

39. Sitzung der AG Seismologie, Schmitten, Taunus

Programm

Mittwoch, 25. September 2013, 14:00–15:45

Wolfgang Friederich:

Eröffnung der Sitzung

Johannes Schweitzer:

100 Jahre Von Reinachsche Erdbebenwarte auf dem Kleinen Feldberg im Taunus

K. Stammler:

Statusbericht Seismologisches Zentralobservatorium

M. Weber:

Infrastruktur des GFZ - Für und mit der Geo-Community (mit Diskussion)

Mittwoch, 25. September 2013, 16:30–18:15

A. Strollo:

Entwicklung von GEOFON

I. Wölbern, G. Rümpker:

Existierte ein präkambrischer Mikrokontinent "Mauritia" im Indischen Ozean

F. Schneider, X. Yuan et al.:

Ergebnisse der Receiver Funktionen Analyse für den Pamir/Zentralasien aus dem TIPAGE Datensatz

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

Automated inter-station measurements of fundamental mode phase velocities, and tomographic inversion for Central and Northern Europe

U. Loebl, B. Homuth, G. Rümpker:

Analyse und Modellierung von kleinskaligen Variationen seismischer Anisotropie im East African Rift System

L. Cristiano, T. Meier, C. Weidle, F. Krüger, J. Schweitzer, T. Kvaerna:

Constraints on crustal and uppermost mantle structure beneath North and Central Europe from P-wave polarization and fk-Analysis

Mittwoch, 25. September 2013, ab 19:30

Versammlung AG Induzierte Seismizität

Donnerstag, 26. September 2013, 9:00–10:30

M. Walter, M. Joswig:

Frühwarnung durch seismisches Monitoring an Hangrutschungen und Felsstürzen: Erste Beobachtungen und Erfahrungen

L. Küperkoch:

Induzierte Seismizität an den Geothermiestandorten Landau und Insheim

A. Eisermann, M. Joswig:

Erdbebenlokalisierung in 3D mittels Echtzeit-Visualisierung: Theorie und Anwendung bei OSI und slidequakes

T. Kraft, S. Wiemer, N. Deichmann, T. Diehl, et al.:

The ML 3.5 earthquake sequence induced by the hydrothermal energy project in St. Gallen, Switzerland

N. Gestermann, T. Plenefisch, M. Bischoff:

Untersuchungen zum seismischen Ereignis bei Völkersen in Norddeutschland vom 22. November 2012

Donnerstag, 26. September 2013, 11:00–12:30

U. Schwaderer, M. Joswig:

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

Homuth, B., Lindenfeld, M., Winter, H., Reiss, M., Rümpker, G., Kracht, M.:

Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens

P. Blaschek, M. Joswig:

Active Fault Mapping by Nanoseismic Monitoring at the Mont Terri Project

A. Barth:

Magnituden-Intensitäts-Relation im Oberrheingraben

D. Bürk, D. Kaiser, G. Hartmann, U. Stelling, H. Schlote:

Zusammenführung der Erdbebenkataloge für Deutschland in einer gemeinsamen Datenbank – ein Projekt an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Postersession, Donnerstag, 26. September 2013, 14:00–16:00

K. Essen, K. D. Fischer, M. Bartz, W. Friederich:

Observation of Drill Bit Noise at a Test Site of the International Geothermal Center in Bochum, Germany

B. Endrun-Knapmeyer, F. Krüger, C. Legendre, W. Geissler, PASSEQ Working Group:

Lithospheric and upper mantle structure across the Trans-European Suture Zone from receiver functions

H. Flores, A. Schmidt, S. Funke:

Small-scale noise interferometry from non-synchronized sources

C. Raub, M. Bohnhoff, G. Dresen, F. Bulut, T. Kilicet et al.:

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

C. Sens-Schönfelder, E. Pomponi:

Distribution of velocity changes associated with the activity of Piton de la Fournaise Volcano (La Reunion, France)

M. Palo, F. Tilmann, F. Krüger, L. Ehlert, D. Lange:

Back-projection analysis of P waves emitted by Maule earthquake (Chile, 27/02/2010, Mw 8.8) using dynamic station corrections

M. Vasterling, U. Wegler, M. Bischoff, J. Becker:

Automatische Ereignisdetektion basierend auf Wellenformähnlichkeit unter SeisComP3 am Beispiel des Geothermieprojekts Insheim

M. Reiss et al.:

Application of Array methods to the monitoring of induced and natural seismicity in the northern Upper Rhine Graben

Donnerstag, 26. September 2013, 16:30–18:00

X. Shen, X. Yuan, X. Li:

An ubiquitous low velocity layer at the base of the mantle transition zone

K. Hannemann, F. Krüger, T. Dahm:

Performance Comparison of Broadband Arrays in the Deep Ocean and on an Ocean Island

Krüger, F., Dahm, T., Hannemann, K.:

Propagation characteristics of Po/So in the lithosphere of the Eastern Atlantic ocean revealed from automatic incoherent ocean bottom array processing

E. Wielandt:

Neues und nicht ganz Neues aus der Seismometrie

R. Häfner, R. Widmer-Schnidrig:

Resonante Anregung langperiodischer Oberflächenwellen

G. Rümpker, A. Kaviani, K. Latifi:

Rapid estimation of shear-wave splitting parameters in multi-layered media from receiver functions by azimuthal stacking and layer stripping

Donnerstag, 26. September 2013, 19:30

Mitgliederversammlung der AG Seismologie

Freitag, 27. September 2013, 9:00–10:30

I. Wölbern, G. Rümpker:

Seismische Anisotropie in der Subduktionszone der Zentralanden: Nachweis starker Einflüsse der Kruste

T. Dahm, P. Hrubcova, T. Fischer, J. Horalek, M. Korn, S. Buske, D. Wagner, F. Krüger, M. Ohrnberger:

Eger Rift ICDP: An observatory for study of non-volcanic, mid-crustal earthquake swarms and accompanying phenomena

Diehl, T., Deichmann, N., Clinton, J.F., Kraft, T., Waldhauser, F.:

Towards real-time double-difference earthquake location in Switzerland

P. Gäbler, C. Sens-Schönfelder, M. Korn:

Estimation of Crustal Scattering and Attenuation Parameters using Translational and Rotational Motions from Local and Teleseismic Events

H. Sudhaus, D. Schorlemmer, F. Krüger and M. Ohrnberger:

Testing earthquake source models – a discussion paper

Freitag, 27. September 2013, 11:00–12:00

M. Frietsch, J. Groos, J. Ritter:

Anisotropie in der Oberkruste und deren Einfluss auf die Lokalisierungsgenauigkeit mikro-seismischer Ereignisse im Oberrheingraben

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

The Influence of Ground Water Level Changes on Monitoring Seismic Velocity Variations with Coda Wave Interferometry at the CO₂ Storage Site Ketzin, Germany

Y. Ma:

YASEIS: Theory and Applications

D. Schorlemmer:

Advancements in Probabilistic Seismic Network Completeness Studies

Gesammelte Abstracts

AG Seismologie

25. - 27. September 2013

Schmitten, Taunus

Magnituden-Intensitäts-Relation im Oberrheingraben

Andreas Barth, Karlsruher Institut für Technology (KIT), Geophysikalisches Institut

Gefährdungsanalysen für induzierte oder tektonische Seismizität sind im Oberrheingraben aufgrund vielfältiger Eingriffe in den Untergrund von grundlegender Bedeutung. Sowohl für die Abschätzung von Auswirkungen induzierter Erdbeben als auch für die Bewertung historischer Schadensbeben ist eine verlässliche Umrechnung von Magnituden auf makroseismische Intensitäten $I_0(M_L)$ und umgekehrt notwendig.

Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf die Bestimmung der Maximalintensität I_0 zu legen. Diese kann sowohl bei kleinen aktuellen Beben als auch bei stärkeren historischen Beben fehlergeschätzt werden, was zur Ableitung einer falschen Magnituden-Intensitäts-Relation $I_0(M_L)$ führen kann.

