The aim of this study is to examine if the joint inversion of Rayleigh and Love waves can provide a model, which explains the dispersion of both wave types equally well.

The inversion of individual dispersion curves of Rayleigh or Love waves can easily end up in a local minimum depending on the starting model. If either of these methods fail to find the true model, the application of joint inversion can lead to an improvement by reducing the ambiguity of the solution. We demonstrate this by forward calculations over suitable parameter ranges for synthetic examples. Consequently a rough sampling of the multidimensional Misfit function is done, in which the existence and distribution of local minima of Rayleigh, Love and the joint approach can be analyzed. In the next step the inversion algorithm is applied to these examples. The method is based on comparison of observed and calculated slowness values in a least-squares sense.

Finally the joint inversion is applied on a field data set. A model that explains both dispersion curves was found.

**PSM-13 – Mi,Do · Seismik**

*Kurzmann, A., Köhn, D., Przebindowska, A., Nguyen, N., Bohlen, T. (TU BA Freiberg)*

**Performance of acoustic full waveform tomography for different acquisition geometries**

For better parameter estimation we develop imaging methods that can exploit the richness of full seismic waveforms. Full waveform tomography (FWT) is a powerful method to reach this goal. In this study, we demonstrate the performance of our new parallel acoustic time-domain code. We present the results for two acquisition geometries: a transmission (random medium model) and a reflection example (the Marmousi model). Another important aspect is the choice of an adequate starting model. Both examples are used to investigate the role of the starting model. In contrast to the crosshole geometry, the success of the FWT for a reflection geometry is very sensitive to the starting model. In case of the transmission example the FWT can handle rough starting models. Even a homogeneous model can be enough to succeed. However, the inversion of a reflection geometry problem requires a more detailed starting model. Additionally the applicability of a different acquisition geometry will be presented for the Marmousi model. This is a test of the robustness of acoustic FWT with a decreasing number of ray paths. The FWT is still able to reconstruct the subsurface properly. It is rather a matter of iterations. The less ray paths the more iterations are necessary.

**PSM-14 – Mi,Do · Seismik**

*Baumann-Wilke, M., Kurzmann, A., Bohlen, T. (TU Bergakademie Freiberg)*

**True amplitude reverse-time migration - influence of different velocity models**

E-Mail: baumannm@student.tu-freiberg.de

In recent years, the interest in the application of reverse-time migration (RTM) to reflection seismic data has been increased. This is due to the fact that RTM is a powerful migration technique, which uses the full two-way wave equation and thereby considers all wave propagation effects in the imaging process.

The first step of RTM is the forward propagation of the source wavefield followed by the reverse-time backpropagation of the observed seismic data. Finally the imaging condition by means of a zero-lag crosscorrelation of the source and the backpropagated receiver wavefield has to be applied. To achieve correct reflection amplitudes, the result has to be normalized by the autocorrelation of the source wavefield (Claerbout, 1971). We use simple synthetic models to test this approach and find that the amplitude in the migrated image and the theoretical reflection coefficient show a good correlation.

The main aspect of this work is to investigate the importance of accurate velocity models for RTM. Therefore we applied our time-domain finite-difference

acoustic RTM code to the well-established Marmousi model. We compare the reflectivity images obtained for velocity models derived by first-arrival traveltimes tomography and full waveform tomography.

#### References

Claerbout, J. F., 1971. Toward a unified theory of reflector mapping. *Geophysics*, 36, 467-481.



# SO

## Seismologie

---

**SO-01** – Mo 23.3 14:00 - 14:20 HS H · Seismologie

*Heuer, B., Plenefisch, T., Klinge, K., Stammler, K. (Hannover, BGR)*

### **Untersuchung der differentiellen Rotation des inneren Erdkerns anhand von Wellenformdoublets**

Erste seismische Hinweise auf eine differentielle Rotation (Superrotation) des inneren Erdkerns wurden 1996 veröffentlicht. Seitdem gab es eine kontroverse Debatte um die tatsächliche Existenz und Nachweisbarkeit eines solchen Phänomens. Der Effekt scheint sehr klein zu sein und wurde hauptsächlich bei seismischen Phasen beobachtet, die den inneren Kern in N-S Richtung durchqueren. Weiterhin hat sich in den letzten Jahren herausgestellt, dass die Strukturen der seismischen Geschwindigkeitsverteilung und Anisotropie im inneren Erdkern komplex sind und sich überdies in der östlichen und westlichen Hemisphäre unterscheiden.

In dieser Studie zeigen wir erste vorläufige Ergebnisse einer Untersuchung von Wellenformdoublets aus der Region Tonga-Fiji, die an Stationen des Gräfenberg-Arrays bzw. des Deutschen Seismologischen Regionalnetzes seit 1980 registriert worden sind. Wir verwenden Ereignisse im Entfernungsbereich  $145^\circ$ - $155^\circ$ , um die drei Kernphasen PKP(DF), PKP(BC) und PKP(AB) zu erfassen. Im Falle einer differentiellen Rotation des inneren Erdkerns sollte sich die Laufzeitdifferenz PKP(DF)-PKP(BC) mit zunehmender Zeitspanne zwischen den Ereignissen geringfügig ändern (Größenordnung Zehntelsekunden über mehrere Jahre oder wenige Jahrzehnte), während die Laufzeitdifferenz PKP(AB)-PKP(BC) unver-

ändert bleiben sollte.

Zunächst haben wir dafür Erdbebendoublets mittels Wellenform-Kreuzkorrelation bestimmt. Für die resultierenden Doublets haben wir die einzelnen Phasen PKP(DF), PKP(BC) und PKP(AB) der beiden Ereignisse kreuzkorreliert. Bestimmt man die relative Zeitdifferenz zwischen den einzelnen Kernphasen, erhält man damit sehr genaue Werte, ohne Phasen picken- oder absolute Zeitmessungen machen zu müssen. Allerdings konnten wir in unserer Untersuchung bisher keinen Trend in den resultierenden Werten der Laufzeitdifferenzen beobachten. Das könnte daran liegen, dass der Wellenpfad nicht N-S gerichtet ist, oder dass auf dem untersuchten Pfad keine Änderungen in der Geschwindigkeits- oder Anisotropiestruktur im inneren Erdkern vorhanden sind, die als Marker dienen könnten.

**SO-02** – Mo 23.3 14:20 - 14:40 HS H · Seismologie

*Kirschner, S., Wawerzinek, B., Ritter, J. (Universität Karlsruhe (TH))*

### **Teleseismische Wellenfeldanomalien im Bereich des mittleren Oberrheingrabens: Keine Hinweise auf eine Mantelanomalie**

E-Mail: [stephanie.kirschner@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:stephanie.kirschner@gpi.uni-karlsruhe.de)

Im Rahmen des TIMO-Projektes (Tiefenstruktur des Mittleren Oberrheingrabens) wurde von Dezember 2004 bis Mai 2006 die weltweite Seismizität kontinuierlich aufgezeichnet. Zum Einsatz kamen 32 Stationen des **KARlsruher BreitBand Arrays (KABBA)**, zusätzlich stehen Daten von vier breitbandigen Festnetzstationen und von vier Stationen der Landeserdbebenregistrierung Rheinland-Pfalz zur Verfügung. Das Ziel der hier vorgestellten Studie war, teleseismische Wellenfelder auf Hinweise für Anomalien im oberen Erdmantel unter dem Oberrheingraben zu untersuchen. Auf Grund der heterogenen Untergrundstruktur, die durch die Grabenbildung entstanden ist, werden Laufzeit-, Rückazimut- und Langsamkeits-Anomalien erwartet und auch tatsächlich beobachtet.

Zur Auswertung wurden 90 Fernbeben mit gutem Signal-Stör-Verhältnis der P- bzw. PKP-Phasen verwendet. Mit Arrayprozessing wurden der Rückazimut und die Langsamkeit an drei Unterarrays ermittelt, welche sich östlich, innerhalb und westlich des Oberrheingrabens befanden. Die Messergebnisse werden mit den theoretischen Werten des Standarderdmodells iasp91 verglichen. Um Aussagen über subkrustale Strukturen treffen zu können, müssen die krustalen Auswirkungen (Stationshöhe, Mohotiefe und Sedimentmächtigkeit) auf die Laufzeit mit Hilfe einer 1D-Krustenkorrektur entfernt werden. Die resultierenden krustenkorrigierten relativen Laufzeitresiduen sind sehr gering ( $< 0,2$  s) und stark auf die Region um Landau begrenzt. Die Laufzeitverzögerungen pausen sich nicht auf die jeweilige Grabenschulter in Ausbreitungsrichtung der seismischen Welle durch. Dies bedeutet, dass sich die minimalen Anomalien nicht im Erdmantel befinden, sondern vermutlich von nicht bekannten (und daher nicht korrigierten) Heterogenitäten in der Kruste stammen. Es ergeben

sich meist sehr kleine und einige signifikante Rückazimut- und Langsamkeits-Abweichungen, die allerdings keine Systematik bezüglich der Einfallrichtung aufweisen. Daher deuten auch diese Messungen auf keine Mantelanomalie hin, was zusätzlich ein Vergleich mit synthetischen Modellierungen zeigt (siehe Beitrag von Wawerzinek et al.). Auf Grund dieser Ergebnisse wird vermutet, dass die Grabenbildung im Oberrheingraben keine bedeutende Anomalie im Mantel hinterlassen hat, bzw. dass rezent keine Mantelanomalie wie beispielsweise eine Asthenosphärenaufwölbung nachzuweisen ist. Diese Interpretation wird auch durch andere Analysen unterstützt, so konnte wegen einer fehlenden Anomalie im SKS-Doppelbrechungsmuster eine penetrative subkrustale Lithosphärendeformation ausgeschlossen werden.

**SO-03** – Mo 23.3 14:40 - 15:00 HS H · Seismologie

*Tunc, B., Baris, S., Kenar, O. (Kocaeli)*

### **DETERMINATION OF THE 3D VELOCITY STRUCTURE OF THE MARMARA REGION BY TOMOGRAPHIC INVERSION METHOD**

In this study, the three dimensional velocity structure of the Marmara Region is determined by tomographic inversion method. The aim of this study is, to define the crust structure of the Marmara Region, which is under the effect of active tectonic structures and to be a guide to the further studies. In this study, the new LOTOS07 algorithm is used. LOTOS07 is designed for simultaneous inversion for obtaining P wave and S wave velocity structures, and it uses travel times of local and regional earthquakes. In this study, the data is used which is provided by Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute's network covering between 1993 and 2007. Furthermore, Ocean Bottom Seismometer data, which is located in the Marmara Sea, data is added to the final data set. The resolution of the results tested after inversion procedues with different testing algorithms. The three dimensional structure of the crust under the Marmara Region is determined down to 15km depth in good resolution. The results are also consistent with previous gravity, magnetic and electromagnetic profiling studies for the region and as well as previous tomographic images obtained by other researchers.

**SO-04** – Mo 23.3 15:00 - 15:20 HS H · Seismologie

*Riedel, C. (AWI), Tryggvason, A. (Uppsala University), Silveira, D., Wallenstein, N. (Universidade dos Acores), Escuer, M. (Instituto de Meteorologia Ponta Delgada)*

**A 3D vp and vs local earthquake tomography of Sao Miguel island / Azores**  
E-Mail: carsten.riedel@awi.de

Sao Miguel Island is part of the Azores archipelago located in the central part of the Northern Atlantic. During the years 1998 to 2005 the local seismic net-

work acquired travel time data from about 15400 seismic events in the island and its surroundings with a focus between the two volcanoes Furnas and Fogo, also known as Agua de Pau. The data were inverted for hypocenter and wave velocities using the PSTOMO local tomography algorithm. The resolution test provides robust results in a region comprising 50 km x 15 km x 12 km. For the first time it was possible to invert the bottom of the crust and transition to the upper mantle in a depth of around 10 km. A high  $v_p/v_s$ -ratio region above a low  $v_p/v_s$ -ratio region in the area between Fogo and Furnas indicates a two-phase hydrothermal area reaching down to midcrustal depths and appears to be the main origin of seismicity. As a consequence of this study, an increase in seismicity rate since 2002 seems to be unrelated to renewed volcanism. A high velocity anomaly in the northwest of the island might indicate an as yet unknown tectonic boundary between Sete Cidades volcano in the west of the island and the remaining part.

**SO-05** – Mo 23.3 15:20 - 15:40 HS H · Seismologie

*Sigloch, K. (München, Ludwig-Maximilians-Universität), McQuarrie, N. (Princeton, Princeton University), Nolet, G. (Nice, Université de Nice)*

**Two-Stage Farallon Subduction History Under North America Inferred From Multi-Frequency P-Wave Tomography**

E-Mail: sigloch@geophysik.uni-muenchen.de

We apply a new tomographic method, multi-frequency body-wave tomography, to teleseismic P-wave measurements in North America. The goal is to systematically exploit frequency-dependent information contained in broadband waveforms of body waves for imaging three-dimensional mantle structure. 420,000 traveltimes and 160,000 amplitude measurements of teleseismic P-waves are jointly inverted for P-velocity and attenuation to 1800 km depth. Resolution is crucially improved by the new USArray stations in the western U.S.; their dense spacing plays to the strengths of finite-frequency tomography. We discover several previously unknown or unrecognized fragments of the subducted Farallon plate in the lower mantle beneath the western U.S., as well as tears or breaks in the plate that are thousands of kilometers long. We also resolve large amounts of older plate material foundering in the transition zone beneath the eastern half of the continent (this material must be older since the trench has been moving westward continuously for 150 million years). The Farallon fragments hence do not follow a simple, proportional relationship between depth and time since subduction, with interesting implications for the state of the mantle. We attribute the complex geometry to a frontal, trench-parallel break at the end of the Laramide era (50 Myr), a time of unusual tectonic and volcanic surface activity credited to extremely flat subduction. We propose that the newly discovered tears solve the geodynamical requirement of mass exchange (mantle flow) that enabled the flattened slab to begin its descent while remaining largely sheet-like. Yellowstone sits atop the junction of two such tears; this would have allowed for an unim-

peded ascent of the presumed mantle plume head that generated the Columbia River Basalts at 12 Myr.

**SO-06** – Di 24.3 08:30 - 08:50 HS H · Seismologie

*Heit, B., Yuan, X., Kind, R. (Potsdam, GFZ), Gossler, J. (Bremerhaven, AWI)*

### **Topography of the Mantle Discontinuities beneath Eastern Asia and NW Pacific by SS Precursors**

We attempt to use the large amount of seismic data recorded by the GRSN, GRF and GEOFON stations to study the topography of the mantle transition zone in the continent-ocean transition of eastern Asia and NW Pacific by SS precursors. SS bounce points sample a corridor from the Aleutians, Kamchatka and the Japan subduction zones through the North China craton to the Tibetan plateau. The corridor passes different tectonic units such as subduction zones, an old continental shield, a fold belt and a high plateau. We aim to get information about the depth and sharpness of the mantle discontinuities at 410 and 660 km and the topography of the mantle transition beneath different geologic units along the corridor and infer geodynamic processes at depth. We also aim to investigate the mantle transition zone thickness beneath continents and oceans as it was suggested that their differences might extend into the mantle transition zone. However, this correlation has not been evident in other studies. High resolution images of SS precursors may also reveal the interaction of the subducted oceanic lithosphere with the mantle transition zone and serve to answer the often debated question about the scale and extent of the slab stagnation within the mantle transition zone beneath the NW Pacific subduction zone.

**SO-07** – Di 24.3 08:50 - 09:10 HS H · Seismologie

*Zhang, Z. (Chinese Academy of Sciences, Beijing), Yuan, X. (GFZ Potsdam), Chen, Y., Tian, X. (Chinese Academy of Sciences, Beijing), Kind, R., Li, X. (GFZ Potsdam), Teng, J. (Chinese Academy of Sciences, Beijing)*

### **How is the Sichuan Basin Stopping the East Tibetan Escape Flow?**

GPS displacement vectors show that Tibetan crust is squeezed in easterly direction by the northward motion of the Indian plate. The Sichuan Basin is resisting this stream and redirecting it towards Indochina. Seismic anisotropy shows that surface deformations continue to greater depth and indicate crust-mantle coupling. Here, we present results from a dense seismic receiver function profile from eastern Tibet across the Longmen-Shan Fault (LMS) into the Sichuan Basin. We find that the LMS extends down to at least 150 km and marks a sharp steplike boundary between the Tibetan and the Sichuan lithospheres (including a sharp step at the boundary between crust and mantle). That mode of collision between east Tibet and the Sichuan craton is thickening of the Tibetan lithosphere in contrast to subduction at the India-Tibet boundary. Furthermore

we find that the mantle transition zone (MTZ, between 410 and 660 km depth in global average) is beneath the Sichuan Basin 30 km thicker (corresponding to 250-300 K lower temperature) than beneath the Sichuan Basin. The reason for this is unclear, as well as a possible connection between the change in MTZ thickness and the step of the lithosphere directly above. Receiver function data in eastern China make it unlikely that flat Pacific subduction is the cause of MTZ thickening below the Sichuan Basin, as it was indicated by tomography. We propose that thinning of the MTZ below eastern Tibet could be caused by dynamical suppression of the 410 discontinuity due to a vertical component of the eastern Tibetan escape flow.

**SO-08** – Di 24.3 09:10 - 09:30 HS H · Seismologie

*Lipke, K. (GFZ Potsdam), Krüger, F., Rößler, D. (Universität Potsdam)*

**Receiver function study on Sumatra and the Malaysian peninsular**

E-Mail: lipke@gfz-potsdam.de

In this receiver function study we investigate the lithospheric structure close to the Sunda Arc which is a major subduction zone between the Indo-Australian and the Sunda plate. Complexity within the crust is high at stations located on Sumatra close to the subduction front but lower for stations on Malaysia. Crustal parameters such as S-velocity,  $v_p/v_s$ -ratio, and thickness are determined independently.

In a first application of a recently developed algorithm, vertically inhomogeneous models for absolute shear-wave velocities are retrieved from observed apparent incidence angles of P-waves.

Using the more classic stacking procedure of Zhu and Kanamori and waveform inversion of receiver functions,  $v_p/v_s$ -ratio and the depth of discontinuities are determined. The combination of the method leads to a good definition of upper and lower limits for the considered parameters.

We find crustal S-velocities ranging between 3.2 and 3.5 km/s for Malaysian stations. Stations on Sumatra reveal lower S-velocities of 3.0 km/s for depths up to 30 km.

Furthermore, at station PSI a zone of high-velocity is indicated in depths between 1 and 10 km.

Secondly, we use the obtained information to investigate structures in the upper mantle. The subducting oceanic plate is imaged using receiver functions at stations BSI and GSI. There, we find clear indications of inclined structures. For BSI the dip of the slab is measured to  $19.2^\circ \pm 8.2^\circ$  to the northeast.

**SO-09** – Di 24.3 09:30 - 09:50 HS H · Seismologie

*Langenbruch, C., Shapiro, S.A. (Freie Universität Berlin)*

### **Omori Law for Fluid Induced Microseismicity and its Dependency on Parameters of Reservoir and Source**

In this paper we present striking similarities between the temporal occurrence of aftershocks after earthquakes and the temporal distribution of microseismic events induced during the post stimulation phase of fluid injections. We assume that microseismic events induced through fluid injections are triggered by a pure diffusive process of pore pressure relaxation. We improve an existing formulation for the seismicity rate of fluid induced microseismicity, which is developed based on this assumption. In this way we derive to a formulation, which describes the temporal distribution of microseismic activity in dependency on the parameters of source and reservoir. We show that the well known Omori law, which describes the frequency of aftershock occurrence, can be transferred to the case of fluid induced microseismicity to explain the temporal distribution of events induced after injection stop. Even in seismology the controlling parameters of the characteristic p-value of the Omori law are still under discussion. Here we identify the controlling parameters of the p-value for fluid induced seismicity and show, which of the parameters of source and reservoir can be reconstructed by a p-value analysis. Finally we apply the developed theory to synthetic data sets and to the Fenton Hill (1983) real data example.

**SO-10** – Di 24.3 09:50 - 10:10 HS H · Seismologie

*Plenefisch, T. (BGR Hannover)*

### **The October-November 2008 earthquake swarm in Vogtland/NW-Bohemia: first results of focal mechanisms determinations**

Vogtland/NW-Bohemia, an area at the border between Germany and Czech Republic, is known as one of the most interesting earthquake swarm regions in Europe. This special type of seismicity is expressed by the accumulation of a huge number of events of similar magnitude and their episodic reoccurrence. During a swarm hundreds or thousands of earthquakes without a distinct main shock occur spatially and temporally clustered.

The most recent swarm of 2008 occurred between the 6th of October and the middle of November. With more than 20000 detectable events and magnitudes up to 4 it is the most prominent one since the big swarm in 1985/86. Due to the strength of the swarm and the increased number of stations in the Vogtland/NW-Bohemia region the swarm of 2008 offers various possibilities to investigate the peculiarities of swarms and the special seismotectonic situation of the Vogtland/NW-Bohemia region.

This study concentrates on the determination of earthquake focal mechanisms. Mechanisms for all events with magnitudes  $ML > 2.7$  have been calculated. The ensemble of focal mechanisms is analysed with respect to variations within the

swarm as well as changes with respect to the mechanisms of the former swarms of 2000 and 1985/86. For example, the focal mechanism of one of the strongest events (10.10.2008, 08:08 UT) represents a strike slip mechanism with a slight normal faulting component. It is similar to the mechanisms of the stronger events of 2000 and 1985/86. The strike direction of one nodal plane (almost N-S) reflects the strike of the Marianske Lazne fault zone and parallel striking fault systems. The focal mechanisms are used to invert for the regional stress field which then is compared to the stress field in Central Europe.

**SO-11** – Di 24.3 10:10 - 10:30 HS H · Seismologie

*Spicak, A., Vanek, J., Hanus, V. (Prague, Institute of Geophysics)*

**Volcanic plumbing system and seismically active column in the volcanic arc of the Izu-Bonin subduction zone**

E-Mail: als@ig.cas.cz

A systematic analysis of the spatial distribution of teleseismic earthquakes along the Izu-Bonin-Mariana arc system reveals an anomalously high concentration of events beneath a chain of seamounts between Tori-shima and Nishino-shima volcanoes. This seismicity is dominated by the 1985/86 earthquake swarm represented by 146 earthquakes in the EHB database in the mb range 4.3-5.8 and focal depth range 0-100 km. The epicentral cluster of the swarm is elongated parallel to the volcanic chain. Available focal mechanisms reveal nodal planes with azimuths close to that of the epicentral cluster. The mechanisms are consistent with an extensional tectonic regime with an almost vertical P-axis. Earthquakes of the 1985/86 swarm occurred in seven time phases. Seismic activity migrated in space from one phase to the other. Earthquake foci belonging to individual phases of the swarm aligned in vertically disposed seismically active columns. The epicentral zones of the columns are located in the immediate vicinity of seamounts Suiyo and Mokuyo. We interpret the 1985/86 swarm as a consequence of subduction-related magmatic activity, starting at subcrustal depth and stopping just beneath the surface or even erupting at the ocean floor. Modification of the earthquake swarm model of Hill [1977] fits earthquake foci distribution, tectonic stress orientation and fault plane solutions. The 1985/86 earthquake swarm in the Izu-Bonin region represents an uncommon phenomenon of plate tectonics. The likely magmatic cause of the swarm points to potential volcanic hazard posed by submarine volcanic seamounts in western Pacific.



SO-12 – Di 24.3 10:50 - 11:10 HS H · Seismologie

*Behrmann, J. H. (IFM-GEOMAR, Kiel), Ullemeyer, K. (Institut für Geowissenschaften, Kiel), Stipp, M. (IFM-GEOMAR, Kiel)*

**Estimating the effect of texture on the acoustic anisotropy of the continental crust: A case study on quartzite mylonites from Naxos Island (Greece)**

The crystalline basement of Naxos Island (Cyclades, Greece), composed of a metasedimentary sequence, is part of a metamorphic core complex of Tertiary age. Syn- to postmetamorphic deformation caused a strong telescoping of the metamorphic isograds, ranging from low greenschist to high amphibolite facies conditions. The whole metamorphic edifice is exposed today at the surface. The rocks are pervasively deformed with a dome-shaped main foliation pattern and a dominant stretching lineation trending NNE, indicative of plain strain simple shear. Quartzites and quartz-rich schists represent one of the most widespread lithologies and a suite of samples was taken across the island. The crystal plastic deformation microstructures and textures can be correlated to temperature and confining pressure ranges between 350°C to 700°C, and 500 MPa to 700 MPa, as derived from synkinematic metapelitic mineral assemblages. With increasing temperature the quartz microstructures display a change from dominant subgrain rotation recrystallization to grain boundary migration recrystallization corresponding to a change in c-axis textures from maxima subnormal to the foliation or girdle-type fabrics in accordance with the sense of shear to a single maximum parallel to the foliation and perpendicular to the stretching lineation. Such microstructures and textures are very common for the distributed plastic deformation of the intermediate and lower continental crust expressed by wide mylonite zones. Based on the neutron texture analysis the texture component of the P-wave anisotropies of the quartzites were calculated and yield distinct velocity minima around the stretching lineation and maxima at high angles or perpendicular to the stretching lineation. This means that texture-related P-wave anisotropy signature is completely different to the anisotropy commonly related to microfracture and pore space anisotropies. In consequence our findings mean that many quartz-dominated metamorphic core complexes, and in fact continental crustal-scale shear zones in general may be acoustically isotropic despite their strong microstructural and crystallographic fabrics.

**SO-13** – Di 24.3 11:10 - 11:30 HS H · Seismologie

*Rabbel, W. (Kiel)*

### **Scherwellen-Splitting und anisotrope Viskosität**

Der Einfluss einer Anisotropie der Viskosität wurde bei Modellstudien zur tektonischen Entwicklung der Erdkruste und Lithosphäre bisher eher selten betrachtet. Einfache Abschätzungen zeigen jedoch, dass für den Bereich der mittleren und unteren Kruste eine Viskositätsanisotropie von mehreren tausend Prozent (Faktor 10-100) entstehen kann, wenn felsisch-mafische Wechsellagerungen vorliegen oder ultramafische Intrusionen in die tiefe Kruste erfolgen. Der damit korrespondierende Aufbau der Gesteinspakete erzeugt zugleich charakteristische räumliche Muster der Scherwellen-Doppelbrechung, so dass aus entsprechenden tiefeiseismischen Messungen Aussagen über eine Viskositätsanisotropie abgeleitet werden können. Die Zusammenhänge werden an Hand von tiefeiseismischen Messbeispielen aus Süddeutschland und dem Donbas (Ukraine) erläutert.

**SO-14** – Di 24.3 11:30 - 11:50 HS H · Seismologie

*Dahm, T. (University of Hamburg), Brandsdottir, B. (University of Iceland), Einarsson, P. (University of Iceland)*

### **Ein einfaches bruchmechanisches Modell zur Abschätzung von Spannungsgradienten, Intrusionslängen und Überdruck während der Krafla 1975-1984 Rift-Intrusionen in Nord Island**

Laterale magmatische Dike-Intrusionen in Rift Zonen können viele 10-er Kilometer lang sein und episodisch auftreten. Gut dokumentierte Beispiele sind die Krafla Rifting Episode in 1975-1984 (Nordisland) oder die Afar Rifting Episode in 2005 (Ethiopia). Aufgrund der Geometrie der Dikes in Riftzonen wird eine 2D-Analyse des Problems als Approximation versucht. Trotz dieser Vereinfachung ist bis heute umstritten, welche Schlüsselparameter die Form, Geschwindigkeit und Länge der Intrusionen während des Wachstums kontrollieren und wie oft sich diese wiederholen. Die Intrusionsinduzierte Seismizität stellt dabei eine wichtige Beobachtungsgröße dar, um dynamische Prozesse des Dikewachstums zu untersuchen.

Wir diskutieren ein einfaches theoretisches 2D Intrusionsmodell, das ursprünglich zur Erklärung von Hydrofrac-Experimenten und hydrofrac-induzierter Seismizität in einem Gasfeld in Texas entwickelt wurde. Das Modell berücksichtigt laterale tektonische Spannungsgradienten und kann unilaterales Dike-Wachstum und Seismizitätsfronten und Backfronten erklären. Zur Abschätzung von Seismizitätsmustern wird ein Coulomb Bruchkriterium berücksichtigt. Aufgrund der Länge und Dauer der Seismizitäts-Backfront können Rückschlüsse auf die Dauer der Injektionsphase und den tektonischen Spannungsgradienten gezogen werden. Das Modell wird auf ausgewählte Rifting Episoden in Krafla angewendet und die abgeleiteten Intrusionsparameter werden mit denen bisheriger Studien verglichen.

**SO-15** – Di 24.3 11:50 - 12:10 HS H · Seismologie

*Wölbern, I., Rümpker, G. (Goethe-Universität Frankfurt), Muwanga, A. (Makerere University Kampala)*

### **Mohotiefen und Anisotropie im Bereich des Rwenzori-Gebirges, Uganda**

Im Rahmen der **RiftLink**-Forschergruppe wurde im Umfeld des Rwenzori-Gebirges in Uganda ein temporäres seismologisches Stationsnetz betrieben. Zweck war die Aufzeichnung lokaler und teleseismischer Ereignisse zur Untersuchung der Strukturen der Kruste und des oberen Mantels unter dem im Riftgraben gelegenen Massiv. Wir präsentieren hier die Ergebnisse der teleseismischen Studien. Die Stationen standen auf Profilen parallel und senkrecht zur Ostflanke der Rwenzoris. Die Analyse des Scherwellen-Splittings liefert Informationen über die seismische Anisotropie im Messgebiet. Receiver Functions wurden zur Untersuchung der Mohotiefen und innerkrustalen Schichtgrenzen berechnet.

Die Splitting-Parameter zeigen eine generelle Ausrichtung der schnellen Achsen parallel zum Graben. Das deutet darauf hin, dass der Riftvorgang von Magma-Intrusionen begleitet wird. Es ergeben sich Verzögerungszeiten von bis zu 1,2 s. Hinweise auf komplexere anisotrope Strukturen liefern Beobachtungen frequenzabhängiger Splitting-Parameter an einigen Stationen.

Mohotiefen wurden mit unabhängigen Techniken ermittelt. Wir verwenden die Wellenform-Inversion sowie zwei Grid-Search-Methoden: die erste nach Zhu & Kanamori, die andere basierend auf Laufzeitunterschieden. Die Kartierung der Tiefen zeigt deutliche Hinweise auf das Fehlen einer Krustenwurzel unterhalb der Rwenzoris. Während die Moho unter der Riftschulter in ca. 30 km Tiefe liegt, beobachten wir unter dem Gebirge eine Krustenverdünnung auf bis zu 21 km. Im südlichen Bereich des Messgebietes tritt eine ausgeprägte negative konvertierte Phase auf, welche die obere Begrenzung einer Niedriggeschwindigkeitsschicht anzeigt. Diese interpretieren wir als eine Zone partieller Schmelze in ca. 15 km Tiefe, die möglicherweise mit der Aktivität lokaler Vulkanfelder in Verbindung steht.

**SO-16** – Di 24.3 12:10 - 12:30 HS H · Seismologie

*Lindenfeld, M., Rümpker, G. (Universität Frankfurt), Schumann, A. (Universität Kampala), Wölbern, I. (Universität Frankfurt)*

### **Neue Ergebnisse zur lokalen Seismizität im Gebiet des Rwenzori Gebirges, West Uganda**

Die Rwenzori Berge, an der Grenze zwischen Uganda und der Demokratischen Republik Kongo gelegen, befinden sich direkt im Graben des Ostafrikanischen Riftsystems. Im Rahmen des RiftLink Projektes sollen die Vorgänge, die zur Hebung dieses Gebirgsblockes geführt haben, untersucht werden. Zur Bestimmung der lokalen Seismizität wurde zwischen April 2006 und Ende September 2007 ein Netzwerk von bis zu 27 mobilen seismischen Stationen betrieben. Die Lokalisierung der detektierten Beben ist mittlerweile abgeschlossen und die Ergebnisse

sollen hier dargestellt werden.

Zunächst überraschte die unerwartet hohe seismische Aktivität. Im Durchschnitt konnten monatlich etwa 800 Ereignisse mit Magnituden zwischen -0.5 und 5.1 lokalisiert werden. Die Bebenherde konzentrieren sich im Norden des Messgebietes westlich und östlich der Ruwenzoris mit einem ausgeprägten Maximum in 15 km Tiefe. Im Westen, im Bereich des Riftgrabens, liegen die Hypozentren in Tiefen zwischen 10 bis 20 km, während im Osten, im Bereich der Riftflanken, die Seismizität bis knapp über 30 km Tiefe reicht. Dies deckt sich gut mit Krustenmächtigkeiten, die aus teleseismischen Receiverfunktionen abgeleitet wurden. Es gibt allerdings eine Ausnahme: Etwa 30 km östlich des nördlichen Gebirgsausläufers wurde ein Cluster von 7 Beben in einer Tiefe von 50 bis 60 km lokalisiert ( $M=1.4-2.4$ ). Diese ungewöhnlich tiefen Beben können mit einer Delamination der Mantellithosphäre in Verbindung gebracht werden, die als mögliche Ursache für die Gebirgshebung diskutiert wird.

Von einigen Beben wurden mithilfe von P-Polaritäten Herdflächenlösungen angefertigt. Die Mehrzahl der abgeleiteten Mechanismen entspricht Abschiebungen, deren Streichen überwiegend parallel zur Riftachse verläuft. Nur an der Grenze zwischen Hauptmassiv und dem Nordrücken scheint eine systematische Drehung des Spannungsfeldes vorzuliegen. Diese Beobachtung unterstützt ein numerisches Modell, nach dem der Gebirgsblock von zwei sich nähernden Riftsegmenten eingefangen wurde und im Uhrzeigersinn rotiert. In vielen Seismogrammen, die innerhalb des Riftgrabens registriert wurden, entdeckten wir S-Vorläufer, die als S-P Konversionen vom Boden der Sedimentschicht interpretiert werden. Die Differenzlaufzeit zur direkten S-Welle wird benutzt, um die Sedimentmächtigkeiten unterhalb der betreffenden Stationen zu bestimmen.

