

## Räumliche Verteilung des b-Werts im Oberrheingraben

Andreas Barth<sup>1</sup> & Joachim R. R. Ritter<sup>1</sup>

(1) Karlsruher Institut für Technologie, Geophysikalisches Institut.

Die lokale Seismizität des Oberrheingrabens (ORG) ist aufgrund des Potentials für Geothermiekraftwerke und der damit verbundenen seismischen Risiken von allgemeinem Interesse. Die Verfügbarkeit neuer Bulletin Daten ermöglicht eine räumlich differenzierte Analyse der Erdbebenmagnituden.

Wir verwenden instrumentelle und historische Erdbeben Daten zur Bestimmung der räumlichen Gutenberg-Richter Verteilung. Nach erfolgter Magnitudenkonversion der verschiedenen Bebenkataloge (LGRB-Freiburg; ReNaSS-Strasbourg; Bonjer et al., 1997 (instrumentell) und CENEC (historisch, Grünthal et al., 2009)) und einem Declustering zur Entfernung von Nach-/Vorbeben und Erdbebenserien, verwenden wir ein gleitendes räumliches Fenster, das von Süden nach Norden entlang der Grabenachse bewegt wird, um lokale Variationen der Magnitudenfrequenzen zu untersuchen. Für diese Bereiche nehmen wir eine Maximum-Likelihood Anpassung der Daten nach Weichert (1980) vor, wobei für die einzelnen Magnitudenklassen verschiedene Vollständigkeitszeiträume verwendet werden. Allgemein kann für die Zeit nach 1982 für den gesamten ORG von einer Vollständigkeit des Datensatzes für  $M_L \geq 2.0$  ausgegangen werden.

Anhand der räumlichen Verteilung der b-Werte, der absoluten Häufigkeiten (a-Wert) und der Hypozentraltiefen ergeben sich vier seismisch unterschiedliche Zonen in den Regionen um Basel, Freiburg, des mittleren und des nördlichen ORG mit b-Werten von 0,82 bis 1,42 und Standard-Abweichungen  $\sigma < 0,12$ .

## **Aktuelle Entwicklungen im BGR-Fachbereich "Seismologisches Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp"**

Christian Bönemann

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Der Vortrag zeigt aktuelle Entwicklungen im Fachbereich B4.3 der BGR auf:

- Ein wichtiger Meilenstein ist das am 1.4.2010 zwischen dem Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V. (FKPE) und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe abgeschlossene Memorandum of Understanding, das den gemeinsamen Betrieb der Messstationen des Seismologischen Zentralobservatoriums und die Nutzung der Daten durch Hochschulen, Forschungs- und andere Institutionen regelt.
- Unter den Drittmittelprojekten, die im Fachbereich angesiedelt sind, liegt ein besonderer Schwerpunkt bei der Untersuchung induzierten Seismizität, insbesondere im Zusammenhang mit tiefer Geothermie. Dazu wird ein Überblick über weitere Projekte gegeben.
- Beim deutschen Beitrag zur Überwachung der Einhaltung des Kernwaffenteststopp-Vertrages liegt neben dem Betrieb der Stationen im Bayerischen Wald und in der Antarktis ein weiterer Schwerpunkt auf den sogenannten "National Data Centres Preparedness Exercises" (NPE). Das an der BGR angesiedelte Nationale Datenzentrum Deutschlands simuliert das Szenario einer Vertragsverletzung aufgrund eines Kernwaffentest.

# ***Inversion nach Momententensoren für Erdbeben im Elbursgebirge, Nordiran***

(Schlagwörter: Elburs, Iran, Momententensoren, Inversion, Seismotektonik)

## **Einleitung**

Das Elbursgebirge im Norden des Iran ist durch ein komplexes und nicht gut verstandenes System von Störungen charakterisiert. Seismische Gefährdungsanalysen sind in dieser sehr dicht besiedelten Region von fundamentaler Bedeutung. Die dazu verfügbare Datenbasis ist jedoch bisher nicht ausreichend und besteht hauptsächlich aus strukturellen und geomorphologischen Daten. Studien von Erdbebenherdmechanismen würden zu einem besseren Verständnis für die neogene Tektonik dieser Region beitragen.

## **Das Projekt**

In dem hier vorgestellten Projekt werden Registrierungen regionaler Erdbeben für die flächendeckende Inversion nach Momententensoren verwendet. Die so gewonnene Datenbasis an Momententensoren kann dann für seismotektonische Studien verwendet werden. Im Elbursgebirge behindern hauptsächlich ein ungenügend bekanntes Geschwindigkeitsmodell und ein heterogenes seismisches Netz mit ungleicher Verteilung eine detaillierte und umfassende Momententensorstudie. Hinzu kommen z.T. erhebliche Lokalisierungsungenauigkeiten, insbesondere in der Tiefe.

## **Erste Ergebnisse**

In diesem Vortrag werden erste Inversionsergebnisse präsentiert. Dabei soll gezeigt werden inwieweit eine erfolgreiche Inversion bisher

möglich ist und welche Schwierigkeiten auftreten. Insbesondere werden dazu die Ergebnisse für das Mw 6.3 Baladeh Beben vom 28. Mai 2004 [1] und das aktuelle Mw 5.8 Kuh Zar Beben vom 27. August 2010 vorgestellt. Das aktuelle Kuh Zar Beben lag in 9 km Tiefe am südöstlichen Rand des Elburs in der Nähe der Stadt Dameghan und weist einen fast reinen, linkslateralen Blattverschiebungsmechanismus auf. Das eigene Inversionsergebnis stimmt mit den Lösungen von Harvard und USGS überein und konnte auch durch Vorwärtsrechnung der Wellenformen bestätigt werden. Die Lokalisierungen der Nachbebensequenz implizieren, dass hier eine noch nicht bekannte Störung aktiviert wurde, sind aber noch ungenau.

Des Weiteren werden vorläufige Ergebnisse aus Dispersionsanalysen zur Verbesserung des Geschwindigkeitsmodells vorgestellt. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Fixierung der Parameter (Mächtigkeit und Geschwindigkeit) der Sedimentschicht. Damit soll erreicht werden, dass das Frequenzspektrum während der Inversion im niedrigen Frequenzbereich besser ausgenutzt werden kann.

## **Autoren**

*Stefanie Donner*<sup>1</sup>, *Dr. Dirk Rößler*, *Prof. Frank Krüger*, *Prof. Abdolreza Ghods*, *Prof. Manfred Strecker*

Universität Potsdam

Institut für Erd- & Umweltwissenschaften

## **Literatur**

- [1] M. Tatar, J. Jackson, D. Hatzfeld, and E. Bergmann. The 2004 may 28 baladeh earthquake (mw 6.2) in the alborz, iran: overthrusting the south caspian basin margin, partitioning of oblique convergence and the seismic hazard of tehran. *Geophysical Journal International*, 170(1):249–261, May 2007. Iran014.

---

<sup>1</sup>stefanie.donner@uni-potsdam.de

# Observing and modelling sub-millimetre deformations in broadband seismic records: Examples from the 2006 Kythira (Greece) Earthquake

K. D. Fischer & EGELADOS working group  
Ruhr-University Bochum

AG Seismologie, 28. - 30. September 2010, Schöneck / Vogtland

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 (Fig. 1). It was the first large earthquake for over a decade in the area of the south-western Peloponnese and the adjacent part of the Hellenic Subduction Zone. It was followed by 4 more large earthquakes in the same area in 2008. The static displacements and changes in the stress field of this earthquake are investigated.

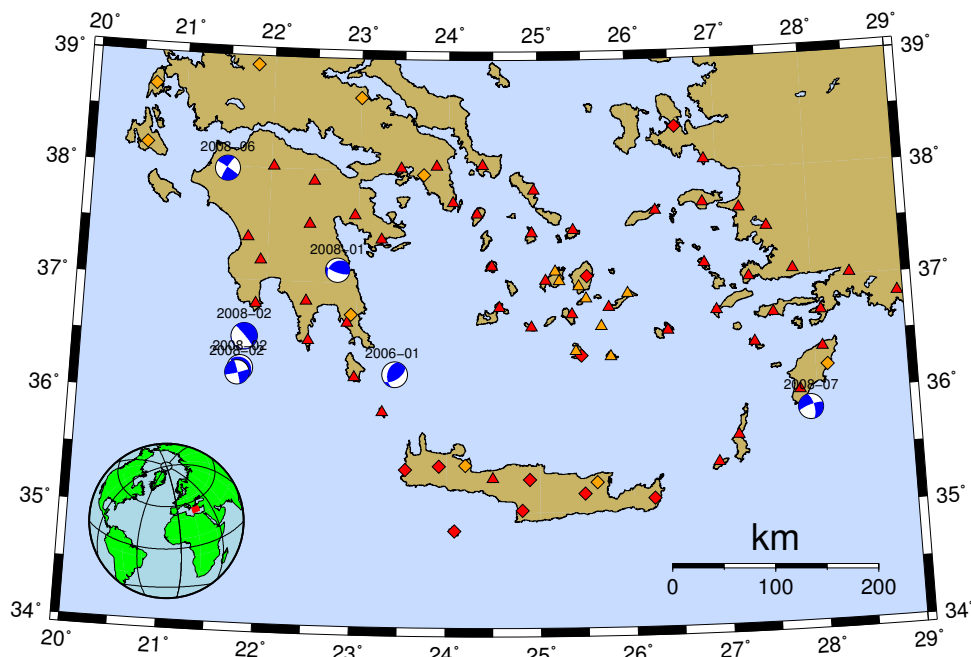


Figure 1: The EGELADOS network and locations and fault-plane solutions of the large 2006 & 2008 earthquakes in SW Greece. Triangles: Temporary stations, Diamonds: Permanent stations, Red: Broad-band stations, Orange: short-period instruments.