Einen Hinweis auf eine Überbewertung historischer Magnituden zeigt der Vergleich von Gutenberg-Richter Relationen instrumentell gewonnener und abgeleiteter historischer Magnituden. Die Kombination verschiedener instrumenteller und historischer Erdbebenkataloge zeigt eine systematische Verschiebung historischer Magnituden um $+0,4 M_L$. Ein Grund dafür kann die Überbewertung makroseismischer Intensitäten sein, wie zwei Beben von 1880 und 1903 aus Kandel/Südpfalz zeigen. Die Auswertung historischer Literaturquellen zeigt, dass das Erdbeben von 1880 eine Maximalintensität von $I_0=V$ (nach EMS-98) erzeugte, während das Ereignis von 1903 $I_0=VI$ aufwies. Damit wurden beide Beben in der bisherigen Literatur um einen halben bzw. einen Intensitätsgrad überbewertet (Barth, 2011).

Weiterhin besteht bei kleinen, aktuellen Beben nahe der Spürbarkeitsgrenze die Gefahr Intensitäten zu unterschätzen, da in weniger dicht besiedelten Epizentralgebieten maximal auftretende Intensitäten nicht beobachtet werden können. Daher ist es wichtig zur Ableitung von $I_0(M_L)$ Erdbeben entsprechend zu gewichten. Die Auswertung von 27 instrumentell aufgezeichneter Erdbeben im Oberrheingraben zeigt für flache Beben eine Spürbarkeitsschwelle ($I_0 = III$) bei Magnituden $M_L \geq 1,7$. Für Magnituden $M_L \geq 3,0$ weist $I_0(M_L)$ größere Werte auf als bei früheren Relationen. Dies wiederum kann bei der Umrechnung historischer Intensitäten zu einer weiteren Quelle für die Überschätzung der Magnitude führen.

Constraints on crustal and uppermost mantle structure beneath North and Central Europe from P-wave polarization and fk-Analysis

Luigia Cristiano (1), Thomas Meier (1), Christian Weidle (1), Frank Krüger (2), J. Schweitzer(3), T. Kvaerna (3)

(1) Christian-Albrechts Universität, Kiel, Germany (luigia@geophysik.uni-kiel.de), (2) Universität Potsdam, Potsdam, Germany, (3) NORSAR, Norway

P wave polarization analysis is applied together with array methods to investigate the crustal and upper mantle structure in Germany and south Norway. P-wave polarization may yield valuable information on lateral heterogeneity and anisotropy close to the recording station. 20 years of recordings is used to study the dependence of the polarization attributes as a function of backazimuth and epicentral distance and frequency. The automation of the analysis procedure is needed to process large amount of data and determine incidence angle, azimuthal deviation and linearity in different frequency ranges. Incidence angles as well as azimuthal deviations of P-waves vary with frequency are observed. The azimuthal deviations are mainly a function of the backazimuth. Fast propagation directions of P-waves may be determined by harmonic analysis of the azimuthal deviations as a function of backazimuth. Applying harmonic analysis to the azimuthal deviations measured at the stations of the German Regional Seismic Network and NORSAR array at different frequency bands, we extract their dependence on the events backazimuth. It is possible to retrieve the amplitude of the 180° periodicity term representing the anisotropy of the local structure, assuming an horizontal hexagonal symmetry axis for the anisotropy. The effect of lateral heterogeneities close to the receiver and along the ray path is studied as well. The azimuthal anomalies of polarization vector and incidence angle by polarization analysis are compared with propagation direction and slowness estimated by fk analysis. This help to understand the characteristic of anisotropy and locate the lateral heterogeneities generating the deviations from GCP direction of polarization and propagation vectors.

Eger Rift ICDP: An observatory for study of non-volcanic, mid-crustal earthquake swarms and accompanying phenomena

T. Dahm, P. Hrubcová, T. Fischer, J. Horálek, M. Korn, S. Buske, D. Wagner, F. Krüger, M. Ohrnberger

For several centuries, the West Bohemia (Czech Republic) and the Vogtland regions (Germany) have faced earthquake swarm seismicity and large-scale diffuse degassing of mantle-derived CO₂. The repeated occurrence of earthquake swarms represents a manifestation of an intraplate swarm activity at the western part of the Eger Rift. The documented most energetic, historic swarms occurred in 1824, and at the break of 19th and 20th centuries. Since 1985 the activity has been concentrated in the area of Nový Kostel (Czech Republic) where five ML 3+ swarms has already clustered in a depth range of 6-10 km. The inter-swarm-period varied between 11 and 3 years, and the rate of released seismic moment appears to increase during the swarms.

Nowadays, it is well accepted that ES are driven by fluid instability in the crust. These may be magmatic fluids for ES at volcanoes, or cold/meteoric fluids for ES in other regions. In West Bohemia/Vogtland, it is still unknown whether magma, water, CO₂ or other mantle-derived fluids are driving the persistent ES activity at mid-crustal levels at several locations over an area of about 40 x 60 km. This geographical region is also characterized by numerous mineral springs, Tertiary/Quaternary volcanism and neotectonic crustal movements, and is located at the intersection of two major intraplate fault zones. It is likely that all these phenomena are related to a common origin.

In June 2013 a workshop took place to discuss scientific questions of the Eger ICDP. The workshop participants concluded that a better understanding of the earthquake swarm processes and fluid interactions are the key problems that can be addressed by the planned observatory. This will include questions about whether the earthquakes are fluid driven, the relation of fluids to near-surface mineral water resources, and potential seismic and volcanic hazards in the spa area. Another line of relevance concerns the sustainability of mineral water and hot springs resources, or better quantification of the geothermal potential.

These questions can be addressed by taking a step up from the current short period seismic monitoring network to a high frequency 3D seismic array. A set of five to six shallow boreholes (~500 m deep) should be equipped with vertical seismic arrays and combined with surface small-aperture high frequency arrays. Such a configuration will allow the study of source and rupturing processes up to 100 Hz and down to the magnitudes of -2. The boreholes of this novel array of 3D arrays can additionally be used to close azimuthal and take-off angle gaps in the current monitoring network, to include high precision deformation measurements from boreholes (tilt- and strainmeters), to set up a deep monitoring of CO₂ degassing free of the effect of surface environmental parameter variations and allow for heat flow measurements and self-potential monitoring. Reflection seismic site characterization works around these boreholes as well as such that target the main fault plane of the swarms are mandatory in that respect in order to relate the phenomena observed in the boreholes to the large-scale structure and processes of fluid flow in the crust

Towards real-time double-difference earthquake location in Switzerland

Diehl¹, T., Deichmann¹, N., Clinton¹, J.F., Kraft¹, T., Waldhauser², F.

¹ Swiss Seismological Service, ETH Zurich Switzerland

² Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, New York, United States

Detailed information on the spatio-temporal migration of natural and induced seismic activity provides an important seismotectonic context for rapid hazard evaluation. For those applications, monitoring the migration of seismicity requires the precise location of hypocenters in real-time. The double-difference (DD) location method in combination with differential times measured from arrival-time picks and waveform cross-correlation (Waldhauser and Ellsworth 2000) provides high-resolution images of seismicity. The method was adopted for real-time application and is operational in the Northern California Seismic Network (Waldhauser 2009). The concept of this approach is an algorithm locating a new event with respect to a background catalog using the DD-formulation. The background catalog is generated from past seismicity using the hypoDD algorithm and the catalog is frequently updated to account for new events.