**SO-17** – Di 24.3 12:30 - 12:50 HS H · Seismologie

*Strehlau, J. (Christian-Albrechts-University Kiel)*

**Is the depth extent of seismogenic faulting in continental crust largely controlled by temperature or other factors?**

E-Mail: [strehlau@pclab.ifg.uni-kiel.de](mailto:strehlau@pclab.ifg.uni-kiel.de)

Faulting in continental earthquakes is usually considered a low-temperature process, with the thickness of the seismogenic layer thought to be limited by a specific seismic-aseismic transition (SAT) temperature (mostly estimated to be in the range of 250–500 °C; e.g., Bonner et al., *BSSA* 2003). This concept, however, is in apparent conflict with a variety of observations and modeling studies: (1) Earthquakes and non-volcanic tremors are located in the lower crust of several regions, at temperatures calculated to be significantly higher than the above values (e.g., under the Molasse Basin in the northern Alpine foreland; e.g., Strehlau & Stange, in prep.); (2) Numerical simulations of earthquake scaling relations indicate that coseismic slip in large earthquakes may propagate deeply below the SAT (as defined by the shallow depth extent of aftershock activity), thus implying that crustal-scale faults may undergo large seismogenic displacements in the

lower crust but may not be capable of generating deep crustal aftershocks, presumably due to stable postseismic frictional sliding (e.g., Shaw & Wesnousky, *BSSA* 2008); (3) Field studies of exposed high-grade metamorphic terrains show that specific pseudotachylytes preserved in these rocks were generated by frictional melting at lower crustal depths and ambient temperatures of about 650–700 °C (e.g., Lin, *Pageoph* 2008). Taken together, these results call into question the low-temperature model of seismogenic faulting. This contribution discusses several alternative factors and processes, among them localized metamorphic phase changes involving plastic flow instabilities and rapid ductile faulting.

**SO-18** – Di 24.3 12:50 - 13:10 HS H · Seismologie

*Kaiser, D. (BGR Hannover), Castellaro, S. (Bologna), Gutdeutsch, R. (Wien)*

### **Wie genau lassen sich Regressionsbeziehungen zwischen unterschiedlichen Magnitudenskalen ableiten?**

E-Mail: diethelm.kaiser@bgr.de

Das Problem bei der Aufstellung linearer Beziehungen der Gestalt (1)  $Mx = A \cdot My + B$  zwischen verschiedenen Magnituden  $Mx_i$  und  $My_i (i = 1, 2, \dots, N)$  besteht darin, dass aus den Messdaten  $Mx_i, My_i$  allein die best anschließende lineare Beziehung nicht abgeleitet werden kann. Denn beide Magnituden  $Mx_i, My_i$  sind mit unterschiedlichen initialen Fehlern  $u_i, e_i$  behaftet. Aus den Verteilungen  $Mx_i, My_i$  allein sind nur drei theoretische Grenzfälle abzuleiten,  $\sigma_{uu} = 0, \sigma_{ee} \neq 0$  (Standardregression 1,  $A = A_1$ ),  $\sigma_{ee} = 0, \sigma_{uu} \neq 0$  (Standardregression 2,  $A = A_2$ ) und  $\eta = \sigma_{ee}/\sigma_{uu} = 1$  (spezielle orthogonale Regression  $A = A_3$ ) ableitbar. Für  $\eta = const$  kann man die Beziehung (2)  $A^2 + A(\eta/A_1 - A_2) - \eta = 0$  für  $A(\eta, A_1, A_2)$  aufstellen. Gl. (2) setzt voraus, dass  $u_i, e_i$  und  $x_i$  normal verteilt und unabhängig voneinander sind. Castellaro & Bormann (*BSSA*, 97, 1167-1175, 2007) haben in mathematischen Modellexperimenten  $A$ , Fehlerverteilungen  $u_i, e_i$  und Gutenberg-Richter-verteilte  $Mx_i$  vorgegeben und daraus  $A_1$  und  $A_2$  zurückgerechnet. Sie fassen die Beobachtungen in 4 Schlussfolgerungen zusammen. Davon lassen sich drei aus Gleichungen (1) und (2) voll bestätigen. Die 4. Schlussfolgerung (*Wenn die Gerade  $A_3 = 1$  die Winkelhalbierende zwischen  $A_1$  und  $A_2$  bildet, dann ist  $\eta \approx 1$* ) stellt eine von mehreren möglichen Lösungen dar. Die Zurückrechnung von  $A$  mittels Gl. (2) zeigt Abweichungen um 1% bei mittleren Initialfehlern  $\sigma_e, \sigma_u < 0.5$ ; erreichen jedoch mehr als 30% bei Initialfehlern  $\sigma_e, \sigma_u \geq 0.5$ .

**SO-19** – Mi 25.3 08:30 - 08:50 HS H · Seismologie

*Rehor, L., Forbriger, T. (Universität Karlsruhe)*

### **Seismisch bestimmte Gebäudeantworten aus Hintergrundsignal**

E-Mail: Lisa.Rehor@gpi.uni-karlsruhe.de

Um die Gebäudeantwort eines Hochhauses aus dem kontinuierlich registrierten Hintergrundsignal innerhalb des Gebäudes zu bestimmen, wurde eine Methode von Snieder und Şafak (2006) erweitert. Diese basiert auf dem Konzept der seismischen Interferometrie. Das Gebäude wird dabei als lineares Filter beschrieben. Die Registrierung im Keller des Gebäudes wird als Eingangssignal und die Registrierung im obersten Stockwerk des Gebäudes wird als Ausgangssignal betrachtet. Durch Dekonvolution des Ausgangssignals mit dem Eingangssignal erhält man eine Antwortfunktion und eine Impulsantwort, die die mechanischen Eigenschaften des Gebäudes beschreiben. Die Methode von Snieder und Şafak wurde ursprünglich zur Bestimmung von Gebäudeantworten aus Erdbebensignalen entwickelt. Anhand eines Hochhauses in Bukarest-Măgurele haben wir untersucht, ob sich die Methode auch zur Bestimmung von Gebäudeantworten aus kontinuierlich registriertem Hintergrundsignal eignet. Während des **Urban Seismology (URS)** Projektes im Rahmen des SFB461 „Starkbeben“ waren über einen Zeitraum von drei Monaten zwei Seismometer des **Karlsruher Breitband-Arrays (KABBA)** innerhalb dieses Hochhauses installiert. Die Amplitudenspektren der Antwortfunktionen, die aus Hintergrundsignal und Erdbebensignalen berechnet wurden, sind sich sehr ähnlich. Dagegen zeigen die Impulsantworten deutliche Unterschiede. Diese sind vermutlich auf die unterschiedliche Anregung des Gebäudes zurückzuführen. Bei einem Erdbeben kann von einer dominierenden Anregung des Gebäudes an dessen Fundament ausgegangen werden. Im Gegensatz dazu tragen zum kontinuierlich registrierten Hintergrundsignal zusätzlich Quellen an den Wänden, im Inneren und an der Oberkante des Gebäudes bei.

## 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.

**SO-20** – Mi 25.3 08:50 - 09:10 HS H · Seismologie

*Endrun, B., Köhler, A., Ohrnberger, M. (Institut für Geowissenschaften, Universität Potsdam), Renalier, F. (LGIT, Grenoble), Savvaidis, A. (ITSAK, Thessaloniki)*

### **Stability and consistency of ambient vibration array measurements of surface wave dispersion for site characterization**

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

Ambient vibration measurements with small, temporary arrays that produce estimates of surface wave dispersion have become increasingly popular as a low-cost, non-invasive tool for site characterization. An important requirement for these measurements to be meaningful in the study of site effects, however, is the temporal consistency and repeatability of the dispersion curve estimates.

Possible influences include temporal variability of the shallow ground structure and seasonal or short-term variations in the location, type and strength of noise sources.

Datasets acquired within several European research projects (NERIES task JRA4, SESAME) and various other multinational experiments offer the chance to investigate the temporal variability of the derived dispersion curves. On the one hand, the datasets include repeated measurements, with several years of time elapsed inbetween, at six sites in Greece and Italy. On the other hand, there are two measurements with longer duration that allow the investigation of diurnal changes.

Within NERIES, active seismics were performed simultaneously to the ambient vibration measurements, providing independent dispersion information at high frequencies. A comparison in the overlapping frequency band shows good agreement with the ambient vibration data for both Love and Rayleigh waves. Our analysis indicates that for urban as well as rural sites the dispersion information derived from ambient vibration data is stable in time and does not depend on the team performing the measurements, the instrumentation or array layout or the method of analysis (FK or SPAC) used. The frequency interval in which a dispersion curve estimate can be obtained and the observability of higher modes, though, depend on the composition, i.e. the energy content and partitioning in different frequency bands, of the microtremor wavefield and thus may vary with time.

**SO-21** – Mi 25.3 09:10 - 09:30 HS H · Seismologie

*Miksat, J. (Universität Karlsruhe), Wen, K.-L. (NCU, Taiwan), Sokolov, V. (Universität Karlsruhe), Chen, C.-T. (NCU, Taiwan), Wenzel, F. (Universität Karlsruhe)*

### **Numerische Simulation von Beckeneffekten für das Taipehbecken (Taiwan)**

E-Mail: joachim.miksat@gpi.uni-karlsruhe.de

Taipeh, die Hauptstadt Taiwans, wurde im 20. Jahrhundert vier mal durch Erdbeben in Mitleidenschaft gezogen. Taipeh liegt in einem Sedimentbecken, das in ein tiefes westliches Becken (bis 700 m) und ein flacheres östliches Becken (ca. 200 m) eingeteilt werden kann. Durch das sehr dichte TSMIP (Taiwan Strong Instrumentation Program) Netzwerk ergibt sich eine große Datenbasis von Beobachtungen. Untersuchungen dieser Daten zeigen, dass flache Erdbeben im Frequenzbereich unterhalb von 2 Hz größere Verstärkungen als tiefe Erdbeben hervorrufen. Dieser Frequenzbereich ist vor allem für Bauwerke mit kleinen Eigenfrequenzen, wie Brücken und Hochhäuser, wichtig. Weiter variieren die Verstärkungsfaktoren an einigen Stationen deutlich in Abhängigkeit vom Azimuth der Erdbeben. Um die Beobachtungen zu verstehen und besser zu beschreiben verwenden wir ein 3D Finite-Differenzen Verfahren zur Simulation der Wellenausbreitung bis 1Hz für das Taipehbecken. Die hierzu notwendige Untergrundstruktur ist durch Bohrungen und reflektionsseismische Untersuchungen

sehr gut bekannt. Weiter berechnen wir aus Simulationen einer einfallenden ebenen Wellenfront für das 3D Untergrundmodell und für ein homogenes Modell frequenzabhängige Verstärkungsfaktoren. Dieser Ansatz erlaubt es, unabhängig von Laufwegs- und Quelleigenschaften, den relativen Einfluss des Beckens zu berechnen. In Verbindung mit bekannten Abminderungsfunktionen kann so die absolute Bodenbewegung innerhalb des Beckens berechnet werden.

Unsere Simulationen zeigen, dass für flache Erdbeben starke Oberflächenwellen an den Beckenrändern erzeugt werden, was die beobachteten höheren spektralen Verstärkungen im Vergleich zu tiefen Erdbeben erklärt. Die dominanten Frequenzen der Verstärkung variieren von 0.3 Hz für den tiefsten Bereich des Beckens bis über 0.6 Hz an den Beckenrändern. Dies entspricht ebenfalls den Ergebnissen aus der Analyse von aufgezeichneten Bebedaten.

Unsere Arbeit erklärt die im Taipehbecken beobachteten Merkmale der Bodenbewegung und reproduziert die beobachteten Verstärkungsfaktoren. Deshalb kann die für das Taipehbecken verwendete numerische Simulation auch für andere Sedimentbecken mit gut bekannten Untergrundstrukturen anwendbar sein. Dies ist besonders von Vorteil, wenn auf Grund kurzer Beobachtungszeiten oder geringer Seismizität keine Analyse beobachteter Daten durchgeführt werden kann.

**SO-22** – Mi 25.3 09:30 - 09:50 HS H · Seismologie

*Schmitz, M. (Caracas, FUNVISIS), Hernández, J.J. (Caracas, Consultant in Earthquake Engineering), Morales, C., Molina, D., Valleé, M., Domínguez, J., Mendes, K., Caracas Seismic Microzoning Project Working Group (Caracas, FUNVISIS)*

### **The Caracas Seismic Microzoning Project: final results and challenges**

E-Mail: mschmitz@funvisis.gob.ve

We present the methodology and main results of the Caracas Seismic Microzoning Project, realized between 2005 and 2008 with the mayor aim of mitigating the seismic risk in the Venezuelan capital. During its history, the city of Caracas, which is located close to the plate boundary between the South America and the Caribbean tectonic plates, has suffered several destructive earthquakes. The most recent one, the 1967 Caracas earthquake (M 6.6), caused damage to numerous buildings, including the collapse of 4 of them in a deep sediment area within the valley, with a death toll of more than 300 people. Complementary to the investigations of soil and building dynamical characteristics performed right after the earthquake, further geological and geophysical investigations were carried out during this project, in order to determine the distribution of the different units within the valley and their specific seismic response. A probabilistic seismic hazard assessment at the outcropping rock was derived and associated ground motions deconvolved to bedrock. They were used as input for the determination of response spectra at different subsoil conditions within the sedimentary valley by means of 1D dynamic analyses, and later calibrated with actual earthquake



spectra. Afterwards, 2D-3D basin effects were incorporated in an approximate way. For the hillside areas, the landslide hazard was estimated based on available geotechnical information for the triggering rainfall and seismicity. The distribution of microzones was selected considering sediment thickness, site VS,30, 1967 earthquake damages, quaternary geomorphological units, soil profiles from deep boreholes, predominant periods from H/V, and experimental transfer functions. Data from three deep (110 to 280 m depth) accelerographic stations will help to constrain the results in the future. Parametric studies of building behavior are executed as base for building recommendations and urban planning considerations. An effective interaction with the local and national authorities will be necessary in the near future in order to create the legal framework for the implementation of the response spectra, as well as building and hillside recommendations in local building codes. Funding was provided by Proyecto de Microzonificación Sísmica en las Ciudades Caracas y Barquisimeto (FONACIT-BID II 2004000738). Further members of the Caracas Seismic Microzoning Project Working Group are: A. Aguilar, I. Aguilar, L. Alvarado, E. Amaris, M. Andrade, F. Anzola, J. Araque, F. Audemard, J. Azuaje, P.Y. Bard, H. Cadet, V. Cano, E. Caraballo, A. Castillo, C. Cornou, E. Delavaud, J. Delgado, P. Feliziani, Y. Flores, K. García, M. González, J. Guzmán, A. Hernández, A. Justiniano, V. Leal, R. López, W. Marín, G. Malavé, J. Moncada, R. Ollarves, J. Oropeza, M. Palma, A. Petitjean, B. Quintero, H. Rendón, V. Rocabado, J. Rodríguez, L. Rodríguez, G. Romero, S. Safina, J. Sánchez, A. Singer, M. Tagliaferro, F. Urbani, R. Vásquez, M. Villar, J.P. Vilotte, A. Zambrano, H. Zambrano, J. Zamora.

**SO-23** – Mi 25.3 09:50 - 10:10 HS H · Seismologie

*Schweitzer, J. (NORSAR)*

### **Die Geburt der modernen Seismologie im 19. und 20. Jahrhundert**

Die frühesten seismischen Instrumente waren Seismoskope, die nur anzeigen konnten, dass eine stärkere Bodenbewegung stattgefunden hatte. Die moderne instrumentelle Seismologie begann im 19. Jahrhundert, als, vor allem in Italien, Japan, Russland und auch in Deutschland, seismische Instrumente entwickelt wurden, die im Stande waren, Bodenbewegungen als Funktion von Zeit und Richtung aufzuzeichnen. Die grundlegende Verbesserung der seismischen Instrumente im Jahrzehnt vor dem Ersten Weltkrieg führte dann zu Seismographen mit so guter zeitlicher Auflösung und Empfindlichkeit, dass nun die wichtigsten seismischen Phasen registriert und identifiziert werden konnten. Da seismische Wellen aber die ganze Erde durchqueren und nicht an politischen Grenzen stoppen, waren grundlegende seismologische Entdeckungen nur möglich, nachdem man neue Strukturen für international organisierten Datenaustausch und Zusammenarbeit entwickelt hatte. Parallel zu den instrumentellen und organisatorischen Entwicklungen, mussten die Seismologen die Grundlagen der seismischen Wellenausbreitung in der Erde basierend auf Elastizität- und Strahlentheorie erforschen. Erst danach war eine schrittweise Entzifferung des struk-

turellen Aufbaus unseres Heimatplaneten möglich, bestehend aus Kruste, Mantel und ein zweigeteilter Erdkern.

**SO-24** – Mi 25.3 10:10 - 10:30 HS H · Seismologie

Strehlau, J. (Christian-Albrechts-Universität Kiel)

### **Darwins Erdbeben­theorie – ein historischer Rückblick**

E-Mail: [strehlau@pclab.ifg.uni-kiel.de](mailto:strehlau@pclab.ifg.uni-kiel.de)

Der 200. Geburtstag von Charles Robert Darwin (12. Feb. 1809, gest. 1882) und der 150. Jahrestag der Veröffentlichung seines Hauptwerks *On the Origin of Species by Means of Natural Selection* (Herbst 1859) sind Anlass daran zu erinnern, dass er sich vor seiner Entwicklung zum Evolutionsbiologen bereits als Geologe einen Namen gemacht hatte (S. Herbert, *Charles Darwin, Geologist*, 2005; M.J.S. Rudwick, *Lyell and Darwin, Geologists*, 2005). Während seines Studiums war Darwin (laut Autobiographie) abgeneigt sich näher mit Geologie zu befassen, doch auf seiner Weltumseglung mit der *H.M.S. Beagle* (1831-36) äußerte er sich inspiriert: „Geology carries the day“. Nach seiner Rückkehr publizierte er zunächst mehrere Artikel und Bücher hauptsächlich über seine geologischen Reisebeobachtungen, die er nicht lediglich im Kontext damals aktueller Sichtweisen (vor allem der *Principles of Geology* von C. Lyell) interpretierte, sondern mit eigenen innovativen Ideen zu erklären suchte (z.B. erkannte er im Wachstum von Korallenriffen um Vulkaninseln erstmals die Wirkung von Absenkungen der Erdkruste). Dies gilt auch für seine erdbebenkundlichen Arbeiten, die durch persönliches Erl eben des Erdbebens ( $M > 8$ ) vom 20.2.1835 in Chile motiviert waren. Er selbst, sein Assistent Covington und Kapitän FitzRoy untersuchten die Schadenwirkungen des Bebens und Tsunamis. Sie vermaßen örtlich die durch das Beben verursachte Hebung der Küste (M. Kölbl-Ebert, *Episodes*, 1999; D. Melnick et al., *GSA Bull.*, 2006), die Darwin als Indiz eines schrittweisen und langsamen Aufstiegs der Anden deutete (horizontale Bewegungen der Erdkruste und Subduktion waren damals noch unbekannt). Aus der Beobachtung, dass zeitgleich mit dem Beben mehrere Vulkane entlang der Kordilleren tätig waren, folgerte er, dass Erdbeben in Verbindung mit Vulkaneruptionen durch unterirdische Kluftbildung mit Intrusion von Magma verursacht seien. Er betonte jedoch, dass es auch Erdbeben ohne begleitenden Vulkanismus gebe. Darwins Theorie enthielt somit (im Gegensatz zu den meisten anderen Vorstellungen seiner Zeit; siehe z.B. E. Oeser, *Historische Erdbeben­theorien von der Antike bis zum Ende des 19. Jahrhunderts*, 2003) bereits eine tektonische Herdkomponente, die später durch die Entdeckung von Erdbeben auf tektonischen Verwerfungen (durch E. Sueß 1873, der u.a. Darwin zitierte) modifiziert wurde und anschließend in den Vordergrund trat.

Webseite: <http://darwin-online.org.uk>

**SO-25** – Mi 25.3 10:50 - 11:10 HS H · Seismologie

*Walter, M., Joswig, M. (Stuttgart, Institut für Geophysik)*

### **Seismische Untersuchungen zur Differenzierung von Hangdynamiken an einem Schlammstrom in Super-Sauze, Französische Alpen**

Der Schlammstrom in Super-Sauze in den französischen Alpen besteht im Wesentlichen aus schwarzen, jurassischen Mergeln und zeigt eine enorme Dynamik mit Bewegungsraten von mehr als 3 cm/d. Mit Hilfe des Verfahrens 'Nanoseismic Monitoring' (Joswig, First Break, 2008) konnten während einer 10-tägigen Feldkampagne im Juli 2008 Signale detektiert und teilweise lokalisiert werden, die durch unterschiedliche Hangdynamiken verursacht wurden. Wir können zwischen drei Typen von Ereignissen differenzieren, die sich in Signallänge, Frequenzgehalt, Sonogramm-Muster und Amplitude voneinander unterscheiden.

Einige Ereignisse lassen sich Felsstürzen zuordnen, die im Akkumulationsgebiet des Schlammstromes stattfinden, und dort mehrfach visuell beobachtet wurden. Im Gegensatz dazu, konnten wir verschiedene Signaltypen registrieren, die offensichtlich durch Deformationsprozesse innerhalb des instabilen Rutschungskörpers generiert wurden. Wir können zwei Ereignistypen unterscheiden, denen offensichtlich verschiedene Herdmechanismen zu Grunde liegen. Prinzipiell korreliert die räumliche Verteilung der Epizentren, respektive die abgeschätzten Herdlokationen, mit Hangbereichen, wo die höchsten Bewegungsraten an der Oberfläche registriert wurden.

Erstaunlich ist dabei die Tatsache, dass viele der Ereignisse an der Grenze zwischen dem instabilen Rutschungskörper und aus dem Schlammstrom herausragender Festgesteins-Kämme lokalisiert wurden. Analysen mit Luftbildern aus Jahren bevor der Schlammstrom sich entwickelt hatte, belegen, dass die meisten der Ereignisse an dieser, heute zumeist vom Schlammstrom bedeckten, Festgesteins-Kämme generiert wurden.

Unsere derzeitige Hypothese ist, dass ein Ereignistyp durch impulsive Bruchprozesse innerhalb des instabilen Schlammstromes generiert wurde, wohingegen die Signale des anderen Ereignistyps durch Aktivitäten an der Grenze zwischen dem instabilen Rutschungskörper und den sich innerhalb des Schlammstromes befindlichen Festgesteins-Kämmen verursacht wurden. Wir vermuten derzeit, dass diese Signale durch 'Reibungen' und 'Schmirgeln' des Schlammstromes entlang dieser Festgesteins-Kämme generiert werden.

**SO-26** – Mi 25.3 11:10 - 11:30 HS H · Seismologie

*Walter, M., Joswig, M. (Stuttgart, Institut für Geophysik)*

### **Seismische Untersuchungen von Bruchprozessen an einem Kriechhang (Heumöser Hang) im Vorarlberg, Österreich**

Als eines von insgesamt 6 Teilprojekten der DFG-Forscherguppe 'Kopplung von Strömungs- und Deformationsprozessen zur Modellierung von Großhangbewegungen' erforscht unser Institut Bruchprozesse, die während der Bewegung des

Heumöser Hanges (Vorarlberg) generiert werden. Unter Anwendung des Verfahrens 'Nanoseismic Monitoring' (Joswig, First Break, 2008) konnten im Rahmen von mehreren Messkampagnen zwischen 2005 bis 2008 erfolgreich einzelne Bruchprozesse seismisch erfasst und lokalisiert werden konnten.

Die räumliche Verteilung der lokalisierten Bruchprozesse mit Magnituden von  $M_L=-0.7$  bis  $M_L=-2.4$  korreliert dabei prinzipiell mit Hangbereichen, die erhöhte Bewegungsraten an der Oberfläche zeigen. Das zeitliche Auftreten dieser Bruchprozesse, bis zu 26 Stunden nach Starkregenereignissen, scheint die bisherige Vermutung zu bestätigen, dass starke Regenereignisse gefolgt von rasch ablaufenden Infiltrationsprozessen, die Bewegung des Hanges begünstigen bzw. auslösen.

Um die statistische Signifikanz der raum-zeitlichen Auftretensmuster der Bruchprozesse zu untersuchen, wurden im Sommer 2008 fünf mini-arrays am Heumöser Hang für die Dauer von 4 Wochen installiert, um flächendeckend mögliche Spannungsabbauprozesse am Hang seismisch erfassen zu können. Erste Ergebnisse dieser Untersuchung werden vorgestellt.

Da im Gegensatz zu Hanginstabilitäten bestehend aus Festgestein der Rutschungskörper des Heumöser Hanges aus glazialen Sedimenten und Hangschutt aufgebaut ist, sind mögliche Herdprozesse nicht trivial ableitbar. Im Rahmen von im Sommer 2008 durchgeführten in-situ Feldexperimenten in trockenen Lockersedimenten in Israel konnten Bruchprozesse seismisch erfasst haben, deren spektrale Signatur prinzipiell denen der detektierten Brüchen am Heumöser Hang ähneln. Aus diesem Grund vermuten wir derzeit, dass die Generierung von Bruchprozessen in Sedimenten in Abhängigkeit derer Wassersättigung stattfindet. Die These wird durch die Tatsache gestützt, dass die Ereignisse am Heumöser Hang im westlichen Hangbereich lokalisiert wurden, dort, wo die Wassersättigung des Rutschungsmaterials saisonal variiert, wohingegen im östlichen Hangbereich, dessen Material permanent wassergesättigt ist, keine Brüche registriert und lokalisiert wurden.

**SO-27** – Mi 25.3 11:30 - 11:50 HS H · Seismologie

*Becker, D. (Universität Hamburg), Cailleau, B. (GFZ Potsdam), Dahm, T. (Universität Hamburg), Shapiro, S.A. (Freie Universität Berlin), Kaiser, D. (BGR Hannover)*

### **Akustische Emissionen unter zyklischer Belastung in einem Salzbergwerk - Spannungsgedächtnis des Gesteins und raum-zeitliche Ereignischarakteristik**

Wir untersuchen das raum-zeitliche Verhalten von akustischen Emissionen (AE), die durch zyklische thermische Belastung aufgrund von Verfüllungsmaßnahmen in einem ehemaligen Salzbergwerk induziert werden. Durch den Wärmeeintrag im Zuge der Verfüllmaßnahmen wird eine thermische Anomalie im an den Hohlraum angrenzenden Gestein induziert, die dann, einem Diffusionsgesetz folgend, in das umgebende Gestein vordringt. Aufgrund der zykli-

schen Art der Belastung kommt es während der Abkühlungsphasen in unmittelbarer Nähe zum Hohlraum zu einer Entlastung des Gesteins. Der vorherige maximale Spannungszustand wird dann erst im Laufe des nächsten Belastungszykluses überschritten.

Ereignisraten der AE Aktivität sowie die Steigung der Magnituden-Häufigkeits-Verteilung (b-Wert) werden für Gebiete oberhalb des verfüllten Hohlräumeres berechnet, die eine günstige Lage in bezug auf die Verteilung der Schallaufnehmer aufweisen. Die raum-zeitlichen Variationen im Auftreten der akustischen Emissionen werden mit Ergebnissen einer 2-D thermo-elastischen FE-Spannungsmodellierung verglichen. Die hohe Qualität des umfangreichen AE Datensatzes ebenso wie die gute Kenntnis der Eingangsparameter der FE-Modellierung erlauben eine Untersuchung der Korrelation der beobachteten Aktivität mit den Ergebnissen der Modellierung mit außergewöhnlich guter raumzeitlicher Auflösung.

Die berechnete Diffusion der Temperaturanomalie und der damit verbundenen thermischen Spannungen in das umgebende Gestein oberhalb des Hohlräumeres korreliert deutlich mit dem raum-zeitlichen Auftreten akustischer Emissionen in diesem Gebiet. Desweiteren beobachtet man für die ersten Belastungszyklen keine AE Aktivität in unmittelbarer Nähe zum verfüllten Hohlraum bevor der vorhergehende maximale Spannungszustand überschritten wird. Nach Überschreiten dieser Spannung beobachtet man hingegen einen starken, linearen Anstieg der Ereignisrate mit steigender Spannung. Dieses Verhalten, der sogenannte Kaiser-Effekt, der die Fähigkeit des Gesteins anzeigt, sich maximale Spannungszustände zu 'merken', deutet darauf hin, dass es in dieser Phase zu keiner Heilung von vorhandenen Mikrorissen kommt und sich die Gesteinsbelastung noch deutlich unterhalb der Bruchfestigkeit befindet. Die maximale Ereignisrate eines Belastungszyklus während dieser frühen Phase der Verfüllung skaliert linear mit dem Spannungszuwachs im Vergleich zum vorhergehenden Spannungsmaximum.

Während dieser Zeitraum durch die FE-Spannungs-Modellierung perfekt erklärt werden kann, kommt es im weiteren Verlauf der Verfüllung zu einer deutlichen Verschlechterung des Kaiser-Effektes sowie zum Auftreten von Zeiträumen mit einer Anti-Korrelation von Ereignisrate und berechneter Spannung. Mögliche unterschiedliche Erklärungsmodelle für dieses Verhalten (Einfluß von Feuchtigkeit, Auftreten von Zugspannungen, Aktivierung von Makrobrüchen, etc.) werden vorgestellt und auch im Zusammenhang mit der zeitlichen und räumlichen Variation der berechneten b-Werte diskutiert.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass ein Großteil der AE Aktivität mit Hilfe der Spannungsmodellierung erklärt werden kann und das Abweichungen im zeitlichen Verlauf der AE Ereignisraten von den nach der Spannungsmodellierung zu erwartenden Ereignisraten benutzt werden können, um Veränderungen im Gesteinssystem zu detektieren.

**SO-28** – Mi 25.3 11:50 - 12:10 HS H · Seismologie

*Philipp, J. (Bad Nauheim, GMuG), Nakatani, M. (ERI, Tokyo University, Japan), Plenkers, K. (Potsdam, GFZ), Yabe, Y. (Tohoku University, Japan), JAGUARS-Group (Japan, Germany, South Africa)*

**Mining-Induced Seismicity recorded by a high-frequency acoustic-emission network in a Deep Gold Mine in South Africa (JAGUARS Project), Instrumental Setup and First Results**

Acoustic-emission (AE) measurements are commonly applied in rock laboratories. This technique is also successfully deployed in some German salt mines. The aim of this presentation is to call attention to an in-situ AE experiment, going on in a hard-rock formation (diorite and quartzite) about 3,500 meters below the Earth's surface. The involved scientists and companies are building the new research group Japanese-German Underground Acoustic emission Research in South Africa: JAGUARS.

Our underground laboratory is situated in the Mponeng Gold Mine in South Africa, now being the world's deepest mine. Access to our working place is provided by the mine's tunnel system.

The AE observation focuses on a dyke of 30m width that acts as a hard-rock pillar in the mining excavation, which is situated 90m above our network. Active mining is going on and stresses concentrating on the dyke commonly trigger events with magnitudes between 2 and 3, sometimes up to 4.

The total network includes 8 AE-sensors, a 3C accelerometer and 2 strain meters. The observation runs in trigger mode and includes automatic in-situ localisation and waveform storage of all relevant events. Ultrasonic transmission tests are performed to determine P and S wave velocities and Q values. The AE system can be remotely controlled by an internet access.

The first results obtained show that a great number of AE events with dominant frequencies in the ultrasonic range, which can only be detected by highly sensitive AE sensors, can be observed. At lower frequencies events with distances up to 300m are observed. The signal quality is good and allows detailed analysis. Detailed frequency analysis is shown in a separate presentation [Plenkers et al., this meeting].

On December 27th 2007, during the mine's Christmas break a seismic event of magnitude 1.9, as determined by the mine's seismic network, occurred near the AE network. At the same time we observed a sudden increase of AE activity. This aftershock sequence contains more than 25,000 events from which the majority was successfully localized in situ. The observed cluster shows the position of the main fracture plane which interacts with the dyke host-rock contact. Three days after the main shock the AE activity was still five times higher than before.

We conclude that AE measurements were successfully adopted to a hard-rock formation in order to observe mining-induced seismicity in the ultrasonic frequency range. The high number of AE events observed shows the importance to take this kind of events into account especially when analysing fracture pro-

cesses.

**SO-29** – Mi 25.3 12:10 - 12:30 HS H · Seismologie

*Plenkers, K., Kwiatek, G. (Potsdam, Deutsches GeoforschungsZentrum GFZ), Philipp, J. (Bad Nauheim, GMuG), JAGUARS-Group (University of Tokyo, German Research Center for Geoscience, Tohoku University, GMuG, Risumeikan University, Kyoto University, Seismogen CC, Anglo Gold Ashanti Ltd, ISS Carltonville, CSIR Johannesburg)*

**Mining-Induced Seismicity recorded by a highfrequency acoustic-emission network (100 Hz to 170,000 Hz) in a Deep Gold Mine in South Africa (JAGUARS-project): Frequency analysis and Seismicity patterns**

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

JAGUARS (Japanese-German Acoustic Emission Research in South Africa) project aims to investigate the physics of microseismicity and close the gap between laboratory fracture studies on rock samples and seismicity recorded in natural environments. For this purpose, an acoustic emission (AE) network sensitive for frequencies between 100 Hz and 170,000 Hz was established at 3540 m depth in Mponeng gold mine, South Africa. The network, composed of 8 AE-sensors, one 3C accelerometer and 2 strainmeters is located about 90 meters below the gold reef, where exploitation takes place and induces a large number of seismic events. The studied area is intersected by a dyke of about 30m width, which acts as a local stress concentrator. The network recorded more than 500,000 events with moment magnitudes  $M_W$  ranging from 0 down to -4 and lower.

In order to quantify the networks performance a frequency analysis was performed. The analysis confirms that events with frequencies up to 170,000Hz were successfully recorded. It is further shown that the detection of high frequencies is strongly dependent on the distance of the event as well as the geometry of geology and sensors. Nonetheless we find that frequencies above 100kHz are successfully recorded from distances as far as 40m.

We classify the events recorded based on their frequency content and compare the seismic patterns recorded. A special focus is put on the aftershock sequence of a  $M_W = 1.9$  event, which occurred on 27th of December 2007 approx. 30m from our network. We find that the mining activity strongly reflects in the data recorded. During non-working time periods, as well as during the aftershock sequence seismic events with dominant frequencies  $f > 40,000\text{Hz}$  are dominant.

**SO-30** – Mi 25.3 12:30 - 12:50 HS H · Seismologie

*Kwiatek, G., Plenkens, K. (Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ), Naoi, M. (Tokyo, Earthquake Research Institute of the University of Tokyo), JAGUARS-group (University of Tokyo, German Research Center for Geoscience, Tohoku University, GMuG, Risumeikan University, Kyoto University, Seismogen CC, Anglo Gold Ashanti Ltd, ISS Carltonville, CSIR Johannesburg)*

**Mining-Induced Seismicity recorded by a high-frequency seismic network (100Hz to 170,000 Hz) in a Deep Gold Mine in South Africa (JAGUARS-project): Frequency analysis and network sensitivity**

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

JAGUARS (Japanese–German Acoustic Emission Research in South Africa) project aims to investigate the physics of microseismicity and close the gap between laboratory fracture studies on rock samples and seismicity recorded in natural environments. For this purpose, a seismic network, sensitive for frequencies between 100 Hz and 170,000 Hz was established at 3540 m depth in Mponeng gold mine, South Africa. The network, composed of one 3C accelerometer, 8 acoustic emission sensors and 2 strainmeters is located about 90 m below the gold reef, where exploitation takes place and induces a large number of high frequency events. The studied area is intersected by a dyke of about 30 m width, which acts as a local stress concentrator. The network recorded more than 500,000 microseismic events with moment magnitudes  $M_W$  ranging from 0 down to -4 and lower.