The 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.

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 P<sub>SGRN</sub>/P<sub>SCMP</sub> with a homogeneous layered elastic half-space model. The results are compared to the observed baseline shift.

## **‘Signal to Noise’ ratio of Green’s function constructed from 17 years time interval of ambient seismic noise at 10 stations of GRSN**

Danuta Garus and Ulrich Wegler

Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Hannover D-30655, Germany, e-mail: [danuta.garus@bgr.de](mailto:danuta.garus@bgr.de), [ulrich.wegler@bgr.de](mailto:ulrich.wegler@bgr.de)

### **Abstract**

Our results show the characteristic of the ‘Signal to Noise’ (S/N) ratio of Green’s function constructed from continuous data of ambient seismic noise stacked up over a 17 years time interval. We used data recorded by 10 stations of the German Regional Seismic Network (GRSN). For 45 different inter-station distances where apertures vary over 80 – 500 km the root mean square (RMS) of ambient noise in different frequency bands in the range from 0.015 Hz to 1.0 Hz is used to observe seasonal as well as daily variations of noise amplitude. It is shown that RMS values depend on the station location and the filter frequency. We construct the Green's functions from noise using a 'window selection' technique. We show that S/N ratio of Green’s function is amplified by stacking, for ‘noise’ defined at the end of the correlogram (‘in tail’). ‘Signal to Noise’ ratio of Green’s function at the microseism frequencies is proportional to the square root of stacking time. For lower and higher frequencies is close to such estimation. On the contrary, S/N is not improved as a results of stacking up the data for ‘noise’ defined at the beginning of the correlogram (‘in zero’). Therefore, stacking up the Green’s function for long time series does not improve the ‘Signal to Noise’ ratio near the first arrival of the retrieved coherent seismic signal.

## **Ein Beitrag zur Evaluierung des CTBT-Verifikationssystems – NPE 2009**

N. Gestermann<sup>1</sup>, C. Bönnemann<sup>1</sup>, L. Ceranna<sup>1</sup> und G. Wotawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

<sup>2</sup>Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Wien

Am 24. September 1996 wurde der umfassende Kernwaffenteststoppvertrag (CTBT - Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty) zur Unterzeichnung eröffnet. Der Vertrag ist aus verschiedenen politischen Gründen noch nicht in Kraft, aber der Aufbau des Verifikationssystems mit weltweiten Stationen der Technologien Seismologie, Hydroakustik, Infrarot, und Radionuklide und ihrer zentralen Erfassung und Auswertung bei der CTBT-Organisation in Wien ist bereits sehr weit fortgeschritten. Seine Leistungsfähigkeit musste das Verifikationssystem in den letzten Jahren durch die beiden Kernwaffentests in Nordkorea in den Jahren 2006 und 2009 unter Beweis stellen.

Für eine kontinuierliche Evaluierung der Leistungsfähigkeit der weltweiten NDCs und der CTBT-Organisation wurde vom Deutschen Nationalen Datenzentrum (NDC) im Jahr 2007 zusammen mit weiteren europäischen Staaten eine jährliche Übung mit dem Namen NPE (National Data Centre Preparedness Exercise) initiiert. Bei der mittlerweile dritten Übung, deren Ergebnisse vorgestellt werden, wurde im Dezember 2009 ein seismisches Ereignis nahe der Kara Zhyra Mine in Kasachstan als imaginäre Vertragsverletzung ausgewählt und untersucht. Im Gegensatz zu den Jahren zuvor, wurde bei der Auswahl des Ereignisses darauf geachtet, dass neben den seismischen Untersuchungen auch Infrarotdaten und Radionuklidaten einbezogen werden können.

## **Verstärkung unerwünschter Signale in Kreuzkorrelationsfunktionen des seismischen Rauschens durch Normierung im Frequenzbereich**

Jörn Groos und Joachim Ritter

Geophysikalisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie

E-Mail: joern.groos@kit.edu

Die Schätzung der Greenschen Funktion des Untergrundes zwischen zwei Standorten anhand der seismischen Bodenunruhe hat sich in den vergangenen Jahren zu einer bedeutenden Methodik in der Seismologie entwickelt. Grundlegender Schritt ist dabei die Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion (KKF) der an den beiden Standorten aufgezeichneten Zeitreihen der seismischen Bodenunruhe. Damit die Greensche Funktion anhand der KKF geschätzt werden darf, muss das aufgezeichnete seismische Wellenfeld Bedingungen hinsichtlich der Quellen und deren räumlichen Verteilung erfüllen. Kritisch sind dahingehend in der Realität eine häufig auftretende ungleichmäßige räumliche Quellverteilung bzw. einzelne Signale, die an beiden Standorten dominant auftreten. Dazu zählen insbesondere teleseismische Erdbebenwellen und die Meereseismik. Um die Dominanz solcher Signale zu verringern, werden in der Regel die Zeitreihen vor der Kreuzkorrelation normiert sowie möglichst lange Zeitreihen (Wochen bis Jahre) verwendet. Um derart lange Zeitreihen auswerten zu können, werden die KKF kürzerer Zeitreihen (häufig 24 h) gestapelt. Verbreitete Normierungen im Zeitbereich sind die 1-Bit- und die „running absolute mean“-Normierung. Diese dienen vorwiegend dazu, den Einfluss transienter Signale wie Erdbebenwellen zu unterdrücken. Häufig wird mit dem „spectral whitening“ eine zusätzliche Normierung im Frequenzbereich angewendet, um die Bandbreite der Kreuzkorrelationsfunktionen zu erhöhen und die Dominanz ständig angeregter schmalbandiger Signale, wie die der Meereseismik, zu unterdrücken.

Im Rahmen dieser Präsentation wird gezeigt, dass eine Normierung im Frequenzbereich unter Umständen zu einer Verstärkung unerwünschter Signale in Kreuzkorrelationsfunktionen der seismischen Bodenunruhe führen kann. Dieser Effekt tritt auf, falls eine ständig angeregte ortsunveränderliche seismische Quelle existiert. Als Beispiel für diesen Effekt werden die Auswirkungen der ständig im Golf von Guinea (afrikanische Westküste) angeregten Meereseismik auf Kreuzkorrelationsfunktionen der seismischen Bodenunruhe in den Vereinigten Staaten diskutiert. Es wird weiterhin aufgezeigt, dass sich der Effekt mit abnehmender Zeitfensterlänge der einzelnen gestapelten Kreuzkorrelationen verstärkt.

## **Geophysikalischer Gerätepool (GIPP): Status und Ausblick**

*Christian Haberland & Karl-Heinz Jäckel (GFZ Potsdam)*

Seit 1993 stellt der Geophysikalische Gerätepool (GIPP) geophysikalische Geräte, insbesondere seismologische und magnetotellurische Rekorder und Sensoren für akademische Forschung zur Verfügung. Insgesamt wurden bis heute ca. 180 Projekte unterstützt. Für seismologische Untersuchungen ("passive" Seismologie, aktive Seismik) stehen zur Zeit ca. 350 digitale Datenrekorder (3-6 Kanäle), 200 Breitband-Sensoren und eine Vielzahl von kurzperiodischen Seismometern bzw. Geofonen zur Verfügung. Ein Teil der Geräte ist für die Nutzung bei amphibischen Experimenten vorgesehen (DEPAS). In der Präsentation werden der momentane Stand, aktuelle Hardware-Entwicklungen, Aspekte der Datenarchivierung sowie zukünftige Vorhaben vorgestellt.



## Simulated volcanic seismicity scales according to brittle-failure in the absence of fluid flow

R. M. Harrington, and P. M. Benson

Here we present a new analysis of experimental data meant to simulate the types of seismic signals seen in a volcanic environment. Two rock deformation experiments performed under both water saturated and unsaturated conditions produce acoustic emission events which resemble hybrid earthquakes commonly observed in a volcanic environment. We obtain the source spectra of events occurring in both the unsaturated experiment and during the decompression phase of the saturated experiment using an empirical Green's function method, and estimate their spectral corner frequencies, which are inversely proportional to event duration. Spectral fits indicate that the acoustic emission events occurring under dry conditions follow the expected scaling of moment and corner frequency for standard brittle failure in an elastic medium with constant stress drop, namely  $M_0 \propto f_c^{-3}$ . The events occurring during the fluid decompression phase of the saturated experiment have estimated corner frequencies which are not easily described by any simple scaling relationship with seismic moment. The observed scaling for the events under dry conditions suggest that that the event durations change in a predictable way with increasing moment. Conversely, the lack of any obvious scaling between corner frequency and moment for the wet events suggests that the durations do not change in any particular way with increasing size.