In the presented work, we applied waveform cross-correlation and double-difference relocation to the entire digital archive of the Swiss Seismological Service (SED) starting in 1984 (including >10,000 earthquakes and ~1,800 identified quarry blasts) to derive a background catalog for real-time DD applications. We present the first results of the relocation approach and assess the quality of the new background catalog by comparison with previous relative locations of earthquake sequences and ground-truth events in different parts of Switzerland. Fault structures resolved by natural earthquake sequences (e.g. Vallorcine 2005, Sierre 2011) in southwestern Switzerland agree very well with previous studies and the resolution of first-order active fault zones like the northern Valais lineament is significantly improved by the new DD-background catalog. In addition, known quarry blasts events cluster more tightly in the background catalog, which can be used in future for identification of blasts.

The same relocation approach was successfully applied to the seismicity induced in the Sankt Gallen geothermal system in July 2013. The sequence consisted of more than 600 detected events, of which more than 225 could be located. The maximum local magnitude in the sequence was 3.5 comparable in size with the M_L 3.4 event induced by stimulation below Basel in 2006. The procedures allowed the precise relocation of seismicity shortly after the M_L 3.5 event. First results image a distinct NE-SW striking lineament in the relocated seismicity, consistent with a left-lateral fault plane derived from the analysis of first motion polarities and a regional moment tensor inversion. The seismicity is limited to a 0.8 km long band, in a depth of 4 to 5 km.

Finally, we will present our strategy to implement the real-time DD approach in the Swiss National Network. The SED recently migrated its seismic monitoring software to the SeisComP3 framework, which will feed the real-time DD algorithm with phase picks and initial locations.

Erdbebenlokalisierung in 3D mittels Echtzeit-Visualisierung: Theorie und Anwendung bei OSI und slidequakes

Andreas Eisermann, Manfred Joswig,
Universität Stuttgart, Institut für Geophysik

Die Analyse von Kleinstbeben liefert wichtige Erkenntnisse zur Dynamik des oberflächennahen Raumes. So indizieren Impaktereignisse die Ausdehnung von Sinkholes, Slidequakes Destabilisationsprozesse in Hängen, und schwache Aftershocks von M_L -2/-3 vorherig aktive Zonen in OSI Kampagnen. Neben diesen Signalen treten jedoch eine Vielzahl von Störsignalen auf, die zuvor identifiziert und ausgeschlossen werden müssen. Beginnend bei alltäglichen anthropogenen Rauschquellen wie Autos, Zügen, Pumpen und Sprenganlagen, erstrecken sich diese Ereignisse über Explosionen, Minen- und Gebäudekollapse, durch Flugzeugabstürze hervorgerufene Impaktereignisse, bis hin zur Kollision von Eisbergen. Oft liegen diese Ereignisse außerhalb des Fokus' des Netzwerks und zeichnen sich durch nur schwache Signaturen aus, wodurch sie oft auf nur wenigen Stationen identifizierbar sind. Die Lokalisierung stellt ein wichtiges Indiz für die Klassifizierung der Ereignisse bereit, wird aber durch den Umstand nur weniger Daten, uneindeutiger Phaseneinsätze und dem Fehlen von S-Phasen erschwert, so dass die Verwendung von L_2 -Minimierenden Residuenverfahren oft problematisch ist. Die Nutzung von Kleinarrays zur Signalerfassung, Spektralanalysen für die Signaldetektion, und einem interaktiven, auf graphischen Jackknifing beruhenden Lokalisierungsschema erlauben die Ortung und Klassifizierung solcher Ereignisse.

Das in *HypoLine* (Joswig, 2005) entwickelte Ortungsschema basiert auf den mathematischen Körpern unstetiger Sphero- und Hyperboloide, die als Lokalisierungsbedingungen paarweise aus t_P und $t_P_{Station1} - t_P_{Station2}$ Observablen gebildet werden, und die Auswirkung jeder Parameteränderung auf die Lösung direkt aufzeigen. Aus den Schnittkurven dieser Körper mit einem variablen Tiefenniveau wird der Ort maximaler Liniendichte als Hypozentrum geringster Bedingungsverletzung gewählt. Durch die schnelle, strahlen-geometrische Berechnung wird ein "Spielen" mit den Parametern in Echtzeit ermöglicht, um die Lösungsdynamik bei Wahl der Einsatzzeiten, Herdtiefenannahme und Geschwindigkeitsmodell auszuloten und die plausibelste Lösung zu erkennen.

Der bisher in *HypoLine* verwendete Algorithmus beschrieb eine parallele Schichtstruktur mit Oberflächenstationen. Für den Einsatz von *HypoLine* fuer Hydrofrac-Experimente und Bergwerksnetze werden jedoch Stationspositionen im Vollraum benötigt. Die Bedingung der Echtzeitfähigkeit beschränkte die Untergrundstruktur bisher auf einfache Geschwindigkeitsmodelle; bei kleinräumigen Strukturen wie Hangrutschungen ist der Ansatz paralleler Schichtung jedoch unzureichend. Aufgrund der fehlenden S-Phase bei den meisten anthropogenen Ereignissen werden zudem weitere Lokalisierungsbedingungen zur Verbesserung der Ortungsgenauigkeit benötigt.

Es wird ein neuer, auf den gleichen Prinzipien beruhender Ansatz vorgestellt, der das zu Untersuchende Volumen vorerst quantisiert und auf diesem Gitter alle benötigten Phaseneinsätze berechnet. Anschließend können alle Lokalisierungsbedingungen auf diesem Gitter in Echtzeit abgebildet werden. Die entwickelte Methodik macht die Darstellung der Lokalisierungsbedingungen in ihrer, durch die Ungenauigkeit der Phaseneinsätze gegebenen Unschärfe möglich und erlaubt damit eine akkuratere Lokalisierung. Durch die Trennung von rechenzeitaufwendigen und einfachen Operationen erlaubt der Ansatz die Verwendung von 3dim. Stationsverteilungen, beliebigen Geschwindigkeitsmodellen, probablistischen Lokalisierungsbedingungen und öffnet dem Analysten neuen Einblick in das komplexe Lösungsvolumen.

Lithospheric and upper mantle structure across the Trans-European Suture Zone from receiver functions

Brigitte Knapmeyer-Endrun (Max Planck Institute for Solar System Research, endrun@mps.mpg.de), **Frank Krüger** (University Potsdam), **Cedric Legendre** (Academia Sinica Taiwan), **Wolfram Geissler** (AWI Bremerhaven) & the **PASSEQ Working Group**

The Trans-European Suture Zone (TESZ), the border between the Precambrian East European Craton (EEC) and Phanerozoic Central Europe, is a fundamental tectonic boundary in Europe. We study variations in Moho depth, the lithosphere-asthenosphere boundary (LAB), and the mantle transition zone (MTZ) discontinuities across the TESZ by means of a new, large dataset of Ps- and Sp-receiver functions (RFs). Specifically, we use data of the international PASSEQ experiment, which offers the densest coverage in the region so far.

We derive a Moho map of central Europe based on homogeneous and consistent processing of Ps- and Sp-RFs. Our data are in good agreement with previous, more localized RF studies, as well as with the interpretation of seismic profiles, while at the same time resolving a higher level of detail than previous maps covering the area. The close correspondence with the seismic data regarding crustal structure also increases confidence in use of the RFs in crustal corrections and the imaging of deeper structure, for which no independent seismic information is available. In addition to the pronounced, stepwise transition from crustal thicknesses of 30 km in Phanerozoic Europe to more than 45 km beneath the East European Craton, we can distinguish other terrane boundaries which span a wide range of ages, from Paleoproterozoic in Lithuania to Cenozoic in the Alps, reflecting the complex tectonic history of Europe. Crustal thickness and properties in the study area are also markedly influenced by tectonic overprinting, for example the formation of the Central European Basin System, and the European Cenozoic Rift System.

In S-RFs west of the TESZ, a LAB conversion is found at an average depth of 90 km, similar to surface wave results. For stations in the EEC, we also observe conversions due to a velocity reduction at about 100 km depth. As this observation cannot be caused by the tomographically imaged LAB, we rather explain it as mid-lithospheric discontinuity. We also observe a negative conversion of similar size that could be related to a velocity decrease at 180 km to 290 km depth, close to depth estimates for the cratonic LAB.