To investigate source properties of the recorded seismicity, a comprehensive analysis of both instrumental and path effects is of great importance, as the sensors' characteristics, complex wave travel paths and intrinsic attenuation have a strong influence on the recorded waveforms. This study tries to assess the influence of the aforementioned effects using various methodologies. We found reflections from the dyke, tunnels and stope very well pronounced. A transmission test was performed to estimate the attenuation quality factor at the closest distances whereas for longer source-receiver distances coda-Q estimation is performed. The sensors of various types are compared to investigate the differences in coupling and transfer functions and in order to detect the shortcomings of the in-situ laboratory acquisition system. Gathering of all information together with careful selection of appropriate events will allow us to correct the recordings for both path and instrument effects. As a result, future analysis on source properties of nanoseismic events will be possible.

**SO-31** – Mi 25.3 12:50 - 13:10 HS H · Seismologie

*Ceranna, L. (BGR, Hannover)*

**Bestimmung des Detektionsvermögens des IMS Infrerschallnetzwerks**

Basierend auf der Auswertung der verfügbaren Detektionslisten aller Infrerschallstationen des Internationalen Monitorsystems (IMS) zur Verifikation des



Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) konnten eindeutig die vorherrschenden stratosphärischen Winde als bestimmender Faktor für die Registrierung kohärenter Signale identifiziert werden. An nahezu allen Stationen werden mehr als 85 % aller Detektionen im Frequenzbereich zwischen 0.2 und 2 Hz dem stratosphärischen Wellenleiter zugeordnet. Dabei zeigt sich deutlich die saisonale Variation zwischen vorherrschenden westlichen und östlichen Richtungen.

Diese Beobachtungen des zeitlich veränderlichen Detektionsvermögens des IMS Infrerschallnetzwerks lassen sich auch mit synthetischen Vorhersagen vergleichen. Zur Modellierung aktuelle Wind- und Temperaturprofile verwendet sowie stationsabhängige Relationen für das lokale Windrauschen. Insgesamt lässt sich das Detektionsvermögen zwischen 0.2 und 2 Hz für atmosphärische Explosionen an Hand der Simulationen mit einer Stärke von etwa 500 t TNT-Äquivalent zu jeder Jahreszeit abschätzen, wobei mindestens zwei Infrerschallarrays Signale registrieren. Diese Abschätzung kann wiederum mit Hilfe so genannter ground-truth Ereignisse verifiziert werden.

**SO-32** – Do 26.3 08:30 - 08:50 HS H · Seismologie

*Gossler, J., Jokat, W., Patzig, R., Schmidt-Aursch, M. (AWI Bremerhaven)*

### **Teleseismische und Lokalbebenbeobachtungen mit den Breitband-OBS des DEPAS-Gerätepools**

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

Der marine Teil des „Deutscher Geräte-Pool für amphibische Seismologie (DEPAS)“ besteht aus 80 breitbandigen Ozeanbodenseismometern (OBS). Die technische und organisatorische Betreuung der OBS erfolgt durch das Alfred-Wegener-Institut (AWI) in Bremerhaven. Der Einsatz aller Geräte erfolgt nach den Empfehlungen eines extern besetzten Lenkungsausschusses.

Mittlerweile wurden mehrere Langzeitexperimente mit den Breitband-OBS von verschiedenen Antragstellern durchgeführt. Wir zeigen Datenbeispiele aus drei Projekten mit Beteiligung des AWI. Von Oktober 2007 bis August 2008 war ein Netzwerk aus 12 OBS in der Grönlandsee im Bereich des Knipovich Rückens und westlich der Bäreninsel in Betrieb. Es wurden lokale Erdbeben vom Rücken sowie teleseismische Ereignisse registriert. Besonders hervorzuheben ist dabei das  $M_w = 6.0$  Beben südlich von Spitzbergen vom 21.02.2008, dessen Epizentrum nur ca. 200 km vom Netzwerk entfernt lag. Im Mittelmeer 90 Seemeilen westlich von Sardinien registrierte ein OBS von November 2006 bis Dezember 2007 im Rahmen des NERIES (Network of Research Infrastructures for European Seismology) Projektes. Wir gehen beispielhaft mittels Spektralanalysen auf das  $M_w = 8.4$  Starkbeben vom 13.01.2007 von den Kurilen ein. Ein grosses Netzwerk bestehend aus 24 Breitband-OBS war von September 2007 bis August 2008 im Golf von Cadiz im Rahmen des NEAREST (Integrated Observations from Near Shore Sources of Tsunamis) Projektes im Einsatz. Dort ereignete sich am 11.01.2008 ein  $M_w = 5.4$  Ereignis direkt unterhalb des Stationsnetzes, auf das wir näher eingehen werden.

Überwiegend erweisen sich die Daten der Breitband-OBS von guter Qualität. Es bestehen zwar noch kleinere technische Probleme, an deren Behebung intensiv gearbeitet wird. Insgesamt aber bieten die OBS des DEPAS-Gerätepools dem Wissenschaftler eine vielversprechende Möglichkeit Landexperimente, für die das GFZ in Potsdam DEPAS Landstationen bereithält, mit einem amphibischen Teil zu ergänzen um weiterreichende Erkenntnisse zu gewinnen. Das Beantragungs-prozedere wird kurz vorgestellt.

Webseite: [http://www.awi.de/de/infrastruktur/unter\\_wasser/](http://www.awi.de/de/infrastruktur/unter_wasser/)

**SO-33** – Do 26.3 08:50 - 09:10 HS H · Seismologie

*Schweitzer, J. (NORSAR), Krüger, F. (Universität Potsdam), Schmidt-Aursch, M. (Alfred-Wegener-Institut), Guterch, A. (Polish Academy of Sciences), Mjelde, R. (University of Bergen), Grad, M. (University of Warsaw), Faleide, J. I. (University of Oslo)*

**The IPY Project The Dynamic Continental Margin Between the Mid-Atlantic-Ridge System (Mohns Ridge, Knipovich Ridge) and the Bear Island Region**

E-Mail: [johannes.schweitzer@norsar.no](mailto:johannes.schweitzer@norsar.no)

In autumn 2007, we began with seismological experiments 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 investigation of 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 and the stress field undergoes an extensional-compressional transition. 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 the formation of the margin and the opening of the Atlantic.

To obtain such information, detailed monitoring and analysis of the seismicity between the margin and the mid-Atlantic are necessary. This is planned to be achieved by collecting deep seismic sounding data, as well as records from temporary broadband installations, supplementary to data from existing seismic stations in the region.

In September/October 2007, 12 broadband Ocean Bottom Seismometers (OBSs) from the German OBS pool were deployed between Bear Island and the mid-Atlantic ridge system and along the continental margin. One of the OBSs was fished out by a Russian trawler in April 2008 and recorded only during the first part of the field campaign. Nine of the remaining 11 OBS could be recovered in August 2008; the remaining two OBSs are lost.

In parallel, two new broadband seismometers were installed, one at the Polish Polar Station Hornsund and one at the Norwegian National Seismic Network (NNSN) station on Hopen Island. These stations are still in operation.

In May 2008, a small temporary seismic array with 13 sensors was installed on Bear Island. This array was in operation until the end of September 2008 as planned.

In July/August 2008, two profiles with active seismic refraction/reflection experiments were shot crossing the region with additional short-period stations at the shores of Bear Island and additional short period OBSs to obtain the 3D lithospheric structure.

In autumn 2008, we started with the joint data processing and analysis. First results of the data processing from the Bear Island Array and a first interpretation of the signals from the M 6 earthquake in Storfjorden near Spitsbergen will be presented.

*Web page:* <http://www.norsar.no/c-24-International-Polar-Year.aspx>

**SO-34** – Do 26.3 09:10 - 09:30 HS H · Seismologie

*Krüger, F. (Potsdam)*

### **Eignung des Bear-Island OBS Netzes als teleseismisches Breitbandarray**

Zur Beobachtung der regionalen Seismizität wurde ab September 2007 für nahezu ein Jahr im Rahmen des IPY Projektes “The Dynamic Continental Margin between the Mid-Atlantic-Ridge System and the Bear Island Region“ ein aus 10 Stationen bestehendes Netz von Ozeanboden-Breitbandstationen des DEPAS Pools westlich der Bäreninsel im arktischen Ozean betrieben. In diesem Zeitraum konnten teleseismische Seismogramme mit guter globaler Verteilung registriert werden. In dem Beitrag wird diskutiert, inwiefern sich das Netzwerk als lang- und mittelperiodisches Array für teleseismische Beobachtungen eignet.

Abhängig vom regionalen Wellenklima schwankt die Detektionsschwelle eines auf die kontinuierlichen Daten angewandten Frequenz-Wellenzahldetektors zwischen Magnitude 6.3 und 6.5 (Rayleighwellen, P Wellen), liegt aber um bis zu einer Magnitudeneinheit höher für SH Wellen. Raumwellen-Laufzeiten zeigen richtungsabhängig Abweichungen zu Laufzeiten in globalen Standardmodellen bis zu einigen Sekunden.

Slowness-/Azimuthmissweisungen für langperiodische Oberflächenwellen ergeben systematische Unterschiede zwischen Wellenwegen, die den Barentschelf durchqueren und solchen, die aus westlichen Richtungen kommen. Die Breitband-Wellenformen im Ozean werden mit den auf nahegelegenen Inselstationen registrierten in verschiedenen Frequenzbereichen verglichen.

**SO-35** – Do 26.3 09:30 - 09:50 HS H · Seismologie

*Hensch, M., Dahm, T., Hort, M., Hübscher, C., Dehghani, A. (Institut für Geophysik, Hamburg)*

**On the interrelation of fluid-induced seismicity and crustal deformation at Columbo Seamount (Aegean Sea, Greece)**

E-Mail: 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 island.

The Columbo has attracted attention since island based monitoring indicated high seismicity rate and 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 reduce the azimuthal gap between the islands, to get precise depth locations of the events and 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 8 earthquake swarms with event rates of up to 230 events per day occurred during the experiment. First relocation results estimate a depth range between 5 and 15km for the seismic swarms. Centroids of these earthquake clusters are distributed beneath and in the vicinity of the Columbo caldera and SW of Columbo, in direction of Santorini volcano. Parallel to these sequences of seismic unrest, we observe long-period tilt signals occurring over several days or weeks, which might reflect slow, but permanent deformation at the seamount.

Purpose of the study is to find evidences for swarm triggers, such as fluid migration, by precisely relocating the events by means of multiple event methods. In a second step, we compare observed tilt signals with the behavior of the earthquake swarms (cluster migration, focal mechanisms etc.) to find possible relations between crustal deformation and seismicity.

**SO-36** – Do 26.3 09:50 - 10:10 HS H · Seismologie

*Geissler, W., Jokat, W. (Bremerhaven, Alfred-Wegener-Institut f. Polar- und Meeresforschung), Matias, L.M. (Lisboa, Instituto D. Luis / Instituto Meteorologia), Monna, S. (Roma, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), Stich, D., Mancilla, F. (Granada, Universidad de Granada), Iben Brahim, A. (Rabat, Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique), Zitellini, N. (Bologna, Istituto di Scienze del Mare), NEAREST Working Group*

### **Von Gezeitensignalen zu Walgesängen – Breitband-Seismologische Aufzeichnungen aus dem Golf von Cadiz, Ostatlantik**

NEAREST (Integrated observation from NEAR shore sourceS of Tsunamis: towards an early warning system) ist ein durch die Europäische Union gefördertes Projekt (GOCE, contract n. 037110), das die Erkennung und Charakterisierung potentieller küstennaher Quellen von Tsunamis im Golf von Cadiz zum Ziel hat. Das Gebiet ist bekannt durch das katastrophale Erdbeben mit anschließendem Tsunami am 1. November 1755.

Eine vom Alfred-Wegener-Institut geleitete Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Registrierung der rezenten Seismizität im Golf von Cadiz. Zu diesem Zweck wurden 24 Ozeanbodenseismometer (OBS) des deutschen DEPAS-Gerätepools für 11 Monate ausgesetzt, zusätzlich zum GEOSTAR Multiparameter-Tiefseeobservatorium (Leitung INGV Rom). Sowohl GEOSTAR als auch die 24 OBS wurden auf zwei Expeditionen mit RV Urania in 2007 und 2008 ausgesetzt und wieder eingeholt. Die OBS-Breitbandsignale wurden mit einer Abtastrate von 100 Hz aufgezeichnet. Die Stationen befanden sich in Wassertiefen zwischen 2000 und 5100 m. Es wurden Signale mit sehr langen Perioden (Gezeiten), ozeanische und atmosphärische Signale, Teleseismik, regionale und lokale Erdbeben, aktive Seismik, bis hin zu den niederfrequenten Gesängen von wahrscheinlich Fin- und Blauwalen registriert.

Eine geeignete Methode zur Identifizierung der seismischen Signale ist die Verwendung von Spektrogrammen. Eine bedeutende Frage ist, ob Walgesänge auf Seismometerkomponenten in der Vergangenheit nicht als harmonischen Tremore (z.B. in Zusammenhang mit Methanentgasungen) oder anderen interessanten seismischen Phenomena fehlinterpretiert wurden. Wir möchten die Notwendigkeit betonen, biologische Quellen seismo-akustischer Signale zu identifizieren und charakterisieren, bevor unbekannte Typen seismischer Ereignisse in Ozeanbodenaufzeichnungen interpretiert werden.

**SO-37** – Do 26.3 10:10 - 10:30 HS H · Seismologie

*Geissler, W., Jokat, W. (Bremerhaven, Alfred-Wegener-Institut f. Polar- und Meeresforschung), Matias, L.M. (Lisboa, Instituto D. Luis / Instituto Meteorologia), Monna, S. (Roma, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), Stich, D., Mancilla, F. (Granada, Universidad de Granada), Iben Brahim, A. (Rabat, Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique), Zitellini, N. (Bologna, Istituto di Scienze del Mare), NEAREST Working Group*

### **Erdbeben im oberen Erdmantel unter dem Golf von Cadiz, Ostatlantik – Erste Ergebnisse seismologischer Beobachtungen mit dem NEAREST OBS-Netzwerk**

Bisher durchgeführte geophysikalische und geologische Untersuchungen im Golf von Cadiz geben uns eine Vorstellung von den größten aktiven Störungen, an denen zerstörerische Erdbeben stattfinden und damit verheerende Tsunamis ausgelöst werden können, vergleichbar den Ereignissen am 1. November 1755 (Lissabon). Jedoch sind ihre Kinematik und die seismische Aktivität bisher unzureichend bekannt, da die seismischen Stationen an Land keine genaue Lokalisierung und Bestimmung der Herdparameter für kleinere Ereignisse erlauben. Deshalb wurde das durch die EU geförderte Projekt NEAREST (Integrated observation from NEAR shore sourceS of Tsunamis: towards an early warning system) ins Leben gerufen (GOCE, contract n. 037110). Eines der Hauptziele des Projektes ist die Charakterisierung der potentiellen Tsunami-Quellen im Golf von Cadiz durch seismologische kontinuierliche Beobachtungen der natürlichen Seismizität. Dazu wurden für einen Zeitraum von elf Monaten das GEOSTAR Multiparameter-Tiefseeobservatorium (verantwortlich: INGV Rom) und 24 Breitband-OBS des DEPAS Gerätepools ausgesetzt. Zusammen mit dem dichten seismischen Netz an Land erlaubt das OBS-Netzwerk die Lokalisierung und Charakterisierung auch sehr kleiner Erdbeben ( $M_L = 1$ ) in bisher unerreichter Genauigkeit. Automatische Trigger und Spektrogramme wurden zur Detektion bisher unbekannter Erdbeben verwendet. Eine der zentralen Fragen der Untersuchungen ist die maximale Herdtiefe der Beben unter dem Golf von Cadiz. Im Zeitraum September 2007 bis August 2008 wurden etwa 300 Ereignisse innerhalb des OBS-Netzwerkes durch die Portugiesischen Landstationen lokalisiert. Die Magnituden reichen von 1 bis 4.7 ( $M_L$ , Quelle: Institute of Meteorology Lisbon, Portugal). Mit dem OBS-Netzwerk können weitere Ereignisse detektiert werden, die bisher nicht von den Landstationen erfasst wurden. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Erdbeben bis in Tiefen von etwa 50 km stattfinden. Dies ist oftmals tiefer, als von den Landstationen lokalisiert. Damit werden bisherige Ergebnisse von Modellierungen teleseismischer und regionaler Wellenformen der stärksten registrierten Erdbeben bestätigt. Die Herdmechanismen zeigen überwiegend Seitenverschiebungen und Aufschiebungsereignisse.

**SO-38** – Do 26.3 11:30 - 11:50 HS H · Seismologie

*Küperkoch, L., Brüstle, A., Meier, T., Friederich, W. (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr-Universität Bochum)*

### **Automatische Bestimmung von P-Welleneinsätzen mit Hilfe Statistiken höherer Ordnung**

E-Mail: ludger.kueperkoch@rub.de

Der automatischen Lokalisierung seismischer Ereignisse kommt aufgrund der stetig wachsenden Menge digitaler, seismologischer Daten eine immer größere Bedeutung zu. Hauptschwierigkeit dabei ist die automatische Identifizierung und Erfassung der P- bzw. S-Wellenankunftszeiten. Hier präsentieren wir einen Algorithmus basierend auf Statistiken höherer Ordnung zur Erfassung der P-Einsätze für lokale und regionale seismische Ereignisse. Mit Hilfe des zentralen statistischen Moments 4. Ordnung wird zunächst eine charakteristische Funktion erstellt, auf die der eigentliche "Picker" angewendet wird. Von maßgeblicher Bedeutung ist dabei die automatische Abschätzung der Qualität des P-Einsatzes. Zur Erkennung falsch gesetzter P-Ankunftszeiten wurden verschiedene Algorithmen entwickelt, die sowohl bei der Einzelstationsauswertung als auch bei der abschließenden Mehrfachstationsauswertung zum Einsatz kommen.

Die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit der Automatik wurde an einem sehr heterogenen Datensatz des temporären, regionalen EGELADOS-Netzwerks an Hand manuell erfaßter P-Einsätze, die als Referenzpicks dienen, als auch durch einen direkten Vergleich mit dem Allen- und dem Baer- & Kradolfer-Picker getestet. Die Genauigkeit als auch die Geschwindigkeit der präsentierten Automatik machen diese zu einer Option für den Einsatz in einer echtzeitnahen Auswertung, z.B. in einem Erdbebenfrühwarnsystem.

**SO-39** – Do 26.3 11:50 - 12:10 HS H · Seismologie

*Lee, J. (Bochum, Ruhr-University Bochum), Küperkoch, L., Meier, T., Friederich, W. (Bochum)*

### **Automatic picking of P arrival time using skewness and kurtosis**

E-Mail: lee@geophysik.ruhr-uni-bochum.de

For near-real time event detection and localization, the automatic picking of arrival time plays an important role. Characteristic functions (CF) calculated by STA/LTA algorithms are often used for automated detection of P-waves and the estimation of their arrival times. Here we describe procedures for automatic picking of P-wave arrival times using CF calculated by estimating the skewness and kurtosis in a moving window and compared with the CF of the conventional STA/LTA. When estimating the automatic arrival times, we take the picking uncertainty into account to control the quality of picking. We apply these algorithms to broadband digital waveforms recorded by the German Regional Seismological Network (GRSN) stations from 1996 to 2006, the 6000 seismograms of about 500 earthquakes with magnitudes  $\geq 4$  occurring down to 100 km depth

in the region between 0°E and 90°E, and 20°N and 60°N. After estimation of the signal-to-noise ratio around the expected P-wave arrival time and the rejection of noisy records, an automatic picker is applied to the CF. These absolute arrival times are compared to travel times for the Earth reference model AK135 and to International Seismological Centre (ISC) manual picks. Only automatic picks with an estimated uncertainty of less than 0.2 s are taken into account. The average of the differences is 0.30 s with a standard deviation of 0.44 s. Because of emergent onsets and the filtering applied to the waveforms the automatic picks tend to be slightly too late on average. Furthermore, the resulting CF of individual seismograms are corrected to a reference hypocentral depth and stacked in time and epicentral distance bins to obtain average seismogram sections of CF. The stacks show the P-wave arrival times clearly. These results show that the proposed algorithms are well suited for automated arrival time estimates and fast localization in the framework of an early warning system.

**SO-40** – Do 26.3 12:10 - 12:30 HS H · Seismologie

*Köhler, N., Wenzel, F. (Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe), Erdik, M., Alcik, H., Mert, A. (Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University, Istanbul)*

### **Erdbebenfrühwarnung für Istanbul und die Marmararegion**

Die Millionenstadt Istanbul in der türkischen Marmararegion unterliegt einer starken seismischen Gefährdung; laut *Parsons* [2004] wird Istanbul in den nächsten 30 Jahren mit einer Wahrscheinlichkeit von über 40 % von einem  $M \geq 7$  Beben betroffen sein, weshalb ein Erdbebenfrühwarnsystem von essentieller Bedeutung ist. Erdbebenfrühwarnsysteme leiten Echtzeit-Informationen über die Herdparameter eines Erdbebens ab, um gegebenenfalls Warnungen an potentielle Nutzer abzugeben, bevor die zerstörerischen Erdbebenphasen diese erreichen. Das *Istanbul Earthquake Rapid Response and Early Warning System* beinhaltet 10 Frühwarnstationen, die zwischen Istanbul und der Verwerfung installiert sind. Dieses Frühwarnsystem basiert auf der Überschreitung von Amplitudenschwellwerten, wobei drei verschieden hohe Schwellwerte drei Alarmstufen auslösen [*Erdik et al.*, 2003]. Im Rahmen des GEOTECHNOLOGIEN-Verbundprojekts EDIM (Earthquake Disaster Information System for the Marmara Region, Turkey) soll das bestehende System um 10 zusätzliche Frühwarnstationen erweitert werden, die, zur Einbeziehung der größeren Marmararegion in die Erdbebenfrühwarnung, um das Marmarameer herum installiert werden sollen.

Wir evaluieren das Frühwarnpotential des erweiterten im Vergleich zum derzeit bestehenden Netzwerk anhand eines synthetischen Katalogs von 280 Erdbeben im Marmarameer im Magnitudenbereich  $4,5 \leq M_w \leq 7,5$ . Wir wenden sowohl das System der Schwellwerte an als auch, zu Vergleichszwecken, einen Algorithmus, der mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen aus den registrierten Bodenbewegungen die seismischen Parameter Lokation und Magnitude ableitet. Durch die zusätzlichen Stationen erhöht sich hierbei bereits 2 Sek. nach erstma-



liger Detektion der P-Wellen die Zuverlässigkeit der Herdparameterschätzungen um 8 %, und nach 5 Sek. um 19 %.

Bei Anwendung des Schwellwertsystems erhöht sich die Anzahl der Alarme, im Gegensatz zum bisherigen Frühwarnsystem, um 6,5 % bei Alarmstufe 1, um 6 % bei Alarmstufe 2 und um 4 % bei Alarmstufe 3, hauptsächlich durch eine zunehmende Anzahl von Fehlalarmen. Wir präsentieren die Vorteile als auch mögliche Problematiken einer Erweiterung des Frühwarnsystems auf die Marmararegion.

Webseite: <http://www.cedim.de/EDIM.php>

**SO-41** – Do 26.3 12:30 - 12:50 HS H · Seismologie

*Saul, J., Bormann, P., Hanka, W., GITEWS-EMS Team (Potsdam, GFZ Potsdam)*

### **Schnelle Bestimmung von Starkbeben-Magnituden für die Tsunami-Warnung**

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

Das im Rahmen des Tsunami-Frühwarnsystems für den Indischen Ozean (GITEWS) in Indonesien aufgebaute Erdbebenmonitoring-System ist bereits seit September 2007 operationell. Das speziell für extrem kurze Vorwarnzeiten (< 5 min) entwickelte Softwarepaket SeisComp3 hat auch schon beim Bengkulu-Beben am 12. September 2007 vor Sumatra (Mw 8.4) eine erfolgreiche Tsunami-Warnung in der bis dahin unerreicht kurzen Zeit von 4 1/2 Minuten nach Herdzeit ermöglicht.

Um zu beurteilen, ob von einem im Meer gelegenen Erdbeben die Gefahr eines Tsunamis ausgeht, ist die Stärke des Bebens neben seiner Tiefe das wichtigste Kriterium. Die großen Tsunami-Erdbeben vor Nord-Sumatra 2004 und Java 2006 haben jedoch auf dramatische Weise die nach wie vor großen Schwierigkeiten offenbart, die Stärke sehr großer Erdbeben in Echtzeit zuverlässig zu bestimmen. Die besondere Problematik besteht speziell im Fall Indonesiens in der Nähe der Küsten zu den Herden potentiell tsunamigener Erdbeben und daher kurzen Tsunami-Laufzeiten von z.T. weniger als 30 Minuten. Um dennoch rechtzeitig die Gefahr eines Tsunamis beurteilen und ggf. Evakuierungsmaßnahmen einleiten zu können, ist das Ziel (und die politische Vorgabe!) eine ausreichend genaue Bestimmung der Erdbebenstärke innerhalb von ca. 5 Minuten. Im Rahmen von GITEWS werden verschiedene Verfahren zur schnellen Magnitudenbestimmung evaluiert, implementiert und weiterentwickelt.

Aufgrund ihrer hohen Ausbreitungsgeschwindigkeit bieten P-Wellen das Potential für die schnellsten Magnitudenmessungen, zumal die Epizentralregionen tsunamigener Beben (Sundagraben) nicht direkt zugänglich sind. Gutenberg und Richter haben bereits 1956 eine Raumwellenmagnitude entwickelt. Eine modifizierte Version hiervon ist unter der Bezeichnung "mb" noch heute eine geläufige Messgröße. Zu ihrer Bestimmung werden die Seismogramme in einem engen Frequenzband um 1 Hz gefiltert, was das Signal-Rausch-Verhältnis besonders bei kleinen Beben optimiert. Andererseits sättigt mb bereits ab Magnituden von

ca. 5.5 und ist daher für besonders große Beben ungeeignet. Dagegen erlaubt die (wie ursprünglich bei Gutenberg und Richter) unter Verwendung des vollständigen, ungefilterten Breitband-Signals gewonnene Magnitude  $m_B$  eine genaue Bestimmung der Erdbebenstärke bis mindestens Magnitude 8 (Bormann und Saul, 2008). Als Ergänzung zu  $m_B$  wird im GITEWS-System darüber hinaus die Magnitude  $M_{wp}$  bestimmt (Tsuboi et al., 1999), die am Pacific Tsunami Warning Center verwendet wird.  $M_{wp}$  basiert zwar ebenfalls auf P-Wellen, erfordert jedoch aufwändiges Filtern der Daten. Durch die Verwendung ungefilterter Breitband-Seismogramme eignet sich besonders  $m_B$  für den automatisierten Echtzeit-Betrieb, wo die Robustheit gegenüber möglichen Datenfehlern einen großen Vorteil gegenüber  $M_{wp}$  darstellt.

Die vollautomatische Bestimmung von  $m_B$  und  $M_{wp}$  sind fester Bestandteil von SeisComp3, das mittlerweile auch in etlichen weiteren Tsunami-Warnzentren im Indischen Ozean und verschiedenen Erdbebendiensten in Europa und weltweit installiert ist.

Webseite: <http://www.gitews.de>

**SO-42** – Do 26.3 12:50 - 13:10 HS H · Seismologie

*Richter, G., Hoffmann, M., Saul, J., Hanka, W., GITEWS-Arbeitsgruppe (Potsdam, GFZ)*

### **Schnelle Momententensor-Lösungen für grosse Erdbeben weltweit**

Die Kenntnis der Herdflächenlösungen großer Erdbeben ist eine grundlegende Größe für eine gute Gefährdungsabschätzung. Besonders für die schnelle Identifizierung einer Tsunami-Gefahr ist neben Herdlokation und Magnitude die Bewegungsrichtung der Platten eine sehr wichtige Information. Um diese Information zu erhalten, wird im Rahmen des Tsunami-Frühwarnsystems für den Indischen Ozean (GITEWS) die Automatisierung eines Momententensor-Inversionsprogramms entwickelt.

Um möglichst schnell umfangreiche Informationen vom Erdbebenherd vorliegen zu haben, wird ein Inversionsprogramm basierend auf einem regionalen Datensatz verwendet (Dreger, 2001). Diese Inversion im Zeitbereich verwendet die seismischen Daten von Stationen im regionalen Umfeld des betreffenden Erdbebens. Die verfügbaren Daten stammen vom GEOFON-Netz und internationalen Partnernetzwerken (GEOFON Extended Virtual Network). Die Methode wird auf alle größeren Erdbeben weltweit angewendet. Ein besonderes Interesse gilt jedoch Beben in der indonesischen Region.

Die meisten Inversions-Lösungen liegen innerhalb einer halben Stunde nach der Herdzeit vor. Das Programm startet automatisch, nachdem ein großes Erdbeben im Auswertesystem SeisComp3 (Hanka et al, 2008) detektiert wurde. Daraufhin werden die Daten von den verfügbaren Stationen im Umkreis von 2000 km zusammengestellt und einer Qualitätskontrolle unterzogen. In einem ersten Schritt wird die beste Lösung für verschiedene Herdtiefen bestimmt. In einem

weiteren Schritt werden verschiedene Kombinationen von Stationen getestet, um die Stabilität der Lösungen zu erhalten. Auch die manuelle Auswahl von Stationen wird von dem Programm unterstützt, um weitere Verbesserungen der Lösungen zu erzielen.

Die Güte der Lösungen wird durch einen Vergleich der gut 200 Ergebnisse mit den CMT-Lösungen vom Global CMT-Projekt, von MedNet/INGV und von NIED überprüft.

## **PSO-01** – Mo,Di · Seismologie

*Walther, M., Stammler, K. (Hannover)*

### **New developments on Seismic Handler**

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

The Seismic Handler package is a widely used software for seismological processing and observatory purposes. The waveform analysis tool is based upon a graphical interface (SHM) and a command line version (SH). Unique features are sophisticated array processing methods, extensibility by attaching external programs and plug-ins and easy data exchange.

The development of Seismic Handler started about 20 years ago and the software was constantly enhanced to meet the needs of the seismological community. In the last years exceeding expansion of seismological infrastructure lead to new challenges for data processing. For this reason the German Research Foundation (DFG) granted support for further development of Seismic Handler.

Our updated roadmap for development includes consolidation of the parts SHM and SH, a contemporary graphical interface, python bindings, more flexible configuration, additional input and output formats and multi-platform support.

An updated documentation is already published at our new project website [www.seismic-handler.org](http://www.seismic-handler.org). This site is an open wiki allowing everyone to contribute in documentation and development. New mailing lists for user support and development efforts are also available.

*Web page:* <http://www.seismic-handler.org/>

## **PSO-02** – Mo,Di · Seismologie

*Forbriger, T. (Universität Karlsruhe)*

### **Seismometers are insensitive to rotary motion**

E-Mail: [Thomas.Forbriger@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:Thomas.Forbriger@gpi.uni-karlsruhe.de)

Seismometers are insensitive to rotary motion if the output signal is referred to the location of the point mass of the equivalent simple pendulum. The displacement of each part of a seismometer's frame is identical for a purely translational motion. However, in the presence of rotary motion the different parts of a seismometer's frame will undergo different displacements.

The definition of the sensitivity of the seismometer then requires the selection of a reference location on the seismometer's frame to which the sensitivity is attributed. This location not necessarily coincides with the hinge and can be selected arbitrarily. The appropriate choice is to attribute the output signal to the location of the point mass of the equivalent simple pendulum (or reduced pendulum), which usually lies within the seismometers casing. Rotations of the sensor about this location produce no output signal due to angular or centripetal acceleration. The sensor then appears sensitive to linear acceleration only.

**PSO-03** – Mo,Di · Seismologie

*Widmer-Schnidrig, R. (BFO, Institut für Geophysik, Universität Stuttgart), Forbriger, T. (BFO, Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe)*

**Versorgungsströme von Festplatten stören seismische Messungen: Untersuchungen am Beispiel der Q330HR/Baler Datenerfassung.**

E-Mail: [widmer@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:widmer@geophys.uni-stuttgart.de)

Die Empfindlichkeit von Breitband Seismometern auf Variationen des externen Magnetfeldes ist u.a. von Forbriger (GJI, 2007) nachgewiesen worden.

Bei ersten Testmessungen am BFO mit einem Streckeisen STS-2 Seismometer und einer neuen Kinematics Q330HR Datenerfassung wurden in den langperiodischen Aufzeichnungen der vertikalen Bodenbewegung (VHZ Kanal) Störungen im Stundentakt festgestellt.

Da diese Störungen immer in Zeiten auftraten, in denen der Inhalt des flüchtigen Speichers der Q330HR auf die Festplatte im angeschlossenen Baler übertragen worden sind, ist ein ursächlicher Zusammenhang mit der Festplattenaktivität gegeben. Welcher physikalische Mechanismus aber für das Übersprechen verantwortlich ist, ist damit noch nicht klar und diesen zu identifizieren war das Ziel dieser Untersuchung.

Ähnliche Störsignale wurden auch schon in den Daten des USarrays beobachtet wobei vermutet wurde, dass es sich um magnetisches Übersprechen handelt (Joe Steim, 2008, persönliche Mitteilung).

Wir konnten folgende Mechanismen für das Übersprechen ausschließen:

- mechanische Vibrationen der Festplatte,
- galvanisches Übersprechen.

Bei einer gleichzeitigen Messung des Magnetfeldes mit einem 3-C Fluxgate-magnetometer hat sich gezeigt, dass die Gleichstromfelder, verursacht durch die Ströme, welche bei laufender Festplatte zwischen dieser und der Batterie fließen, ausreichen, um die beobachteten Signale mit der Magnetfeldempfindlichkeit des Seismometers zu erklären.

Als Maßnahme zur Unterdrückung solcher Störsignale empfiehlt es sich die Festplatte und ihre Spannungsversorgung räumlich vom Seismometer zu trennen. Bei einem Abstatand von 3 Metern konnten (im Zeitbereich) keine negativen Störsignale mehr beobachtet werden.