A comparison of the moment-corner frequency scaling between experiments suggests an observation of  $M_0 \propto f_c^{-3}$  scaling must result from a standard stick-slip (i.e. brittle failure) source. Furthermore, such scaling should rule out fluid flow as a source of the observed waveforms, as there is no plausible reason for the driving pressure for fluid flow to be dependent on duration in any specific way. If such a  $M_0 \propto f_c^{-3}$  is observed for low-frequency events in a field environment, it would require such a similar brittle-failure source to explain such source parameter scaling. The implications of our work are that low-frequency seismic signals observed in a volcanic environment do not always require fluid flow to explain their signal, and therefore are not necessarily indicative of sub-surface fluids.

# **SKS-Splitting und seismische Anisotropie in der Rwenzori-Region des Ostafrikanischen Rifts**

Benjamin Homuth, Georg Rümper  
(Goethe Universität Frankfurt)

Durch Entwicklung einer Joint-Splittinganalyse ist es erstmals gelungen, die seismische Anisotropie im Bereich des Rwenzori-Gebirges im Ostafrikanischen Rift zu quantifizieren. Dabei verlaufen die Polarisationsrichtungen der schnellen Scherwelle vorwiegend parallel zur Streichrichtung des Rifts (NNE/SSW) und die mittleren Verzögerungszeiten liegen zwischen 0,7 s und 0,9 s an unterschiedlichen Stationen. Die Verzögerungszeiten weisen im Inneren des Rifts die größten Werte auf und nehmen nach Osten hin stärker ab als nach Westen. Die gemessenen Polarisierungen können durch klassische Riftingmodelle mit Ausrichtung der Olivinkristalle in einer 2-dimensionalen Mantelströmung nicht erklärt werden. Eine wahrscheinliche Ursache für die Anisotropie sind flächenhafte, vertikal ausgerichtete, magmatische Schmelzen, die zu effektiver seismischer Anisotropie führen.

Zusätzlich zur Splittinganalyse wurden Missweisungen der Sensoren (als Resultat ungenauer Ausrichtung der Horizontalkomponenten) durch eine Analyse lokaler P-Partikelbewegungen untersucht. Die so ermittelten Missweisungen stimmen überein mit Ergebnissen, die durch eine Analyse der langperiodischen (>15 s) SKS Partikelbewegung bestimmt wurden. Dies zeigt, dass die langperiodische SKS-Partikelbewegung zur Bestimmung der Missweisung eines Sensors geeignet ist und damit eine verbesserte bzw. korrigierte Splittinganalyse ermöglicht wird.

Authors: Tobias Horstmann (Karlsruhe Institute of Technology)  
Rebecca M. Harrington (Karlsruhe Institute of Technology)  
Elizabeth S. Cochran (University of California, Riverside)  
Tobias Baumann (Karlsruhe Institute of Technology)

Title: Automatic tremor detection and waveform component analysis using a neural network approach

Recent studies over the last decade have established that non-volcanic tremor is a ubiquitous phenomenon commonly observed in subduction zones. In recent years, it has also been widely observed in strike-slip faulting environments. In particular, observations of tremor along the San Andreas Fault indicate that many of the events occur at depths ranging between 15 and 45 km, suggesting that tremor typically occurs in the zone where fault slip behaviour transitions between stick-slip and stable-sliding frictional regimes. As such, much of the tremor occurs at or below the depths of microseismicity, and therefore has the potential to provide clues about the slip behaviour of faults at depth. Despite several recent advances, the origin and characteristics of tremor along strike-slip faults are not well-resolved.

The emergent phase arrivals, low amplitude waveforms, and variable event durations associated with non-volcanic tremor make automatic tremor event detection a non-trivial task. We employ a new method to identify tremor in large data volumes using an automated technique. Furthermore, the same method can be used to identify distinctive tremor waveform features, such as frequency content, polarity, and amplitude ratios.

We use continuous broadband waveforms from 13 STS-2 seismometers deployed in May 2010 along the Cholame segment of the San Andreas Fault. The maximum station spacing within the array is approximately 25km. We first cross-correlate waveform envelopes to reduce the data volume and find isolated seismic events. Next, we use a neural network approach to cluster events in the reduced data set. The neural network approach explores a multi-dimensional parameter space in order to cluster data with similar features. Groups of events are classified based on the distance between features within the parameter space.

Here we present a group of diverse events detected using the neural network method in combination with the cross-correlation of waveforms envelopes. Specifically, we show how we use the neural network approach to extract events in an automated fashion from a large volume of data, and discuss how we will apply the methods to analyze the component features of detected tremor episodes.

## **Constraint from Moment Tensor Inversion and field observations on the seismotectonic segment of the Armutlu peninsula (NAFZ, NW Turkey)**

Jannes Kinscher<sup>1§</sup>, Heiko Woith<sup>2</sup>, Birger Lühr<sup>2</sup>, Serif Baris<sup>3</sup>, Frank Krüger<sup>1</sup> and Jochen Zschau<sup>2</sup>

1 University of Potsdam, Germany

2 GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany

3 Kocaeli University, Kocaeli, Turkey

§ corresponding author: [kinscher@uni-potsdam.de](mailto:kinscher@uni-potsdam.de)

The geologic evolution of the Armutlu Peninsula, located in the eastern Marmara Sea southeast of Istanbul, is determined by faulting associated with the northern and central strands of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ). The area coincides with the western end of a series of surface ruptures of strong earthquakes that migrated along the NAFZ apparently from east to west within the past century. The last disastrous event within this series occurred in the Izmit area on 17 August 1999. The western end of the Izmit rupture is located offshore, a few kilometers north of the Armutlu Peninsula shoreline. Whereas the northern branch of the NAFZ has been seismically very active, the central branch – particularly the Iznik-Mekece fault sector – has not generated major earthquakes for a long time. In 2006, however, two  $M_L > 5$  earthquakes occurred on this fault branch (Kus Göl and Gemlik). Like the Izmit region the Armutlu peninsula is affected by conspicuous hydrothermal and micro-seismic swarm activity obviously concentrated at the northern realm. However as the seismotectonic setting of the whole Marmara region is still a matter of recent controversy the linkage of such abnormal crustal activity to possible geodynamic reasons or future disastrous earthquake remains speculative. In order to address these issues we studied the seismotectonic characteristics by Moment Tensor Inversion for smaller and medium-sized ( $M_L \sim 3-5$ ) earthquakes and compared them with surface kinematics obtained from brittle fault measurements, morphotectonic indications, and previous source studies. Focal mechanisms for medium-size events like the  $M_L=5.1$  Gemlik event of 24<sup>th</sup> October 2006 and the  $M_L=4.7$  Cinarcik event of 12<sup>th</sup> March 2008 are not sufficiently well constrained and their characteristics are ambiguous to a certain extent. Hence all available solutions for these events were compared by fitting synthetic to observed seismograms. Forward modelling attempts were accompanied by a simple grid search approach to infer an appropriate regional 1D velocity structure isolating the source signal from undesirable path effects. To address remaining uncertainties for the elastic response and point source approximation Moment Tensor Inversion was applied to long period surface waves (10-50sec). In contrast to frequently used time domain inversion schemes seismograms were iteratively adjusted by their amplitude spectra avoiding precarious biases resulting from misalignments between seismograms and Green's functions. Resulting focal mechanisms are generally in good agreement with observed surface kinematics and previous studies of this region. According to that the Armutlu peninsula seems to reproduce the nature of the dextral trans-tensional Marmara sea pull-apart system. Nevertheless, to understand the relation of such a seismotectonic setting to the eye-catching micro-seismic and hydrothermal activity requires more detailed survey and analysis as started by the local Armutlu seismic and hydrogeological network (ARNET).

# **20 Jahre seismohydrologische Untersuchungen im Vogtland und NW-Böhmen Etappen wissenschaftlichen Erkenntniszuwachses**

Ulrich Koch und Jens Heinicke

*Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Vorhaben "Radiometrie-Geochemie",  
Bad Brambach, Badstraße 49, 08648 Bad Brambach. E-Mail: koch@saw-leipzig.de*

Neue Erkenntnisse zu den Wechselwirkungen zwischen geodynamischen Prozessen und Fluidodynamik bestimmten in den letzten 20 Jahren die Interpretation seismologischer und seismohydrologischer Untersuchungen nachhaltig. Ausgehend von einfachsten Radonmessungen im Quellwasser kristallisierten sich über die Jahre zwei Hauptindikatoren für seismisch-hydrologische Zusammenhänge heraus: der hydraulische Grundwasserdruck (GW-Stand) und die Flussrate des aus Quellen und Mofetten ausströmenden freien Gases. Mittelpunkt bzw. Basisregion der Forschungstätigkeit war dabei das Obere Vogtland und NW-Böhmen (Egerbecken), aber auch in Gebieten starker Seismizität wie Italien, Israel und Taiwan konnten Messapparaturen der Arbeitsgruppe erfolgreich eingesetzt und im Vogtland gewonnene Ergebnisse verifiziert werden.

Bis 1999 wurden mehr als 20 Radonanomalien im Wasser der Wetinquelle, Bad Brambach registriert. Die meisten davon waren Vorläufereffekte, die mit seismischen Ereignissen im Epizentralgebiet Nový Kostel (CZ), 10 km östlich von Bad Brambach korrelierbar waren. Die Anomalien weisen auf eine Erhöhung des Druckes im Fluidsystem vor den Erdbeben hin, die zu einer stärkeren Gasemission aus dem fluidgefüllten Kluftsystem (slug-flow process) führte. Die Grundwasserstands anomalien vor den Schwarmbeben vom Herbst 2000, vor und während der Bebenserie 2008 sowie die Multiparameteranomalie vom Oktober 2007 stützen die Modellvorstellung von einem prä- bis co-seismischen Druckanstieg im Poren-/Klufttraum. Dabei gibt es Hinweise für eine fluid-induzierte Triggerung von Schwärmen vor den Bebenserien 2000 und 2008 sowie im Verlauf der 2008er Beben.