With both Ps- and Sp-RFs, we observe significantly shorter travel times for MTZ conversions within the EEC, caused by high velocities within the cratonic root. By contrast, the differential travel time across the MTZ is normal, implying no insulating effect of the cratonic keel in the MTZ. Within Phanerozoic Europe, no widespread thermal effects of Caledonian and Variscan subduction remain. Only more recent tectonic events (i.e. Alpine subduction, Eifel volcanism) can be traced. Remarkably, we discover the signature of the TESZ in the MTZ as a linear region of ~350 km width with a 1.5 s increase in differential travel time. We relate this observation to a temperature decrease of ~80 K. Our preferred explanation for this anomaly is edge-driven convection caused by the contrast in lithospheric thickness across the TESZ.

Small-scale noise interferometry from non-synchronized sources

Hortencia Flores-Estrella, Andreas Schmidt, Sigward Funke
Institute of Geophysics and Geology, Leipzig University
Talstrasse 35, 04103, Leipzig, Germany
hortencia.flores@uni-leipzig.de

Seismic noise interferometry can retrieve the Green's functions if there exists an appropriate set of randomly distributed sources. However, at high frequencies (above 5 Hz) the noise sources are rarely evenly distributed; this can be solved by user-defined sources, that need to cover the areas called "end-fire lobes" and do not need to be synchronized. In this study, we consider a jumping person and the acoustic signal from a mofette as noise sources.

We present results from noise interferometry among receivers along a profile measured at two different sites, under variable noise conditions. On the first one, at the Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ) monitoring station, Bad Lauchstädt, we define the location of the noise source (jumping person) thus we can analyze the effect of the distance and the angle to the profile line on the retrieved Green's functions. As long as the noise sources cover the "end-fire lobes" the results are comparable to those from standard active source (synchronized) measurements.

On the second site, at the mofette field in Hartoušov, Czech Republic, we used the acoustic signal, produced by gas emissions, as non-synchronized noise source located at one end of the recording profile. In this case the water table level as well as the internal structure of the mofette is unknown. The energy is mainly distributed near the mofette between 10 and 80 Hz. The interferometric signal properties show that the mofette is not a punctual noise source and that it varies in time. In future works we would use these results to characterize the location and structure of the mofette.

Estimation of Crustal Scattering and Attenuation Parameters using Translational and Rotational Motions from Local and Teleseismic Events

Peter Gaebler^{1,2}, Christoph Sens-Schönfelder¹, Michael Korn²

¹ GFZ German Research Centre for Geosciences, Section 2.4 Seismology, Potsdam, Germany

² Institute for Geophysics and Geology, University of Leipzig, Leipzig, Germany

Monte Carlo (MC) solutions to the Radiative Transfer Equations are used to model translational and rotational motion seismogram envelopes in random elastic media with deterministic structure. Seismic data from local and teleseismic events is used to investigate attenuation and scattering parameters in the Earth's crust.

The observation of the three additional components of rotation in the seismic wave-field can provide independent information about wave propagation in the Earth's structure. In particular the rotational motions around the vertical axis recorded in the P-wave coda of steeply incident teleseismic waves provide additional information as they can only be excited by multiple scattering of seismic waves at 3D heterogeneities. Rotational motions in the bulk are caused by shear waves and therefore directly indicate the conversion from P to S energy by scattering of the high-frequency seismic wave field.

Radiative Transfer Theory (RTT) is used to model the propagation of seismic energy in a deterministic structure described by macroscopic medium properties with statistically distributed small scale heterogeneities. It describes the spatial and temporal distribution of seismic energy emitted from a seismic source. The central quantity of the RTT, the specific intensity $I(\mathbf{r}, \mathbf{t})$, is modeled by a number density of particles $N(\mathbf{n}, \mathbf{r})$ moving into direction \mathbf{n} and located at position \mathbf{r} . Particles can experience scattering processes at medium heterogeneities that are described in the Born approximation. This processes include mode conversion and a change of propagation direction. When no scattering events occur particles move through the medium according to ray theory. This includes the interaction with interfaces (reflection, transmission, mode conversions). This way seismogram envelopes for the three translational and the three rotational components of the wave-field in a random elastic medium are simulated.

The MC-RTT simulation results are verified by comparisons with 3D finite difference simulations. Six-component envelopes from the two approaches are compared and a reasonable agreement for translational and rotational energy is obtained.

For comparison with the MC-RTT simulations we calculate multi-component reference seismogram envelopes from seismic data of local swarm-earthquakes as well as from deep teleseismic events. In the case of the regional data set a nonlinear inversion process is used to estimate crustal scattering and attenuation parameters that result in energy density traces which fit the measured local reference seismogram envelopes. MC-RTT simulations using the estimated set of scattering and attenuation parameters are then compared to reference seismogram envelopes computed from deep teleseismic events.

In summary, MC-RTT simulations allow to model translational and rotational seismogram envelopes of the high-frequency wave-field from the initial P-wave onset to the later parts of the S-wave coda in a random elastic media with deterministic structure.

The Influence of Ground Water Level Changes on Monitoring Seismic Velocity Variations with Coda Wave Interferometry at the CO₂ Storage Site Ketzin, Germany

Martina Gassenmeier (1,2), Christoph Sens-Schönfelder (1), Michael Korn (2)

(1) Deutsches GeoForschungsZentrum, GFZ Potsdam, Germany

(2) University Leipzig, Germany

With regard to the exploitation of natural resources or to the storage of waste, it is of great interest to obtain a comprehensive knowledge about the subsurface. We work with data from a seismic network in Ketzin (Brandenburg, Germany), located at a test site for CO₂ injection into a saline aquifer at a depth of about 650 m depths. In contrast to expensive active seismics we investigate the possibility of a continuous monitoring with the use of ambient seismic noise. Due to the fact that the injection is almost continuous, we expect a monotonic decrease of the seismic velocities .

We cross-correlated about 3 years of data and analyzed possible velocity changes for vertical and for horizontal components with Coda Wave Interferometry. Using the stretching method, we found periodic velocity variations with a period of approximately one year that cannot be caused by the CO₂ injection.

To exclude the noise field as a cause for the velocity variations we analyzed the prominent direction of the wave field. We show that the backazimuth of the noise is very stable in time and points towards a wind park.

By repeating the calculations of the velocity changes with different time windows in the coda, we observed an amplitude decrease when using later time windows, which means that the variations must be caused by changes in the shallow subsurface.

A comparison to ground water level (GWL) data shows an inverse correlation between the seismic velocity and changes in the GWL.

Although the observed periodic changes affect only the the shallow subsurface, they mask potential signals of material changes from the reservoir depths.

Untersuchungen zum seismischen Ereignis bei Völkersen in Norddeutschland vom 22. November 2012

Nicolai Gestermann¹, Thomas Plenefisch¹ und Monika Bischoff²

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

²Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover

Am 22. November 2012 ereignete sich um 21:38:12 Uhr MEZ ein Erdbeben der Magnitude $M_L = 2,9$ im Landkreis Verden nahe der Ortschaft Völkersen. Das Ereignis wurde von Teilen der Bevölkerung in einem Umkreis von ca. 20 km gespürt. Die seismischen Signale konnten noch an den 600km entfernten Regionalnetzstationen im Bayrischen Wald nachgewiesen werden.

Das Epizentrum des Ereignisses liegt am Rande des Erdgasfeldes Völkersen, in dessen Umfeld in den letzten 5 Jahren bereits 4 Ereignisse mit Magnituden zwischen 1,9 und 2,9 stattgefunden haben. Ähnlich aktiv ist die Umgebung des benachbarten Erdgasfeldes Söhlingen, dort ereignete sich das letzte Ereignis am 13.2.2012 mit einer Magnitude von 2,9 nahe der Ortschaft Visselhövede.