**PSO-04** – Mo,Di · Seismologie

*Funke, S. (Uni Leipzig, TU BA Freiberg), Burghardt, T. (Uni Jena), Jahnke, G. (BGR Hannover), Wendt, S., Korn, M. (Uni Leipzig)*

**Das seismologische Online-Sachsennetz – Ausbaustand, Kooperationen, Ergebnisse**

Die Universität Leipzig betreibt im Rahmen des Seismologieverbundes Sachsen ein permanentes seismologisches Beobachtungsnetz, das zur Zeit 11 Stationen umfasst. Das Netz überdeckt Westsachsen und Teile Sachsen-Anhalts, der Schwerpunkt liegt im Vogtland. Als Sensoren sind neben drei Breitbandseismometern überwiegend Seismometer mit einer Eigenperiode von 5 s im Einsatz. Die Daten werden mit einer Abtastrate von 100 Hz erfasst, nahezu in Echtzeit in das Leipziger Datenzentrum übertragen und dort archiviert. Die Registrierungen der meisten Stationen stehen auch im Seismologischen Zentralobservatorium der BGR Hannover zur Verfügung.

Die Universität Jena hat in den letzten Jahren das Thüringennetz auf kontinuierlichen Online-Betrieb umgestellt. Es besteht zur Zeit aus 7 Stationen, deren Daten ebenfalls in Echtzeit verfügbar sind.

Die manuelle Routineauswertung der lokalen Seismizität in Sachsen erfolgt am Observatorium Collm unter Einbeziehung der Stationen des sächsischen und des thüringischen Netzes sowie weiterer Stationen benachbarter Netze. An der Universität Jena erfolgt die tägliche Auswertung der Seismizität Thüringens.

In Kooperation mit der BGR Hannover wird in Leipzig das Alarm- und Informationssystem für Erdbeben ALISE adaptiert, um die Überwachung der Seismizität in Sachsen zu automatisieren.

Die Seismizität der Jahre 2001 bis 2008 erstreckt sich in Sachsen hauptsächlich in einem N-S streichenden Band von Leipzig bis zum Vogtland/Nord-West-Böhmen. Dabei folgt die Seismizität zwei Störungszonen: der N-S streichenden Leipzig-Regensburg- und der etwa NNW-SSE streichenden Gera-Jachymov-Zone. Die größten Beben dieser Jahre fanden am 10. Oktober 2008 um 8:08 UTC sowie am 28. Oktober 2008 um 8:30 UTC bei Novy Kostel statt und erreichten Magnituden von 3.8. Sie stellen gleichzeitig die Höhepunkte des NW-Böhmen-Schwarms vom Herbst 2008 dar. Die Epizentren dieses Schwarmes lagen ausnahmslos in Tschechien, es wurden mit Lokalmagnituden  $ML > 1.4$  105 Beben geortet, von denen zahlreiche im sächsischen Vogtland spürbar waren.

**PSO-05** – Mo,Di · Seismologie

*Naujoks, M., Jahr, T., Bratfisch, R., Schindler, P. (Jena, Friedrich-Schiller-Universität)*

**Geophysikalische Erkundung der Umgebung der neuen Station Heukewalde des Thüringer Seismischen Netzes**

E-Mail: m.naujoks@uni-jena.de

In einem stillgelegten Wasserbehälter unweit der Ortschaft Heukewalde, ca. 20 km südöstlich von Gera, wurde eine neue seismische Station des Thüringer Seismischen Netzes (TSN) eingerichtet. Ein STS-2 Seismometer registriert dort vor extremen Temperaturen und Wettereinflüssen geschützt im Untergrund. Diese Einrichtung ist ein Standort in einem Verbund von seismischen Stationen, welcher insbesondere der seismologischen Überwachung der Regionen Thüringen/Westsachsen sowie Vogtland/NW-Böhmen dient.

Zur Erfassung eventuell vorhandener geologischer oder anthropogener Störfaktoren, welche die Qualität der seismischen Messdaten der Station beeinträchtigen könnten, wurde die nahe Umgebung der Station (Umkreis 2 km) mittels der angewandten geophysikalischen Verfahren Gravimetrie, Geomagnetik, Elektromagnetik und Geoelektrik erkundet. Es werden die Ergebnisse dieser einzelnen Messverfahren vorgestellt und vergleichend interpretiert. An vielen Stellen ist es schwierig, eindeutige Aussagen zu tätigen, ohne die vorhanden Werte überzuinterpretieren, insbesondere, da bei den Messungen ausschließlich Potential-Verfahren eingesetzt wurden.

Mit allen Verfahren wurden signifikante Anomalien beobachtet, die die Umgebung der Station klar in einen Ostteil, ein Nord-Süd verlaufendes zentrales Gebiet und einen Westteil trennen. Der Westteil zeichnet sich insbesondere durch geringere Leitfähigkeiten als der Ostteil aus. Geologisch kann dies als diskordante Grenze zwischen silurischen Tonschiefern im Westen und Rotliegend-Konglomeraten im Osten interpretiert werden. Das zentrale Gebiet ist insbesondere durch eine positive gravimetrische Anomalie, starke magnetische Anomalien sowie einen hohen Gradienten in der elektrischen Leitfähigkeit gekennzeichnet. Diese Anomalien sind auf Diabas-Vorkommen an der Schichtgrenze Silur-Rotliegend zurückzuführen, die zum Teil an der Oberfläche aufgeschlossen sind.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass die seismische Station Heukewalde direkt auf einer Schwäche-/Störungszone eingerichtet wurde, und somit aus seismischer Sicht kritisch gesehen werden muss.

**PSO-06** – Mo,Di · Seismologie

*Heimann, S. (BGR Hannover / University of Hamburg), Cesca, S., Dahm, T. (University of Hamburg), Krüger, F. (University of Potsdam)*

**Investigating the robustness of kinematic earthquake source parameter inversion**

E-Mail: sebastian.heimann@zmaw.de

We present an improved method to rapidly determine kinematic earthquake source parameters from waveform data at regional and teleseismic distances. To gain non-ambiguous solutions to this non-linear inverse problem, the rupture process is described by using a very small number of inversion parameters: The source model is an extension of the classical Brune- and Haskell rupture models but with a stronger focus on a practical application, where geometrical constraints play an important role. Additionally, we implemented a forward modeling technique based on pre-calculated Green's functions. This makes the generation of full synthetic seismograms very efficient. In combination with the highly parameterized earthquake model, this allows us to explore vast portions of parameter space with only a moderate computational burden and furthermore enables us to quantify error estimates on the obtained results. The focus of this presentation lies in the further investigation of the robustness and stability of the method with respect to source complexities not covered by the simplified source model, as well as to imperfect receiver geometries.

*Web page:* <http://kinherd.org>

**PSO-07** – Mo,Di · Seismologie

*Cesca, S., Heimann, S., Dahm, T. (Univ. Hamburg), Stammer, K. (BGR Hannover)*

### **Automated point and extended source inversion at regional distances with applications to shallow and intermediate depth events**

E-Mail: [simone.cesca@zmaw.de](mailto:simone.cesca@zmaw.de)

Fast automated routines for the retrieval of point source parameters of small to moderate earthquakes were convincingly established in the last years and have been providing an increasing number of focal mechanism solutions. We have consequently developed a new algorithm for the inversion of both point and extended source parameters to analyse seismicity at local and regional distances. To improve the stability of the inversion process, we use a multi-step inversion approach, which first resolves the point source parameters and then retrieves extended source parameters. The point source inversion is originally realised in the frequency domain, by fitting amplitude spectra of the whole waveform, in order to derive the focal mechanism; the following fit of bodywaves displacements in the time domain provide additional information about the centroid location. Kinematic modelling of the rupture process is based on the eikonal source model, a flexible and realistic rupture model, which allows the rupture parametrization by means of only 13 parameters. Kinematic inversion, typically realised for earthquakes of magnitude above Mw 5.0, is carried out by fitting amplitude spectra and including higher frequencies. We discuss the developed methodology and the stability of the inversion technique, showing applications to a set of significant earthquakes in Europe, at both shallow and intermediate depth. The proposed method is currently implemented for automatic data processing at the

Seismological Observatory of the Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Germany.

**PSO-08** – Mo,Di · Seismologie

*Gestermann, N., Henger, M., Kaiser, D., Plenefisch, T. (BGR Hannover)*

### **Das seismische Ereignis bei Langwedel vom 3. April 2008**

In der Nacht vom 3. April 2008 ereignete sich um 02:06 MESZ ein Erdbeben der Magnitude 2,8 nördlich von Verden an der Aller (Niedersachsen). Das Ereignis wurde von vielen Einwohnern der Region verspürt, einige von ihnen wurden durch einen lauten Knall aus dem Schlaf gerissen. Das Erdbeben bei Langwedel wurde von einem Großteil der Stationen des GRSN (German Regional Seismic Network) und Stationen im umgebenden Ausland (Dänemark, Niederlande, Belgien, Luxemburg) registriert.

Erdbeben sind in Norddeutschland eher selten, so dass die Region als quasi aseismisch bezeichnet wird. Das Erdbeben bei Langwedel stellt damit trotz seiner relativ geringen Magnitude eine Besonderheit dar. Da sich das Epizentrum in unmittelbarer Grenznähe zum Erdgasfeld Völkersen befindet, deren Lagerstätte sich über das Teufenintervall von 4.500 bis 5.000 m erstreckt, konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Fragestellung, ob ein Zusammenhang zwischen dem Ereignis und der Gasförderung besteht.

Zur Bestimmung der Herdparameter wurden sowohl Verfahren verwendet, die auf der Analyse der instrumentell aufgezeichneten seismischen Messdaten basieren, als auch makroseismischen Methoden eingesetzt, bei denen die Bevölkerung im Epizentralgebiet über ihre Wahrnehmung des Erdbebens befragt wird.

Während die Koordinaten des Epizentrums mit einer relativ hohen Genauigkeit von ca. 2 bis 3 km berechnet werden konnte, ist die Festlegung der Herdtiefe wegen der geringen Überdeckung mit herdnahen Stationen problematisch. Gleichzeitig hat die Bestimmung der Herdtiefe eine zentrale Bedeutung für die Abschätzung der Ursache des Ereignisses. Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse wurde die Tiefe des Ereignisses auf den Bereich zwischen 5 und 10 km bestimmt. Eine weitere Einschränkung ist aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich. Das Ereignis liegt danach im Rotliegenden oder etwas tiefer.

Bei der favorisierten Herdflächenlösung handelt sich um eine nahezu reine Abschiebung an einer NW-SO laufenden Verschiebungsfläche. Die Richtung der P- (P = Pressure) und der T-Achse (T = Tension) ist NW beziehungsweise SO gerichtet. Sie stehen damit in Einklang mit dem System der Hauptspannungsrichtungen in Mitteleuropa. Die NW-SO verlaufende Verschiebungsfläche ist ähnlich der Streichrichtung des Allertal-Lineaments. Der Abschiebungstyp ist weiterhin kompatibel mit dem Mechanismus, der in der Umgebung eines Gasfeldes bei seiner Entleerung erwartet wird.

Auf Grund der Ergebnisse scheint es tendenziell plausibel, dass die durch Gasförderung bedingte Änderung des Spannungsfeldes zur Auslösung des Erdbe-



bens an einer potenziell reaktivierbaren tektonischen Störung im Bereich des Rotliegenden geführt hat. Eine zweifelsfreie Beweisführung lässt sich jedoch nicht durchführen.

**PSO-09** – Mo,Di · Seismologie

*Rößler, D., Hiemer, S., Bach, C., Delavaud, E., Krüger, F., Ohrnberger, M., Sauer, D., Scherbaum, F., Vollmer, D. (Potsdam)*

### **Small-aperture seismic array monitors Vogtland earthquake swarm in 2008/09**

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

The most recent intense earthquake swarm in West Bohemia started on 6 October 2008 and lasted for several weeks. Great magnitudes ( $M \approx 4$ ) were reached several times in October 2008 making it the greatest swarm since 1985/86.

To monitor the seismic activity the University of Potsdam installed a temporary small aperture seismic array at 10 km epicentral distance on 18 October. Monitoring continued until February 2009. Consisting of 12 stations equipped with Lennartz LE5-3D sensors and 3 additional microphones the array is capable of detecting earthquakes at very low magnitudes ( $M < 0$ ) and air waves. We use array techniques to determine properties of the incoming direct P and S waves as well as converted phases and acoustic air waves. Such information will be exploited to gain insight into source processes as well as into structural properties in the epicentral area.

Web page: [http://www.geo.uni-potsdam.de/arbeitsgruppen/-Geophysik\\_Seismologie/forschung/vogtland\\_mtano/mominv.html](http://www.geo.uni-potsdam.de/arbeitsgruppen/-Geophysik_Seismologie/forschung/vogtland_mtano/mominv.html)

**PSO-10** – Mo,Di · Seismologie

*Mittag, R., Jakob, C., Hänel, F. (Freiberg)*

### **Seismotectonic modelling of earthquake swarm region West Saxony/East Thuringia/NW-Bohemia**

Since 1996, a local seismic network SXNET as a combination of online and offline stations is set up to monitor local seismicity within West Saxony/East Thuringia/NW-Bohemia seismic province. Permanent station network covers main earthquake clusters, while configuration of mobile station network is tuned to temporarily active earthquake clusters to achieve an enhanced acquisition of focal parameters. Additional installation of temporary stations within regions of low seismicity turns out to be an efficient method to detect microearthquakes within tectonic fault regions of low seismicity. Small aperture station arrays are set up within regions of induced seismicity to discriminate earthquakes from induced seismic events. Determination of faulting style and stress field investigation is taken as a basis for seismotectonic analysis and modelling of seismogenic zones within the region under investigation. Starting from precise determination

of earthquake hypocentres and rupture mechanism, clusters of planar arrangements of hypocentres with identical slip direction are statistically approximated by regression planes, which are assigned as fault planes. Selected seismically active fault planes are elongated to the earth surface and compared with the geological mapped tectonic fault system on the earth surface. Presuming the continuation of faults from surface to deeper crust, the approximated structure of faults is supposed to deliver a realistic 3-D-model of the seismotectonic active fault system, which is mapped for West Saxony/East Thuringia/NW-Bohemia seismic province.

**PSO-11** – Mo,Di · Seismologie

*Walter, M., Joswig, M. (Stuttgart, Institut für Geophysik)*

### **Seismisches Monitoring und Charakterisierung dynamischer Prozesse an unterschiedlichen Lockergestein-Hanginstabilitäten in den Alpen**

Im Rahmen unserer Arbeiten innerhalb der DFG-Forscherguppe 'Kopplung von Strömungs- und Deformationsprozessen zur Modellierung von Großhangbewegungen' erforscht unser Institut dynamische Prozesse an Hanginstabilitäten bestehend aus Lockersedimenten. Der Fokus unserer Arbeiten liegt dabei auf einem Kriechhang im Vorarlberg (Heumöser Hang) sowie an einem Schlammstrom in den französischen Alpen (Super-Sauze). Mit Hilfe des Verfahrens 'Nanoseismic Monitoring' (Joswig, First Break, 2008) versuchen wir dabei, Deformationsprozesse, verursacht durch die unterschiedlichen Deformationen dieser instabilen Hänge, seismisch zu erfassen und diskrete Einzelereignisse aufzulösen.

Am Heumöser Hang konnten in mehreren Messkampagnen zwischen 2005 bis 2008 am 'Kriechkontinuum' des Hanges, diskrete Bruchprozesse seismisch erfasst und lokalisiert werden. Die räumliche Verteilung der Bruchprozesse spiegelt dabei Hangbereiche erhöhter Bewegungsrate wider. Das zeitliche Auftreten dieser Bruchprozesse, bis zu 26 Stunden nach Starkregenereignissen, deutet auf eine durch Starkregen getriggerte Generierung von Spannungsabbauprozessen innerhalb der Hanginstabilität.

Um die Beobachtungen am Heumöser Hang zu validieren, wurde im Rahmen einer 10-tägigen Messkampagne im Juli 2008 versucht, die Erkenntnisse auf den wesentlich dynamischeren Schlammstrom in Super-Sauze (Französische Alpen) zu übertragen. Durch die im Vergleich zum Heumöser Hang wesentlich günstigeren natürlichen Bodenunruheverhältnisse in Super-Sauze konnten insgesamt drei Ereignistypen differenziert werden.

Neben Ereignissen, die durch Felsstürze verursacht wurden, deuten Analysen der von denen abweichenden Signaltypen auf deren Generierung innerhalb des instabilen Rutschungskörpers. Die räumliche Verteilung der Epizentren dieser Ereignisse korreliert dabei, ebenso wie am Heumöser Hang, mit Hangbereichen erhöhter Bewegungsrate.

Aufgrund der hydrologischen und hydraulischen Regimeunterschiede der beiden Typen von Hanginstabilitäten konnte in den bisherigen Untersuchungen der

Einfluss von Starkregen und rasch ablaufenden Wasserinfiltrationsprozessen auf die Generierbarkeit von seismisch erfassbaren Bruchprozessen noch nicht umfassend bestimmt werden. Diesbezüglich werden erste Untersuchungsergebnisse und Hypothesen diskutiert.

**PSO-12** – Mo,Di · Seismologie

*Erstling, S., Bischoff, M., Schürmann, D., Meier, T. (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Ruhr- Universität Bochum)*

### **Monitoring bergbauinduzierter Ereignisse im Ruhrgebiet und in Ibbenbüren**

E-Mail: [stefanie.erstling@rub.de](mailto:stefanie.erstling@rub.de)

Seit 1983 wird die bergbauinduzierte Seismizität im Ruhrgebiet kontinuierlich überwacht. Aktuell werden im Jahr ca. 1000 Ereignisse detektiert und lokalisiert. Es werden alle Ereignisse ab Magnitude 0.7 erfasst. Die stärksten Ereignisse hatten Magnituden bis 3.3. Insgesamt umfasst der Katalog seit 1983 ca. 16000 Ereignisse. Das Auftreten der seismischen Ereignisse korreliert räumlich und zeitlich mit den Abbaugebieten der Steinkohle. Ereignisse ab einer Magnitude von ca.  $M_L \geq 1.2$  können gespürt werden. Über die Ergebnisse der Auswertung werden die Öffentlichkeit, das zuständige Bergamt und die RAG Deutsche Steinkohle informiert. Das Stationsnetz umfasst im Ruhrgebiet ein kurzperiodisches Array und die Breitbandstation BUG (GRSN) auf dem Universitätsgelände, sowie 4 lokale Stationen in den Abbaugebieten. Größere Ereignisse mit  $M_L \geq 1.2$  werden mittels des Arrays geortet, die kleineren Ereignisse werden durch eine Ähnlichkeitsanalyse der Wellenformen den bekannten Abbauen zugeordnet. Hierbei werden die Seismogramme der Außenstationen mit denen bereits lokalisierter Ereignisse korreliert. Das Epizentrum des aktuellen Ereignisses ergibt sich als gewichtetes Mittel der Lokalisierungen der Masterereignisse, wobei die Ähnlichkeit der Wellenformen die Wichtung bestimmt. Der b-Wert der Magnituden-Häufigkeitsverteilung für das Ruhrgebiet beträgt ca. 2 für Ereignisse mit Magnitude größer 1.5.

In Ibbenbüren traten 1981, 1991 und 2003 Ereignisse mit Magnituden  $M_L \geq 4$  auf. Seit 2004 wird die abbaubegleitende Seismizität im Norden von NRW, in Ibbenbüren überwacht. Z.Z. werden die Daten von drei Stationen, darunter die Breitbandstation IBBN (GRSN), in real-time übertragen. Die Lokalisierung der Ereignisse in Ibbenbüren erfolgt mittels Grid Search für ein  $10 \times 12 \times 3 \text{ km}^3$  Gebiet. Der Ortungsfehler beträgt ca. 1 km. Es wird eine bimodale Verteilung der Magnituden-Häufigkeit beobachtet. Für Ereignisse mit  $M_L \geq 2$  beträgt der b-Wert ca. 0.7 und für Ereignisse mit  $0.7 \geq M_L \geq 2$  ist  $b \approx 2$ .

Webseite:

<http://www.geophysik.ruhr-uni-bochum.de/seisobs/recentevents/index.html>

**PSO-13** – Mo,Di · Seismologie

*Brüstle, A., Küperkoch, L., Meier, T., Friederich, W. (Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics, Ruhr-University Bochum)*

**Manual and automated localizations of the microseismicity in the southeastern Aegean using data of the temporary EGELADOS network**

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

The temporary broadband EGELADOS network covered the whole Hellenic Subduction Zone from October 2005 to April 2007. Seismic events are detected and identified by a STA/LTA-trigger and a grid-search algorithm, where relative travel times of pre-defined master events are compared to observed differential trigger times. Because of the high seismicity, we will focus on this poster on the south-eastern part of the Hellenic Subduction Zone. For this region more than 1800 of the 2646 events, triggered during the first 6 months of the experiment, were manually identified as local earthquakes and localised. Microseismicity down to a magnitude of about ML 1.8 is detected completely.

Due to the large amount of data an automated processing scheme was developed for P- and S-wave arrival time detection. The P-onset is determined by using higher order statistics, where a characteristic function is calculated using the 4th central moment, on which the "picker" is applied, while the S-onset is determined by using autoregressive prediction of the waveform, where the prediction error serves as a characteristic function. Several algorithms are implemented to get rid of erroneous picks, including jackknife procedures and envelope function investigations to estimate signal length and to identify S-phases.

The determined manual P-readings serve as reference picks, on which the robustness and reliability of the automatic is tested. The average deviation between manually and automatically derived localizations is about 5 km when using events with at least 5 P-readings, a maximum rms-value of weighted travel time residuals of 2 seconds and a maximum gap of 170°. The results indicate, that automatic P- and S-phase detection and event localization is feasible and reliable, even when using data sets with very heterogeneous signal-to-noise ratio.

**PSO-14** – Mo,Di · Seismologie

*Fischer, K. D. (Ruhr-University Bochum, Institute of Geology, Mineralogy and Geophysics), EGELADOS Working Group*

**Observing and modelling sub-millimetre deformations in broadband seismic records: Examples from the 2006 Kythira (Greece) Earthquake**

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

Seismic records of broad-band stations contain the signal of the station's static displacement due to strong earthquakes. This signal can be obtained by converting the velocity record to displacement seismograms. The dense network set up in the EGELADOS project is used to investigate the limits of observability of the static displacements. The EGELADOS network was operated by the Ruhr-

University Bochum and German (GFZ, Uni Hamburg), Greek (NOA, AUTH) and Turkish (ITU) partners in the southern part of the Aegean and adjacent areas from October 2005 to May 2007.

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 network. Baseline shifts in displacement seismograms can be observed in the obtained displacement records 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.

Web page: <http://www.geophysik.ruhr-uni-bochum.de>

### PSO-15 – Mo,Di · Seismologie

*Salazar, P. (Berlin, FU and Antofagasta, UCN), Wigger, P., Kummerow, J., Moser, D. (Berlin, FU), Asch, G. (Potsdam, GFZ), Shapiro, S.A. (Berlin, FU)*

### **Microseismicity and stress tensor analysis related to the West Fissure Fault System, Northern Chile**

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

We installed a temporary seismic network in November 2005 in order to monitor the seismicity around the West Fissure Fault System (WFFS). The net is located at around 21°S and covers an area of 50 x 50 km. It has been recording continuously since that time and the operation will be maintained at least throughout the year 2009. The seismic short period network consists of twelve 3-component instruments (MARK L4-1 Hz seismometers and EDL PR6-24 data logger) which record continuously at a sample rate of 200 Hz. About 700 local seismic events with magnitudes  $-0.5 \leq M_l \leq 4.2$  and focal depths between 2 km and 50 km have been located. Upper crustal microseismicity is partly associated with the surface traces of the known branches of the WFFS. Focal depths north of 21°S are smaller than 20 km, whereas south of 21°S depths down to 50 km are observed. In the W-E section a sharp lower boundary of the seismicity is obvious, dipping to the West. This boundary might be related to a deep reverse tectonic structure and/or differences in the rheology of the crust. Among the seismic activity, two seismic clusters were detected, one at 35-40 km depth in the SW ( 110 events, between September and November 2006) with a magnitude distribution of  $-0.2 \leq M_l \leq 4.2$ , and the second in the central part at 9-10 km depth ( 120 events, between March 31, and April 28, 2006) with a magnitude distribution of  $0.0 \leq M_l \leq 3.5$ . This central cluster exhibits characteristics of an earthquake swarm.

Due to the complex tectonic frame and the variety of focal mechanisms, two ways have been considered for the stress tensor calculation. In the first way a

single stress tensor solution was calculated in order to explain the overall focal mechanisms in the area (regional stress tensor). For the second way the study area was divided considering the tectonic context and solutions were calculated for each area. The analysis shows that the WFFS in general is subjected to a transpressional regime with extension in NW-SE direction. Dividing the area the results show two distinct signatures indicating a different behaviour for each side of the WFFS. In the west it is subjected to a transpressional regime in agreement with geological observations, whereas at the east side it is subjected to transpressional regime with a development of pull-apart basins. These tectonic behaviours of the WFFS can be related with forces associated to the thickened crust and the uplift of the western margin of the Bolivian Altiplano.

*Web page:* <http://phase.geophysik.fu-berlin.de/arbeitsgruppen/seismik-seismologie.html>

#### **PSO-16 – Mo,Di · Seismologie**

*Ryberg, T., Haberland, C. (GFZ Potsdam), Fuis, G., Ellsworth, W., Shelly, D. (USGS, Menlo Park, USA)*

#### **Non-volcanic Tremor at San Andreas Fault, CA, Imaged by Small-aperture Seismic Arrays**

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

Non-volcanic seismic tremors at the San Andreas fault (California, USA) near Cholame has been reported earlier from analysis of regional network data. In order to determine precise locations we deployed 4 small-aperture seismic arrays in the tremor region for a time period of 6 weeks during fall 2007. All arrays consist of 10 seismic stations located within an area of roughly 1 km diameter, each. Distances between the arrays was between 30 and 50 km. The seismic stations were equipped with short period (4Hz) three-component seismic sensors and a GPS-synchronized data logger, recording at a sample rate of 200 SPS. During 6 weeks of continuous recording we identified more than 70 tremor events of different magnitude. Instead of using travel time information derived by cross correlating envelopes we employed a method to absolutely localize tremor sources using seismic array techniques in combination with a source scanning technique. We found that almost all tremors occur in a surprisingly narrow, a few km wide zone striking with the San Andreas Fault and being offset to the surface trace by approx. 14km toward South-West at a depth centered at approx. 40km. Moreover, the tremor sources move in space during a tremor event, as was seen for subduction zone tremors in Japan.

**PSO-17 – Mo,Di · Seismologie**

*Mohsen, A. (Potsdam, GFZ), Asch, G. (Potsdam, GFZ and Berlin, Freie Universität), Hofstetter, R. (Geophysical Institute, Israel), Kind, R. (Potsdam, GFZ and Berlin, Freie Universität), Weber, M. (Potsdam, GFZ and Potsdam Universität), DESIRE Group (Potsdam, GFZ)*

**A receiver function study across the Dead Sea Basin (DSB)**

Beginning in September 2006, a temporary network of 30 broadband and 45 short-period seismic stations has been set up on both sides of the Dead Sea Basin (DSB). During one and a half year of successful operation, data were continuously recorded in the field at 100 Hz and 200 Hz sample frequency for the broadband and short-period seismic stations, respectively. The raw data were converted to miniseed format and archived as full seed volume in the GEOFON data center of the GFZ. In the present work, the Receiver Function Method has been applied to the three component passive source data to investigate seismic discontinuities from the crust down to the upper mantle. Unusual negative phases at about 1s delay time have been observed at several stations in the Dead Sea region on the top of the assumed salt diapir. First preliminary receiver function analysis reveals a crustal thickness of about 30 -35 km in the investigated area and possibly low-velocity layer beneath the Moho. It also shows a basin which is possibly filled with salt about 10 km thick beneath the Lisan peninsula (Dead Sea).

**PSO-18 – Mo,Di · Seismologie**

*Weidle, C., Maupin, V. (Univ. Oslo), Ritter, J., Wawerzinek, B. (Univ. Karlsruhe), Kværna, T., Schweitzer, J. (Norsar), Balling, N. (Univ. Aarhus), Thybo, H. (Univ. Copenhagen), Faleide, J. I. (Univ. Oslo)*

**Mantle investigations of Norwegian Uplift Structure (MAGNUS) – a temporary broadband network in southern Norway**

E-Mail: 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 through erosion (and of course postglacial rebound) contributed significantly to the Neogene uplift, however, other initiating mechanisms are still highly debated. Due to the long wavelength of uplift patterns, processes in the upper mantle may have a likely contribution, possibly related to the presence of the Icelandic plume in the North-Atlantic. Discussions on this issue are controversial and interpretations mostly based on seismological models that are 15-20 years of age.

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. A new tomographic model for northern Europe reveals also a reduction in S-wave velocities in the uppermost mantle beneath southern Norway. 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 from September 2006 to June 2008 in the study area. Together with permanent installments in the region, the MAGNUS network in Southern Norway sums up to 41 broadband instruments.

In our contribution we will introduce the scientific background, concept and planned investigations of the experiment. The deployment of the instruments was achieved through an international collaboration between the Universities in Oslo (NOR), Karlsruhe (GER), Copenhagen and Aarhus (DEN) and NORSAR (NOR) and most of the seismological analysis will be performed by the partner institutions within the project "TopoScandiaDeep – the Scandinavian mountains: deep processes" (<http://www.geo.uio.no/TopoScandiaDeep/>) as part of the ESF Eurocores Programme TOPO-EUROPE.

**PSO-19** – Mo,Di · Seismologie

*Jakovlev, A., Rümpker, G. (Frankfurt), Koulakov, I. (Novosibirsk), Ochmann, N. (Hannover)*

### **Crustal velocity structure in the Rwenzori region, Uganda, from isotropic and anisotropic local travel-time tomography**

We investigate the upper crustal velocity structure beneath the Rwenzori Mountains in western Uganda. The tomographic inversion is based on 2053 local earthquakes recorded by a temporary network which covers an area of 150 by 90 km and comprises up to 35 short period and broad-band stations. We perform a number of synthetic tests to assess the effect of location uncertainty on the results of the tomographic imaging. The resolution of the derived velocity models, accuracy of source location and the trade-off effect between them were thoroughly studied using a number of different synthetic tests. We perform iterative simultaneous inversions for velocity and source parameters using both  $V_p$ ,  $V_s$  and  $V_p/V_s$  schemes using the LOTOS code. We have also constructed a synthetic model that reproduces the same pattern of velocity anomalies as that obtained after inversion of the real data. Our models exhibit an unexpected and relatively strong negative P-wave anomaly (up to -10 %) beneath the Rwenzori Mountains - down to at least 15 km. Other regions of low velocities are found in the north-eastern section of the array at shallower depths (above 10 km) and are likely related to sedimentary deposits. Higher velocities throughout the upper crust are found beneath the eastern rift shoulder and are thought to be related to old cratonic crust. The presence of low  $V_p$  velocities with high  $V_p/V_s$  ratio in the northwestern section of the array may be related to a magmatic intrusion



beneath the Buranga hot springs. 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. 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.

**PSO-20** – Mo,Di · Seismologie

*Wawerzinek, B., Kirschner, S., Ritter, J. (Universität Karlsruhe)*

### **Arraymessungen an synthetischen und beobachteten Wellenfeldern an einer Grabenstruktur**

E-Mail: [britta.wawerzinek@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:britta.wawerzinek@gpi.uni-karlsruhe.de)

Teleseismische Wellenfronten werden durch heterogene Untergrundstrukturen deformiert, was zu messbaren Perturbationen in der Laufzeit, im Rückazimut und in der Langsamkeit der Wellenfront führt. In diesem Beitrag werden verschiedene synthetische Mantelanomalien unter einem kontinentalen Graben vorgegeben und mit 3D Raytracing synthetische Datensätze erzeugt. Diese Daten werden mit Messungen aus dem Gebiet des mittleren Oberrheingrabens verglichen und diskutiert.

Zuerst werden synthetische Laufzeiten mit Hilfe einer Vorwärtsrechnung durch ein vorgegebenes Geschwindigkeitsmodell berechnet. Dieses enthält eine mit der Tiefe abnehmende  $v_P$  Anomalie (-3%  $v_P$  bis -1%  $v_P$ ) unterhalb des Grabens im oberen Erdmantel. Dann werden synthetische Rückazimute und Langsamkeiten durch die Anpassung ebener Wellenfronten an die Laufzeitdifferenzen zwischen den einzelnen Stationen bestimmt. Die teleseismischen Wellenfronten werden stark durch die Geschwindigkeitsreduzierung beeinflusst, was sich in der Perturbation der synthetisch bestimmten Parameter (Laufzeit, Rückazimut und Langsamkeit) zeigt. Diese synthetischen Perturbationen sind allerdings deutlich größer als die fast vernachlässigbaren Perturbationen von gemessenen Wellenfronten im Bereich des mittleren Oberrheingrabens (TIMO Projekt, siehe auch Beitrag von Kirschner et al.). In einem zweiten Schritt wurde dann die Amplitude der  $v_P$  Anomalie systematisch von -1% bis -10% variiert, um das Ausmaß der resultierenden Wellenfrontdeformation zu untersuchen. Diese Modellierungen zeigen, dass mit den Daten des TIMO Projektes eine Anomalie von mehr als 1-2% Geschwindigkeits-Erniedrigung unter dem Oberrheingraben ausgeschlossen werden kann.

**PSO-21** – Mo,Di · Seismologie

*Schmidt, A., Friederich, W., Meier, T., EGELADOS Working Group (Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, Bochum)*

**Ermittlung der Greenschen Funktion aus seismischem Rauschen in amphibischen Netzwerken**

Im Rahmen des EGELADOS-Projekts wurde ein temporäres Breitband-Netzwerk von insgesamt 65, über die gesamte Ägäis verteilten, Land- (Mark, Guralp, STS-2) und 22 Ozeanbodenstationen (Seismometer und Hydrophone) zwischen 2005 und 2007 betrieben.

Aus den Aufnahmen seismischen Rauschens wurden Kreuzkorrelationen mit jeweils einer Länge von einem Tag berechnet und aufgestapelt. Dadurch konnte ein Signal-Rausch-Verhältnis erreicht werden, welches es erlaubt den Rayleigh-Wellen-Anteil der Greenschen Funktion zu bestimmen. Mittels Dispersionsanalyse sind damit Gruppengeschwindigkeitskurven ermittelbar, mit denen auf die Struktur der Kruste und des oberen Mantels geschlossen werden kann. Des Weiteren wurde die Ermittlung der Dispersionskurven der Love-Wellen durch Rotation der Seismometer-Komponenten ermöglicht.