Ein nach dem Beginn des 2000er Bebens registrierter Anstieg des Methangehaltes bei gleichzeitigem Rückgang von  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$  im Quellgas der Wetinquelle deutete auf eine Zunahme der mikrobiellen Methanproduktion hin. Hier sind die Mechanismen und die Quellen des dafür zusätzlich notwendigen Wasserstoffs noch unklar.

Unschätzbaren Wert besitzen Langzeitbeobachtungen als Basis für aussagekräftige Trendanalysen. So deuten Auswertungen von Grundwasserstands- und seismischen Daten über 27 Jahre darauf hin, dass lokale Erdbeben, die mit hydrologischen Anomalien korrelierbar sind, bevorzugt während oder nach Perioden mit niedrigem Grundwasserstand auftreten. Offensichtlich kann diese Art der hydraulischen Entlastung des Fluidsystems eine erhöhte Mobilität und eine verstärkte Gasfreisetzung der tiefen Fluide hervorrufen. Die damit einhergehenden Instabilitäten im Poren- und Klufttraum könnten ausreichen, um Schwarmbeben zu triggern.

Langzeitmessungen des UFZ Leipzig-Halle und des GFZ Potsdam an Entgasungsstellen im Vogtland und im Egerbecken zwischen 1993 und 2005 zeigen einen deutliche Aufwärtstrend der  $^3\text{He}/^4\text{He}$ -Verhältnisse im freien Gas. Dieser Trend wird von einem signifikanten und anhaltenden Anstieg der Gasflussrate an Quellen und Mofetten überlagert, der zwischen 2 % (Bad Brambach) und 41 % pro Jahr (Soos, CZ) beträgt. Beide Phänomene weisen auf eine erhöhte Aktivität des magmatischen Reservoirs unter dem Egerbecken hin.

Gerade vor diesem Hintergrund ist die aus rein wissenschaftspolitischen Gründen bevorstehende Einstellung des Langzeitvorhabens "Radiometrie-Geochemie" zum Jahresende 2010 nicht nachvollziehbar.

# Investigation of Finite Sources through Time Reversal

S. Kremers, G. Brietzke, H. Igel, C. Larmat, A. Fichtner, P. A. Johnson, L. Huang

Under certain conditions time reversal is a promising method to determine earthquake source characteristics without any a-priori information (except the earth model and the data). It consists of injecting flipped-in-time records from seismic stations within the model to create an approximate reverse movie of wave propagation from which the location of the hypocenter and other information might be inferred. In this study, the backward propagation is performed numerically using a parallel cartesian spectral element code. Initial tests using point source moment tensors serve as control for the adaptability of the used wave propagation algorithm. As a next step towards an elongated source we discuss the potential to recover source properties of multiple point sources at the same time. After that we investigated the potential of time reversal to recover finite source characteristics (e.g., size of ruptured area, rupture velocity etc.). We used synthetic data from the SPICE kinematic source inversion blind test initiated to investigate the performance of current kinematic source inversion approaches (<http://www.spice-rtn.org/library/valid>). The synthetic data set attempts to reproduce the 2000 Tottori earthquake with 33 records close to the fault. We discuss the influence of various assumptions made on the source (e.g., origin time, hypocenter, fault location, etc.), adjoint source weighting (e.g., correct for epicentral distance) and structure (uncertainty in the velocity model) on the results of the time reversal process. We give an overview about the quality of focussing of the different wavefield properties (i.e., displacements, strains, rotations, energies).

# ObsPy: A Python Toolbox for Seismology/Seismological Observatories

## Interactive Application and Rapid Program Development

Lion Krischer<sup>a</sup>, Moritz Beyreuther<sup>a</sup>, Robert Barsch<sup>a</sup>, Tobias Megies<sup>a</sup>, Yannik Behr<sup>b</sup>,  
Joachim Wassermann<sup>a</sup>

<sup>a</sup> LMU Munich      <sup>b</sup> Victoria University of Wellington, New Zealand

Department of Earth and Environmental Sciences (Geophysics)  
Ludwig-Maximilians-University Munich, Germany

## Abstract

Python enables the user to combine the advantages of a fully grown programming language with the flexibility of an interactive scripting language. Its extensive standard library and many freely available high quality scientific modules enable rapid development.

ObsPy (<http://www.obspy.org>) extends Python's capabilities and offers various tools for seismological tasks. It provides the ability to read and write many common waveform file formats (e.g. MiniSEED, SAC, GSE2, SEISAN, ...) as well as many often needed routines for filtering, picking, triggering, instrument correction, plotting, array analysis, ... It is also able to retrieve data from ArcLink (<http://www.webdc.eu>), Fissures (<http://www.iris.edu/dhi>) and SeisHub (<http://www.seishub.org>).

Metadata can be read from SEED as well as XML-SEED files and conversion between both formats is possible. XML-SEED is a XML representation of SEED which results in a greatly enhanced readability.

The goal of the ObsPy project is to facilitate rapid application development for seismology which so far resulted in several programs for different uses.

Furthermore NumPy (<http://numpy.scipy.org>) and SciPy (<http://scipy.org>) offer a wide variety of numerical multidimensional array programming methods. Together with IPython (<http://ipython.scipy.org>) and Matplotlib (<http://matplotlib.sourceforge.net>) ObsPy offers a powerful, text-based and easy to learn interactive environment consisting entirely of free software packages.

ObsPy has a modular architecture which aims at minimizing the dependencies and is available under the GPL/LGPLv3 licences.

Poster:

**Source processes of large and very large historical and modern earthquakes in the Tien-Shan region based on historical and modern digital seismograms.**

Galina Kulikova, Frank Krueger

Institute of Earth and Environmental Sciences University of Potsdam

Contact: [Galina.Kulikova@geo.uni-potsdam.de](mailto:Galina.Kulikova@geo.uni-potsdam.de)

Abstract

A series of very destructive and unique in intensity earthquakes occurred in Tien-Shan region\* at the turn of XIX-XX century. Earthquakes in Tien-Shan region are intraplate events, which make them very interesting to study, since intraplate earthquakes of magnitude  $> 8$  are rarely observed. Nowadays the main problem in studying Tien-Shan region is that there are several points of view on the matter about the factors controlling the deformation of the Tien-Shan. According to the opinion of many researchers, e.g. [Molnar and Tapponnier, 1975] it is believed that mountain-building processes in this region occur due to collision of India and Eurasia plates. However, there is another concept ([Sadibakasov 1990; Bakirov 1999; Kurskeev, Shatsilov 2000, etc.]) according to which the determining role in formation of mountains assigns gravitational instability in the upper mantle and crust of the Tien-Shan.

The main goal of our study is to determine the source processes of the largest earthquakes. A list of events with magnitude 6.5 and more in Than-Shan region was prepared with 35 events, which occurred during the last 100 years. The list starts with the event which happened in 1902, when first seismic recordings became available. Teleseismic recordings are of a special interest in our study since the earthquakes are very strong and data from local networks are not applicable. For the detailed analysis the collection and digitization of as much as possible seismograms for the events listed is of a great importance. In a next step waveform inversion techniques will be applied for detailed investigation of the source processes.

At first inspection of data inventory revealed, that moment tensor inversion of historical seismograph recordings may be successfully applied to estimate source parameters for the most significant earthquakes. This knowledge is crucial for understanding regional tectonics and estimating seismic hazard, but processing of the historical seismograms is often quite a complex task. A lot of work, such as scanning, digitizing, signal correction must be done in order to obtain reliable digitized waveform. For the planed study a database of scanned historical seismograms will be prepared to be digitized. For more modern events, starting from the year 1985 worldwide digital seismic data will be used. The most recent strong ( $M_s=6.9$ ) earthquake in Tien-Shan region occurred in 2008, when worldwide broad-band digital seismic data, GPS and InSAR observations are available, which give wide possibilities for detailed studies.

Hints regarding additional data are welcome.

\* Tien-Shan region: For this study we consider Tien-Shan region not exactly as Tien-Shan mountain belt, but the rectangular area from 38N to 45N, and from 68E to 90E.



# Large-scale shear wave velocity structure of the upper mantle beneath Europe and surrounding regions

C. Legendre, T. Meier, S. Lebedev, W. Friederich

The automated multimode waveform inversion technique developed by Lebedev et al. (2005) was applied to available data of broadband stations in Europe and surrounding regions. It performs a fitting of the complete waveform starting from the S-wave onset to the surface wave. Assuming the location and focal mechanism of a considered earthquake as known, the first basic step is to consider each available seismogram separately and to find the velocity perturbations that can explain the filtered seismogram best. In a second step, each velocity perturbations serves as a linear constraint in an inversion for a 3D S-wave velocity model of the upper mantle.