Die Ereignisse stellen trotz ihrer relativ geringen Magnituden eine Besonderheit dar, da sie in räumliche Nähe zu den Erdgasfeldern liegen und das weitere Umfeld als nahezu aseismisch anzusehen ist. Das Ziel der Untersuchungen war es somit nachzuweisen, ob es für das Ereignis vom 22.11.2012 einen Zusammenhang mit der Erdgasförderung in diesem Gebiet gibt, und ob die gemeldeten Schäden an Gebäuden durch das Erdbeben verursacht sein könnten.

Um die Ursachen der Ereignisse genauer zu untersuchen, wurde Anfang Juni 2012 in einem gemeinsamen Projekt von BGR und den Universitäten Potsdam und Hamburg 11 mobile Erdbebenstationen in unmittelbarer Nähe der bekannten Epizentren aufgestellt. Ziel des Projekts ist eine genauere Bestimmung der Herdparameter naher Erdbeben und die Erfassung von Ereignissen mit geringerer Magnitude. Dadurch konnte für das Ereignis vom 22.11.2012 ein für Ereignisse in Norddeutschland einmaliger Datensatz mit einer großen Anzahl von herdnahen, azimuthal gut verteilten Stationen zusammengestellt werden. Die Auswertung der Daten hat eine Herdtiefe von 4,8km ($\pm 1,6$ km) ergeben, die damit im Tiefenbereich der Erdgasentnahme liegt.

Weitere Indizien legen den Schluss nahe, dass die Erdbeben im Bereich des Erdgasfeldes Völkersen mit hoher Wahrscheinlichkeit im Zusammenhang mit der Erdgasförderung stehen. Für die übrigen Ereignisse in dem Gebiet ist der Zusammenhang als wahrscheinlich einzustufen.

Resonante Anregung langperiodischer Oberflächenwellen

Rolf Häfner¹, Rudolf Widmer-Schmidrig¹²

¹Institut für Geophysik, Universität Stuttgart

²Black Forest Observatory (BFO)

Permanent angeregte Oberflächenwellen ("Hum") können auch in Abwesenheit größerer Beben beobachtet werden. Sowohl Rayleigh- als auch Love-Wellen sind in über langen Zeiträumen gestackten Spektren seismischen Rauschens erkennbar. Vertikale Auflasten können jedoch ausschließlich Rayleighwellen anregen. Eine mögliche Quelle der angeregten Love-Wellen sind Druckunterschiede an Flanken unterseeischer Hügel, die durch ozeanische Schwerewellen geeigneter Wellenlänge hervorgerufen werden.

Anhand synthetischer Seismogramme untersuchen wir Voraussetzungen, Effizienz und Richtungsabhängigkeit solcher Quellen der Hintergrundeigenschwingungen.

Performance Comparison of Broadband Arrays in the Deep Ocean and on an Ocean Island

Katrin Hannemann¹, Frank Krüger¹, Torsten Dahm^{1,2}

Abstract

Within the DOCTAR project (Deep Ocean Test ARray), we want to examine the potentials and limitations of broadband array seismology in the deep ocean compared to experiments on the continent and on an ocean island. We installed three mid-aperture arrays in West Portugal, on Madeira and in the deep water (4-5 km water depth) of the Eastern Mid-Atlantic. The array on Madeira is equipped with twelve broadband (8 Guralp 60s & 4 STS2) and twelve short period sensors (LE3D 5s). The array had an aperture of 20 by 40 km on Madeira itself and with the station installed on the neighboring island of Desertas, we get a maximum aperture of 70 km. In the ocean, we deployed twelve free fall ocean bottom stations (OBS) with an aperture of 75 km. These instruments are autonomous stations consisting of a broadband seismometer (Guralp 60s) in combination with a HTI hydrophone (DEPAS type instruments).

We present the techniques employed during the preprocessing of the data to perform a timing correction at the ocean bottom array (OBA) and to determine the orientation of the sensors by using a gyrocompass (Madeira) and wave polarization analysis (OBA). Furthermore, we have a look at the noise and signal characteristics at both arrays and show examples. Moreover, a fk-analysis in a moving time window is used to detect local and global events.

Finally, we are able to give some preliminary conclusions regarding the potential and performance of broadband arrays in the deep ocean.

Homuth, B., Lindenfeld, M., Winter, H., Reiss, M., Rümpker, G. (Goethe Universität Frankfurt), Kracht, M. (HLUG Wiesbaden)

Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens

E-Mail: homuth@geophysik.uni-frankfurt.de

Die Seismizität des nördlichen Oberrheingrabens ist aufgrund seines Potentials für die geothermische Nutzung und der damit möglicherweise verbundenen seismischen Risiken von allgemeinem Interesse. Detaillierte Kenntnisse der natürlichen Seismizität erlauben Rückschlüsse auf aktive Störungszonen und Spannungsverhältnisse im Untergrund. In naher Zukunft sind mehrere Tiefengeothermieprojekte im nördlichen Oberrheingraben geplant. Die natürliche Seismizität in der Region ist ebenfalls interessant aufgrund von Schwarmbeben, die im 19. Jh. im Umkreis von Groß-Gerau und Darmstadt aufgetreten sind. Untersuchungen zur natürlichen Seismizität sind ein Hauptbestandteil des BMU-Projektes SiMoN (Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des Nördlichen Oberrheingrabens). Aufzeichnungen eines Netzwerkes aus 13 seismischen Stationen dienen als Datengrundlage zur Charakterisierung der Seismizität innerhalb eines etwa 50 km² großen Arealis im dichtbesiedelten Rhein-Main Gebiet. Wir stellen Ergebnisse des seismischen Monitorings für den Zeitraum seit November 2010 dar. Seit Beginn der Datenaufzeichnung konnten 61 Erdbeben im unmittelbaren Bereich des Stationsnetzwerkes lokalisiert werden mit Magnituden im Bereich zwischen $M_L = 0,5$ und $M_L = 3,2$. Die Seismizität erstreckt sich bis in eine Tiefe von 24 km mit einem Schwerpunkt der hypozentralen Tiefenverteilung im Bereich von 9 bis 12 km. Die Seismizität im Graben ist dabei auf die tiefere Kruste im Bereich von 9 bis 24 km beschränkt. Herdflächenlösungen weisen überwiegend Strike-slip Mechanismen auf, Auf- und Abschiebungen spielen nur eine untergeordnete Rolle. Zur Bestimmung der Hauptspannungsachsen wurde eine Inversion der Herdflächenlösungen durchgeführt und eine Richtung für die maximale horizontale Spannung von N135°E bestimmt. Aufgrund der Rauschbedingungen im Rhein-Main-Gebiet soll das SiMoN-Netzwerk in Zukunft um mehrere Bohrlochmessstationen erweitert werden.

Ein weiteres Projekt im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens ist das vor kurzem gestartete BMU-Projekt FERRY (Seismische Fernüberwachung geothermischer Kraftwerke mittels Arraytechnologien). Im Rahmen dieses Projektes soll ein seismisches Array auf dem Areal des Taunus Observatoriums errichtet werden. Aufgrund seiner Abgelegenheit bietet dieser Ort gute Voraussetzungen, um auch relativ schwache Beben im Rhein-Main Gebiet detektieren und lokalisieren zu können. Ziel ist ein den Oberrheingraben überdeckendes und von den Kraftwerksbetreibern unabhängiges seismisches Monitoring geothermischer Anlagen von zentraler Stelle aus.