Bei der Bewertung der errechneten Kreuzkorrelationen ist bezüglich des Stationstyps zu unterscheiden. Während man bei den Landstationen die Greenschen Funktionen mit guter Qualität extrahieren kann, tritt bei der Verwendung von Hydrophonen ebenfalls ein starkes Signal auf, dessen Geschwindigkeit einer akustischen Welle im Wasser entspricht. Außerdem zeigt sich eine starke Abhängigkeit der Signalstärke und der Dispersion vom jeweiligen Standort der Stationen und ebenso vom Profil des Signallaufweges zwischen den Stationen. So ist beispielsweise im Fall zweier Hydrophone, in deren direkten Laufweg sich eine Insel befindet, der Rayleigh-Wellen-Anteil der Greenschen Funktion direkt bestimmbar, wohingegen bei Laufwegen, welche komplett unter dem Meeresspiegel verlaufen, nur die "akustische Welle" zu sehen ist.

**PSO-22** – Mo,Di · Seismologie

*Sens-Schönfelder, C. (Universität Leipzig), Larose, E. (LGIT Grenoble)*

**Changes of the lunar subsurface temperature inferred from seismic measurements**

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

We use the seismic records obtained with the geophones of Apollo 17 seismic experiment at the Taurus Littrow landing site to measure variations of the seismic velocity in the lunar regolith. From the eight month long noise records we retrieve Green's functions between the sensors for successive 24 hour periods. By comparing the Greens functions of the different periods we observe cyclic variations of seismic velocity. Spectral analysis suggests that the variations are related to the influence of the sun rather than to the influence of the Earth. This implies that the temperature changes between lunar day and night speed up or

slow down the seismic waves. With finite difference simulations we show that the observations are in accordance with expectations based on current knowledge of the thermal properties of the lunar regolith. A long term variation is also observed that is in phase with variation of solar energy flux due to distance changes between the Earth-moon system and the sun.

### PSO-23 – Mo,Di · Seismologie

*Sokolov, V., Miksat, J., Wenzel, F. (Karlsruhe University, Germany), Wen, K.-L., Chen, C.-T. (National Central University, Taiwan)*

#### **Ground Motion Characteristics of the Taipei Basin (Taiwan)**

E-Mail: joachim.miksat@gpi.uni-karlsruhe.de

The city of Taipei, in northern Taiwan, is located on a triangle shaped sedimentary basin. Maximum thickness of the sediments is about 1000 meters in the western part of the basin. The Taipei area was affected by four destructive earthquakes during the 20th century. Recent analysis of observed data revealed significant difference between deep and shallow events. We studied the frequency-dependent site response (spectral amplification SA) of the Taipei basin on earthquake excitation using records of recent earthquakes. We utilize strong-motion records obtained at 32 stations of the Taipei TSMIP (Taiwan Strong Instrumentation Program) network during 83 deep and 142 shallow earthquakes ( $M > 4.0$ ) between 1992-2004. From analysis of the characteristics of empirical spectral amplification and comparison with numerical modeling of wave propagation we found:

(1) Good agreement of the characteristics of site response across the basin, which were estimated using records of deep earthquakes (depth  $> 35$  km), with the theoretical spectral ratios calculated using the 1D-models of soil column.

(2) The data for shallow earthquakes show influence of (a) surface waves generated by distant earthquakes and (b) low-frequency ( $< 1.0 - 2.0$  Hz) waves generated within the basin in addition to amplification caused by layered deposits.

(3) Extremely high amplification for some shallow earthquakes at frequencies 0.3 Hz - 1.0 Hz within the basin that may be dangerous for high-rise buildings and highway bridges.

(4) Earthquake azimuth dependence of site amplification for some stations inside the basin.

The obtained results may be used in probabilistic seismic microzonation of the basin when considering many possible earthquakes located at various distances. Numerical modeling of wave propagation may be applied to simulate the seismic influence from large scenario earthquakes. Furthermore, numerical modeling of wave propagation can be used to extend the observed data base for areas where the station network is not dense enough.

**PSO-24** – Mo,Di · Seismologie

*Rehor, L., Forbriger, T. (Universität Karlsruhe)*

### **Untersuchungen zum Einfluss eines Hochhauses auf die seismischen Registrierungen auf seinem Fundament**

E-Mail: [Lisa.Rehor@gpi.uni-karlsruhe.de](mailto:Lisa.Rehor@gpi.uni-karlsruhe.de)

Durch einen Vergleich der Registrierungen einer Station auf dem Fundament eines Hochhauses mit den Registrierungen einer Freifeldstation in unmittelbarer Nähe konnte der Einfluss des Gebäudes auf das seismische Wellenfeld im Keller des Gebäudes untersucht werden. Vor allem bei Messungen innerhalb von Städten werden seismische Stationen oft in Gebäuden installiert. Bei der späteren Auswertung werden die Registrierungen jedoch meist als Registrierungen im Freifeld betrachtet. Zur Untersuchung wurden zwei Stationen des **Karlsruher Breitband-Arrays (KABBA)** verwendet, die während des **Urban Seismology (URS)** Projektes im Rahmen des SFB461 „Starkbeben“ betrieben wurden. Eine der beiden Stationen war im Keller eines Hochhauses in Bukarest-Măgurele installiert. Die zweite Station befand sich in einem Abstand von ca. 300 m in einem Seismometerbunker und ihre Registrierungen können damit als Registrierungen im Freifeld betrachtet werden. Das einfache physikalische Modell einer reinen Scherschwingung und einer alleinigen Anregung des Gebäudes an dessen Unterkante liefert für die Station im Keller des Gebäudes eine Amplitudenminderung bei den Resonanzfrequenzen des Hochhauses verglichen mit den Amplituden an einer Freifeldstation. Der Vergleich von gemessenen Amplitudenspektren während Nahbeben aus der Vrancea-Region lässt eine Tendenz zu geringeren Amplituden an der Station auf dem Fundament des Hochhauses erkennen. Die Unterschiede in den Registrierungen der beiden Stationen sind jedoch abhängig vom betrachteten Erdbeben. Mit den vorhandenen Daten kann zudem nicht eindeutig zwischen dem Einfluss des Gebäudes und dem Einfluss des heterogenen Untergrundes der beiden Stationen unterschieden werden. Ein Vergleich des kontinuierlich gemessenen Hintergrundsignals an den beiden Stationen zeigt dagegen einen gegenteiligen Effekt. An der Station im Keller wird eine erhöhte spektrale Leistungsdichte im Bereich der Eigenfrequenz des Gebäudes gegenüber der spektralen Leistungsdichte an der Freifeldstation beobachtet. Als mögliche Erklärung dieser Beobachtung wird die unterschiedliche Anregung des Gebäudes bei den verschiedenen Signalen diskutiert.

**PSO-25** – Mo,Di · Seismologie

*Kracht, M. (Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Hessischer Erdbebendienst, Wiesbaden), Lehmann, K. (Geologischer Dienst NRW, Krefeld), Schmidt, B. (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz)*

### **Die verbindliche Einführung der DIN 4149:2005-04 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten) für den Bereich Mittel- und Niederrhein**

Im April 2005 wurde die neue DIN 4149:2005-04 als technische Richtlinie ein-

geführt. Diese Norm ersetzt die bis dahin gültige Version der DIN 4149 aus dem Jahr 1981. Sie spiegelt den aktuellen Stand der Forschung und Technik wieder. Die DIN 4149 gilt für übliche Hochbauten - also auch Wohngebäude. Ziel ist der ausreichende Personenschutz, d. h. dass eventuell Schäden auftreten können, diese aber nicht zum Einsturz führen dürfen. Es ist geplant, die neue DIN 4149 als nationalen Anhang des kommenden Europäischen Standards (EN: Eurocode 8) zu übernehmen. Dabei werden die Regionen in Deutschland mit möglicher Erdbebengefährdung in Erdbebenzonen (EZON von 0 bis 3) unterteilt. Erstmals wurden außerdem für den Untergrund die geologische Untergrundklassen (GUK) definiert: R, S oder T für Festgestein, Sedimentbecken oder Übergangszone. Im Abschnitt 5.1 der neuen DIN 4149 ist beschrieben, dass in einem Beiblatt zu dieser Norm eine Umsetzung einzelner Gemarkungen zu den EZON und GUK vorgesehen ist. Diese Zuordnung wurde von den Geologischen Diensten der Bundesländer in den erdbebengefährdeten Gebieten realisiert. Für Hessen [2], Nordrhein-Westfalen [1] und Rheinland-Pfalz [3] wurden entsprechende Karten im Maßstab 1 : 200.000 bis 1 : 350.000 herausgegeben. Diese Karten sind für übliche Hochbauten per Erlass verbindlich als technische Regeln eingeführt:

1. Liste und Übersicht der im Land Hessen bauaufsichtlich eingeführten Technischen Baubestimmungen, Staatsanzeiger Nr. 9 vom 25.02.2008;
2. Einführung Technischer Baubestimmungen nach §3 Abs. 3 BauO NRW nach Rd.-Erl. des Ministeriums für Bauen und Verkehr vom 08.11.2006;
3. Einführung von technischen Regeln als Technische Baubestimmungen in der Verwaltungsvorschrift des Ministeriums der Finanzen Rh.-Pfalz 13.11.2006 und als Werkzeug für Bürger, Architekten, Baubehörden, Versicherungen etc. zu sehen. In den einzelnen Gemarkungen müssen Gebäude so errichtet sein, dass sie den Anforderungen und Zielen der DIN 4149: 2005-04 entsprechen.

[1] Geologischer Dienst NRW (2006): Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland 1 : 350.000, Bundesland Nordrhein-Westfalen. - Karte zu DIN 4149. Krefeld. [2] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2007): Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen - Planungskarte zur DIN 4149:2005-04, 1 : 200.000. Wiesbaden. [3] Landesamt für Bergbau und Geologie Rheinland-Pfalz (2008): Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen von Rheinland-Pfalz 1 : 300.000. - Karte zur DIN 4149. Mainz.

# UI

## Umwelt- und Ingenieurgeophysik

---

**UI-01/02** – Di 24.3 10:50 - 11:30 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik  
*Green, A., Campbell, F., Carpentier, S., Dorn, C., Horstmeyer, H., Hurter, F., Kaiser, A., McClymont, A. (Institute of Geophysics, ETH, Zurich, Switzerland)*

### **High-resolution seismic reflection and ground-penetrating radar studies of active faults in New Zealand**

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

Knowledge of the structure of fault zones in the shallow subsurface is important for understanding seismic hazard and seismic risk. Critical physical properties of faults are usually determined or inferred from paleoseismological investigations based on surface outcrops, geomorphology, boreholes and/or trenches. New Zealand is located directly on the plate boundary between the Australian and Pacific plates. Although many of the plate-boundary-related faults have not ruptured during the nearly 200 years of European settlement, paleoseismology provides clear evidence of relatively recent (i.e. 100's to 1000's of years) rupturing on many of these faults. In an attempt to improve our knowledge of active faults beyond the reach of conventional paleoseismological studies, from depths of approximately 1 1000 m, we have acquired and processed high-resolution multi-channel seismic reflection and ground-penetrating radar data across the Alpine transpressive and Oslter reverse faults and a number of faults hidden beneath the very young sediments of the Canterbury Plains. After subjecting our data to a wide variety of processing schemes, they provide vivid images of all target structures. Our seismic and radar sections constrain the dip of a northern part

of the Alpine Fault to 50 - 80° through the Quaternary sediments and basement. In addition, we image a significant subsidiary fault strand and associated deformation about 30 m from the main fault trace. The images of the Ostler fault include complex deformation structures with folding and multiple subsidiary fault splays on either side of a roughly 50° west-dipping primary fault plane. Finally, the images of the subsurface beneath the Canterbury Plains reveal a surprisingly complex pattern of relatively major faults, folds and tilting.

Web page: <http://www.aug.geophys.ethz.ch/>

**UI-03** – Di 24.3 11:30 - 11:50 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Götz, J., Giese, R., Lüth, S., Rechlin, A. (Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ )*

### **Entwicklung eines heterogenen Geschwindigkeitsmodells für die seismische Vorauserkundung im Tunnelbau**

Zur seismischen Vorauserkundung geologischer Strukturen und geotechnischer Parameter im laufenden Tunnelbau wurde vom GFZ das „Integrated Seismic Imaging System“ (ISIS) entwickelt. Die seismischen Messungen nutzen die Eigenschaften von Tunneloberflächenwellen: An der Seitenwand des Tunnels werden Tunneloberflächenwellen mit einem pneumatischem Hammer erzeugt. Erreichen diese die Ortsbrust, werden sie in S-Wellen konvertiert und breiten sich als solche weiter im Vorfeld aus. Reflektierte oder zurückgestreute S-Wellen werden an der Ortsbrust wiederum zu Tunneloberflächenwellen konvertiert und können dann entlang des Tunnels mit Dreikomponentengeophonen aufgezeichnet werden. Um geologische Strukturen um den Tunnel oder im Tunnelvorfeld zu untersuchen muss die seismische Sektion vom Zeitbereich in den Ortsbereich transformiert werden. Die ISIS-Software ermöglicht bereits eine Migration der aufgezeichneten Daten mit einem konstanten Geschwindigkeitsmodell. Zur Verbesserung der Lagebestimmung von Reflektoren und der Abbildungsqualität wurde ein Berechnungsverfahren für ein heterogenes Geschwindigkeitsmodell der Tunneloberflächenwellen entwickelt. Das Geschwindigkeitsmodell wird aus den gepickten Ersteinsätzen der P-Wellen sowie der Tunneloberflächenwellen mit dem Verfahren der Laufzeittomografie abgeleitet. Die Laufzeittomografie wird durch eine Singulärwertzerlegung realisiert. Die direkten Strahlwege von der seismischen Quelle zum Empfänger werden als geradlinig angenommen. Um die Verlässlichkeit der Ergebnisse zu Überprüfen wurde zusätzlich ein Geschwindigkeitsmodell mittels linearer Regression berechnet und mit dem Modell der Laufzeittomografie verglichen. Die Datenbasis für diese Arbeit bilden seismische Messungen, die im Wasserversorgungstunnel des Wasserkraftwerkes „Glendoe Hydroelectric Scheme“ durchgeführt wurden. Die Migration mit dem heterogenen Geschwindigkeitsmodell zeigt seismische Reflektoren im Tunnelvorfeld, die mit Veränderungen der Steuerparameter der Tunnelvortriebsmaschine und/oder der Geologie korrelieren. Diese Reflektoren stimmen zum Teil mit der räum-

lichen Lage der Reflektoren des konstanten Geschwindigkeitsmodells überein, sind jedoch in ihrer Amplitude verschieden.

**UI-04** – Di 24.3 11:50 - 12:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik  
*Paasche, H. (Universität Potsdam), Werban, U., Dietrich, P. (UFZ Leipzig)*

### **Seismische 2D Laufzeitomographie zur Erkundung oberflächennaher Lockersedimente unter Verwendung direct push-basierter Quellen**

Räumliche Variationen der Ausbreitungsgeschwindigkeit mechanischer Wellen in oberflächennahen Lockersedimenten werden in der Regel mittels refraktionss-eismischer Laufzeitomographie untersucht. Die auf diese Art erhaltenen Geschwindigkeitsmodelle erlauben die zuverlässige Bestimmung von Geschwindigkeiten und Schichtgrenzen solange die Geschwindigkeit in erster Näherung mit der Tiefe zunimmt. Die Erkundungstiefe refraktionss-eismischer Messungen ist bei Verwendung energieschwacher aber preiswerter Quellen, wie zum Beispiel Hammer oder Fallgewicht, häufig durch den Übergang von ungesättigten zu gesättigten Sedimenten beschränkt, da dieser mit einem signifikanten Geschwindigkeitsanstieg einhergeht.

Seismische Bohrloch zu Bohrloch Tomographie stellt, zumindest für kleinräumige Untersuchungen, eine Alternative zur Refraktionstomographie dar. Hierbei ist ein Anstieg der Geschwindigkeit mit zunehmender Tiefe nicht zwingend erforderlich. Die Abhängigkeit des Verfahrens vom Vorhandensein zweier oder mehr Bohrlöcher macht Bohrloch zu Bohrloch Tomographie vergleichsweise teuer und erfordert in der Regel hohen administrativen und technischen Aufwand für Bohrgenehmigung, Bohrlochausbau etc.

Direct push Verfahren erlauben das flexible und schnelle Beprobieren sowohl ungesättigter als auch gesättigter oberflächennaher Lockersedimente an ausgewählten Lokationen und sind administrativ und technisch weniger aufwendig als klassische Bohrverfahren. Wir verwenden direct push Technologien, um eine hochfrequente seismische Quelle an verschiedenen Lokationen entlang eines Profils in unterschiedlichen Tiefen zu positionieren. Zum Registrieren der erzeugten seismischen Energie werden Vertikalgeophone entlang des Profils an der Erdoberfläche verwendet. Aus den Laufzeiten zwischen Quell- und Empfängerpunkten lassen sich mittels tomographischer Rekonstruktionsverfahren 2D Modelle der seismischen Geschwindigkeitsverteilung im Untergrund bestimmen.

Zusätzlich zu der simulierten Untersuchung unter Verwendung synthetischer Daten wurde ein Feldexperiment durchgeführt. Das erhaltene Geschwindigkeitsmodell enthält Informationen über Hoch- und Niedergeschwindigkeitsanomalien. Die Erkundungstiefen sind deutlich größer im Vergleich zur klassischen Hammerschlagsrefraktionss-eismik. Die Kombination refraktionss-eismischer und direct push-zu-Oberfläche Laufzeiten verbessert die Qualität des Geschwindigkeitsmodells in der ungesättigten Zone. Die detektierten Geschwindigkeitsvariationen passen strukturell zu Informationen aus direct push Messungen der natürlichen Gammastrahlung und Cone Penetration Tests.



**UI-05** – Di 24.3 12:10 - 12:30 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik  
*Hunfeld, U., Brenner, O., Orłowsky, D. (Essen, DMT)*

### **Hochauflösende CMP-Refraktionsseismik in Kombination mit Refraktions-tomographie, Reflexionsseismik und Oberflächenwellenanalyse**

#### Motivation

Für den Neubau eines Tunnelsystems führte DMT im Frühjahr 2009 hochauflösende seismische Messungen in Wohngebieten durch. Die Ergebnisse sollten bei der Konzeption für die baulichen Maßnahmen verwendet werden.

#### Ziele

Das Ziel der Untersuchung war die Ermittlung des genauen Verlaufs des zweiten Refraktors. In diesen zweiten Refraktor ist eine geologische Störungszone eingelagert, deren Lage mit der Messung bestimmt werden sollte.

#### Methodik

Die Datengewinnung erfolgte mit drei verschiedenen seismischen Quellen: einem beschleunigten Fallgewicht (Typ Mjölñir), einem Schlaghammer von 8 kg und einer vibroseismischen Luftschallquelle durchgeführt. Die Signale der verschiedenen Quellen werden miteinander verglichen. Die Empfängeranordnung war eine Festauslage mit einem Geophonabstand von einem Meter, der Quellpunktabstand betrug zwei Meter. Diese Auslage wurde gewählt, um jedem der gewählten Auswerteverfahren gerecht zu werden.

Die seismischen Daten wurden mit den Verfahren der CMP-Refraktionsseismik, der Refraktionstomographie und der Reflexionsseismik ausgewertet. Eine Analyse der Oberflächenwellen wurde zusätzlich durchgeführt. Wie in der Reflexionsseismik ergibt die CMP-Refraktionsseismik eine Stapelsektion mit tiefengewandelten Schichtgrenzen. Gegenüber der Standardrefraktion und der Refraktionstomographie werden durch das Stapeln zusätzlich Phaseninformationen der seismischen Welle berücksichtigt. Zusammen mit der Wellengeschwindigkeitsverteilung aus der Refraktionstomographie und der tiefer gelegenen Schichtgrenzen aus der Reflexionsseismik, können alle in den seismischen Daten steckenden Informationen optimal genutzt werden.

#### Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Datenbearbeitungen werden auszugsweise vorgestellt und miteinander verglichen. Anhand dieser Ergebnisse wird verstärkt auf die Vorteile der gemeinsamen Interpretation der einzelnen Verfahren eingegangen.

**UI-06** – Di 24.3 12:30 - 12:50 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik  
*Niederleithinger, E. (Berlin, BAM), Tronicke, J. (Universität Potsdam)*

### **Inversion von Laufzeitdaten des Parallel-Seismik Verfahrens**

E-Mail: Ernst.Niederleithinger@bam.de

Das Parallel-Seismik Verfahren wird zur Ermittlung der Länge von Fundamentpfählen oder Spundwandbohlen eingesetzt. Die Laufzeiten von durch Hammer-

schlag auf den Pfahlkopf ausgelösten seismischen Wellen werden in einem parallelen Bohrloch von Hydrophonen oder Geophonen registriert. Zur Auswertung der Laufzeitkurven waren bisher einfache graphische Verfahren üblich. Seit einiger Zeit sind auch verbesserte, den Laufweg der Wellen genauer berücksichtigende Methoden im Einsatz. Auch dabei werden die Laufzeitkurven aber meist manuell angepasst. Automatisierte Inversionsverfahren bieten ein höheres Maß an Objektivität. Für die vorliegende Fragestellung wurde die Levenberg-Marquardt (LM) Variante der Methode der kleinsten Quadrate sowie das „Very Fast Simulated Annealing“ (VFSA) zusammen mit verschiedenen Methoden der Vorwärtsrechnung anhand von Modell- und Felddaten auf ihre Eignung geprüft. Dabei zeigte sich, dass die Levenberg-Marquardt Methode bei gutem Signal-Rausch-Verhältnis deutliche Geschwindigkeitsvorteile bietet und zuverlässig sehr gute Ergebnisse liefert. Bei höherem Noiseanteil (d. h. Fehlern in den aus Messung oder Simulation bestimmten Ersteinsatzzeiten) lassen sich jedoch mit dem VFSA signifikant bessere Ergebnisse erzielen. Bei beiden Methoden lassen sich Zusatzinformationen (z. B. aus seismischen Messungen bekannte Wellengeschwindigkeiten) berücksichtigen. Eine fallweise Anwendung beider Methoden vereinfacht die Auswertung von Parallel-Seismik Daten erheblich und führt zu höherer Aussagegenauigkeit.

Webseite: <http://www.bam.de/fg-82.htm>

**UI-07** – Di 24.3 12:50 - 13:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Krause, Y. (Berlin, BGR), Leder, T. (Hannover, LIAG), Furche, M., Kerner, T., Noell, U., Grisse mann, C. (Hannover, BGR)*

### **Kombinierte seismische, elektrische und altimetrische Hinweise auf Schwäche zonen im Deckgebirge der Staßfurter Salzstruktur**

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

Für die Untersuchung bergbaubedingter Destabilisierungsvorgänge (Verbundprojekt „Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes“, BMBF-Fkz. 02C1476) ist die Erkennung von Schwäche zonen im Gebirge von besonderem Interesse.

Bei der Untersuchung der Senkungs- und Bruchvorgänge infolge des Altbergbaus in Staßfurt geben mehrere Messverfahren Hinweise auf eine bisher in geologischen Karten nicht enthaltene Störungs- bzw. Schwächezone im Streichen der Südwestflanke des Salzsattels. Die Ergebnisse aus Seismik und Geoelektrik, die mit der Erkundung durch die Aerogeophysik (s. Kerner et al., in diesem Band) und dem hoch aufgelösten digitalen Geländemodell aus der Laser-Altimetrie ergänzt werden, legen einen möglicherweise großräumigen Zusammenhang der einzelnen Indikationen für Störungs- bzw. Schwäche zonen nahe.

In den seismischen Sektionen wurden zunächst ungestörte und gestörte Bereiche abgegrenzt, die sich zum Teil bis in den Anhydrit im Zechstein verfolgen lassen. Im Senkungsgebiet nahe dem Strandbad Staßfurt korrelieren mehrere

Störungsindikationen der Seismik mit der Verbreitung hoher elektrischer Leitfähigkeit im Deckgebirge, die als Hinweise für Aufstiegszonen salzhaltiger Wässer gedeutet werden. In diesem Gebiet zeigen auch die Hubschrauberelektromagnetik und die Altimetrie deutliche Hinweise für Diskontinuitäten. Aus dem Grunde wird hier eine Störungs- bzw. Schwächezone im Deckgebirge postuliert.

**UI-08** – Mi 25.3 08:30 - 08:50 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Tronicke, J. (Universität Potsdam), Niederleithinger, E. (BAM Berlin), Krüger, F., Ohrnberger, M. (Universität Potsdam), Leven, C. (UFZ Leipzig)*

### **Geophysikalisches Bohrloch-Laboratorium (GBL) Horstwalde: Vorerkundung und Installation eines Test- und Referenzstandortes**

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

Zur Erkundung des oberflächennahen Untergrundes nimmt das Methodenspektrum der Geophysik eine zentrale Rolle ein, um räumliche Informationen über den strukturellen Aufbau, die stoffliche Zusammensetzung des Untergrundes sowie über den zeitlichen Ablauf unterirdischer Prozesse zu gewinnen. Dabei spielen bohrlochbasierte Techniken eine zentrale Rolle, da sie es erlauben, relevante physikalische Parameter hochauflösend in situ zu bestimmen. Solche Informationen sind essentiell zur Interpretation und Kalibrierung oberflächengeophysikalischer Daten und geowissenschaftlicher Modellvorstellungen. Zur Weiterentwicklung geophysikalischer Methoden und zur Entwicklung effizienter und kostengünstiger Erkundungsstrategien werden dauerhafte Test- und Referenzstandorte benötigt. Hier können unter kontrollierten Feldbedingungen verschiedenste Experimente durchgeführt und miteinander verglichen werden. Mit dem geophysikalischen Bohrloch-Laboratorium (GBL) Horstwalde soll ein solcher Standort etabliert werden.

Wesentlicher Bestandteil des GBL Horstwalde ist eine Reihe von Bohrungen, die auf einer Fläche von ca. 70 m x 100 m bis in Tiefen von maximal ca. 50 m abgeteuft worden sind. Die Fläche befindet sich auf dem Testgelände Technische Sicherheit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM-TTS) in der Nähe der Ortschaft Horstwalde in Brandenburg. Die Geologie ist durch glaziale Sedimente gekennzeichnet. Bevor mit der Installation begonnen werden konnte, waren umfangreiche Vorerkundungen notwendig, um die prinzipielle Eignung des Standortes für die geplanten Aktivitäten zu klären. Da das Gelände jahrzehntelang militärisch genutzt wurde, beinhaltete diese Vorerkundung auch die geophysikalische Lokalisierung von Versorgungsleitungen und anderer anthropogener Störkörper im Untergrund. Nach erfolgreichem Abschluß der Vorarbeiten wurde Ende 2008 mit der Detailerkundung (z.B. mittels Direct-Push Verfahren und 3-D Georadar) und der eigentlichen Instrumentierung des Testfeldes begonnen. In drei Bohrungen wurden Seismometer zur kontinuierlichen Aufzeichnung des seismischen Wellenfeldes installiert. Weitere Bohrungen stehen vor allem für ein- bis mehrtägige Experimente zur Verfügung. In der Präsentation werden neben dem Konzept und den Resultaten der Vorerkundung auch

erste Ergebnisse und Datenbeispiele der weiterführenden Untersuchungen vorgestellt.

**UI-09** – Mi 25.3 08:50 - 09:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Naser, M., Junge, A. (Frankfurt/Main)*

### **Erste Ergebnisse von Georadaruntersuchungen auf dem Detectino Testfeld zur Leitungsortung der Uni Frankfurt**

Die Facheinheit Angewandte Geophysik der Universität Frankfurt entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Cutec Institut, Clausthal Zellerfeld, im Auftrag der Detectino GmbH, Hannover Langenhagen, das Leitungsortungssystem Detectino. Im Rahmen der Entwicklung einer geeigneten Sensorplattform wurde ein Testfeld zur Leitungsortung errichtet, welches eine Optimierung der Sensoren in Hinblick auf Detektionsvermögen, Auflösungsvermögen und maximal erreichbare Erkundungstiefe ermöglicht. Das Testfeld misst 30 m x 50 m mit einer Maximaltiefe von 3 m und besteht aus sechs Einzelfeldern, die sich im geotechnischen Aufbau unterscheiden. Insgesamt wurden ca. 2000 m unterschiedliche Leitungen (PE Rohre, Telekommunikation, Stromleitungen, Abwasserleitungen, Gasrohre) in variierenden Tiefen verbaut. Die Lage der Leitungen ist mit einer Genauigkeit von 1 cm bestimmt und dokumentiert. Während dem Bau wurden geotechnische Parameter wie Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte, Kalkgehalt und Anteil an organischer Substanz bestimmt. Der Wassergehalt wird punktuell in jedem der Einzelfelder mithilfe fest installierter TDR-Sonden aufgezeichnet. Zusätzlich werden Wassergehaltstiefenprofile mittels einer TDR Rohrsonde gemessen. Es werden die ersten Ergebnisse der Georadarmessungen vorgestellt. Die Untersuchungen wurden mit einem Mehrkanalsystem mit 250 MHz und 600 MHz Antennen durchgeführt. Dabei wurden die Detektierbarkeit und das Auflösungsvermögen an verschiedenen Leitungen in verschiedenen geotechnischen Situationen untersucht. In gering absorbierenden Medien wie Sand kann zum Teil anhand der Reflexionsmuster zwischen verschiedenen Leitungen (Kunststoff, Metall, Gas, Wasser) unterschieden werden. Erwartungsgemäß ist die erreichbare Erkundungstiefe, bis zu der eine Interpretation möglich ist, bei stark dämpfenden Materialien, wie Lößlehm, sehr gering.

**UI-10** – Mi 25.3 09:10 - 09:30 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Heigel, M. (TU Berlin), Yaramanci, U. (TU Berlin und Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik), Abel, F., Rosenkranz, J. (TU Berlin, Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitung)*

### **Tomographische Georadaruntersuchungen an Kohlekuchen im Dezimeterbereich**

E-Mail: heigel@geophysik.tu-berlin.de

Im Projekt MAXICARB (MAXIMISING CARBON UTILISATION THROUGH IMPROVED RAW MATERIAL SELECTION AND PROCESS CONTROL) wurde das Potenzial von tomographischen Georadarmessungen an Kohlekuchen untersucht. Kohlekuchen bestehen aus kompaktierter und angefeuchteter Steinkohle mit einer Korngröße im Sand- bis Kiesbereich. Diese Kohlekuchen werden zur Veredelung in Koksöfen verkocht. Bei der Herstellung kommt es zu Variationen von Kompaktion und/oder des Wassergehaltes des Kohlekuchens, welche zu einer Unterbrechung der Produktion führen können. Die Möglichkeiten von Georadartomographie als zerstörungsfreie Methode wurde geprüft. Mit Hilfe von FD-Modellierungen analysierten wir die Auflösungsmöglichkeiten von Tomographiemessungen zur Bestimmung der Dielektrizitätszahl und der räumlicher Ausdehnung von verschieden geformten Anomalien mit erhöhter Porosität in einer Matrix aus kompaktierter Kohle. In der Parameterstudie einer Kohle-Wasser-Luft-Mischung war das Hauptziel die Abhängigkeit der effektiven Dielektrizitätszahl und effektiven Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen von der Porosität und vom Wassergehalt zu ermitteln. Als Basis würde das CRIM-Mischungsmodell verwendet. Es zeigt sich, dass Dielektrizitätszahl und Ausbreitungsgeschwindigkeit stärker vom Wassergehalt als von der Porosität abhängen. In einer ersten Messung an einem Kohlekuchenmodell mit trockener Kohle wurde die Dielektrizitätszahl der verwendeten Steinkohle mit 3,8 bestimmt, der Fehler ist 6%. Für eine Tomographiemessung wurde ein Kohlekuchenmodell mit zwei vordefinierten Anomalien gebaut. Die Anomalien bestehen aus runden Bereichen mit erhöhter Porosität. Die kleine Anomalie hat einen Durchmesser von 12,5 cm die Große einen von 20 cm. Das Kohlekuchenmodell hat eine Abmessung von 47,5 cm zu 50,0 cm zu 45,2 cm. Im Ergebnis der Inversion konnten beide Anomalien abgebildet werden. Die ermittelten Werte der Dielektrizitätszahlen sind für die Anomalien zu hoch auf Grund von Verschmierung durch die Inversion.

Ingesamt konnte die prinzipielle Eignung der Radartomographie zur Abbildung des Wassergehalts und der Dichte bzw. Porosität an Kohlekuchen gezeigt werden. Ein Einsatz im Industriemaßstab ist mit weiterer Verfeinerung des Verfahrens sehr aussichtsreich, bedarf jedoch insbesondere einer Verbesserung der quantitativen Abschätzung. Danksagung: Wir bedanken uns für die teilweise finanzielle Unterstützung dieser Arbeit durch die Research Directorate of the European Commission - Research Fund for Coal and Steel.

**UI-11** – Mi 25.3 09:30 - 09:50 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik  
*van der Kruk, J. (Juelich, Forschungszentrum Juelich), Steelman, C., Endres, A.L. (Waterloo, University of Waterloo), Vereecken, H. (Juelich, Forschungszentrum Juelich)*

**Dispersion inversion of GPR data recorded across freezing and thawing induced waveguides**

E-Mail: [j.van.der.kruk@fz-juelich.de](mailto:j.van.der.kruk@fz-juelich.de)

Dispersed ground penetrating radar (GPR) waves traveling in a surface waveguide contain important information about the subsurface. Two possible waveguide types exist; a leaky waveguide with the lower halfspace having a much larger permittivity/conductivity and a low-velocity waveguide with the lower halfspace having a lower permittivity than the middle waveguide layer. Both the leaky and low-velocity waveguides are induced by freezing wet sand and by thawing of the frozen sand, respectively. In both cases, the waveguide properties can be obtained by calculating phase-velocity spectra, followed by picking dispersion curves from the maxima in the spectra. The picked dispersion curve is then inverted for a single-layer subsurface model; inversion involves adjusting the model parameters until the difference between the picked dispersion curve and the model-predicted dispersion curve is minimized. Common mid-point gathers using high-frequency 900 MHz antennas were collected on a test site in Waterloo, Ontario, Canada. Surveys were conducted during the development of a seasonal frost layer and subsequent seasonal thaw. For the leaky waveguide, constituted by ice overlying wet sand, several higher order modes could be identified and were used to invert for the thickness and medium properties. The low velocity waveguide, which was caused by thawing of the shallow part of the frozen ground, shows clear dispersion of the fundamental TE and TM mode for the broadside and endfire antenna configurations, respectively. Here, a joint inversion was carried out to invert for the medium properties.