We collected data for the years from 1990 to 2007 from all permanent stations for which data were available via the data centers of ORFEUS, GEOFON and IRIS, and from others that build the Virtual European Seismological Network (VEBSN). In addition, we incorporated data from temporary experiments like SVEKALAPKO, TOR and the Eifel plume project as well as permanent stations in France. We were also able to add the data recorded by the temporary broadband EGELADOS network in the southern Aegean. In this way, a huge data set of about 500.000 seismograms came about from which about 70.000 seismograms provide 400.000 linear constrains for the resulting 3D model.

The frequency content of the data associated with the sensitivity kernels as well as the path density in the considered region allows us to perform a high resolution tomography at a continental scale. Tests were performed on different parameters such as the grid spacing, the damping constrains and the smoothing factors to increase the resolution of the resulting inversion.

The resulting models exhibit an overwhelming detail in relation to the size of the region considered in the inversion. They are to our knowledge the most detailed models of shear wave velocity currently available for Europe and surroundings. Most prominent features are a narrow high velocity regions following the Hellenic arc and the Ionian trench toward the north. Even a high velocity zone beneath the Western alps can be imaged. Low velocity zones are found at depths around 130 km in the Pannonian basin, the back-arc of the Hellenic subduction zone, and the Middle East. At greater depths clear remnants of Tethyan subduction along the Eurasian-African plate boundary are observed.

## **Untersuchung der lokalen Seismizität im Gebiet des Rwenzori Gebirges, räumliche Verteilungsmuster und der Zusammenhang mit magmatischen Prozessen**

Michael Lindenfeld, Georg Rümpker  
Institut für Geowissenschaften, Goethe Universität Frankfurt

Das Rwenzori Gebirge befindet sich im westlichen Ast des Ostafrikanischen Grabensystems an der Grenze zwischen Uganda und der Demokratischen Republik Kongo. Der über 5100 m hohe Gebirgsblock wird aus präkambrischen Gesteinen gebildet und liegt direkt im Riftgraben in einem der seismisch aktivsten Gebiete des gesamten afrikanischen Rifts. Im Rahmen des RiftLink Projekts sollen die Vorgänge, die zur Hebung des Gebirges geführt haben, untersucht werden.

Zur Registrierung der lokalen Seismizität wurden zwischen Mai 2006 und September 2007 im Gebiet der Rwenzoris 35 seismische Stationen betrieben. Die Auswertung der Daten ergab eine überraschend hohe Bebenaktivität. Im Durchschnitt konnten über 800 Ereignisse pro Monat lokalisiert werden. Die Mehrheit der Epizentren liegt östlich und westlich der Rwenzoris, der Gebirgsblock selbst ist praktisch aseismisch. Die Seismizität erstreckt sich bis in eine Tiefe von 32 km mit einem ausgeprägten Maximum bei 15 km. Vertikale Profile zeigen allerdings typische Unterschiede im Verteilungsmuster: Im Riftgraben konzentriert sich die seismische Aktivität auf einen Tiefenbereich zwischen 10 und 20 km. Dagegen erstreckt sich die Bebenaktivität im Gebiet der östlichen Riftschulter von 0 bis 32 km Tiefe. Diese Beobachtung steht im Einklang mit Moho-Tiefen, die aus teleseismischen Receiverfunktionen gewonnen wurden und die bestätigen, dass sich die Seismizität auf die Erdkruste beschränkt. Südöstlich der Rwenzoris, im Bereich der Vulkangebiete von Katwe und Bunyaruguru, konzentrieren sich die Beben auf zwei Horizonte in 15 und etwa 25 km Tiefe. Die Receiverfunktionen zeigen hier eine Low-Velocity Schicht mit einem kräftigen Geschwindigkeitskontrast an der Oberkante, der wahrscheinlich von partiellen Schmelzen verursacht wird.

Eine Ausnahme von der beobachteten Tiefenverteilung bildet ein Cluster von 7 Beben, das wir in ca. 60 km Tiefe lokalisieren konnten. Die Freisetzung seismischer Energie in dieser Tiefe - und in einem Riftsystem - ist schwierig zu erklären und steht wahrscheinlich mit der Entstehung der Rwenzoris in Zusammenhang. Als möglicher Mechanismus für die extreme Gebirgshebung wird zur Zeit „Rift Induzierte Delamination“ (RID) diskutiert. Numerische Modellierungen zeigen, dass dieser Prozess auch Beben in der Mantellithosphäre hervorrufen kann. Da sich das Bebencluster allerdings nicht direkt unter dem Gebirge befindet, sondern in einem Gebiet, in dem sich der Rift Prozess noch in einem jungen Stadium befindet, halten wir magmatische Intrusionen, die zur Ausbreitung von Dykes führen, für die realistischere Ursache der beobachteten tiefen Beben. Auf magmatische Aktivitäten deutet auch die Verteilung von Krustenbeben hin, die mit einem Double-Difference Algorithmus relokalisiert wurden. Dabei zeigen sich mehrere vertikal orientierte, röhrenförmige Bebencluster von 3 bis 6 km Länge und einem Durchmesser von 1 bis 2 km. Hier handelt es sich möglicherweise um magmatische Förderkanäle, die von dem darunterliegenden, erhitzten lithosphärischen Mantelmaterial gespeist werden.

# Microseismic Activity in Low-Hazard Geothermal Settings in Southern Germany

Tobias Megies, Joachim Wassermann

In the last few years several geothermal plants have taken up production in southern Germany and many more are currently in exploration or construction stages. The local setting is being considered as generally aseismic with very sparse and weak seismicity. The seismic hazard going along with production is therefore being considered negligible and so far no particular efforts for seismic monitoring were enforced.

In 2008, however, an unexpected Ml 2.3 event which was felt by local residents attracted public attention. With no stations near the epicenter, the event still was located in the general vicinity of a geothermal plant that took up production about half a year earlier. In the last two years a temporary network was set up that recorded more than forty events with magnitudes mainly ranging from Ml 0 to 1.5.

Results of absolute event locations are presented along with waveform similarity analysis and hierarchical event clustering.

A high resolution 3-D P-wave velocity model is constructed from data of a dense 3-D seismic survey conducted to image the geothermal reservoir. An S-wave velocity model is compiled from converted shear waves, an old survey with shear wave excitation and cluster analysis of  $V_p/V_s$  ratios using the recorded events. Results show the hypocenters close to the bottom of the injection well.

Still, the exact extent of the man-made influence on the seismicity remains arguable. Events below magnitude 1.5 could not be detected prior to the production of the geothermal plant in the main network of the local earthquake service. Questions also remain as to the unique features of this geothermal site in comparison with others not far away that do not produce notable induced seismicity. How the fault targeted by the well is oriented in the present-day stress field is suspected to have a major impact on fault reactivation.

An upcoming field experiment in the MAGS project framework is about to address these open questions and test some working hypotheses. It is located at another geothermal reservoir in a very similar setting where a geothermal power plant is currently in the construction stage. In addition to monitoring the production stage, we intend to collect one year of pre-production data of the unperturbed reservoir. This will enable us to better assess the influence of fluid injections on local seismicity at geothermal plants and will lead to a better understanding of the reasons for the observed microseismicity.

## *Untersuchung und Charakterisierung mittel- und nordatlantischer seismischer Quellen mittlerer Magnitude mit Drei-Komponenten Arrays*

### Einleitung

Der nordatlantische Rücken ist durch seine schwache Abdeckung durch permanente Breitbandstationen nur sehr unzureichend untersucht. Mittels kontinuierlichen seismologischen Arrays, wie z.B. das Gräfenberg Array oder das NORSAR Array, soll die Lokalisierung und Quellcharakterisierung seismischer Quellen im nordatlantischen Rücken und in der ozeanischen Platte konsequent genutzt und verbessert werden. Dies soll u.a. durch die kontinuierliche Detektion von Oberflächenwellen und auf einer Array-Beams basierten Inversion nach Momententensoren umgesetzt werden. In dem zu untersuchenden Frequenzbereich (1s-100s) werden Signale verschiedener Quellen erwartet: **(1)** Erdbeben (kurzzeitige & punktförmige Quellen), **(2)** submarine Vulkaneruptionen (langanhaltende & punktförmige Quellen) und **(3)** Meeresmikroseismik (langzeitige & räumlich ausgedehnte Quellen).

### Erste Ergebnisse

Im ersten Schritt wurden bereits Frequenz-Wellenzahl-Analysen für verschiedene Arrays (Aperturen von 5km bis 700km) und Frequenzbänder (von 1s bis 100s) durchgeführt. Die Wahl der Frequenzbänder war u.a. durch die beiden Frequenzen der Meeresmikroseismik (circa 7s bzw. 14s [1], [2]) vorgegeben. Erste Voruntersuchungen dienten des Auflösungsvermögens von Apertur & Frequenzband der jeweiligen Netzwerke/Arrays. Im zweiten Schritt wurden Frequenz-Wellenzahl-Analysen für das gesamte Jahr 2007 für verschiedene Netzwerke/Arrays durchgeführt. Auf Grund dieser Datenbasis werden für das jeweilige Netzwerk/Array und

Frequenzband Ereignislisten mittels eines einfachen Detektors erstellt. Diese Ereignisse werden momentan mit einem Erdbebenkatalog von NEIC<sup>1</sup> über Slowness, Backazimuth und Laufzeiten verglichen.