Zusammenführung der Erdbebenkataloge für Deutschland in einer gemeinsamen Datenbank – ein Projekt an der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Dietmar Bürk, Diethelm Kaiser, Gernot Hartmann, Uwe Stelling, Heiner Schlote (BGR, Hannover)

Erdbebenkataloge bilden die Grundlage für ingenieurseismologische Gefährdungsanalysen. Um eine möglichst zuverlässige Datengrundlage zu gewährleisten, müssen diese Kataloge um neue Forschungsergebnisse aktualisiert und um neue Erdbebenereignisse erweitert werden. An der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) werden aus historischen Gründen zwei Kataloge gepflegt:

Der (historische) Erdbebenkatalog für Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 800 bis 2008 (Leydecker 2011) enthält 12665 Ereignisse mit einer Lokalmagnitude von $ML \geq 2.0$ (10557 tektonische, 1987 induzierte, 114 Sprengungen/Gebirgsschläge, 7 zweifelhafte). Zu 7915 Ereignissen in diesem Katalog wurde eine Magnitude bestimmt, 6228 besitzen eine Intensitätsangabe, und für 1478 Ereignisse liegen beide Informationen vor. Dieser Katalog liegt in einem maschinenlesbaren Textformat vor und dient vorwiegend als Grundlage für seismische Gefährdungsanalysen.

Im zweiten Erdbebenkatalog (Data Catalogue of Earthquakes in Germany and Adjacent Areas) werden alle instrumentell gemessenen Erdbeben seit 1975 erfasst. Er enthält zirka 21000 Erdbeben (tektonische und induzierte), wobei im Zeitraum ab 1998 auch Ereignisse mit einer Magnitude kleiner $ML = 2.0$ enthalten sind. Dieser Katalog wird mit Hilfe eines relationalen Datenbanksystems bearbeitet und dient der regelmäßigen Herausgabe seismischer Bulletins sowie dem Austausch mit anderen internationalen Institutionen.

Um einen doppelten Arbeitsaufwand bei der Nachführung der beiden Kataloge zu vermeiden und eine zeitnahe ingenieurseismologische Bearbeitung aktueller Beben zu ermöglichen, werden sie zur Zeit in einer gemeinsamen Datenbank zusammengeführt. Hierzu muss das Datenmodell der bestehenden Datenbank modifiziert und erweitert werden (Maurer-Rurack et.al. 2008). Eine wesentliche Neuerung im Datenmodell ist die Möglichkeit, makroseismische Datenpunkte zu erfassen. Nach der Anpassung des Datenmodells werden die Daten des historischen Erdbebenkataloges in die Datenbank eingelesen. Da einige Ereignisse (ab 1975) in beiden Katalogen vorhanden sind, erfolgt ein Abgleich.

Zur Bearbeitung des zusammengeführten Erdbebenkataloges wird eine Web-Anwendung entwickelt, welche verschiedene Anforderungen erfüllen muss:

- Abfragen nach Sach- und Raumattributen sowie eine Kartendarstellung der Ergebnislisten
- Import und Export von Ereignislisten über verschiedene Formate (CSV, QuakeML)
- Einlesen und (automatisiertes) Abgleichen mit aktuelleren Katalogen der Nachbarländer
- Bearbeitung einzelner Ereignisse
- Import von Literatur Referenzen aus Literaturverwaltungsprogrammen im RIS-Format
- Pflege und Darstellung von Quellen-Stammbäumen

Zwei wichtige Fragen sind noch zu klären: Während bisher die Priorisierung von Epizentrums-Lokalisierungen, Magnituden und makroseismischer Intensität insgesamt nach der Herkunftsquelle (Institution) erfolgte, soll es für die ingenieurseismologische Bearbeitung möglich sein, die Lokalisierung (Epizentrum), die Magnitude und die Intensität zu einem Ereignis getrennt voneinander zu priorisieren. Bei der makroseismischen Bearbeitung von historischen Ereignissen kann es außerdem vorkommen, dass ein Ereignis als falsch oder fehlerhaft gekennzeichnet wird. Im Rahmen des Projektes wird in Kürze mit der Neubewertung einiger wichtiger historischer Erdbeben begonnen.

Referenzen:

- Leydecker, G. (2011): Erdbebenkatalog für Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 800 bis 2008. - Geologisches Jahrbuch, Reihe E, Heft 59.
- Maurer-Rurack, U. et.al. (2008): Web-Kartenanwendung „Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland“. - Abschlussbericht 9Y3217020000, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

The ML 3.5 earthquake sequence induced by the hydrothermal energy project in St. Gallen, Switzerland.

Toni Kraft, Stefan Wiemer, Nicholas Deichmann, Tobias Diehl, Benjamin Edwards, Aurelie Guilhem, Florian Haslinger, Eszter Király, Eduard Kissling, Arnaud Mignan, Katrin Plenkers, Daniel Roten, Stefanie Seif, Jochen Woessner

ETH Zurich, Zurich, Switzerland.

Starting in March 2013, the geothermal project of the city of Sankt Gallen, Switzerland, has drilled through 4 km of sedimentary rocks in the Swiss Molasse Basin in order to find and exploit hydrothermal aquifers in the Mesozoic sediments. In a large-scale 3D seismic survey, the project operators identified a nearly 30 km long N-S striking segmented fault zone in the Mesozoic sediments. Based on the apparent lack of recent seismic activity, they concluded that the fault zone was not active and drilled into this target of potentially enhanced permeability.

In July 2013 a testing and stimulation program began in the Malm sediments. A small-scale fresh water injection on July 14 was followed by two acid stimulations. A low level of seismicity that strongly correlated with the testing program was observed by the Swiss Seismological Service (SED) on a dedicated network of 10 surface stations and one shallow borehole station. The seismicity during this period did not exceed magnitude ML1.2 and was judged to be well within the expected range. When operators were preparing for an airlift test, methane gas was released into the borehole from an unknown source around noon on July 19. The pressure at the wellhead rose rapidly, and operators decided to pump water and heavy mud down the well. Even though wellhead pressure decreased steadily, seismicity started to increase suddenly at 7 pm (UTC) on July 19. Although the traffic light system designed by the operators was triggered in the early phase of the seismicity increase, operators found themselves forced to continue well control instead of stopping the pumps. During this period, the seismicity intensified and culminated in a ML 3.5 event at 3:30 (UTC) on July 20 that was widely felt in the area. Yet, the SED received only a small number of reports on minor non-structural damage. In the following hours, the operators were able to stabilize the well and flare the methane in a controlled manner. Seismicity decreased rapidly within a few days but two weeks later was still far from reaching the background level.

We will report on the results of our analysis of the induced seismic sequence at Sankt Gallen.

Propagation characteristics of Po/So in the lithosphere of the Eastern Atlantic ocean revealed from automatic incoherent ocean bottom array processing.

Krüger, F.¹, Dahm, T.^{1,2}, Hannemann, K.¹

¹Institute of Earth and Environmental Sciences,
University of Potsdam, Germany

²GFZ German Research Centre for Geosciences, Germany

Contrary to continental lithosphere, the seismic shear wave anisotropy of the uppermost oceanic mantle is rarely sampled at local scales. Local anisotropy information from ocean bottom stations are often difficult to obtain because of the rare deployments and because of poor signal to noise (SNR) ratio at these stations. In a pilot study in the North Atlantic between Portugal mainland, Madeira and the Azores, we demonstrate that an ocean bottom mid-aperture array at 4-5 km depth allows for automatic retrieval of SHo, SVo and Po velocities filtered between 4 and 25 Hz from regional weak earthquakes with $M_l < 3$ in up to 500 km distance, even if the SNR is poor. We use incoherent array analysis applied to short-term average / long-term average (STA/LTA) characteristic functions. Contrary to conventional methods the array analysis reveals local, absolute velocities beneath the array that are not averages over long travel-paths. Additionally, earthquakes can be located using the back-azimuth and So-Po difference times. For instance, we observe seismicity at an aseismic segment of the Gloria transform fault.

For our pilot array at 38.4 N 18.38 W we detect and study more than 900 suited earthquakes over a period of 10 months, and retrieve a strong azimuthal anisotropy of SH and SV waves of about 8% with a fast direction striking 90E in accord with the direction of plate motion. Azimuthal anisotropy of P waves is small or even absent. We study furthermore the different propagation paths and find strong attenuation of Po and So for paths crossing the Azores hotspot region and attenuation of So only for the region directly west of Portugal. This indicates that Po and So phases are blocked or not generated in the hot upper mantle of active spreading zones.