**UI-12** – Mi 25.3 09:50 - 10:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik  
*Meles, G.A. (Zurich, ETH Zuerich), van der Kruk, J. (Juelich, Forschungszentrum Juelich), Ernst, J.R., Maurer, H.R., Green, A.G. (Zurich, ETH Zuerich), Vereecken, H. (Juelich, Forschungszentrum Juelich)*

**Full-waveform simultaneous inversion of permittivity and conductivity values from georadar data**

E-Mail: [j.van.der.kruk@fz-juelich.de](mailto:j.van.der.kruk@fz-juelich.de)

Crosshole radar tomography is a noninvasive tool used in diverse geological, hydrogeological, and engineering investigations. Conventional tomograms provided by standard ray-based techniques have limited resolution, primarily because only a fraction of the information contained in the radar data (i.e., the first-arrival times and maximum first-cycle amplitudes) is included in the inversion. Higher resolution tomograms can be derived from full-waveform inversion

schemes. Here, we improve the full-waveform algorithm by taking into account the vectorial nature of the problem and use both the vertical and horizontal electric fields in the inversions. From a computational point of view, the new algorithm is only slightly more expensive than the original. Yet it can be used to invert efficiently surface and borehole data at the same time. In addition, a simultaneous update of both the permittivity and conductivity values by means of a modified gradient method replaces the stepped scalar approach. Inversion of synthetic and experimental data demonstrate that our new full-waveform inversion scheme usually provides substantially better results than those supplied by traditional ray methods. These tests also demonstrate that the improved inversion algorithm provides reliable and stable inversions and that the locations, sizes, and electrical properties of the causative structures can be much better reconstructed when combined borehole and surface data sets are jointly inverted. Furthermore, the simultaneous update of permittivity and conductivity values provides faster and/or better convergence, especially for complex distributions of conductivity values.

**UI-13** – Mi 25.3 10:10 - 10:30 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Salat, C., Junge, A. (Goethe-Universität Frankfurt / Main)*

**Radarstratigraphie, DK-Labormessungen und Modellierungen: Ein integrativer Ansatz zur Erklärung von Reflexionsmustern in Radargrammen**

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

Im Rahmen des DFG-Projekts „Geomorphologie, Sedimentologie und Radarstratigraphie sedimentärer Speicher in einem ‚Dryland River‘ System“ wurden an ausgewählten Sedimentspeichern im Einzugsgebiet des Rio Palancia (Spanien) Georadar- und Geoelektrikmessungen sowie Rammkernsondierungen durchgeführt.

Bisher werden Radargramme meist rein visuell ausgewertet, indem prominente Reflektoren nachgezeichnet werden. Durch die Anwendung der Radarstratigraphie-Methode, d.h. der Identifizierung von Reflexionshorizonten, Radareinheiten und Radarfazies (radar surfaces, radar packages, radar facies) über das Markieren von Reflektor-Endpunkten, wird die Interpretation von Radargrammen objektiviert. Eine zusätzliche Analyse von Vorzeichen, Breite und relativer Amplitude der Reflektoren bringt weitere Information über den Untergrund, z.B. über Wassergehalt und Leitfähigkeit. Radargramme und Bohrungen lassen sich meist gut korrelieren, jedoch hat sich gezeigt, dass das Radar sehr viel feiner den Aufbau und die internen Strukturen der einzelnen Ablagerungskörper auflösen kann als dies mit Bohrungen möglich ist.

Da die Ursache für Radar-Reflexionen im Kontrast der Dielektrizitätskoeffizienten (DK) liegt, wurden Bodenproben entnommen, im Labor mit einem Impedanzanalysator auf ihren DK vermessen, und die Ergebnisse mit geotechnischen Parametern wie Wassergehalt, Trockendichte, Korngrößenverteilung und Kalkgehalt verglichen. DK-Kontraste in Sedimenten entstehen hauptsächlich durch

Unterschiede im Wassergehalt, der meist eng mit der Korngrößenverteilung und Porosität verknüpft ist. Durch unsere Labormessungen konnten wir eine DK-Wassergehaltskurve ermitteln, die charakteristisch für die Sedimente aus unserem Untersuchungsgebiet ist.

Diese Kurve und die Information aus den Bohrungen nutzen wir für die Modellierung von theoretischen Radarspuren, die wir mit den gemessenen Radargrammen vergleichen, um die Entstehung der Reflexionsmuster noch besser zu verstehen.

*Webseite:*

<http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/wu/research/palancia/index.html>

**UI-14** – Mi 25.3 10:50 - 11:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Müller-Petke, M., Costabel, S., Lange, G. (Berlin University of Technology), Yaramanci, U. (Leibniz-Institute for Applied Geophysics, Berlin University of Technology)*

### **Assessment of improved measurement technology for Magnetic Resonance Sounding**

The technique of Magnetic Resonance Sounding (MRS) as unique hydrogeophysical prospecting method has shown several improvements in data processing, inversion and interpretation during the last years. Along with these improvements, detailed innovations on instrumentation have always been demanded to support the use of these developments.

Latest developments in MRS instrumentation now promise to fulfill these demanded hardware developments with a second generation MRS instrumentation. The range of detectable signals is increased by shorter instrumental delay after excitation (dead time) that will lead to extended access to petro-physical properties. The signal reliability is improved due to full digital signal detection by higher sampling and amplification. The data quality, actually reducing the application range due to a low S/N ratio, is to be enhanced by a reference technique. This allows to gain the S/N ratio by a factor of approx. 10. Finally, the data acquisition speed is improved by multi-channel simultaneous signal detection with up to 4 channels that, in addition, can be used for excitation, too.

A survey at well known and documented test sites (Nauen and Haldensleben) with both different geology and noise properties was carried out to compare this second generation instrumentation (GMR) and the standard MRS device (Numis) under field conditions. Using exactly the same configuration, i.e. loop size and position, allows a direct comparison regarding S/N improvement of both devices. A comparison to further geophysical methods, i.e. DC geoelectrics, GeoRadar and borehole measurements is possible.

First results of this field comparison clearly support the demanded hardware developments. The noise cancellation technique has been successfully proved. The multi-channel digital signal detection provides fast and accurate data and



opens new fields of research.

**UI-15** – Mi 25.3 11:10 - 11:30 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Müller-Petke, M. (Technische Universität Berlin), Yaramanci, U. (Leibniz-Institut fuer Angewandte Geophysik, Technische Universität Berlin)*

### **Ein neuartiger Ansatz zur Inversion von MRS Daten - QT Inversion des vollständigen MRS Datensatzes**

In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Verbesserungen im Hinblick auf das inverse Problem der oberflächen kernmagnetischen Resonanz präsentiert. Die Ansätze basierten dabei auf Verbesserungen des Standard Inversionschemas beispielsweise durch Transformationen, der Einführung neuer Inversionparameter wie der elektrischen Leitfähigkeit oder des Abklingverhaltens (Decayzeit) des NMR Signals. Das inverse Problem wurde dabei in mindestens 2 Unterschritte gegliedert, die separat und unabhängig voneinander gelöst werden. Die Unterschritte unterteilen den grundsätzlich von zwei Variablen (Pulsmoment  $q$  und Aufzeichnungszeit  $t$ ) abhängigen MRS Datensatz, in einen vom Pulsmoment abhängigen und damit hinsichtlich der Tiefe zu invertierenden und einen aufzeichnungszeitabhängigen und damit hinsichtlich des Abklingverhaltens zu invertierenden Teil.

Wir präsentieren einen Ansatz der das inverse Problem nicht unterteilt sondern den vollständigen Datensatz direkt nutzt. Da der Datensatz nativ von beiden Parametern abhängt, können durch die Nutzung des vollständigen Datensatzes Informationen nutzbar gemacht werden, die bei der Separation verloren gehen. Weiterhin wird die Stabilität der Inversion wesentlich erhöht. Wir zeigen die Verbesserungen der QT Inversion sowohl anhand von synthetischen als auch Feldbeispielen.

**UI-16** – Mi 25.3 11:30 - 11:50 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Niethammer, U., Joswig, M. (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)*

### **UAV-basierte Luftbilderfassung von Hangrutschungen in den französischen und österreichischen Alpen**

E-Mail: [uwe.niethammer@geophys.uni-stuttgart.de](mailto:uwe.niethammer@geophys.uni-stuttgart.de)

Konventionelle Luft- und Satellitengestützte Fernerkundungs-Informationen von Hangrutschungen sind schon seit mehreren Jahrzehnten verfügbar. Bedingt durch hohe Kosten und einer eingeschränkten geometrischen und zeitlichen Auflösung dieser Fernerkundungs-Daten haben Wissenschaftler seit wenigen Jahren begonnen, Luftbilder mit Hilfe von UAVs (unmanned aerial vehicles) zu erfassen. Mit diesem Verfahren können nun kostengünstige Luftaufnahmen mit geometrischen Auflösungen im Zentimeterbereich angefertigt werden. Zudem lassen sich durch regelmäßige Befliegungen Wiederholraten in zeitlich kurzen Abständen realisieren.

Forschungsarbeiten zur hochauflösenden Luftbilderfassung mit Hilfe von Drohnen werden am Institut für Geophysik seit 2006 durchgeführt. Während dieser Forschungen wurden ferngesteuerte Quadrocopter zur Bilderfassung im sichtbaren Bereich entwickelt. Quadrocopter-Systeme eignen sich in besonderem Maße zur positionsgenauen Bildgewinnung und sind aufgrund einer robusten Technik besonders für Flüge in schwierigem Gelände geeignet.

Am Beispiel zweier Hangrutschungen (Heumöser Hang, Österreich Vorarlberg und Super-Sauze-Mudslide, Südfrankreich) wird das Potential der UAV-basierten low-cost Luftbilderfassung gezeigt. Zwischen September und Oktober 2008 wurden mehrere Fernerkundungs-Kampagnen an Hangrutschung durchgeführt. Während dieser Befliegungen konnten mehrere Serien hochauflösender Luftbilder angefertigt werden. Die gewonnenen Luftaufnahmen konnten zu hochauflösenden Orthomosaiks verarbeitet werden (Rothmund & Joswig, DGG 2009), und decken Rutschungsbereiche von bis zu 850 m x 250 m ab. Die erreichbare Ortsauflösung liegt im Bereich zwischen 3 cm und 8 cm. Mit Hilfe der hochauflösenden Orthofotos konnten umfangreiche morphometrische Analysen durchgeführt werden und Rutschungsraten zwischen 7.1 m und 55.4 m identifiziert werden.

**UI-17** – Mi 25.3 11:50 - 12:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Rothmund, S., Niethammer, U., Joswig, M. (Institut für Geophysik, Universität Stuttgart)*

### **Erstellung eines hochauflösenden Orthophoto-Mosaiks zur Analyse von Bewegungen und Bruchstrukturen am Beispiel der Super-Sauze-Hangrutschung**

E-Mail: Sabrina-Rothmund@gmx.de

Im Oktober 2008 führte das Institut für Geophysik der Universität Stuttgart eine Flugkampagne mit unbemannten Drohnen (Niethammer & Joswig, DGG 2009) an der seit den 1970ern aktiven Hangrutschung Super-Sauze durch. Die Super-Sauze-Hangrutschung befindet sich am Nordhang des Barcelonnette-Tals, etwa 140 km nordwestlich von Nizza in den französischen Alpen. Die gewonnenen hochauflösenden Bilder wurden für morphometrische Analysen zu einem Orthophoto-Mosaik zusammengefügt.

Zur Generierung des Orthophoto-Mosaiks wurden 59 von insgesamt 1486 Bildern ausgewählt und mit verschiedenen Verfahren (ebene Projektivtransformation, affine Transformation und Polynomtransformation) entzerrt. Das Orthophoto-Mosaik mit einer geometrischen Auflösung zwischen 3 cm bis 8 cm, wurde mit einem Orthophoto aus einer Befliegung vom Mai 2007 in einem Geoinformationssystem (GIS) verglichen. Durch diese Gegenüberstellung konnten Verschiebungen zwischen 7,1 m und 55,4 m festgestellt werden, was umgerechnet durchschnittlichen Bewegungsraten von 0,012 m/Tag bis 0,09 m/Tag entspricht. Zusätzlich konnten verschiedene dynamische Bereiche unterschieden werden. Im Weiteren konnten primäre, durch die Rutschung induzierte, und se-

kundäre Bewegungen, wie beispielsweise Schuttströme (debris-flows) differenziert werden. Einige stationäre Bruchstrukturen lassen sich auf die ehemalige Topographie von anstehenden Mergelrücken unter der Rutschung zurückführen, welche das Verhalten der Rutschung stark beeinflussen.

**UI-18** – Mi 25.3 12:10 - 12:30 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Kerner, T., Siemon, B., Grissemann, C., Noell, U. (BGR)*

### **Aerogeophysikalische Erkundung im ehemaligen Bergbauegebiet Staßfurt zur Aufklärung (hydro-) geologischen Fragen**

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

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes: Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerkes (BMBF-Förderkennzeichen-02C1466), wurde im Jahr 2007 eine aerogeophysikalische Untersuchung von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Raum Staßfurt durchgeführt. Im Befliegungsgebiet (Umfang etwa 461 qkm, 194 Messprofile) kamen folgende Methoden gleichzeitig zur Anwendung: Elektromagnetik, Magnetik und Gammasspektrometrie. Die prozessierten Daten der Hubschrauberelektromagnetik (HEM) geben Aufschluss über die Verteilung des spezifischen Widerstandes im Untergrund. Im Bereich des Stassfurt-Egelner Sattels liegen die HEM-Erkundungstiefen zwischen etwa 20 m (Salzwasser) und 150 m (Muschelkalk). Die HEM-Messungen liefern detaillierte und oft neue geologische und hydrogeologische Informationen. Beispielsweise geben sie Hinweise auf ein umlaufendes Streichen der Muschelkalkschichten südöstlich des Hakel und Indikationen für Grundwasserversalzung über ehemaligen Gruben (die in einer Tiefe > 200 m liegen). Die Interpretation der HEM-Ergebnisse konzentriert sich unter anderem auf die Ermittlung von Fließwegen und Aufstiegszonen mineralisierter Wässer (vermutlich entlang von Störungszonen). Durch bodengeophysikalische Messungen (DC, TEM) über solchen prognostizierten Aufstiegszonen konnten die HEM-Ergebnisse oberflächennah (DC) und in größerer Tiefe (TEM) ergänzt werden. Die geophysikalischen Ergebnisse werden zur Auswahl der Standorte für Bohrungen und hydrogeologische Messstellen genutzt sowie als eine weitere Informationsquelle für die dreidimensionalen geologischen und hydrogeologische Modellierung des Gebietes.

**UI-19** – Mi 25.3 12:30 - 12:50 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Paasche, H., Tronicke, J. (Universität Potsdam), Dietrich, P. (UFZ Leipzig)*

### **Integration geophysikalischer Modelle mit partiell überlappenden Modellbereichen mittels eines modifizierten fuzzy c-means Clusteralgorithmus**

Bei geophysikalischen Untersuchungen des oberflächennahen Untergrundes werden in der Regel verschiedene Datensätze gesammelt, die vollständig oder

teilweise den gleichen Untergrundbereich beproben. Quantitative Integration der aus den einzelnen Datensätzen abgeleiteten Modelle zu einem geophysikalischen Multiparametermodell ermöglicht eine zuverlässige Interpretation der geophysikalischen Datenbasis.

Clusteralgorithmen erlauben die Integration einer beliebigen Anzahl geophysikalischer Modelle zu einem zonierten Multiparametermodell, das automatisch die dominanten Strukturen des Untergrundes ausweist. Nachteilig bei der Verwendung von klassischen Clusteralgorithmen (wie zum Beispiel k-means oder fuzzy c-means) zur Datenintegration ist jedoch, dass dabei ausschliesslich Modellbereiche berücksichtigt werden können, die von allen zu integrierenden Modellen überdeckt sind. Modellbereiche, die lediglich von einem Teil der verfügbaren Modelle abgedeckt werden, können im Multiparametermodell nicht abgebildet werden.

In den letzten Jahren wurden zum Beispiel für den fuzzy c-means Clusteralgorithmus Strategien entwickelt, mit denen auch Datensätze bzw. Modelle mit Fehlstellen integriert werden können. Wir werden einen solchen Ansatz vorstellen und am Beispiel einer synthetischen Studie sowie an Felddaten zeigen, dass mit solch einem modifizierten Clusteralgorithmus auch geophysikalische Modelle mit partiell überlappenden Modellbereichen integriert werden können.

**UI-20** – Mi 25.3 12:50 - 13:10 HS A · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

Rücker, C. (Universität Leipzig), Günther, T. (LIAG Hannover)

### **GIMLi - Eine freie und flexible C++-Bibliothek zur Inversion und Modellierung in der Geophysik**

Die Inversion und Modellierung von geophysikalischen Messdaten erfordert moderne und schnelle numerische Verfahren sowohl zur Lösung der Minimierungsaufgabe und des Vorwärtsproblems, als auch für die Quantifizierung von Genauigkeit und Auflösungsvermögen. Des weiteren wird es immer wichtiger, verschiedene Verfahren zu kombinieren, sowie Zusatzinformationen aus externen Daten einzubinden. Dieser Aufgabe widmet sich die freie Software-Bibliothek GIMLi – Geophysical Inversion and Modelling Library.

Die Grundidee dieser plattformunabhängigen C++-Klassen-Bibliothek ist die Bereitstellung eines allgemeinen Frameworks für die Inversion und Modellierung geophysikalischer Messdaten. Allgemeine Anforderungen an eine Inversion wie Auflösungsanalyse, Timelapse-Verfahren, die petrophysikalische oder strukturelle Kopplung verschiedener geophysikalischer Verfahren werden dabei methodenunabhängig vorgehalten. Zur Implementierung von Modellierungsprogrammen zur Vorwärtsrechnung bietet die Bibliothek grundlegende Methoden wie z.B. Finite Elemente Modellierung für 2D und 3D. Alternativ können auch bereits vorhandene C/C++/Fortran Modellierungsroutinen sehr flexibel in das Inversionskonzept integriert werden.

Eine weitere wichtige Eigenschaft ist das Regionskonzept. Der zu invertierende Parameterraum kann in verschiedene Regionen, z.B. bekannte geologische

Einheiten, aber auch verschiedenartige Modellparameter, unterteilt werden. Alle globalen Inversionseigenschaften (Transformationsfunktionen für Daten und Modell, Regularisierung) können dabei für die einzelnen Regionen frei gewählt werden. Die Funktionsweise der Bibliothek wird anhand einiger Beispiele, ausgehend von einfachen 1D-Problemen bis hin zur strukturellen Joint-Inversion von geoelektrischen und seismischen Daten demonstriert.

**PUI-01** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Hock, S., Polom, U. (Hannover, LIAG), Lüth, S., Mikulla, S., Giese, R., Krüger, K. (Potsdam, GFZ)*

### **Seismische Testmessungen mit einem hochfrequenten magnetostriktiven Quellensystem im Piora-Sondierstollen**

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

Im Verbundprojekt OnSITE entwickelt das GFZ zusammen mit dem LIAG eine kaskadierte Vibrationsquelle mit magnetostriktivem Antrieb für ein neues, hochauflösendes online-seismisches Vorauserkundungssystem für den Tunnelbau. Nach mehreren prinzipiellen Tests mit einem Prototypen im Forschungs- und Lehrbergwerk „Reiche Zeche“ in Freiberg wurde im Herbst 2008 ein zweiter – ca. ein Drittel leichter – Prototyp gebaut. Dieser zweite Prototyp wurde erstmals bei einer seismischen Meßkampagne im Piora-Sondierstollen (oberhalb des Gotthard-Basistunnels bei Faido, CH) im November 2008 erfolgreich eingesetzt.

Auf einem 150 m langen Profil wurden seismische Kompressions- und Scherwellen nach dem Shover-Prinzip (Edelmann, 1981) angeregt. Es wurden mindestens 10 Anregungen pro Quellpunkt durchgeführt. Entlang des Profils gab es 103 Quellpunkte in ca. 1 m-Abständen. Zur Registrierung wurden 16 Drei-Komponenten-Geophone (Eigenentwicklung des GFZ) in kleinen Bohrlöchern platziert. Der Geophonabstand betrug 10 m. Erste Ergebnisse dieser Meßkampagne werden vorgestellt.

Webseite: <http://www.liag-hannover.de/methodenforschung/seismikpotenzialverfahren/projekte/onsite.html>

**PUI-02** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Gebregziabher, B., Wiederhold, H. (LIAG-Institut, Hannover), Kirsch, R. (TU Berlin)*

### **Sinkhole investigations using P and S wave reflection seismic in Schleswig-Holstein, North Germany**

E-Mail: [berhanu.gebregziabher@liag-hannover.de](mailto:berhanu.gebregziabher@liag-hannover.de)

Sinkholes are holes on the surface due to collapse of the bedrocks in the subsurface. They are common where the rock below the land surface is limestone (carbonate rock), salt beds, or rocks that can naturally be dissolved by ground

water circulating through them. The problem area proposed for this study is located in Schleswig-Holstein around a small town called Münsterdorf, which is three kilometers south of Itzehoe. Here, sinkholes have occurred in 2004, 2006 and 2007, almost linearly aligned in the south-western part of the town near a football field.

Seismic reflection and refraction surveys have been conducted in 2007 for both P and S waves near to the observed sinkholes to detect faults, fracture zones, and karstic features that may lead to the formation of the linearly aligned sinkholes on the surface; to locate the depth to carbonate layers and a known salt dome called Krempe-Lägerdorf; and to determine the lateral and vertical situation of the leachable horizons that lead to hazards of sinkhole collapses.

According to the results, some discontinuities and minor faults are observed on top of the upper cretaceous layer at about 20 meters depth from both the P- and S-wave surveys.

**PUI-03** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Terziyska, V. (Leoben, University of Leoben), Hock, S. (Hannover, LIAG)*

### **Refraction Seismic Tomography Across the Earth-Fill Dam Prätisbach to decipher structural and saturated elements**

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

Flood events in the last years caused a higher sensitivity for the risk of ponded lakes for the safety of people and property downstream. Therefore, assessing the mechanical properties of the earthen structure of such a dam is important. An earth-fill dam (Prätisbach) in Eastern Styria, Austria – part of a detension reservoir, built in 1985/86 and constructed from locally mined materials, was chosen for a case-study. In a first step several geophysical measurements have been applied in earlier investigations. Electromagnetic, geoelectrical, and different seismic measurements on profiles along the longitudinal dam axis on several elevation levels gave hints that there is a partly water saturated zone within the main dam body on the waterside and a possible degradation in the mechanical properties of the density body within the upstream toe, which is functioning as impermeable water barrier. For more information about the internal structure a seismic profile across the dam – i.e. perpendicular to the longitudinal dam axis and crossing the profiles mentioned above – was investigated using refraction seismic tomography (with software Ra2dTomo). Numerous inversions with different parameters gave similar results: 1) On the waterside P-wave velocities were found varying from 400 m/s to around 900 m/s with no sharp contrasts. The velocity range is nearly consistent with earlier studies. The density body could not be detected. The reason could be a low ray coverage caused by the profile geometry. 2) Beneath the dam crest and on the landside there is a different seismic image: an inhomogenous P-velocity structure with sharp contrasts. This is contrary to the expected homogeneous main body, according to hydraulic engineers. The velocity varies here between 400 m/s, just below the surface, and

around 2400 m/s in the inner and lower part.

**PUI-04** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Stähler, S., Sens-Schönfelder, C., Korn, M. (Universität Leipzig)*

### **Nutzung der Codawelleninterferometrie im Monitoring ingenieurstechnischer Bauwerke**

E-Mail: sstaehler@gmx.de

Die Codawelleninterferometrie bietet die Möglichkeit zur hochgenauen Diagnose struktureller Veränderungen in elastischen Medien. Sie nutzt die hohe Empfindlichkeit mehrfach gestreuter Wellen gegenüber minimalen Veränderungen im Ausbreitungsmedium und verspricht, zur Überwachung potentiell schädlicher struktureller Veränderungen in Bauwerken oder Deichen anwendbar zu sein.

Bisherige Versuche dazu blieben allerdings auf den Labormaßstab beschränkt. Unsere Messungen wurden während des Verschiebens einer Brücke durchgeführt, um die Veränderungen im Spannungszustand durch die Codawelleninterferometrie zu detektieren und mit den statischen Berechnungen aus der Bauplanung zu vergleichen. Zum Einsatz kamen dabei Hammerschlagseismik, Vibrationsseismik und Ultraschall.

Unsere Messungen zeigen, dass die Methode auch unter realen Bedingungen vielversprechende Resultate bringt.

**PUI-05** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Kerosevic, I., Ruderisch, L., Demond, D., Bischoff, M., Meier, T. (Ruhr-Universität Bochum)*

### **Bestimmung elastischer und anelastischer Parameter von Bentheimer Sandstein mittels Ultraschall**

Neben den Geschwindigkeiten seismischer Wellen sind die elastischen Moduln und die Dämpfung wichtige gesteinsphysikalische Kenngrößen. Der Wassergehalt eines Gesteins verändert allerdings dessen elastische und anelastische Eigenschaften. Mittels Ultraschall können die Gesteinseigenschaften und deren Veränderungen zerstörungsfrei untersucht werden. Als Probenkörper dient der sehr gleichkörnige Bentheimer Sandstein.

#### Elastische Moduln:

Dynamisch und statisch bestimmte elastische Moduln weichen oft erheblich voneinander ab. Um diese Unterschiede näher zu untersuchen, wurde die Gesteinsprobe eines Bentheimer Sandsteins während eines ein-axialen Belastungsversuchs kontinuierlich mittels Ultraschall durchschallt. Geschwindigkeiten der P- und S-Wellen wurden bestimmt und daraus die elastischen Moduln berechnet. Mit steigender Belastung steigt der E-Modul zunächst von 10.5 GPa auf ca. 11.5 GPa an, bevor er abnimmt. Dies kann durch die Schließung der Poren zu Beginn der Belastung und spätere Bildung von Mikrorissen erklärt werden. Wird die

Spannungs-Dehnungskurve des Druckversuchs stückweise linear approximiert, können auch die statisch bestimmten Moduln als Funktion 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.

#### Wassersättigung:

P-Wellen- und Rayleighwellengeschwindigkeiten wurden für Wassersättigungen zwischen 0 und 90 % gemessen und hieraus die Scherwellengeschwindigkeit  $v_S$  sowie der E-Modul berechnet. Schon bei einer Wassersättigung von unter 30 % nehmen P-Wellen- und Rayleighwellengeschwindigkeit deutlich ab, um ca. 10 bzw. 30 % der Trockengeschwindigkeiten. Ebenso nehmen  $v_S$  und E zunächst signifikant ab. Mit weiter steigender Wassersättigungen zeigt sich bei allen Parametern ein tendenzieller Anstieg, erreicht aber nicht wieder die Werte des trockenen Zustands.

#### Dämpfung:

Der Gütefaktor Q kann bestimmt werden, indem man die Amplitudenspektren einer sich ausbreitenden Welle nach zwei unterschiedlich langen Laufwegen vergleicht. Sind Wellengeschwindigkeit und Q für ein Vergleichsmaterial bekannt, kann die Methode erweitert werden, indem Q über das Referenzmedium bestimmt wird. Es ist dann nur die Messung für einen Laufweg erforderlich. Q wurde für P- und S-Wellen im Frequenzbereich bis 200 kHz bestimmt. Als Vergleichsmaterial diente Plexiglas. Die Messungen an Bentheimer Sandstein ergaben stabile Ergebnisse mit Werten für  $Q_P$  von  $30 \pm 3$  und  $Q_S$  von  $25 \pm 5$ .

### **PUI-06 – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik**

*Joswig, M., Stenzel, U. (Uni Stuttgart, Institut für Geophysik)*

#### **Nanoseismic Monitoring von Erdfällen in Staßfurt**

In Staßfurt (Sachsen-Anhalt) läuft unter Federführung des BGR das Forschungsverbundvorhaben „Dynamik abgesoffener oder gefluteter Salzbergwerke und ihres Deckgebirgsstockwerks“. Die Stadtentwicklung wird aufgrund von Bodensenkungen beeinträchtigt, die auf Erdfälle im Zusammenhang mit den Stollen des ehemaligen Kalibergbaus und Salzauswaschungen zurückgeführt werden. Mit dem BGR-eigenen seismischen Netz in der Stadt wurden wegen ungünstiger Noisebedingungen bislang keine seismischen Ereignisse gemessen, die den erwarteten Bruch- oder Einsturzprozessen zugeordnet werden können.

Aufgabe der von uns in Staßfurt durchgeführten temporären Messkampagne war festzustellen, ob mittels Nanoseismic Monitoring (Joswig, First Break 2008) schwächere Ereignisse unterhalb der Detektionsschwelle des permanenten seismischen Netzes detektiert und identifiziert werden können. Gemessen wurde dazu vom 29. Juli bis zum 10. August 2008 mit zwei Miniarrays an vier verschiedenen Standorten in und um Staßfurt. Bei der Auswertung der Messdaten wurden eine Reihe von Signale gefunden, wenn möglich lokalisiert und auf anthropogene Verursachung geprüft. Übrig blieben 12 Ereigniskandidaten, die in ihrer Si-



gnatur diskutiert werden. Eine endgültige Zuordnung ist allerdings bisher nicht möglich, statt dessen lassen die gemachten Erfahrungen weitere Messungen in den fraglichen Regionen wünschenswert erscheinen.

Um die Empfindlichkeit des Nanoseismic Monitoring weiter zu erhöhen, wurden die Arrays mit zusätzlichen Stationen bestückt, um eine Auswertung mittels des Progressive Multichannel Correlation (PMCC, Cansi, 1995) zu ermöglichen. Es werden erste Ergebnisse dieser Arbeiten präsentiert.

**PUI-07** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Ding, H., Weber, K. (Remlingen)*

### **Neue Erkenntnisse in der Mikroseismik auf der Schachanlage Asse**

E-Mail: [hui.ding@helmholtz-muenchen.de](mailto:hui.ding@helmholtz-muenchen.de)

Im September 2007 wurde die Installation einer neuen mikroseismischen Überwachungsanlage auf der Schachanlage Asse abgeschlossen. Insgesamt besteht das neue Netzwerk nun aus 23 Geophonstationen mit je drei Komponenten, die in druckdichten und korrosionsgeschützten Bohrlochsonden montiert sind.

Die Auswertung der aufgezeichneten Daten zeigt deutlich verbesserte Überwachungsergebnisse. Erstmals konnte z.B. die Mikroseismizität entlang einer Störungszone nachgewiesen werden.

Die Mikroseismische Überwachung auf der Schachanlage Asse leistet einen wichtigen Beitrag zur gebirgsmechanischen Modellrechnung und die Sicherheitsanalyse.

Webseite: <http://www.bfs.de/de/endlager/asse>

**PUI-08** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Günther, T., Südekum, W. (LIAG Hannover)*

### **Elektrophonik - Kombinierte Messung und Inversion von Geoelektrik und Refraktionsseismik: Feldbeispiele**

Geoelektrische und refraktionsseismische Profilmessungen gehören zu den Standardverfahren bei der Untersuchung von flachen Strukturen in der Umwelt- und Ingenieurgeophysik. Die abgeleiteten Parameter - spezifischer Widerstand und seismische Geschwindigkeit - liefern wichtige Informationen über Lithologie, Verfestigung und Wassergehalt. Teilweise bilden die beiden Verfahren identische Strukturen ab, womit die Mehrdeutigkeit eingeschränkt werden kann. Teilweise liefern sie aber auch komplementäre Informationen. Wir präsentieren einen methodischen Ansatz aus kombinierter Messung und Auswertung anhand von Feldbeispielen. Die gemeinsame Aufnahme von seismischen und geoelektrischen Daten spart Aufwand und Zeit bei Aufbau, Einmessung sowie der Messung selbst. Am LIAG wurde ein Multielektroden-Kabel der Firma Lippmann mit einem Seismik-Kabel verknüpft, so dass nur ein Kabel aufgebaut wer-

den muss. Sensor ist ein sogenanntes Elektrophon, über das Ströme eingespeist und sowohl Spannungen als auch Schwingungen gemessen werden können. Die Auswertung erfolgt mittels einer strukturellen Joint-Inversion, wo die Parameter über den Austausch von Strukturinformationen verknüpft werden. Die Zusammenführung erfolgt über eine Clusteranalyse, die ein vereinfachtes Modell des Untergrundes erstellt und daneben die Zuordnung zu den einzelnen Zonen aufzeigt. Die Verbindung von kombinierter Messung und Auswertung wird an verschiedenen Feldbeispielen aus flachen Sedimentabfolgen und der Festgesteinserkundung verdeutlicht.

**PUI-09** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Heincke, B. (Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway), Günther, T. (Leibniz Institute for Applied Geosciences (LIAG), Hanover, Germany), Dalsegg, E., Rønning, J.S., Elvebakk, H., Venvik-Ganerød, G. (Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway)*

**Combined 3-D seismic and DC resistivity study on the Åknes rockslide**

E-Mail: [bheincke@ifm-geomar.de](mailto:bheincke@ifm-geomar.de)

We present here an application of a structural joint inversion of 3-D seismic tomography and DC resistivity data collected on the Åknes rockslide in Møre og Romsdal. Both inversions are linked to each other by identifying and adjusting structural similarities. Otherwise these inversions are independent and determine different model parameters seismic velocity and resistivity. Our seismic survey was located in the upper part of the unstable rockmass where debris coverage limits mapping of fracture zones. 96 geophones were placed along 4 crossing profiles (geophone spacing: 5 to 10 m). Most of the shots 163 were evenly distributed over an area of 250 x 250 m. A net of nine intersecting 2-D geoelectric profiles (Wenner and dipole-dipole configuration, electrode spacing: 20m) covers the complete unstable slope. Six of them crossed the seismic investigation area. In the center of the seismic survey a 200 m deep borehole is located. By means of the single 3-D seismic first-arrival time tomography distinct low-velocity anomalies were determined that can be associated with pronounced shallow tension fractures in the surveyed area. Low-resistivity anomalies determined from single 2-D and 3-D geoelectric inversions give indications for water aquifers in different depths of the strongly fractured rock mass. Comparison of low-velocity and resistivity anomalies suggests that water regime is closely linked to the extension fractures. Although the single 3-D inversions are already able to detect the main structures, the corresponding joint inversion better sharpening model boundaries in regions that are characterized by rapid changes of p-wave velocities or resistivities. In particular, the boundary between the upper dry fractured rock mass and the underlying water aquifer is more pronounced. Interpretations based on results of the single and joint inversions are in agreement with results from borehole logging, field observations and tracer tests.

**PUI-10** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Paasche, H. (Universität Potsdam), Eberle, D. (Council for Geoscience, Pretoria)*

### **Schnelle und objektive Integration großer airbornegeophysikalischer Datensätze zur geologischen Kartierung**

Bei airbornegeophysikalischen Erkundungen werden heutzutage meistens mehrere Datensätze über dem gleichen Untersuchungsgebiet gesammelt. Hoher Messfortschritt und dichte räumliche Beprobung resultieren in der Akquisition extrem grosser Datenmengen in sehr kurzer Zeit. Im Gegensatz zur hochtechnisierten Produktion grosser airbornegeophysikalischer Datensätze erfolgt deren Interpretation meistens manuell aufgrund einer gemeinsamen Interpretation der verfügbaren Datenbasis. Die gemeinsame Interpretation verschiedener geophysikalischer Datensätze ermöglicht grundsätzlich nur eine qualitative Integration der verfügbaren Datensätze. Die Qualität gemeinsamer Interpretationen und der dafür erforderliche Zeitaufwand sind an die subjektive Erfahrung des Interpreters gekoppelt. Eine Alternative zur gemeinsamen Interpretation stellt die Verwendung multivariater statistischer Analysemethoden, wie z. B. Clusteranalysen, dar. Solche, auf mathematischen Grundlagen beruhenden Ansätze, erlauben grundsätzlich eine objektivere und schnelle Integration grosser airbornegeophysikalischer Datensätze mit gleichem Beprobungsgebiet.