### Ziele

Mit Hilfe der ersten Ergebnisse sollen (1) die Daten parametrisiert, (2) Ereignisse detektiert und mit anderen Erdbebenkatalogen verglichen und (3) grundlegende Methodiken zur Verknüpfung der Ergebnisse mehrerer Netzwerke/Arrays entwickelt werden.

Weitere Ziele dieser Arbeit sind verbesserte Aussagen über (1) die Struktur & Seismizität der Plattengrenzen, (2) die Identifikation von Schwarmbeben als Indikator magmatischer Aktivität, (3) eine bessere Quantifizierung der Momentenfreisetzung auf Transformstörungen und Fracture-Zonen und (4) die Detektion von Anregungsgebieten der Meeresmikroseismik bzw. langanhaltender Signale zu treffen.

Am Ende soll eine Datenbank mit Quellcharakterisierungen und Herdparametern entstehen, die einen Zeitraum von 1995 bis heute abdeckt, um somit zu einem besseren Verständnis der Tektonik des nord- und mittelatlantischen Rückens & Anregungsgebieten der Meeresmikroseismik beizutragen.

### Autoren

*Tobias Müller-Wrana & Prof. Dr. Frank Krüger,*  
Institut für Erd- und Umweltwissenschaften  
Universität Potsdam  
Karl-Liebknecht-Strasse 24, Haus 27,  
D-14476 Potsdam

### Literatur

- [1] M.S. Longuet-Higgins. A theory of the origin of microseisms. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A(243):1–35, 1950.
- [2] S.C. Webb. The equilibrium oceanic microseism spectrum. *J. Acoust. Soc. Am.*, 92(4):2141–2157, 1992.

<sup>1</sup><http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/>

## The JAGUARS-Project : Results and Lessons Learnt

Plenkers, K.<sup>1,2</sup>; Kwiatek, G.<sup>1</sup>; Krüger, F.<sup>3</sup>; Schorlemmer, D.<sup>4</sup>; Nakatani, M.<sup>5</sup>; Dresen, G.<sup>1</sup> and the JAGUARS-Group

<sup>1</sup> German Research Centre for Geosciences GFZ Potsdam

<sup>2</sup> now at: Karlsruhe Institute of Technology KTI

<sup>3</sup> University of Potsdam

<sup>4</sup> University of Southern California USC, Los Angeles, USA

<sup>5</sup> University of Tokyo, Japan

The JAGUARS (Japanese-German Underground Acoustic Emission Research in South Africa) -Project recorded seismic events inside Mponeng Gold mine (Carletonville, South Africa) with magnitudes  $-5 < M < -1$ . The project aims to give new insights into the nucleation and rupture process of seismic events by closing the observational gap between field seismology and laboratory fracture experiments. Here we present an overview about the network and summarize our results on high-frequency ( $f > 25\text{kHz}$ ) recording of seismic events.

The JAGUARS network incorporates accelerometers (sensitivity 50Hz to 25kHz) and Acoustic Emission (AE)-sensors (sensitivity 700Hz to 180kHz). The sensors are installed at 3.5km depth in boreholes (length 6m-12m), drilled from the mine's development tunnel. A rock volume of approx. 300M \* 300m \* 300m is monitored. From June 2007 to April 2009 more than 500,000 events were recorded.

Analysis of the network's detection limits shows that seismic high-frequency waves ( $f > 25\text{kHz}$ ) are able to travel as far as 100m. The influence of local geology, engineered structures and exploitation is visible and introduces local damping. In order to analyze the spatial distribution of the recording completeness, we extend the probability-based completeness method of Schorlemmer and Woessner (2008) to three-dimensions. We find a magnitude of completeness as small as -4.7 in the center of the network.

We analyze the performance of the AE sensors by performing a relative calibration to the triaxial accelerometer. We demonstrate that the performance of individual AE sensors is strongly influenced by the sensors' coupling to the rock. Furthermore we give insights into the eigen-frequencies of the AE sensors that are based on a piezoelectric element.

The JAGUARS catalog was used to analyze in high resolution the aftershock sequence (25,000 events) of a  $M=1.9$  seismic event as well as to estimate the frequency-magnitude distribution and the source parameters for events  $M > -4.5$ . No break-down in scaling is observed (see Poster on this meeting). We conclude that high-frequency recording ( $f > 25\text{kHz}$ ) of seismic events was successful. We point out that high-frequency recording and the study of very small magnitudes ( $M < -3$ ) is a valuable resource to study in depth the intrinsic parameters of earthquake ruptures.

## On the Self-Similarity of Seismic Events with Magnitudes $-5 < M < -1$

Kwiatek, G.<sup>1</sup>; Plenkers, K.<sup>1,2</sup>; Dresen, G<sup>1</sup>. and the JAGUARS-Group

<sup>1</sup> German Research Centre for Geosciences GFZ Potsdam

<sup>2</sup> now at: Karlsruhe Institute of Technology KTI

We present the results of the in-depth analysis of the characteristics of seismic events recorded with the JAGUARS (Japanese-German Underground Acoustic Emission Research in South Africa) -network. The magnitude range recorded is  $-5 < M < -1$ . We aim to give new insights into the self-similarity of seismic events and analyze therefore the frequency-magnitude range and the source parameters in the very small magnitude range for the first time.

The JAGUARS network incorporates a triaxial accelerometer and piezoelectric Acoustic Emission (AE) sensors. It is recording in the very high frequency range  $50\text{Hz} < f < 180\text{kHz}$ . From June 2007 to April 2009 more than 500,000 events were recorded. All seismic events display clear P- and S-wave onsets and a high signal-to-noise ratio.

On December 27<sup>th</sup>, 2007 a  $M=1.9$  event occurred about 30m from the JAGUARS network which recorded 25,000 aftershocks. In the analysis presented this aftershock sequence and several post-blasting sequences are used. First, we analyze the magnitude-frequency distribution. In the analysis we take into account the spatial changes in recording completeness estimated in the network sensitivity study (Talk this meeting). We find that the small magnitudes follow the Gutenberg-Richter distribution and estimate b-values between 1.1 and 1.4. The magnitude of completeness in the center of the network is  $-4.5$ . No minimum magnitude is observed.

Second we present preliminary results of our source parameter study. The source parameter study is focused on seismic events with dominant frequencies below 17kHz because of the sensor performance. We estimate corner frequencies between approx. 1 kHz and 15 kHz and a constant stress drop of about 10MPa. This corresponds to source radii on centimeter-scale.

We conclude that no deviation from self-similarity was observed for the very small magnitudes of the JAGUARS project.

## **Teleseismic shear-wave analysis in Southern Norway: First results from receiver functions, SKS splitting and travel time residuals**

J.R.R. Ritter, B. Wawerzinek, C. Roy

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Geophysical Institute, Karlsruhe,  
Germany  
joachim.ritter@kit.edu

The ESF TOPO-EUROPE project TopoScandiaDeep ([www.geo.uio.no/toposcandiadeep](http://www.geo.uio.no/toposcandiadeep)) aims at developing an integrated model to explain the present high topography of the Scandinavian Mountains. The main mountain building phase was during the Caledonide orogeny (~450-420 Ma). The mountains still reach up to 2600 m altitude and display a rough and steep scenery. There are discussions that possibly much younger phases sustained the mountain building far away from present plate boundaries. Our group at KIT analyses the teleseismic shear wavefield to derive structural information about the upper mantle in this region. The waveform data were measured with i) the MAGNUS experiment (Weidle et al., *Seis. Res. Lett.*, 2010) with 31 temporary stations of the Karlsruhe BroadBand Array and 10 permanent broadband stations (7 NORSAR, KONO, BER and HFC2) which recorded continuously from September 2006 until June 2008; ii) the SCANLIPS1 and SCANLIPS2 experiments in 2006 and 2008/09 with up to 38 stations (here only used for SKS splitting analysis); iii) the permanent NORSAR, HFC2 and KONO stations.

S-to-P wave conversion phases are used to study seismic velocity discontinuities. For this we processed S receiver functions and stacked these from about 160 teleseismic events for piercing point regions. These S receiver function waveforms contain the conversions from the crust-mantle boundary (Moho) and lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) and are used to map both discontinuities. Teleseismic shear-wave splitting analysis is carried out with the core phases SKS and SKKS to constrain the mantle anisotropy. The average fast direction is about NE-SW and seems to bend around the Southern Scandinavian Mts. At present the anisotropic pattern is interpreted as signature of geodynamic asthenospheric processes. In order to retrieve 3D shear-wave velocity anomalies we determine teleseismic travel time residuals. These residuals contain contrasts as large as 3.5 s in Southern Norway with a clear delay underneath the mountains. At least 2 s must be produced in the upper mantle, because the well-known crustal structure cannot explain more than 1.5 s delay. This contrast reflects possibly a thin lithosphere underneath the mountains and/or a thermal perturbation.