Induzierte Seismizität an den Geothermiestandorten Landau und Insheim

Ludger Küperkoch, BESTEC GmbH, Landau

Im November 2007 bzw. im Oktober 2012 gingen die Geothermiekraftwerke Landau und Insheim in Betrieb. Nach einem weitestgehend störungsfreien Betrieb des Kraftwerks Landau von fast 2 Jahren kam es am 15.08.2009 zu einem Magnitude-2.6-Erdbeben, welches von Teilen der umliegenden Bevölkerung verspürt wurde und zu Schadensmeldungen und einem spürbaren Akzeptanzverlust dieser neuen Technologie führte. Darauf hin wurde neben den bestehenden seismologischen Netzwerken des Betreibers, der Universität Karlsruhe (KIT) und des Landeserdbebendienstes ein zusätzliches Immissionsnetz nach der DIN 4150 von der DMT aufgestellt. Außerdem wurde mit Inbetriebnahme des Kraftwerks Insheim das bestehende Betreiber Netzwerk mit eigenen Permanentstationen sowie mit temporären Stationen der BGR erweitert, so dass nun ein umfangreicher Katalog der Seismizität um Landau und Insheim vorliegt. Gezeigt wird die routinemäßige Auswertung dieses Datensatzes vom Betreiber und die daraus resultierende Charakterisierung der Seismizität um Landau und Insheim.

Analyse und Modellierung von kleinskaligen Variationen seismischer Anisotropie im EARS

Ulrike Löbl, Benjamin Homuth & Georg Rümpker

Um Rückschlüsse über die Anisotropie des Rwenzori Gebirge im Ostafrikanischen Rift System (EARS) zu ziehen, wurden Messungen von Scherwellen-Splitting für lokale und teleseismische Ereignisse durchgeführt. Das dominante Muster der Splittingparameter (Polarisationswinkel ϕ und Verzögerungszeit δt) von teleseismischen Ereignissen zeigt eine rift-parallele Ausrichtung mit einer mittleren Verzögerungszeit von ca. 1 s. Kleinräumige Variationen sind sowohl in der Verzögerungszeit als auch im Polarisationswinkel zu sehen. Die Splittingparameter der lokalen Ereignisse zeigen ein heterogenes Muster mit Verzögerungszeiten von ≤ 0.04 s. Damit kann eine krustale Anisotropie als Ursache für die kleinräumigen Variationen der SKS-Splittingparameter ausgeschlossen werden. Eine weitere mögliche Ursache können iostrope Variationen in der Kruste sein. Verschiedene Modelle wurden getestet um diese als mögliche Ursache für die kleinskaligen Variationen der SKS-Splittingparameter zu verifizieren.

YASEIS: Theory and Applications

Yanlu Ma
Institute of Geology, Mineralogy, and Geophysics
Ruhr-Universität Bochum

YASEIS stands for Yet Another program to compute the synthetic SEISmograms for a spherically multi-layered earth model. It is a lightweight and fast C program which is parallelized by OpenMP. It includes the attenuation of seismic waves by employing complex wave speeds but no self-gravitation. The algorithm behind the program is the Thomson-Haskell propagator matrix method. The numerical instabilities of the approach arise from propagating through the layers where the wavefields are evanescent or through the highly attenuative layers. Both difficulties are overcome by the orthonormalization technique proposed by Wang (1999). After the spherical expansion coefficients are obtained for a range of the angular orders, the Fourier spectrum of the synthetic seismogram is constructed by summing the Legendre series up to a maximal angular order. This error due to the series truncation becomes serious when the source and the receivers are located closely in depth. An acceleration transform plus cosine tapering technique is then applied to reduce the artificial truncation phase.

We compare the synthetic seismograms computed by different computer programs such as Gemini, QSSP, Refseis, CPS330 and YASEIS. To obtain the static displacement at the source region, the response of an explosive point source is computed at a special frequency value whose real part is zero and only a small imaginary part is kept. The resulting displacements from YASEIS fit well with the values from Okada(1992)'s formula. We compute the waveform of PKJKP phase by differentiating the seismograms from the models with different inner core Q_s values. The synthetic PKJKP phase matches the Hilbert-transformed PKIKP phase very well.

[1] Okada, Y. (1992). Internal deformation due to shear and tensile faults in a half space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 82, no. 2, 1018-1040.

[2] Wang, R. (1999). A simple orthonormalization method for stable and efficient computation of Green's functions, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 89, no. 3, 733-741.

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

Christina Raub¹, Marco Bohnhoff^{1,2}, Georg Dresen¹, Fatih Bulut¹, Tugbay Kilic³, Recai F. Kartal³, Filiz Tuba Kadirioglu³, Murat Nurlu³, Peter Malin⁴, Hisao Ito⁵, Christopher Wollin^{1*}

¹GFZ German Research Center for Geosciences, Helmholtz-Centre Potsdam, Germany

²Freie Universität Berlin, Department of Earth Sciences, Germany.

³AFAD, Disaster and Emergency Management Presidency, Earthquake Department, Ankara, Turkey.

⁴Institute of Earth Science and Engineering, University of Auckland, Auckland, New Zealand.

⁵Jamstec, Center for Deep Earth Exploration (CDEX), Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), Kanagawa, Japan.

* presenting author

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) below the Sea of Marmara represents a 'seismic gap' where a major earthquake is expected to occur in the near future. The Marmara segment of the NAFZ is located between the 1912 Ganos and 1999 Izmit ruptures and is the only segment that has not ruptured since 1766. The ICDP-GONAF project (Geophysical Observatory at the North Anatolian Fault; www.gonaf.de) involves the installation of a high-resolution borehole seismic observatory at the NAFZ consisting of up to eight 300m deep vertical boreholes around the eastern Sea of Marmara to monitor the NAFZ segment at the transition to the recent 1999 Izmit rupture. GONAF is an international collaboration and co-funded by the International Continental Scientific Drilling Programme (ICDP), GFZ Potsdam and the Disaster and Emergency Management Presidency in Ankara/Turkey (AFAD). Further principal partners are IESE/New Zealand, JAMSTEC/Japan, MIT and UNAVCO/both US,. The principal scientific objective of GONAF is to study physical processes acting before, during and after the expected M>7 earthquake along the Princes Islands segment of the NAFZ by monitoring microseismic activity at significantly reduced magnitude detection threshold and improved hypocentral resolution. In October 2012 the first GONAF borehole was successfully drilled in Istanbul on the Tuzla peninsula and an array of borehole seismometers was installed for permanent operation. In addition a surface station at the same site was installed consisting of short period, broadband and strong motions sensors.

Anisotropie in der Oberkruste und deren Einfluss auf die Lokalisierungsgenauigkeit mikroseismischer Ereignisse im Oberrheingraben

Michael Frietsch, Jörn Groos & Joachim Ritter (KIT, Geophysikalisches Institut)

Im Oberrheingraben, bei Landau und Insheim (Südpfalz), wurden 2009 bis 2013 induzierte Mikroerdbeben mit einem dichten Messnetz aufgezeichnet (MAGS-Projekt). Aus den Registrierungen der Scherwellen wurden Laufzeitdifferenzen zwischen den Einsätzen auf den Tangential- und Radialkomponenten (horizontal und vertikal polarisierte Scherwellen) bestimmt. Solche Laufzeitunterschiede werden als Hinweis auf seismische Geschwindigkeitsanisotropie angesehen, da die Wellen den gleichen Laufweg mit unterschiedlicher Schwingungspolarisation durchlaufen. Die Laufweglängen zwischen den Hypozentren und Messstationen betragen 4-10 km und es liegt eine gute azimutale Stationsverteilung vor. Für Laufwege von weniger als 5 km Epizentraldistanz wird keine signifikante Laufzeitdifferenz ($\pm 0,03$ s) gefunden. Für längere Laufwege werden in NNW-SSE Richtung frühere Einsätze auf der Radialkomponente (bis ca. 0,1 s) relativ zur Tangentialkomponente gemessen. In NE-SW Richtung deutet sich eine schnellere Ausbreitung der tangential schwingenden Scherwellen-Komponente an.