Wir verwenden erstmals fuzzy c-means Clusteranalyse zur schnellen und objektiven Integration grosser airborne magnetischer und radiometrischer Datensätze sowie eines von der Erdoberfläche aus aufgenommenen gravimetrischen Datensatzes. Das Untersuchungsgebiet umfasst mehr als 5000 km<sup>2</sup> und befindet sich in Südafrika ca. 100 km südöstlich von Johannesburg im Bereich des südöstlichen Randes des Bushveld Komplexes. Die auf der Basis der drei Datensätze mittels fuzzy c-means Clusteranalyse erhaltene integrierte geophysikalische Karte weist Zonen aus, die durch ähnliche petrophysikalische Beziehungen zwischen den integrierten geophysikalischen Datensätzen gekennzeichnet sind. Vergleich der durch die Clusteranalyse detektierten Strukturen mit verfügbarer geologischer Information zeigt, dass die Zonen der integrierten geophysikalischen Karte eindeutig mit unterschiedlichen geologischen Formationen korreliert werden können.

**PUI-11** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Wiederhold, H., Binot, F., Kuehne, K. (LIAG Hannover), Meyer, U. (BGR Hannover), Schaumann, G., Steuer, A. (LIAG Hannover)*

### **Flächenhafte aerogeophysikalische Befliegung des norddeutschen Küstenraums**

E-Mail: [helga.wiederhold@liag-hannover.de](mailto:helga.wiederhold@liag-hannover.de)

Aerogeophysikalische Vermessungen vom Flugzeug aus bieten ein enormes Potential für die flächendeckende Kartierung der Sedimente in den ersten hundert

Metern des Untergrundes. Diese Daten liefern ein ideales Raumplanungswerkzeug für vielfältige Anwendungen in geowissenschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Bereichen, wie z.B. Wassernutzungs- und Wasserschutzkonzepte, Bodennutzungsplanung, Industrieplanung etc.

Ziel des Projektes ist es, großräumige Befliegungen zu speziellen wissenschaftlichen Fragestellungen durchzuführen, die Methoden weiterzuentwickeln, die geologisch/geophysikalische Interpretation zu intensivieren sowie die 3D-Raumdaten in das Fachinformationssystem FIS Geophysik des LIAG-Instituts zu integrieren und langfristig Grundlagen für Monitoring zeitlich-räumlicher Änderungen zu schaffen.

Insbesondere elektromagnetische Messungen (EM) sind für hydrogeologische Fragestellungen von großer Bedeutung, da mithilfe des spezifischen elektrischen Widerstands die Verteilung sandiger und tonhaltiger Sedimente im Untergrund sowie Versalzungszonen ermittelt werden können.

Aufbauend auf den Ergebnissen früherer Arbeiten (z.B. BurVal Working Group 2006) wurden im Jahr 2008 weitere Vermessungen zu Salz-/Süßwasserfragestellungen im küstennahen Bereich, auf den ostfriesischen Inseln und im Wattenmeer sowie zur Grundwasserversalzung in der Umgebung des Salzstockes Segeberg durchgeführt. Dabei wurden zwei unterschiedliche Messsysteme eingesetzt: das im Frequenzbereich arbeitende HEM-System der BGR (Siemon 2009) sowie das transientelektromagnetische System SkyTEM (Sørensen et al. 2004). Für erste Ergebnisse zur Süßwasserlinse der Nordseeinsel Borkum siehe auch Steuer et al. (2009).

Literatur:

BURVAL Working Group (2006): Groundwater resources in buried valleys-a challenge for geosciences. Leibniz Institute for Applied Geosciences, Hannover.

Siemon, B. (2009): Airborne techniques. In Groundwater Geophysics - A tool for Hydrogeology 2nd Ed., ed R. Kirsch, 155-170. Heidelberg: Springer.

Steuer, A., Siemon, B., Grinat, M. (2009): Hubschrauber-Elektromagnetik zur Erkundung der Süßwasserlinsen der Nordseeinsel Borkum. DGG-Jahrestagung, Kiel.

Sørensen, K. I. and Auken, E. (2004): SkyTEM - A new high-resolution helicopter transient electromagnetic system. Exploration Geophysics 35: 191-199.

**PUI-12** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Milde, St., Hördt, A. (Inst. für Geophysik und extraterrestrische Physik, TU Braunschweig)*

**Labormessungen an Sandsteinen zum Ursprung der Membranpolarisation**

E-Mail: s.milde@tu-bs.de

Spektral Induzierte Polarisation (SIP) hat als geoelektrisches Messverfahren zur Bestimmung von Gesteinseigenschaften in den letzten Jahren deutlich an Bedeutung gewonnen. Neben der empirischen Beschreibung von Messkurven sind auch die Ursprünge der Polarisationserscheinungen ein wichtiger Aspekt

der Forschung. Besonders zur Beschreibung der schwach ausgeprägten Membranpolarisation existieren widersprüchliche Modelle, was die Relevanz des Porenraums betrifft. Während einige Modelle darauf basieren, dass Porenbüchse und -häuse die Ionenbeweglichkeit beeinflussen und auf diese Weise Polarisation hervorrufen, kommen andere Modelle ganz ohne Porenraum aus und benötigen lediglich ein Mineralkorn. In diesem Fall wird die Polarisation durch die Elektrische Doppelschicht an der Mineraloberfläche verursacht.

Ob der Porenraum für die Polarisation in Gesteinen verantwortlich ist, kann experimentell nur schwierig nachgewiesen werden. Scott (2006) untersuchte diesen Aspekt, indem er die komplexe Leitfähigkeit von sowohl mit synthetischer Grundwasserlösung als auch mit Agargel gesättigten Sandsteinen bestimmte. Das beim Sättigen zähflüssige Gel härtete im Sandstein aus, was die Ionenbeweglichkeit massiv einschränken sollte. Führt dies dazu, dass keine Polarisation auftritt, wäre das ein Indiz dafür, dass der Porenraum Ursprung der Membranpolarisation ist. In dieser Arbeit sollen die Ergebnisse von Scott reproduziert und auf andere Materialien übertragen werden. Zunächst wurde die Annahme geprüft, dass Agargel die Ionenbeweglichkeit stark reduziert. Dazu wurden verschiedene Gele vermessen, deren Salz- und Agarkonzentration variiert wurde. Das Resultat war ein reeller Widerstand, der stark von der Salzkonzentration abhängt, jedoch kaum von der Agarkonzentration. Als zusätzliches Experiment wurden künstlich Grenzflächen innerhalb des Gels erzeugt. Die erhaltenen Impedanzspektren zeigen einen deutlichen IP-Effekt. Diese Ergebnisse lassen uns zu dem Schluss kommen, dass Agargele nicht die erwartete Reduzierung der Ionenmobilität verursachen. Vielmehr bilden sich an Grenzflächen Bereiche erhöhter Leitfähigkeit aus, die zu einem IP-Effekt im eigentlich nicht polarisierbaren Agargel führen.

Im Vergleich der verschiedenen gesättigten Sandsteine zeigt Scott nun, dass die Frequenzabhängigkeit der Leitfähigkeit erhalten bleibt und somit Polarisation auftritt. Daraus schliesst er, dass die Ionenbeweglichkeit und damit der Porenraum keinen Einfluss auf die Polarisation hat. Diese Spektren konnten mit Elbsandstein von uns reproduziert werden. Die Impedanzspektren gelgesättigter Sandsteine zeigen deutliche Polarisationseffekte und weichen nur gering von denen fluidgesättigter ab. Dennoch müssen die Schlussfolgerungen zur physikalischen Ursache des IP-Effektes überdacht werden, da das Agargel in den vorhergehenden Messungen nicht die erwartete Wirkung zeigte.

#### Literatur

Scott, J. (2006): The origin of the observed low-frequency electrical polarization in sandstones. *Geophysics* Vol. 71, S. 235-238

**PUI-13** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik*Noell, U., Houben, G. (BGR)***DC- und TEM-Messungen zur Erkundung einer Süßwasserlinse in Paraguay**

E-Mail: ursula.noell@bgr.de

Die Grundwasserversorgung der Stadt Benjamin Aceval, etwa 35km nördlich von Asuncion in der westlichen Landeshälfte von Paraguay, wird aus einer lokalen Süßwasserlinse gespeist. Für ein nachhaltiges Grundwassermanagement ist eine genauere Kenntnis der hydrogeologischen Bedingungen und der tatsächlichen Grundwasservorräte notwendig. Im Zuge der geophysikalischen Untersuchungen dieses Aquifers wurden 17 2D-Geoelektrikprofile vermessen (zum Teil aus einzelnen Profilen zusammengesetzt) und 22 TEM-Messungen durchgeführt. Herausragendes Ergebnis ist die Verifikation von getrennten einzelnen Linsen im Südteil, ohne Verbindung zur Hauptlinse im Norden. Am westlichen Rand der Süßwasserlinse korreliert der Linsenrand nur partiell mit den Höhenlinien. Die geoelektrischen Profile zeigen den Süß-/Salzwasserübergang sehr deutlich, verifiziert durch Bohrungen. Die spezifischen Widerstände im Süßwasserbereich (Leitfähigkeiten der Wässer bis etwa 1200 mS/cm) liegen zwischen etwa 13-300 Ohmm. Die niedrigen Widerstandswerte werden in den flacheren Teilen der Linse gefunden, im Sandsteinbereich sind die spezifischen Widerstände >100 Ohmm. Die TEM-Messungen erkunden die Tiefe der Süßwasserlinse. An einzelnen Orten ist die Linse über 100m tief, zumeist aber flacher. Die Daten sind eine Grundlage zur Abschätzung der vorhandenen Grundwasserressource und zur Ermittlung des Neubildungsgebietes. An einigen Stellen der Süßwasserlinse wurde Basalt gefunden, oberflächennah im Ostteil, kürzlich auch im Westteil erbohrt. Die geophysikalischen Ergebnisse lassen vermuten, dass das Basaltvorkommen die räumlich Ausdehnung der Linse und den Verlauf des Linsenrandes deutlich beeinflusst.

**PUI-14** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik*Flores-Orozco, A. (University of Bonn), Williams, H. K. (LBNL Berkeley, USA), Kemna, A. (University of Bonn)***Monitoring redox processes in a stimulated bioremediation experiment with SIP**

The aim of this work is to study the application of an appropriate model for the description of measurement errors in tomographic data for spectral induced polarization (SIP) and to show that its implementation within an inversion scheme offers significant improvements in the resulting images. Accompanying a biostimulation experiment near Rifle, Colorado, SIP data collected over the 0.25 to 1000Hz frequency range were obtained along profiles oriented perpendicular to groundwater flow and located downgradient from a region of acetate amendment. Data errors were evaluated in terms of discrepancy between normal and

reciprocal measurements. In agreement with previous studies, the resistance error increases linearly with resistance. For the phase data we apply a power law model based on the transfer resistances measured (i.e. with the signal strength) to characterize the error for independent data sets taken (at different frequencies) on different times during the biostimulation. The implementation of the error model for the phase data in a complex resistivity inversion algorithm provides images free of artifacts, exhibiting anomalies well correlated with spatiotemporal changes in geochemical conditions resulting from stimulated microbial activity. Using this approach, inversion of SIP data delineated two distinct biogeochemical processes in the subsurface. At low frequencies (below 1Hz), anomalies exceeding 10mrad were correlated with the presence of reduced sulfur species (e.g. dissolved sulfide and FeS), in presence of dissolved iron (Fe) accompanying stimulated sulfate reduction. At midfrequencies (above 2Hz), anomalies below 6mrad were correlated with low concentrations of dissolved iron resulting from the activity of iron reducing bacteria.

**PUI-15** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Schmelzbach, C., Tronicke, J. (Universität Potsdam), Dietrich, P. (UFZ Leipzig)*

### **Integration of ground-penetrating radar data and direct-push measurements for high-resolution subsurface characterization**

The analysis of ground-penetrating radar (GPR) reflection images is usually limited to a pure structural interpretation, i.e., coherent reflection events are interpreted in terms of subsurface architecture. Such an approach provides no estimates on the variability of the petrophysical parameters controlling GPR wave propagation and, thus, does not allow for a more quantitative interpretation of the GPR data (e.g., in terms of lithology or hydraulic relevant parameter). Direct push (DP) measurements provide a cost-effective way to sample the shallow subsurface in situ at selected locations. Using different tools, a variety of geotechnical, geophysical or hydrological parameters can be measured up to depths of a few tens of meters. Thus, DP logging can provide key information for a detailed analysis and an advanced interpretation of GPR reflection data. For example, relating DP relative dielectric permittivity measurements to GPR data can help to establish an accurate time-to-depth conversion of the GPR data, because this parameter controls the velocity of radar waves.

Using 100 MHz antennae, we collected a 90 m x 70 m 3D GPR survey over glacial sediments in northeastern Germany imaging the subsurface down to around 350 ns two-way traveltime. Complementary DP measurements of the relative dielectric permittivity, cone resistance and sleeve friction were also collected at five locations within the survey area. We identified four facies and two distinct deep reflections at 11 m and 12-15 m depth in our GPR data cube. These four facies could be classified as different sand units with the aid of the DP logs and geological information from a nearby borehole. Correlating dielectric permittivity logs with the GPR data confirmed a 1-D velocity model from common-

midpoint measurements, which was used for GPR data processing. Our study demonstrates that selected DP logs have the potential to provide key information for GPR data interpretation. Conversely, the GPR profiling offers the possibility to translate 1D DP logs into 2D or 3D parameter models as needed in many environmental and engineering applications.

**PUI-16** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Heincke, B. (Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway), Wheeler, W. (Centre for Integrated Petroleum Research (CIPR), Bergen, Norway), Rønning, J.S. (Geological Survey of Norway (NGU), Trondheim, Norway), Bælum, K. (The University Centre in Svalbard (UNIS), Longyearbyen, Norway)*

**Georadar and geoelectric investigations to characterize breccia pipes on the Wordiekammen plateau, Spitsbergen**

E-Mail: bheincke@ifm-geomar.de

The 3D distribution of paleokarst features is fundamental for understanding the architecture of karst processes, as well as the efficient exploitation of water or hydrocarbons in paleokarst reservoirs. It is rare that such features are exposed in 3D at the kilometer scale, and 3D seismic reflection data over buried examples typically do not give sufficient resolution to visualize details of these structures. Here, we use shallow-geophysical techniques to add the third dimension to otherwise largely 2D outcrops. Our investigation site is located on the Wordiekammen plateau in the Billefjorden basin on Spitsbergen. The plateau is bounded by cliffs exposing the Late Carboniferous Black Crag Beds, a series of flat-lying micritic and wackestone-packstone strata. Cliff-side exposures show breccia pipes about 60 meters in diameter that appearing to cut the entire 200-m-thick sequence. The karsting and collapse are inferred to have occurred in the latest Carboniferous to Early Permian, with the breccia pipes nucleating in caves in underlying gypsiferous strata. Breccia pipes form strong vertical heterogeneities in rock properties such as porosity and permeability, matrix density, cement, mechanical strength and lithology, affecting fluid-flow characteristics on a meter to hundred-meter scale. To establish the km-scale architecture of the pipe field we systematically surveyed the complete plateau with a 25-m-spaced grid of 2-D georadar (GPR) lines (50 line-km, 50 MHz antennas, penetration 30-40 m). Breccia bodies were identified by steep-sided zones of complex diffraction patterns interrupting bedding-related continuous reflections. Two of the identified pipes were studied in detail using high-resolution 3-D georadar surveys (field size: 150 x 100 m, 40 cm line spacing). Images from the migrated 3-D surveys enabled us to determine the breccia-pipe shape and structure with a resolution of some decimetres in the upper 30 m meters. Strata around the pipe margins is seen to vary from undeformed to locally downfaulted. Results from a pattern of 2D resistivity investigations (5 m electrode spacing, max. spread of 400 m, Wenner and Dipole-Dipole configuration) show that some breccia pipes are characterized by low resistivity from the surface to 40 meters depth whereas others coincide



with regions of high resistivity, and some have a 5-meter-thick high-resistivity "cap" over a deeper low-resistivity zone. The low resistivities are consistent with liquid water in the breccias and possibly in the wackestone-packstone strata, at depths typically permafrost is expected. Outcrop relations indicate that the pipes are permeable, hence we infer they act as drainage paths for surface water.

**PUI-17** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Gundelach, V. (BGR), Igel, J. (LIAG), Fleck, S. (Universität Göttingen)*

### **Georadar Testmessungen zur Bestimmung der Wurzelverteilung im Laubwaldbestand Hainich**

Der Hainich ist ein ca. 240qkm großer Höhenzug in Thüringen, der auf der Westseite steil zum Werratal hin abfällt und auf der Ostseite flach ins Thüringer Becken ausläuft. Die Böden befinden sich auf Muschelkalkschichten mit einer Lößüberdeckung variierender Mächtigkeit. Im Nationalpark Hainich wird die Rolle der Baumartendiversität in mitteleuropäischen Laubwäldern untersucht. Schwerpunkt der Untersuchungen sind ihre Auswirkungen auf Biomasseproduktion, Kohlenstoffaufnahme, Nährstoff- und Wasserumsätze, Grundwasserspende, Nitratauswaschung und biotische Interaktionen zwischen Schlüsselorganismen sowie auf Ökosystemdienstleistungen. Die Stoffumsätze von verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Baumarten werden mit der Software EXPERT-N simuliert. Die Software wird zur Beschreibung der Waldsysteme erweitert und angepasst. Ziel ist es, eventuelle Unterschiede im Stoffumsatz (kompetitive/komplementäre Nutzung) zwischen Beständen verschiedener Biodiversität herauszufinden und die Ursachen dieser Unterschiede mit Hilfe des Modells zu erklären. Ein Schwerpunkt ist die Simulation der Morphologie der Bäume und deren Auswirkung auf den Stoffumsatz in gemischten Beständen. Das Modell soll die Struktur der Äste sowie der Wurzeln berücksichtigen und Auswirkungen verschiedener Geometrien aufzeigen. Laserscanneraufnahmen der Äste sowie ermittelte Wurzelverteilungen dienen als Input für das Modellsystem. Eine Methode die Wurzelverteilung zu bestimmen könnte das Georadar sein. Mit den Geräten der BGR (GSSI, 900, 400 MHz) und der GGA (GSSI, 1,5 GHz) wurde Ende Oktober 2008 versucht die Aussagefähigkeit der Methode im Untersuchungsgebiet zu testen. Die Ergebnisse der Testmessungen werden vorgestellt.

Webseite: <http://www.uni-goettingen.de/de/82905.html>

**PUI-18** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Wegerer, E. (Leoben, University of Leoben), Wessely, G. (Vienna, OMV AG, Production and Exploration), Goetzl, G. (Vienna, Geological Survey of Austria)*

**Determination of lithologic sections of specific geothermal parameters by well logs in boreholes of the Vienna Basin**

E-Mail: [Eva.Wegerer@unileoben.ac.at](mailto:Eva.Wegerer@unileoben.ac.at)

The Vienna Basin provides a high potential for utilizing deep geothermal energy. The sedimentary fill of the Neogene floor of the basin as well as the Alpine and Subalpine basement are analysed to gain comparatively values for the heat flow respectively the thermal conductivity of the various stratigraphic units. By means of electric logs a rough estimation of lithology, compaction, porosity and pore content is possible. In addition to electric logs, density-, sonic- and gamma ray logs were used as well as cuttings and cores especially regarding to the higher lithologic variety of the basement. Within the Neogene part sand/shale-ratios of the different stratigraphic sections are sufficient. The connection to the determination of the relative thermal properties is carried out by lithological specific values (Kutas and Gordienke 1971). In general the thermal conductivity increases with the depth due to compaction of the sedimentary sequences. The varying effects of the pore fluids on the thermal conductivity are also investigated. Examples of lithologic profiles and related thermal properties are given from Neogene depression- and elevation areas of the basin choosing for the first case the wells Schönkirchen T 32 and Zistersdorf ÜT 2a (Wessely 2006), where heat can be provided from the Neogene and the basement and for the second case the well Laxenburg 2 (Wessely 1983) where the energy recovery comes mainly from Calcareous Alpine carbonates of the basement. In addition, in the area of the well Laxenburg 2 a thermal anomaly exists. The analysis shows a relationship between the stratigraphic - lithological profiles and the values of thermal conductivity and according to their depth position it enables the calculation of the quantity of the recoverable energy.

Web page: <http://www.unileoben.ac.at>

**PUI-19** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Beilecke, T., Buness, H., von Hartmann, H., Musmann, P., Rumpel, H.-M., Schulz, R. (Hannover, LIAG)*

**Die Anwendung von Seismik in der geothermischen Exploration in Deutschland**

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

Die hydrothermale Geothermie besitzt ein großes Potenzial für die Energieversorgung in Deutschland, allerdings steht das Fündigkeitsrisiko als ein wesentliches Hemmnis der kommerziellen Nutzung entgegen. Die notwendigen Tiefbohrungen für eine geothermische Anlage erfordern eine finanzielle Investition

von mehreren Mio. Euro, ohne dass die für die Energieversorgung erforderlichen Schüttungsraten und Temperaturen hundertprozentig garantiert werden können. Eine Risikoverminderung kann durch den Einsatz seismischer Verfahren erreicht werden, die von der Kohlenwasserstoff-Industrie entwickelt wurden, wobei in der Geothermie dem Thema Explorationskostenreduktion ein größeres Gewicht eingeräumt werden muss.

Kostenreduktion kann mit Hilfe von Datenreduktion erreicht werden, wobei hier drei Aspekte eine Rolle spielen: (1) Die Gegenüberstellung von 3D-Geometrie und 2D-Geometrie, (2) die Möglichkeit der Ausdünnung von seismischen 3D-Daten, um den Messaufwand und Schäden im Gelände zu reduzieren und (3) Datenbearbeitungsschritte, die auch an ausgedünnten Datensätzen gute Ergebnisse liefern.

Bei der Reduktion von einer 3D- zu einer 2D-Geometrie ist zu beachten, dass eine reine 2D-Betrachtung unter den geologischen Randbedingungen der Süddeutschen Molasse entscheidende Strukturen nur zufällig detektieren würde. Insbesondere Verkarstungen können eindeutiger mit Hilfe flächenhafter Darstellungen in 3D interpretiert werden als in 2D Daten, da die Verkarstungen nicht als Lineament auftreten.

Eine Ausdünnung von 3D-Datensätzen kann bei der Analyse von einfachen Horizonten ohne Gefahr des Verlusts der Hauptstrukturinformationen funktionieren. Details können aber auch hier verloren gehen. Im Falle von komplexen Bruchstrukturen stoßen andererseits sogar normale 3D-Überdeckungen an ihre Grenzen.

Generell erscheint die CRS-Methode als gutes Hilfsmittel bei der Bearbeitung ausgedünnter 3D-Daten. Sie kann den Nachteil ausgedünnter Daten teilweise kompensieren. Allerdings hat sich für zukünftige Studien die Frage ergeben, ob sich die statischen Korrekturen und Geschwindigkeitsinformationen für die dynamische Laufzeitkorrektur aus von vornherein ausgedünnten Daten genau genug bestimmen lassen.

Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert.

*Webseite:*

<http://www.liag-hannover.de/forschungsschwerpunkte/geothermische-energie/3d-seismik.html>

**PUI-20** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Buckup, Ph. (Leipzig, UFZ), Buckup, M. (Magdeburg, Geophysikbüro-M. Buckup)*

**Anwendung des INN in geothermischen Bohrungen**

E-Mail: me@maksim.de

Das Impuls-Neutron-Neutron-Verfahren (INN) wird in der Praxis wenig genutzt, obwohl es speziell zur Untersuchung wassergesättigter Schichten eine hohe In-

formativität, speziell bei geringmineralisierten Formationswässern, besitzt. Da für geothermische Belange im Wesentlichen wasserführende Speicher zu bewerten sind, wurde das INN auf seine Anwendbarkeit bei Wassersättigung von 100 überprüft. Praktische Beispiele bestätigten eine hohe Effektivität für die Nutzung des INN zur Bewertung von Speichereigenschaften bei unterschiedlicher Speicherausbildung. Untersucht wurden im Wesentlichen die Nutzungsmöglichkeiten einer zielgerichteten Analyse der Abklingkurven thermischer Neutronen für die Speichereinschätzung.

Webseite: <http://www.bohrlochmesser.de>

**PUI-21** – Mi,Do · Umwelt- und Ingenieurgeophysik

*Petersen, H., Rabbel, W. (Univ. Kiel, Geophysik), Denker, S. (H Soest, Landtechnik), Zink, A. (Univ. Kiel, Bodenkunde)*

**Agrar-Geophysik: Geophysikalische Kartierung auflastinduzierter Effekte**

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

Ergänzende und vertiefende Informationen zum gleichlautenden Redebeitrag.

# Autorenverzeichnis

**Fettdruck:** vortragender Autor

Abakanov, T.	PGD-07	Batalev, V.	PS3-15
Abel, F.	UI-10	Bátora, J.	S2-27
Abe, M.	GV-01	Bauer, C.	S5-04/05
Afanasjew, M.	<b>PGE-05</b>	Bauer, K.	<b>SM-05</b> , PSM-06, <b>PSM-01</b> ,
Ågren, J.	S5-01		<b>PS1-12</b>
Agricola, T.	<b>GE-04</b> , PGE-09	Bauer, S.	<b>S4-11</b>
Alali, F.	<b>PBP-03</b>	Baumann-Wilke, M.	<b>PSM-14</b>
Albrecht, C.	<b>S2-03</b>	Bauriegel, A.	S2-14
Alcik, H.	SO-40	Becken, M.	<b>S3-06</b> , PGE-10, PS3-13
al Hagrey, S. A.	PS4-06, <b>S4-12</b>	Becker, D.	<b>SO-27</b>
Altfelder, S.	S2-10, S2-06	Becker, K.	PS1-08, <b>PS1-09</b>
Alvarado, G.E.	PS3-01	Bedrosian, P. A.	S3-06
Alvers, M.	PGV-03, <b>PL-04</b>	Behrens, T.	S2-03
Alvers, M.R.	PS4-11	Behrmann, J. H.	<b>SO-12</b>
Amann, A.	PS4-08	Beilecke, T.	<b>PUI-19</b>
Ameloot, N.	S2-01/02	Beitz, M.	PS1-15
Anasetti, A.	<b>PS3-08</b>	Bergers, R.	PGE-06, PS2-13
Andrén, T.	S5-03	Bergmann, P.	GZ-01
Arfai, J.	<b>PS1-22</b>	Beric, M.	<b>PSM-05</b> , PSM-03
Arroyo, I.G.	<b>PS3-01</b>	Berndt, C.	PS3-02, <b>S1-06/07</b>
Artemieva, I.	GD-02/03	Berthold, S.	<b>BP-06</b>
Asch, G.	PS3-14, PSO-17, PS4-12,	Bertier, P.	PS4-08
	PSO-15	Besutiu, L.	<b>GD-06</b>
Aslanian, D.	S1-11	Betzler, C.	S1-09, PS1-08, PS1-09,
Attwa, A.	<b>PGE-12</b>		PS1-16, PS1-17
Audenrieth, I. M.	<b>PS2-13</b>	Bhatt, K. M.	<b>GE-01</b>
Auster, U.	PS2-04	Bialas, J.	<b>OR-06</b> , PGD-05, PS3-08,
Avdeeva, A.	PS1-14		<b>S1-17</b> , PS1-14, PS1-13, S3-14, S1-14
		Bierhaus, M.	<b>PGD-02</b>
		Bilgili, F.	<b>S2-30</b>
Bach, C.	PSO-09	Binot, F.	PGE-12, PUI-11
Bachmann, J.	S2-10	Bischoff, M.	PSO-12, PUI-05
Bælum, K.	PUI-16	Blaschek, R.	S4-10, PGE-13
Ballato, P.	PGD-08	Blindow, N.	<b>GE-11</b> , GZ-03, GZ-04
Balling, N.	PSO-18	Block, M.	PS1-07
Balthasar, K.	PS4-08	Blume, J.	PS4-08
Bannach, N.	<b>PGD-01</b>	Bohlen, T.	PSM-14, PBP-11, SM-02,
Barbosa, S.M.	PS2-08		SM-01, PSM-13, PSM-07, PSM-12
Barckhausen, U.	<b>PS1-11</b> , <b>S1-16</b>	Bolte, D.	PS3-04
Baris, S.	SO-03, PS2-18	Böniger, U.	<b>S2-36</b>
Baristead, N.	PS3-16	Boomgaarden, G.	<b>PL-01</b>
Bartsch, M.	<b>PS3-19</b>	Bormann, P.	SO-41
Bastani, M.	GE-07	Börner, F.	BP-06, BP-04
Bataille, K.	PS3-09	Börner, R.-U.	PS1-05, PGE-05,

	PGE-02, GE-08, PGE-04	Chen, X.	PS3-15
Bosch, F.P.	S2-21	Chen, Y.	SO-07
Braeuer, B.	<b>PS3-14</b>	Choi, S.	<b>GV-05</b>
Brandsdottir, B.	SO-14	Clauser, C.	PBP-05, PS4-08, PS4-10, S4-10
Brannaschke, K.	<b>GD-11</b>		
Brasse, H.	<b>S5-02</b>	Claus, O.	PS4-08
Brasse, H.	S1-22	CO <sub>2</sub> SINK Group	PL-02
Bratfisch, R.	PSO-05	Colwell, J.	S3-11/12
Braun, M.	GZ-03	Comte, D.	PS3-09
Breitzke, M.	<b>S1-20</b>	Contreras-Reyes, E.	<b>PS1-10</b>
Brenner, O.	UI-05	Costabel, S.	UI-14, PBP-02, <b>BP-02</b> , <b>PBP-04</b>
Brown, L.D.	PSM-04		
Brückmann, W.	PS3-02		
Brune, S.	S1-06/07		
Brüstle, A.	PSO-13, SO-38	Dahmke, A.	PS4-03, <b>S4-01</b>
Bücker, M.	S1-24	Dahm, T.	<b>SO-14</b> , PSO-06, SO-27, PSO-07, SO-35, PS1-03
Buckup, K.	<b>S2-20</b>		
Buckup, M.	PUI-20	Dalsegg, E.	PUI-09
Buckup, Ph.	<b>BP-03</b> , <b>PUI-20</b>	Damm, T.	<b>PGV-04</b>
Buness, H.	PUI-19, SM-14	Damm, V.	PS3-16
Burghardt, T.	PSO-04	Danckwardt, E.	S4-08, PS4-02
Burg, J.-P.	GD-05	Darwish, J.	PS3-14
Burkhardt, H.	S2-32	Dehghani, A.	SO-35
Busch, A.	PS4-08	Delavaud, E.	PSO-09
Buske, S.	S4-09, SM-13, PS3-07	Demond, D.	PUI-05
Buttkus, B.	<b>PS1-04</b>	Dengg, J.	<b>OR-02</b>
Büttner, G.	<b>GE-06</b> , <b>S2-35</b>	De Nil, D.	SM-02, <b>SM-01</b> , PSM-07, PSM-12
		Denker, S.	S2-09, PS2-03, PUI-21
Cacace, M.	<b>PGD-11</b>	DESIRE Group	GV-05, PGE-10, PS3-14, PSO-17, S3-04
Cailleau, B.	SO-27		
Campbell, F.	UI-01/02	de Wit, M.	PS3-13
Cande, S.C.	S1-16	Dierke, C.	<b>S2-11</b>
Caracas Seismic Microzoning Project Working Group	SO-22	Dietrich, P.	UI-04, UI-19, S2-24, S2-11, S2-12, S2-13, PUI-15
Carpentier, S.	UI-01/02	Ding, H.	<b>PUI-07</b>
Caspari, E.	<b>PSM-12</b>	Dixon, T.H.	<b>S3-01/02</b>
Castellaro, S.	SO-18	Djajadihardja, Y.	S1-17, S3-21
Ceranna, L.	<b>SO-31</b>	Domínguez, J.	SO-22
Cesca, S.	PSO-06, <b>PSO-07</b>	Domsch, H.	<b>S2-14</b>
Chabert, A.	S1-06/07	Donner, S.	<b>PGD-08</b>
Chen, C.-T.	SO-21, PSO-23	Donohue, S.	GE-07
Chen, H.-C.	<b>BP-01</b>	Dorn, C.	UI-01/02
Chen, J.	<b>PGE-03</b>	Draeger, I.	<b>PS4-08</b>

Duennbier, K.	PS2-11	Fertig, J.	<b>SM-08</b>
Dümmong, S.	<b>PS1-15</b> , PS1-17	Feseker, T.	S1-06/07
Dzierma, Y.	<b>S3-09</b> , <b>PS3-09</b>	Fettig, A.	<b>PS2-14</b> , <b>PS2-12</b>
		Fichler, C.	GV-04, PGV-05, PGV-03, <b>S5-04/05</b>
Ebbing, J.	<b>S5-08/09</b>	Fieberg, F.	<b>OR-05</b>
Eberle, D.	PUI-10	Fink, M.	<b>PGD-05</b>
Eckard, M.	PGV-07	Fischer, K. D.	<b>PSO-14</b>
Eckhardt, J.D.	PS4-08	Flechsigt, Ch.	<b>PGE-11</b>
	EGELADOS Working Group	Fleck, S.	PUI-17
	PSO-21, S3-05, PSO-14	Flores-Orozco, A.	<b>PUI-14</b>
Eiermann, M.	PGE-05	Flüh, E.R.	S1-21, PS3-01, PS1-10, S3-09, S1-17, S1-18, PS3-05, S3-24, S3-21, S3-22
Eiken, O.	<b>S4-04/05</b>		
Einarsson, P.	SO-14		
Eisenburger, D.	GE-11	Forbriger, T.	PSO-03, PSO-24, SO-19, <b>PSO-02</b>
Eisen, O.	PGZ-01		
Elbeshausen, D.	<b>S3-18</b> , <b>EP-02</b> , <b>PS3-20</b> , <b>PEP-01</b>	Francuski, M.	PSM-05, <b>PSM-03</b>
		Franke-Börner, A.	GE-08, <b>PGE-04</b>
El-Kelani, R.	PS3-14	Franke, D.	PS3-16, PS1-11
Ellsworth, W.	PSO-16	Frehner, M.	SM-11
Elvebakk, H.	PUI-09	Frenzel, H.	PS2-16
EMTESZ Working Group	S5-02	Friederich, W.	PSO-21, PSM-10, SO-39, S3-05, PSO-13, SO-38
Endler, R.	S5-03		
Endres, A.L.	UI-11	Fuis, G.	PSO-16
Endrun, B.	<b>SO-20</b>	Funke, S.	<b>PSO-04</b>
Engels, M.	S1-17, S3-21, PS1-11, S1-16	Furche, M.	UI-07, S2-06
		Fürstenau, J.	PS1-08
Enzmann, F.	SM-10		
Erdik, M.	SO-40		
Erkul, E.	PS2-20, PS2-05, <b>S2-29</b> , <b>PS2-22</b> , <b>PS2-23</b> , <b>PS2-24</b> , S2-26, PS2-21, PS2-19	Gaedicke, C.	PS1-22
		Gafert-Kalaitzidis, N.	PS4-09
		Gajewski, D.	SM-04
Ernst, J.R.	UI-12	Gallart, J.	PS1-18
Ernst, O. G.	PGE-05	Garre, S.	S2-07
Erstling, S.	<b>PSO-12</b>	Gawlik, H.	BP-04
Escuer, M.	SO-04	Gebauer, A.	PGD-07
Ewer, W.	<b>S4-06</b>	Gebbers, R.	<b>S2-15</b>
		Gebregziabher, B.	<b>PUI-02</b>
		Gehrmann, R.	<b>PS1-14</b>
Fabian, M.	PGD-12, GD-01	Geissler, W.	S3-17, <b>SO-37</b> , <b>SO-36</b>
Falck, C.	PS3-19	Gerber, R.	S2-03
Faleide, J. I.	PSO-18, SO-33, PS1-21	Gerhards, H.	S2-08
Felix-Heningsen, P.	S2-03	Gerst, A.	<b>PS3-12</b>
Fer, I.	S1-01/02	Gerstung, P.	PGD-04