## **SKS splitting analysis to derive mantle anisotropy underneath the Scandinavian Mountains**

C.Roy<sup>1</sup>, J.R.R. Ritter<sup>1</sup>, J. Schweitzer<sup>2</sup>, R. England<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Geophysical Institute, Karlsruhe, Germany

<sup>2</sup> NORSAR, Kjeller, Norway

<sup>3</sup> University of Leicester, U.K.

corinna.roy@student.kit.edu

The ESF TOPO-EUROPE project TopoScandiaDeep ([www.geo.uio.no/toposcandiadeep](http://www.geo.uio.no/toposcandiadeep)) aims at developing a geophysical model which explains the mechanisms that cause the present high topography of the Scandinavian Mountains far away from the present plate boundaries. We analyse a combined dataset which consists of different experiments: 1) The MAGNUS experiment consisted of 31 temporary stations of the Karlsruhe BroadBand Array and 10 permanent stations (NORSAR(7), KONO, BER and HFC2) which recorded continuously from September 2006 to June 2008. 2) The SCANLIPS 1&2 experiments in 2006 and 2008/09 with up to 38 stations. 3) The permanent NORSAR, HFC2 and KONO stations.

Shear-wave splitting analysis is carried out with the combined dataset for teleseismic events with  $M_w \geq 6.0$  at the distance range  $85^\circ$ - $130^\circ$  in order to constrain mantle anisotropy. Any observed anisotropy may be related to asthenospheric flow or alignment of anisotropic minerals in the lower lithospheric rocks due to recent or paleo deformation processes. These processes may be associated with the formation of the Scandes mountain range.

We observe an average fast velocity direction about NE-SW in Southern Norway, which seems to bend around the Southern Scandinavian Mountains. At present the anisotropic pattern is interpreted as signature of geodynamic asthenospheric processes. In contrast the average fast velocity direction in northern Norway seems to be NW-SE.



# Waveform Sensitivity Kernels for 3D Elastic Background Media

*Florian Schumacher and Wolfgang Friederich, Ruhr-Universität Bochum*

We investigate waveform sensitivity kernels based on spectral-element simulations using the SPECFEM3D GLOBE package. Starting off with absolute parameter perturbations of the medium, the kernels are derived from the Born approximation of the resulting perturbed wavefield. This way, the kernels relate absolute changes in the wavefield to absolute changes in the model parameters. As we consider all properties in frequency space, we are able to observe frequency dependent sensitivity of the medium to changes in distinct parameters.

Eventually, the kernels shall be used to relate model changes and differences between data and synthetics in a sort of full waveform inversion procedure in frequency space. In this procedure the wavefield is fitted directly instead of fitting a misfit function containing the norm (i.e. the squared components) of the wavefield, which we hope to achieve better convergence properties with. A particularly useful property of the procedure is that the simulations (basically the kernel calculations) are independent from the inversion step. This gives us the freedom of subsequent model regularization and flexible choice of receivers that are used for the inversion. Also the backwards part of the simulation in form of Green functions originating at the receiver positions is independent of different events that are included in the inversion. Hence, only one backward simulation per (component of) receiver and one forward simulation per event are necessary in one iteration. Another important thing to mention is, that the kernels, i.e. the simulation part of the inversion procedure, are independent of data. This means, e.g. observing a particular network, inversions may be repeated without much effort after some time including the latest events.

In order to produce Green functions, single force sources have been integrated into the SPECFEM3D GLOBE routines. Also all necessary processing of the time series and Fourier transformation of the seismograms are done on the fly before the spectra are written by a streaming based file output.

As a start, in this poster the basic concept and exemplary sensitivity kernels for the standard AK135 1D Earth model are presented. It is intended to give an overview of the work in progress.

`florian.schumacher@rub.de`

*Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik, NA 3/168, 44780 Bochum*

## **Frequency dependence of observed P-wave traveltimes and amplitudes, and their prediction by finite-frequency tomography**

Karin Sigloch, Ludwig-Maximilians-Universität München

Body wave observables become frequency dependent when waves interact with structural heterogeneities on the length scale of the seismic wavelength. For the purpose of multi-band finite-frequency tomography, I condense the information contained in a broadband waveform into a handful of traveltimes from crosscorrelation, measured in distinct frequency passbands, and into the same number of amplitude measurements. These traveltimes  $dT$  and amplitudes  $dA/A$  thus become frequency-dependent if the wave encounters heterogeneity roughly commensurate with its own wavelength.

I observe significant and spatially systematic frequency dependence in a global data set of P –wave traveltimes and amplitudes, which spans the frequency range of 0.03 to 1 Hz. I compare to predicted traveltimes and amplitudes, for the subset of data that was used in a recent tomographic study of North America. Spatial patterns of fits and misfits are beautifully evident on the dense station grid of the USArray. I show some patterns of dispersiveness for  $dT$  and  $dA/A$  (highest minus lowest frequency band) and compare to  $dT$  and  $dA/A$  themselves.

At most stations, the dispersion of  $dT$  is a few tenths of a second -- (i.e., almost an order of magnitude smaller than  $dT$  itself) -- but can be larger in tectonically active regions. Finite-frequency tomography predicts this dispersion, although not to its full magnitude. There is a tendency for data from one earthquake to either fit or not fit as a whole. This signals room for improvement of the tomographic model from specific azimuths by putting more emphasis on fitting the frequency dependence of  $dT$ . Similar conclusions hold for amplitudes. Although  $dA$  represents a noisier observable, its relative dispersiveness is much stronger than that of  $dT$ , so that it fits or misfits the dispersive pattern of  $dA/A$  almost as clearly as  $dA$  itself.

## Rapid response to the 2010 Chile earthquake of 27 February 2010 (M=8.8): field report and preliminary results

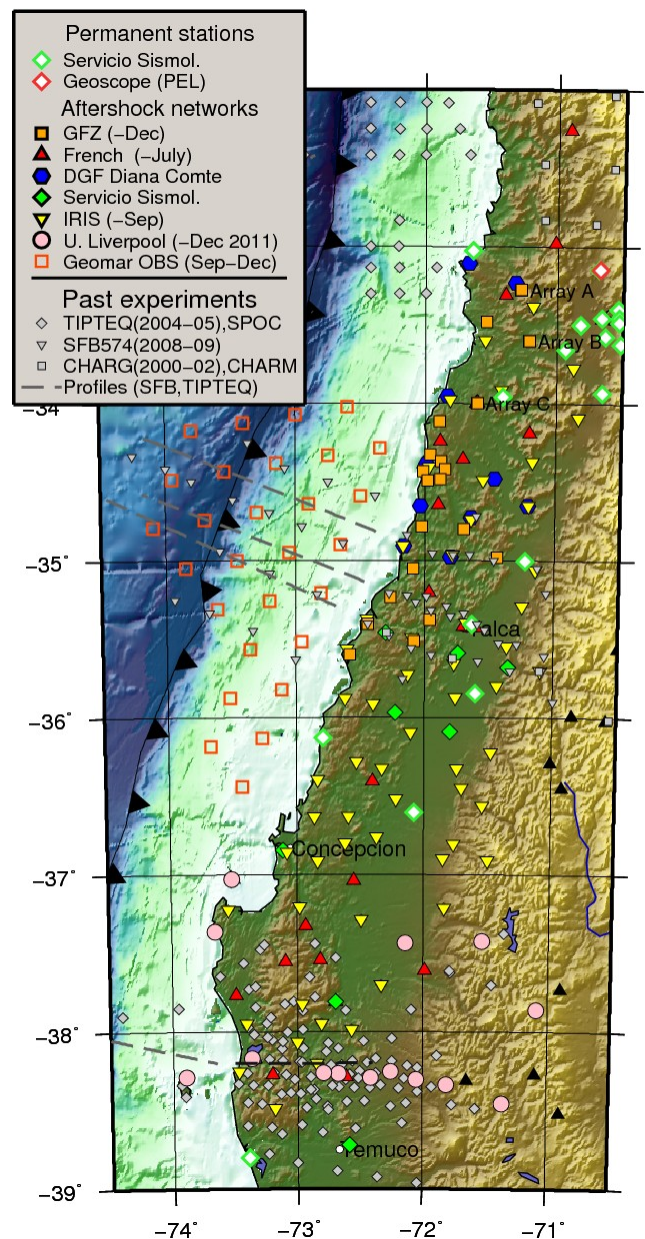
F. Tilmann, D. Lange, P. Methe, M. Moreno, B. Heit, F. Schneider (GFZ Potsdam) S. Barrientos, J. Campos, D. Comte, S. Peyrat ( Universidad de Chile) K. Bataille (Universidad de Concepcion), A. Rietbrock (Univ Liverpool), S. Roecker (Renselaer Polytechnical Institute), S. Beck (Univ of Arizona), JPV Vilotte, P. Bernard (IPGP)

On 27 February 2010 the Mw 8.8 Maule earthquake in Central Chile ruptured a well known seismic gap along the Chilean megathrust. It was the fifth largest earthquake ever recorded, and provides an unprecedented opportunity to advance our understanding of the postseismic processes following megathrust earthquakes and the factors controlling along-strike and along-dip variations of locking.

The rupture zone lies in the Concepcion-Constitucion segment, immediately to the north (and possibly partially overlapping the rupture zone of the giant M=9.5 1960 Chile earthquake and south of the 1906 and 1985 earthquakes, again with a possible small overlap). The last great interplate earthquake in the region was in 1835, as described by Darwin.

Soon after the mainshock the international seismological community (U.S.A. (IRIS), France (IPGP), U.K. (University of Liverpool), Germany (GFZ)) installed, in collaboration with the Chilean seismological community, a total of >150 portable seismic stations along the whole rupture zone in order to capture the aftershock activity.