Gestermann, N.	<b>PSO-08</b>	Haeuserer, M.	<b>GE-03</b>
Giese, R.	UI-03, PBP-10, PUI-01, BP-08	Hage, E.	<b>PGD-04</b>
Gilder, St.	EP-01	Hänel, F.	PSO-10
Giszas, V.	<b>PGV-06</b>	Hanka, W.	SO-42, SO-41
GITEWS-Arbeitsgruppe	SO-42	Hanke, K.	<b>PGD-09</b>
GITEWS-EMS Team	SO-41	Hansen, U.	GD-11, GD-09, GD-08
Gitlein, O.	S5-01	Hänssler, T.	<b>PSM-11</b>
Glomb, V.	<b>PS2-05</b> , PS2-19	Hansteen, T.	S3-10
Goetz, J.	PS4-12	Hanstein, T.	S1-24, GE-01
Goetzl, G.	PUI-18	Hanus, V.	SO-11
Gohl, K.	S1-08	Harder, H.	GD-10
Golbeck, I.	PS3-17	Harff, J.	S5-03
Gossler, J.	<b>SO-32</b> , SO-06	Hasenclever, J.	<b>GD-07</b>
Götze, H.-J.	GV-05, GV-04, GV-06, PGV-07, PS4-11, PGV-05, PGV-04, PGV-03, S2-30, S4-13, PS3-03, PS3-04	Hashimoto, R.	S3-11/12
Götz, J.	<b>UI-03</b>	Häuserer, M.	PGE-09
Grad, M.	SO-33	Hbib, N.	PS4-09
Gram, C.	S5-04/05	Hegewald, A.	<b>GV-02</b>
Grandel, S.	<b>PS4-03</b>	Heigel, M.	<b>UI-10</b>
Green, A.	<b>UI-01/02</b>	Heimann, S.	<b>PSO-06</b> , PSO-07
Green, A.G.	UI-12	Heincke, B.	<b>PUI-16</b> , PUI-09
Grevemeyer, I.	<b>S1-15</b> , PS1-18, PS1-10	Hein, T.	PS2-15
Grinat, M.	<b>GE-09</b> , PGE-12, GE-10	Heit, B.	SO-06
Grisseemann, C.	UI-07, UI-18, S2-06	Helfert, M.	PS2-23
Groß, K.	PS3-07	Helle, T. E.	GE-07
Grottker, S.	<b>PS2-15</b>	Hellwig, O.	<b>PBP-11</b>
Grüneberg, S.	BP-01	Hempel, S.	<b>EP-03</b>
Gundelach, V.	<b>PUI-17</b> , S2-10	Henger, M.	PSO-08
Günther, T.	PGE-12, GE-04, <b>PUI-08</b> , S2-14, UI-20, PUI-09, S2-06	Henrys, S.A.	S3-22
Gurk, M.	<b>S2-21</b>	Hensch, M.	<b>SO-35</b> , <b>PS1-03</b>
Gutdeutsch, R.	SO-18	Hensen, C.	PS3-02
Guterch, A.	SO-33	Hernández, J.J.	SO-22
Gutjahr, S.	<b>SM-13</b>	Hese, F.	<b>GV-06</b> , <b>PS4-04</b> , <b>S4-07</b>
Gutknecht, B.D.	<b>PS4-11</b> , <b>PGV-05</b>	Heuer, B.	<b>SO-01</b>
Haase, C.	<b>GV-04</b>	Heyde, I.	S1-11, <b>PS1-07</b>
Haberland, C.	PS3-14, SM-05, <b>PSO-16</b> , PS1-12	Hiemer, S.	PSO-09
Hackney, R.	<b>S3-11/12</b> , <b>S3-20</b>	Higgins, K.	S3-11/12
		Hindle, D.	PS3-18
		Hippmann, F.	<b>PGE-08</b>
		Hobbs, R.	S1-04
		Hobbs, R.W.	S1-05
		Hock, S.	<b>PUI-01</b> , PUI-03
		Hoeberechts, J.	PS3-19
		Hoefler, G.	<b>S2-10</b>
		Hoerd, A.	PS2-04

Hoffmann, M.	SO-42	Jaksch, K.	PBP-10, BP-08
Hoffmann, N.	S5-02	Jegen, M.	S1-23, PS1-14, S1-22,
Hofmann, R.	PS2-24		PGE-03
Hofstede, C.	PGZ-01	Jentzsch, G.	<b>GV-01</b> , PGD-07, GV-02
Hofstetter, R.	PS3-14, PSO-17	Jetschny, S.	SM-01
Holbrook, S. W.	<b>S1-01/02</b>	Jintasaeranee, P.	<b>S1-18</b>
Holschneider, M.	<b>EP-01</b>	Jokat, W.	SO-32, S1-11, SO-37,
Hölz, S.	<b>S1-23</b> , PS1-14		SO-36
Hördt, A.	PUI-12, BP-05, S1-24,	Jokisch, T.	S1-12/13
	GE-01, PBP-08	Joswig, M.	PSO-11, UI-16, SO-25,
Horstmeyer, H.	UI-01/02		UI-17, SO-26, PUI-06
Hort, M.	PS3-12, PS3-11, PS3-10,	Junge, A.	UI-13, UI-09, GE-04,
	GD-07, S3-10, SO-35, PS1-03		PSM-11, PGE-09, GE-03
Houben, G.	PUI-13	Just, A.	<b>PGE-14</b>
Haupt, L.	<b>S4-09</b> , S5-02	Just, J.	<b>PS1-16</b> , PS1-17
Hübscher, C.	S1-09, PS1-08, PS1-09,		
	PS1-15, PS1-16, <b>PS1-17</b> , SO-35		
Huhn, K.	PS3-17, PS1-06	Kaiser, A.	UI-01/02
Huisman, J.A.	<b>S2-04</b> , S2-16	Kaiser, D.	PSO-08, <b>SO-18</b> , SO-27
Hummel, N.	<b>SM-07</b>	Kalvelage, C.	<b>PS1-08</b>
Hunfeld, U.	<b>UI-05</b>	Kanamatsu, T.	PBP-07
Hurter, F.	UI-01/02	Karplus, M.S.	PSM-04
Husen, S.	PS3-01	Kasteel, R.	S2-07
Hüser, A.	PS2-20	Kaus, B.J.P.	GD-05
		Keehm, Y.	SM-10
		Kelting, R.	PBP-06
Iben Brahim, A.	SO-37, SO-36	Kemna, A.	S2-07, PUI-14, <b>S2-16</b> ,
Ibsen, T.	<b>S2-31</b> , PS2-16		SM-06
Igel, J.	<b>PS2-01</b> , PUI-17	Kenar, O.	SO-03
Iglesia, P.	PS3-09	Kenkel, J.	<b>S1-24</b>
Ihde, J.	GV-01	Kerner, T.	UI-07, <b>UI-18</b>
INCA Group	PS2-18	Kerosevic, I.	<b>PUI-05</b>
Ismaeil, A.	S2-30	Kessler-Schulz, K.U.	<b>PGV-02</b>
Ivanova, A.	<b>PS4-12</b>	Ketelsen, R.	PS2-11
Iwanowski, K.	PSM-09, <b>PSM-08</b>	Kiberu, J. M.	<b>PGE-01</b>
		Kießling, D.	<b>S4-08</b> , <b>PS4-02</b>
		Kind, R.	<b>SO-07</b> , PSO-17, SO-06,
			PSM-04
Jacoby, W.	<b>S3-15</b> , <b>S3-16</b>		
JAGUARS-group	SO-30	Kirschner, S.	<b>SO-02</b> , PSO-20
JAGUARS-Group	SO-28, SO-29	Kirsch, R.	PUI-02, PS2-11
Jahnke, G.	PSO-04	Kitamura, Y.	<b>PBP-07</b>
Jahr, T.	PSO-05, GV-02	Klaeschen, D.	S1-21, PS3-02, S1-05,
Jakob, C.	PSO-10		<b>S1-04</b> , PS3-18, PS3-05, S3-24, S3-14
Jakovlev, A.	<b>PSO-19</b>	Klaucke, I.	PS3-08, S3-14

Klawonn, M.	PS1-03	Krooss, B. M.	PS4-08
Klein, A.	PS2-15	Krüger, F.	UI-08, PSO-09
Klein, C.	PS2-22, <b>PS2-21, PS2-17, PS2-16, PS2-19</b>	Krüger, F.	<b>SO-34</b>
Klein, T.	BP-05, <b>PBP-08</b>	Krüger, F.	SO-33, SO-08, PSO-06
Klein, U.	OR-04	Krüger, K.	PUI-01, S4-08, PS4-02
Klemann, V.	S5-01	Kruschwitz, S.	<b>S2-22</b>
Klemperer, S.L.	PSM-04	Kruspe, Th.	PBP-06
Klenk, P.	<b>S2-05</b>	Kück, J.	BP-05
Klinge, K.	SO-01	Kuehne, K.	PUI-11
Klingelhoef, F.	S1-11	Kuhlmann, J.	PS3-17
Klitzsch, N.	PBP-05, PS2-07, PGE-13	Kühn, M.	PL-02, S4-10
Klymak, J.	S1-01/02	Kulesa, B.	PGZ-01
Knapmeyer, M.	EP-03	Kummerow, J.	PS4-07, PSO-15
Kneppenber, M.	<b>GZ-02</b>	Kümpel, H.-J.	BP-01
Kock, I.	PS3-17	Küperkoch, L.	SO-39, <b>PSO-13, SO-38</b>
Koestel, J.	S2-07	Kupfer, K.	PS2-10, S2-17
Köhler, A.	SO-20	Kurschat, S.	<b>PSM-02</b>
Köhler, N.	<b>SO-40</b>	Kurschus, K.	PS4-07
Köhn, D.	<b>SM-02, SM-01</b>	Kurz, G.	<b>PBP-06</b>
Köhn, D.	PSM-13	Kurzmann, A.	PSM-14, SM-02, <b>PSM-13, PSM-07</b>
Köhn, D.	PSM-07	Kütter, S.	<b>GE-08</b>
Koller, Ch.	<b>BP-04</b>	Kværna, T.	PSO-18
Kopf, M.	<b>PBP-10, BP-08</b>	Kwiatek, G.	<b>SO-30, SO-29</b>
Kopp, H.	S1-21, <b>PS3-18, S1-17, PS3-05, S3-24, S3-21, S3-22</b>	Kyle, P.R.	PS3-12
Korger, E.	PS1-24		
Korn, M.	PS4-01, PUI-04, PSO-04, SM-03	Läderach, C.	<b>PS1-24</b>
Köther, N.	<b>PGV-07</b>	Lambert, M.-A.	SM-12
Koulakov, I.	PSO-19	Lambrecht, L.	<b>PSM-10</b>
Krabbenhöft, A.	S3-23, <b>PS1-13, S1-17</b>	Landgraf, A.	PGD-08
Kracht, M.	GE-04, <b>PSO-25</b>	Lange, G.	UI-14
Krastel, S.	SM-15, PSM-02, PS3-08, S5-03	Langenbruch, C.	<b>SO-09</b>
Krause, Y.	<b>UI-07</b>	Langmann, B.	<b>S3-10</b>
Krawczyk, C.M.	PSM-01, <b>PS3-06, BP-01</b>	Larose, E.	PSO-22
Kretschmer, F.	S2-24	Larter, R.	S1-08
Kreuter, H.	PBP-10, BP-08	Lauterjung, J.	S3-19
Krings, T.	PS3-15	Lay, M.	<b>PS2-02</b>
Kröger, B.	<b>SM-06</b>	Leder, T.	UI-07
Kroner, C.	GV-01	Lee, J.	<b>SO-39</b>
		Lefeldt, M.	PS1-14
		Legrand, D.	PS3-09
		Lehmann, K.	PSO-25

Leinweber, V. T.	<b>S1-11</b>	McQuarrie, N.	SO-05
Leven, C.	UI-08	Mechie, J.	<b>PSM-04</b>
Leven, M.	BP-05, PBP-08	Meier, T.	PSO-21, PSO-12, SO-39,
Lidberg, M.	S5-01		PUI-05, <b>S3-05</b> , PSO-13, SO-38
Lindenfeld, M.	<b>SO-16</b>	Meissner, R.	<b>GD-02/03</b> , PSM-04
Linder, S.	<b>BP-07</b>	Meles, G.A.	UI-12
Lindhorst, K.	<b>SM-15</b> , PSM-02	Mendes, K.	SO-22
Lindhorst, S.	PS1-08, PS1-09	Meqbel, N.	<b>PGE-10</b> , S3-04
Lipke, K.	<b>SO-08</b>	Mert, A.	SO-40
Lippert, K.	<b>PGE-06</b>	Merx, A.	PS3-19
Littke, R.	PS4-08	Mester, A.	<b>PS2-07</b>
Li, X.	SO-07	Meyer, U.	GV-05, PUI-11
Logan, G.	S3-11/12	Micksch, U.	PS3-06
Long, M.	GE-07	Miksat, J.	<b>SO-21</b> , <b>PSO-23</b>
Loske, B.	GZ-02	Mikulla, S.	PUI-01
Lowag, J.	<b>S2-25</b>	Milde, St.	<b>PUI-12</b>
Löwer, A.	<b>PGE-09</b>	Miller, S. A.	PGD-10
Lück, E.	PS2-06, S2-15	Minshull, T.	S1-06/07
Lüdmann, T.	S1-09, PS1-08, PS1-09, PS1-16, PS1-17	Misiek, R.	GZ-02, GZ-01
Luehr, H.	EP-01	Mittag, R.	<b>PSO-10</b>
Lueschen, E.	S1-17	Mjelde, R.	SO-33
Lüschen, E.	S3-21	Mofidi Nasrabadi, B.	PS2-22
Lüth, F.	PS2-23, S2-27	Mohamed Ali, M.	<b>S2-32</b>
Lüth, S.	UI-03, PUI-01, PS4-12	Mohnke, O.	<b>PBP-05</b> , PGE-13
Lutze, A.	S2-35	Mohsen, A.	<b>PSO-17</b>
Lutz, R.	PS1-22	Molina, D.	SO-22
		Möller, M.	PS2-12
		Monirul, I. M.	S2-01/02
		Monna, S.	SO-37, SO-36
Mahatsente, R.	PS3-04	MoPa M-VI Working Group	PS4-04,
Maier, F.	<b>GE-02</b>		PS4-05, S4-07
Malischewsky, P.	PGD-07	Morales, C.	SO-22
Mancilla, F.	SO-37, SO-36	Morse, M.	S3-11/12
Mandea, M.	EP-01	Moser, D.	PSO-15
Marathe, S.D.	<b>PS2-09</b>	Müller, C.	PS1-01, <b>S1-12/13</b> , S1-17,
Marlow, L.	PS1-15		S3-21, PS1-19, PS1-02
Marschall, K.	S2-11	Müller, J.	PS2-24
Martin, T.	<b>S2-23</b>	Müller-Petke, M.	<b>UI-15</b> , <b>UI-14</b>
Maßmeyer, A.	<b>GD-10</b>	Müller-Scheeßel, N.	PS2-24
Matias, L.M.	S1-11, SO-37, SO-36	Münch, U.	S3-19
Maupin, V.	PSO-18, S5-10	Mündel, R.	<b>PS4-01</b>
Maurer, H.R.	UI-12	Munoz, G.	S3-06, PGE-10, PS3-15
McClymont, A.	UI-01/02	Musmann, P.	PUI-19, <b>SM-14</b>
McPhie, M.	PS4-10	Mutschler, T.	PS4-08

Muwanga, A.	SO-15	Orlowsky, D. Ouadfeul, S. Özkap, K.	UI-05 <b>SM-09</b> <b>S2-28</b> , PS2-23
Naderi Beni, A.	<b>S4-10</b>		
Nakatani, M.	SO-28		
Naoi, M.	SO-30	Paasche, H.	BP-07, <b>UI-04</b> , <b>PUI-10</b> ,
Naser, M.	<b>UI-09</b>		<b>UI-19</b>
Naujoks, M.	GV-01, <b>PSO-05</b>	Paelike, H.	S1-06/07
Naumann, S.	<b>PGV-08</b>	Palic, J.-H.	<b>PS1-02</b>
NEAREST Working Group	SO-37, SO-36	Papenberg, C.	S1-21, <b>S1-05</b> , S1-04, PS1-13
Neben, S.	S1-11	Paschke, M.	<b>S3-04</b>
Nesbor, D.	GE-04	Pasteka, R.	<b>S2-34</b> , PS2-18
Neska, A.	S5-02	Patzig, R.	SO-32
Netzeband, G.	S3-23, PS1-13	Pek, J.	PS3-13
Neuhaus, R.	<b>OR-04</b>	Pennewitz, E.	<b>PS2-04</b>
Neumann, T.	PS4-08	Persson, L.	GE-07
Nguyen, N.	SM-02, PSM-13	Pesquer, D.	PS1-18
Nguyen, T. T.	SM-12	Petersen, H.	PS2-02, <b>S2-09</b> , <b>PS2-03</b> ,
Niederleithinger, E.	UI-08, <b>UI-06</b> , BP-07, S2-22	Petkovic, P.	<b>PUI-21</b> S3-11/12
Nielsen, C.	S5-06/07	Petzold, G.	S4-08, PS4-02
Niessen, F.	S3-17	Pfaffhuber, A. A.	<b>GE-07</b>
Niethammer, U.	<b>UI-16</b> , UI-17	Philipp, J.	<b>SO-28</b> , SO-29
Niewöhner, P.	S2-29	Phipps Morgan, J.	GD-07
Nisbet, E.	S1-06/07	Piatibratova, O.	PS2-08
Nixdorf, U.	PGZ-01	Planert, L.	S1-21, <b>PS3-02</b> , PS1-10, S1-17, <b>S3-21</b>
Noell, U.	UI-07, UI-18, <b>PUI-13</b> , <b>S2-06</b>	Plenefisch, T.	<b>SO-10</b> , PSO-08, SO-01
Nolet, G.	SO-05	Plenkers, K.	SO-30, SO-28, <b>SO-29</b>
Nordsiek, S.	<b>PBP-01</b>	Podolski, C.	<b>PS1-20</b>
Nover, G.	PS4-09, PBP-09	Podszun, L.	<b>PS3-17</b>
Nüsch, A.-K.	<b>S2-12</b>	Pohle, M.	<b>S2-13</b>
		Polom, U.	PUI-01, PSM-11
		Popp, S.	<b>S2-24</b>
Oberdörster, C.	S2-07	Pratt, R.G.	PS1-12
Oberst, J.	EP-03	Preetz, H.	PS2-01
Ochmann, N.	PSO-19	Prezzi, C.	PS3-09
O'Connor, P.	GE-07	Przebindowska, A.	SM-02, PSM-13, <b>PSM-07</b> , PSM-12
Offermann, P.	<b>PS4-05</b>		
Ohrnberger, M.	UI-08, SO-20, PSO-09	Przybilla, J.	<b>SM-03</b>
		Pussak, M.	<b>PSM-06</b>
Olesen, O.	PS1-21, S5-04/05		
Oncken, O.	PS3-18		

Rabbel, W.	PS4-06, GV-06, PS1-01, PS1-20, PS2-05, PSM-09, PSM-08, S1-12/13, PS2-02, S2-09, PS2-03, S2-30, S3-03, S3-09, PS3-09, <b>OR-01b, PS2-18, SO-13, S2-26,</b> PUI-21, S1-19, PS1-19, PS1-02	Rümpker, G.	SO-15, SO-16, PSO-19
		Rüpke, L.	GD-07
		Ryberg, T.	PSO-16, S3-04
		Rybin, A.	PS3-15
Radic, T.	<b>S2-19</b>	Saenger, E. H.	<b>SM-10, SM-12</b>
Ramatschi, M.	PS3-19	Saey, T.	S2-01/02
Ranero, C.R.	PS1-18	Salat, C.	<b>UI-13</b>
Rassmann, K.	PS2-24, <b>S2-27</b>	Salazar, P.	PSO-15
Rechlin, A.	UI-03	Samrock, F.	PGE-08
Rehor, L.	<b>PSO-24, SO-19</b>	Sanchez, J.	<b>PS3-03</b>
Reichert, C.	S1-11, PS1-07, PS3-18, PS3-05	Sandrin, A.	S5-06/07
		Sauer, D.	PSO-09
Reich, M.	PBP-10, BP-08	Saul, J.	SO-42, <b>SO-41</b>
Reincke, U.	GE-06	Savvaidis, A.	SO-20
Renalier, F.	SO-20	Schäfer, A.	S5-02
Reston, J.	PGD-05	Scharff, L.	<b>PS3-11, PS3-10</b>
Richter, G.	<b>SO-42</b>	Schaumann, G.	PUI-11
Riedel, C.	<b>SO-04, PS1-23, PS1-24</b>	Scheck-Wenderoth, M.	PGD-11
Riedel, S.	<b>S3-13</b>	Schenke, H.-W.	S3-17
Rifai, H.	BP-01	Scherbaum, F.	PSO-09
Rings, J.	S2-04	Scherwath, M.	<b>S3-22</b>
Ritter, J.	SO-02, PSO-18, PSO-20	Scheuermann, A.	PS2-10
Ritter, O.	S3-06, PGE-10, <b>PS3-15,</b> PS3-13	Schilling, F.	<b>PL-02</b>
		Schindler, P.	PSO-05
Rolf, C.	PS2-01	Sch lindwein, V.	<b>PS1-23, PS1-24</b>
Rolf, T.	<b>PGD-03</b>	Schlueter, P.	S1-10
Rollet, N.	S3-11/12	Schmalholz, S.M.	<b>GD-05, SM-11,</b> SM-12
Rømoe n, M.	GE-07		
Ronczka, M.	<b>PBP-02</b>	Schmalzl, J.	PGD-03, PGD-02
Rønning, J.S.	PUI-16, PUI-09	Schmeling, H.	<b>GD-04, PGD-06</b>
Rosenkranz, J.	UI-10	Schmelzbach, C.	PUI-15
Rößler, D.	<b>PSO-09, SO-08, PGD-08</b>	Schmidt, A.	<b>PSO-21</b>
Rothacher, M.	PS3-19	Schmidt-Aursch, M.	SO-32, SO-33
Roth, K.	S2-05, S2-08	Schmidt, B.	PSO-25
Rothmund, S.	<b>UI-17</b>	Schmidt-Hattenberger, C.	PL-02, S4-08, PS4-02
Rückamp, M.	<b>GZ-03, GZ-04</b>		
Rücker, C.	PGE-14, <b>UI-20, S4-08,</b> PS4-02, PGE-11	Schmidt, K.	S2-03
		Schmidt, S.	GV-04, GV-06, PGV-04, <b>PGV-03, S4-13</b>
Ruderisch, L.	PUI-05		
Rudloff, A.	<b>S3-19</b>	Schmitt, R.	S1-01/02
Rühlmann, J.	PS2-06	Schmitz, A.	<b>OR-01a</b>
Rumpel, H.-M.	PUI-19, SM-14	Schmitz, M.	PS3-03, <b>SO-22</b>

Schnabel, M.	<b>PS3-16</b>	Spitzer, K.	PS1-05, PGE-05, PGE-02, GE-08, PGE-04
Schnorrenberg, S.	OR-04	Stadtler, C.	S5-04/05
Schöbel, B.	S4-08, PS4-02	Stagpoole, V.	S3-22
Scholl, D.	PS3-18	Stähler, S.	<b>PUI-04</b>
Scholten, T.	S2-03	Stammler, K.	SO-01, PSO-01, PSO-07
Schreckenberger, B.	S1-11, PS1-07	Stanjek, H.	PS4-08
Schubert, M.	<b>GD-08</b>	Stax, R.	GE-11
Schulte-Kortnack, D.	PS1-01, S1-12/13	Steelman, C.	UI-11
Schulz, H.R.	<b>GV-03</b> , PGV-02	Stein, C.	GD-11
Schulz, R.	PUI-19	Steinitz, G.	PS2-08
Schumacher, L.	<b>GD-09</b>	Stein, R.	S3-17
Schumann, A.	SO-16	Stenzel, U.	<b>PUI-06</b>
Schürmann, D.	PSO-12	Steuer, A.	GE-09, <b>GE-10</b> , PUI-11
Schütt, H.	S4-08, PS4-02	Steveling, E.	BP-05
Schütze, C.	PGE-14, PGE-11	Stich, D.	SO-37, SO-36
Schwartz, S.Y.	<b>S3-07/08</b>	Sticher, A.	<b>S1-14</b>
Schwarzbach, C.	<b>PS1-05</b> , PGE-02	Stiller, M.	PSM-06, PSM-01, S3-04
Schweitzer, J.	PSO-18, <b>SO-33</b> , <b>SO-23</b>	Stipp, M.	SO-12
SCOPSCO Working Group	SM-15	Stosch, H.-G.	PS4-08
Sens-Schönfelder, C.	PS4-01, PUI-04, EP-03, <b>PSO-22</b>	Strahser, M.	<b>PS4-06</b>
Serra, N.	<b>S1-03</b>	Stratford, W.	PS1-21
Shapiro, S.A.	SM-07, SO-27, SM-13, PSO-15, SO-09, PS3-07	Strecker, M.	PGD-08
Shelly, D.	PSO-16	Strehlau, J.	<b>SO-24</b> , <b>SO-17</b>
Shengjun, L.	<b>PGE-07</b>	Streich, R.	<b>GE-05</b>
Shi, D.	PSM-04	Stümpel, H.	PS2-20, PS2-05, S2-29, PS2-22, S2-30, S2-28, PS2-23, <b>S2-26</b> , PS2-21, PS2-17, PS2-16, PS2-19
Shulgin, A.	<b>S3-23</b> , S3-21	Suckro, S.	GE-11, GZ-03, <b>GZ-04</b>
Siemon, B.	GE-10, UI-18	Südekum, W.	GE-09, PUI-08
Sigloch, K.	<b>SO-05</b>	Sun, H.P.	S2-32
Silveira, D.	SO-04	Sutherland, R.	S3-22
Simpson, D.	S2-01/02	Swoboda, U.	<b>GZ-01</b>
Sippel, J.	PGD-11	Szalaiová, E.	<b>PSM-09</b> , PSM-08
Snidvongs, A.	S1-18		
Sobolev, S.	S1-06/07		
Sohmer, M.	PBP-10, BP-08		
Sokolov, V.	SO-21, PSO-23	Talwani, M.	<b>PL-06</b>
Sommer, M.	PS1-14	Tassara, A.	S3-20
Sorg, J.	S2-04	Taylor, W.	S1-22
Spangenberg, E.	<b>PS4-07</b>	Tedla, G.	S4-13
Spangenberg, U.	<b>PS2-06</b>	Teng, J.	SO-07
Spicak, A.	<b>SO-11</b>	Terziyska, V.	<b>PUI-03</b>
Spiess, V.	S5-03	Tezkan, B.	PGE-06, PS2-13

THALES Working group	S3-24	Voege, M.	PS3-12
Thatcher, K.	S1-06/07	Völker, D.	S3-14
Thern, Holger F.	PBP-06	Volkman, J.	<b>PGE-13</b>
Thomsen, A.	<b>S4-13</b>	Vollmer, D.	PSO-09
Thorwart, M.	PS1-20, <b>S3-03</b> , S3-09,	Voloschina, M.	<b>OR-03</b>
	PS3-09	von Hartmann, H.	PUI-19
Thybo, H.	PSO-18, <b>S5-06/07</b> , <b>PS1-21</b>	Vorlauf, A.	OR-04
Tian, X.	SO-07	Vosberg, G.	S2-35
Timmen, L.	<b>S5-01</b>	Vrugt, J.A.	S2-04
TIPTEQ Research Group	PS3-06		
Titov, V.	S3-18, PS3-20		
Torizin, J.	<b>PGD-07</b>	Wagner, N.	<b>PS2-10, S2-17</b>
Trampe, A. F.	<b>S5-03</b>	Wallenstein, N.	SO-04
Triantafyllidis, T.	PS4-08	Wallmann, K.	<b>S4-02/03</b>
Trinks, E.	PS2-10, S2-17	Wallner, H.	GD-04, <b>PGD-06</b>
Tronicke, J.	<b>UI-08</b> , UI-06, BP-07,	Walter, M.	<b>PSO-11, SO-25, SO-26</b>
	UI-19, S2-36, <b>PUI-15</b>	Walther, M.	<b>PSO-01</b>
Tryggvason, A.	PS1-21, SO-04	Waschbüsch, M.	PS4-08
Tunc, B.	<b>SO-03</b>	Watts, A.B.	PS1-10
		Wawerzinek, B.	SO-02, PSO-18,
			<b>PSO-20</b>
Uenzelmann-Neben, G.	<b>PS1-06, S1-10</b> ,	Weber, K.	PUI-07
	S1-08	Weber, M.	PS3-14, PSO-17, PS1-12
Ullemeyer, K.	SO-12	Weckmann, U.	S3-06, PGE-10,
Unezelmann-Neben, G.	PGZ-01		<b>PS3-13</b>
Urlaub, M.	<b>PGD-12, GD-01</b>	Wegerer, E.	<b>PUI-18</b>
		Weidelt, P.	GE-01
		Weidle, C.	<b>PSO-18, S5-10</b>
Valleé, M.	SO-22	Weigelt, E.	<b>S1-08</b>
Van Dam, R.L.	PS2-09	Weinrebe, W.	PS3-08, S1-18, <b>S3-14</b>
Vanderborght, J.	<b>S2-07</b>	Weinzierl, W.	<b>S3-24</b>
van der Kruk, J.	<b>UI-11, UI-12</b>	Weise, A.	GV-01
van Egmond, F.	S2-12	Weiss, R.	S3-18, PS3-20
Vanek, J.	SO-11	Weller, A.	PBP-01
Vanelle, C.	<b>SM-04</b>	Wendt, G.	S1-12/13
Van Meirvenne, M.	<b>S2-01/02</b>	Wendt, S.	PSO-04
Varley, N.	PS3-10	Wenke, A.	PBP-10, BP-08
Venvik-Ganerød, G.	PUI-09	Wen, K.-L.	SO-21, PSO-23
Vereecken, H.	S2-04, S2-07, UI-11,	Wenk, S.	PBP-11
	UI-12, S2-16	Wenzel, F.	SO-21, PSO-23, SO-40
Vetterlein, D.	S2-13	Werban, U.	UI-04, S2-11, S2-12,
Vienken, T.	S2-24		S2-13
Virgil, C.	<b>BP-05</b> , PBP-08	Wessely, G.	PUI-18
Visbeck, M.	<b>PL-05</b>	Westbrook, G.K.	S1-06/07



---

Wheeler, W.	PUI-16	
Wicht, J.	EP-01	
Widmer-Schnidrig, R.	<b>PSO-03</b> , <b>PGV-01</b>	Zhang, Z. SO-07 Zhao, W. PSM-04
Wiederhold, H.	PUI-02, <b>PUI-11</b>	Zhao, X. PBP-07
Wienecke, S.	S5-04/05	Zhu, J. <b>S1-21</b>
Wigger, P.	<b>PSO-15</b> , <b>PS3-07</b>	Ziekur, R. GE-09
Wiggershaus, S.	<b>S1-09</b>	Ziemen, F. PS3-11
Wilhelms, W.	<b>PGE-02</b>	Zink, A. S2-09, PS2-03, PUI-21
Wilken, D.	<b>PS1-01</b> , PS1-20, <b>S1-19</b> , <b>PS1-19</b>	Zisser, N. <b>PS4-09</b> , <b>PBP-09</b>
Willert-Arndt, S.	GV-06	Zitellini, N. SO-37, SO-36
Williams, H. K.	PUI-14	Zoporowski, A. <b>PGD-10</b>
Willie, B.	OR-04	Zschau, J. PS2-08
Wilmes, H.	GV-01	Zürn, W. PGV-01
Winchen, T.	S2-16	
Winkelmann, D.	<b>S3-17</b>	
Winkelmann, K.	S2-27	
Winsemann, J.	PS1-22	
Winter, S.	PS1-03	
Woelz, S.	S1-12/13	
Woith, H.	<b>PS2-08</b>	
Wölbern, I.	<b>SO-15</b> , SO-16	
Wolf, D.	S5-01	
Wolf, P.	S2-32	
Wollschläger, U.	S2-05, <b>S2-08</b>	
Worzewski, T.	PS1-14, <b>S1-22</b>	
Wunderlich, T.	<b>PS2-20</b> , S2-12, <b>S2-33</b>	
Wünnemann, K.	S3-18, EP-02, PS3-20, PEP-01	
Würdemann, H.	PL-02	
Wu, Z.	PSM-04	
Wziontek, H.	GV-01	
Yabe, Y.	SO-28	
Yaramanci, U.	PBP-03, PGE-01, UI-15, UI-14, PBP-02, BP-02, PBP-04, UI-10	
Yas, T.	PS2-24	
Yilmaz, O.	<b>PL-03</b>	
Yogeshwar, P.	PGE-06	
Yuan, X.	SO-07, <b>SO-06</b>	
Yu, Q.	S2-08	