We present preliminary aftershock distributions based on automatic detection and location algorithms. Initial processing of 70 days of continuous data (20 March until 29 May 2010) from IRIS and GFZ stations resulted in the detection 12,824 automated hypocentres with more than 12 automatically picked P arrivals. Because picking errors can be large for the smaller arrivals, the depths of located events are not always reliable, particularly far from the coast. Nevertheless, a few first order features can be identified: 1.) A pronounced cluster of seismicity is apparent at 25-35 km depth and 50-120 km trench distance with some variations between profiles. 2.) A secondary band of seismicity can be identified at 40-50 km depth and ~150-160 km trench distance and between 34 and 37S. Although the secondary band lies along the continuation of the primary one, it is clearly separated from it by a gap with sparse seismicity. It is not yet possible to state whether these events occurred on the plate interface or in the downgoing plate. 3.) Intense crustal seismicity is found in the region of the Pichilemu. The aftershocks extend from the plate interface to the surface and are aligned on a NNW-SSE oriented band in map view. The strongest aftershock, with Mw=6.9 near the city of Pichilemu indicates a normal faulting with NW strike. 4.) An isolated shallow cluster of crustal seismicity occurs beneath the volcanic arc (36.42 - S, 71.1 - W) near Laguna del Dial.



# Clusteranalyse bergbauinduzierter Seismizität mit HAMNET-Daten

S. Wehling-Benatelli<sup>1</sup>, M. Bischoff<sup>1</sup>, L. Fischer<sup>3</sup>,  
R. Fritschen<sup>2</sup>, W. Friederich<sup>1</sup>, T. Meier<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum, <sup>2</sup>DMT GmbH Essen, <sup>3</sup>Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Der Steinkohlenbergbau im Ruhrgebiet induziert jährlich ca. 1000 seismische Ereignisse mit  $0.7 \leq M_L \leq 3.3$ . In Abbaunähe können monatlich 20-40 Ereignisse mit  $M_L \geq 1.2$  verspürt werden. Hieraus resultiert ein großes öffentliches Interesse an den seismologischen Auswertungen.

Von Juni 2006 bis Juli 2007 wurde die Seismizität einer einzelnen Bauhöhe in Hamm durch ein dichtes Stationsnetz detailliert überwacht. Ca. 7500 Ereignisse mit  $-1.7 \leq M_L \leq 2.0$  wurden lokalisiert. Die Seismizität konzentriert sich auf das Abbaugelände und zeichnet dieses durch scharfe Begrenzungen klar nach. Die Epizentren verlagern sich dem Abbaufortschritt entsprechend um ca. 100 m/Monat in nordöstliche Richtung. Die horizontale Entfernung zur Abbaufront beträgt meist weniger als 60 m. Mit Herdtiefen zwischen 1200 und 900 m liegen die Ereignisse bis zu 100 m unterhalb und 200 m oberhalb des Abbauniveaus.

Herdfächenlösungen ausgewählter Ereignisse zeigen vorrangig zwei Bruchmechanismen. Abbaubegleitende Seismizität zeichnet sich durch steil stehende Herdfächen aus, die strebparallel streichen. Die Verschiebung erfolgt dabei auf den Hohlraum hin. Für räumliche Cluster in Entfernungen bis zu 500 m werden vertikal stehende P-Achsen beobachtet. Das Streichen der Herdfächen ist hier variabel. Diese Lösungen deuten darauf hin, dass tragende Strukturen im Umfeld des Abbaus versagen, wenn durch den aktuellen Abbau zusätzlich Spannungen induziert werden. Die Reaktivierung vorhandener Störungen kann zu Vorzugsrichtungen der Herdfächen führen.

Für HAMNET werden sehr ähnliche Welleformen für unterschiedliche Ereignisse beobachtet, bedingt durch ähnliche Quellregionen - daher ähnliche Laufwege - und Mechanismen. Mit Hilfe von Kreuzkorrelationskoeffizienten zwischen den Wellenformen kann diese Ähnlichkeit quantifiziert und als Grundlage zur Definition von Clustern im Abbaugelände genutzt werden. Ähnlichkeitsmatrizen für den gesamten Datensatz wurden für alle Stationen berechnet und zeigen Unterschiede in den Ähnlichkeiten, die z.B. durch Unterschiede in der Geometrie erklärt werden können, sowie eine höhere Ähnlichkeiten zwischen Ereignissen in der Nähe der Hauptdiagonalen, die bergbaubegleitende Seismizität kennzeichnen. Um Cluster sichtbar zu machen werden die Ähnlichkeitsmatrizen mittels Kreuzkorrelation der Zeilen sortiert. In den sortierten Matrizen erscheinen Cluster dann als rote Quadrate. Die so ermittelten Cluster weisen sich durch unterschiedliche Lokalisierungen der Ereignisse oder bei ähnlicher Lokalisierung durch unterschiedliche Magnitudenverteilungen aus.

# Zur Methodik der Moho-Tiefenbestimmung aus Receiver Functions am Beispiel von RiftLink-Daten

I. Wölbern & G. Rüpker

Goethe-Universität Frankfurt, Inst. f. Geowissenschaften  
Altenhöfer Allee 1, 60438 Frankfurt am Main

Das Rwenzori-Massiv im Grenzgebiet von Uganda und der Demokratischen Republik Kongo gehört zu den höchsten Gebirgen Afrikas und erreicht Höhen von mehr als 5.000 m. Die Lage des Gebirges inmitten des westlichen Astes des Ostafrikanischen Grabensystems wirft die Frage nach seiner Entstehung und Hebungsgeschichte vor dem Hintergrund eines aktiven Rifts auf. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde im Rahmen der RiftLink-Forschergruppe auf der ugandischen Seite des Gebirges in der Zeit von Mai 2006 bis September 2007 ein Netz von 23 mobilen seismologischen Stationen betrieben, das kontinuierlich Daten lokaler wie auch teleseismischer Ereignisse aufgezeichnet hat.

Die Ergebnisse des seismologischen Experimentes sollen Erkenntnisse zum strukturellen Aufbau des Gebirgsmassivs liefern, die wiederum als Rahmenbedingungen Eingang in die geodynamische Modellierung finden. Wir haben die Methode der Receiver Functions angewendet, um die Krustenmächtigkeit unter dem Rwenzori-Gebirge aus teleseismischen Beben zu bestimmen. Unterschiedliche, voneinander unabhängige Techniken wurden eingesetzt, um ein möglichst genaues Abbild der Mohotiefen zu erhalten. Die Wellenforminversion nach Kosarev et al. (1993) erwies sich dabei angesichts der Komplexität der Wellenformen als ungeeignet. Ergebnisse konnten aber mit zwei unterschiedlichen Grid-Search-Ansätzen gewonnen werden, u.a. nach der Methode von Zhu & Kanamori (2000). Die wichtigste Erkenntnis hieraus ist das Fehlen einer Krustenwurzel unter dem Rwenzori-Gebirge. Stattdessen nimmt die Krustenmächtigkeit unter dem Gebirge im Vergleich zur östlichen Riftschulter um durchschnittliche 5-6 km ab.

Da die Grid-Search-Methoden auf der Eingabe einer durchschnittlichen P-Geschwindigkeit für die Kruste basieren, ist die Bestimmung der Mohotiefen mit Unsicherheiten behaftet. Wir haben daher die Technik von Kumar & Bostock (2008) eingesetzt, die es erlaubt, absolute durchschnittliche P-Geschwindigkeiten für die Kruste aus den Receiver Functions an den einzelnen Stationen zu ermitteln. Diese können dann als Eingabe für den Algorithmus nach Zhu & Kanamori verwendet werden und somit eine genauere Bestimmung der Mohotiefen ermöglichen. Die Anwendung der ermittelten P-Geschwindigkeiten führt in der Rwenzori-Region auf eine bis zu 3 km mächtigere Kruste verglichen mit der Studie ohne Anwendung von Kumar & Bostock. Durch den Vergleich mit theoretischen Kurven konnte zudem eine sicherere Identifizierung des Mohosignals im Grid-Search-Ergebnis erreicht werden, was andernfalls bei komplexen Strukturen oftmals schwierig ist. Die Ausdünnung unter dem Riftgraben bestätigt sich auch nach der Korrektur der Mohotiefen.

Erste vorläufige Ergebnisse liegen auch für die S-Receiver Functions vor, die insbesondere geeignet sind, den Übergang von der Lithosphäre zur Asthenosphäre abzubilden. Gerade die Mächtigkeit der Lithosphäre ist von großem Interesse als Randbedingung für die geodynamische Modellierung und wird in nächster Zukunft das Bild des Untersuchungsgebietes vervollständigen.

## Referenzen:

- G. L. Kosarev et al. (1993): Receiver functions for the Tien Shan analog broadband network: contrasts in the evolution of structures along the Talasso-Fergana fault. *J. Geophys. Res.* 98, 4437-4448
- L. Zhu & H. Kanamori (2000): Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions, *J. Geophys. Res.* 105, 2969-2980
- M.R. Ravi & M.G. Bostock (2008): Extraction of absolute P velocity from receiver functions, *Geophys. J. Int.* 175, 515-519
- I. Wölbern et al. (2010): Crustal thinning beneath the Rwenzori region, Albertine rift, Uganda, from receiver-function analysis, *Int. J. Earth Sci.*, online first, doi: 10.1007/s00531-009-0509-2