Die entfernungsabhängige Verteilung der Laufzeitunterschiede deutet auf eine Anisotropie im kristallinen Sockel und eventuell in den untersten mesozoischen Sedimentgesteinen. Ein plausibles Modell ist ein Gesteinskörper mit vertikal stehenden Strukturen (Bruchschollentektonik, Klüfte bzw. Verwerfungen), die in NW-SE bis N-S Richtung streichen. Geologisch-tektonische Untersuchungen zeigen bevorzugt Strukturen in NW-SE bzw. N-S Streichrichtung. Scherwellen, die in diesen Strukturen vertikal schwingen, könnten sich relativ ungestört mit der seismischen Mediumsgeschwindigkeit ausbreiten. Horizontal schwingende Wellen würden sich dagegen langsamer ausbreiten, da sie in den Klüften etc. eine Verringerung der effektiven Ausbreitungsgeschwindigkeit erfahren (z.B. Crampin & Chastin, GJI, 2003 und Referenzen dort). Die schnelle Scherwellenausbreitung in einem geklüfteten Medium wäre zudem parallel zur maximalen Spannungsrichtung zu erwarten, die im Untersuchungsgebiet ebenfalls in NNW-SSE bis N-S Richtung liegt.

Die anisotropen Laufzeitunterschiede für Scherwellen von 0,1 s innerhalb des Beobachtungsnetzwerks erschweren die präzise Lokalisierung der Hypozentren (im Untersuchungsgebiet erreichen die Stationsresiduen maximal bis 0,3 s für Scherwellen). Bei Wellenausbreitung im Granit ($v_s \sim 2,9-3,5$ km/s) bedeutet dies bis ~ 300 m Laufweg. Bevorzugt werden S-Einsatzzeiten für Lokalisierungen auf der Tangentialkomponente bestimmt, um Verwechslungen mit P-S Konversionen etc. zu vermeiden. Falls in einem geklüfteten Medium die Ausbreitung der SH-Welle im Vergleich zur isotropen Ausbreitung mit der Mediumsgeschwindigkeit in bestimmten Azimutbereichen verlangsamt wird, ergeben sich bei einer einheitlichen Einsatzzeitbestimmung anhand der Tangentialkomponente größere Unsicherheiten bei der Lokalisierung.

Das Verbundprojekt MAGS - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (FKZ 0325191A-F) und betreut vom Projektträger Jülich.

Rapid estimation of shear-wave splitting parameters in multi-layered media from receiver functions by azimuthal stacking and layer stripping

Georg Rumpker, Ayoub Kaviani and Koorosh Latifi

We present a robust technique for the analysis of shear-wave splitting in layered anisotropic media by using converted shear phases. The method represents an extension to multiple anisotropic layers in comparison to a similar approach by Liu and Niu (2011) and it is based on azimuthal variations of the radial-component receiver function. In (weakly) anisotropic media, the P-to-S converted phases (Ps) exhibit a distinct variation in arrival time (moveout) as function of back-azimuth. This variation can be exploited by time-shifting and stacking radial receiver functions to constrain a range of possible splitting parameters (i.e. the fast-polarization direction and the delay time) for an anisotropic layer. Then, the minimization of the transverse-component energy is used to select the pair of splitting parameters that best describe the anisotropic properties of the layer. This 2-step approach stabilizes the inversion process and significantly reduces the time for computing the best splitting parameters. In multi-layered anisotropic media, the method leads to effective splitting parameters. However, the splitting parameters for the individual layers can be inferred by a layer-stripping approach, where the splitting effect due shallower layers on the converted phases from deeper discontinuities is successively corrected. The thickness and V_p/V_s ratio of each layer can also be estimated by application of standard methods (Zhu and Kanamori, 2000)). We further investigate the influences of noise and of gaps in the azimuthal distribution of events. As an example, we apply the method to real data available from the Iranian broadband station GHIR. Here, anisotropic effects on the Ps phase may be accounted for by crustal anisotropy. For the crust we obtain splitting parameters of 0.29 s, 45° , and a crustal thickness of 44 km. The method provides a tool to separate anisotropy of the crust and mantle and, thus, to isolate the anisotropic signature of mantle-deformation processes.

References:

- Liu, H. and Niu, F. (2012), Estimating crustal seismic anisotropy with a joint analysis of radial and transverse receiver function data. *Geophysical Journal International*, 188: 144-164. doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05249.x
- Zhu, L., and H. Kanamori (2000), Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions, *J. Geophys. Res.*, 105(B2), 2969-2980, doi:10.1029/1999JB900322.

Präsentator:

Felix Schneider, *GFZ Potsdam*, felix@gfz-potsdam.de

Koautoren:

Xiaohui Yuan, Christian Sippl, Bernd Schurr, James Mechie
GFZ Potsdam

Ilhomjon Oimahmadov, Mustavo Gadoev
Geological Institute Tajik Academy of Sciences, Dushanbe, Tajikistan

Ulan Abdybachaev
Central Asian Institute for Applied Geosciences (CAIAG), Bishkek, Kyrgyzstan

Ergebnisse der Receiver Funktionen Analyse für den Pamir/Zentralasien aus dem TIPAGE Datensatz

Um die regionale Ausprägung der kontinentalen Kollisionszone zwischen Indien und Eurasien zu untersuchen, wurde mit dem temporären seismologischen Netzwerk, welches im Rahmen des TIPAGE Projekts betrieben wurde, eine Lücke gefüllt, die geologisch sehr interessant jedoch über Jahrzehnte nicht zugänglich war.

Wir präsentieren unsere Ergebnisse aus der Receiver Funktionen Analyse und interpretieren sie im Kontext der Ergebnisse aus Lokalisierung und Tomographie der lokalen Seismizität, die aus dem gleichen Datensatz stammen und komplementäre Resultate liefern.

Die wegen des Auftretens mitteltiefer Beben postulierte Subduktion asiatischer Kruste konnte mit Hilfe von Receiver Funktionen direkt beobachtet und somit bestätigt werden. Eine andere vorher gleichwertig diskutierte Modellvorstellung, welche die mitteltiefen Beben im Ostpamir durch eine verdrehte, aus indischer Richtung subduzierte Platte erklärt, konnte hingegen ausgeschlossen werden.

Um die schräg einfallenden Ränder der subduzierenden Platte korrekt abzubilden, wurde eine Migrationsmethode verwendet, welche die Snelliussche Bedingung an geneigten Strukturen berücksichtigt. Da ein großer Teil der Energie an den geneigten Strukturen auf die transversale Komponente konvertiert wird, wurden Querschnitte von Q- und T- Receiver Funktionen für verschiedene Neigungswinkel erstellt und durch deren Kombination ein Modell erstellt.

Eine noch recht junge Methode stellt die Inversion von Receiver Funktionen mittels Dispersionsanalyse des Einfallswinkels der teleseismischen Erdbeben dar. Da aus dem Einfallswinkel von P-Wellen direkt auf die Scherwellengeschwindigkeit an der Oberfläche geschlossen werden kann, lässt sich für verschiedene Wellenlängen eine Inversion der Scherwellengeschwindigkeit durchführen. Diese Methode wird an einigen Stationen unseres Netzwerkes getestet und erste Ergebnisse werden gezeigt.

Advancements in Probabilistic Seismic Network Completeness Studies

Danijel Schorlemmer

German Research Center for Geosciences, Telegraphenberg, 14473 Potsdam, Germany.
Southern California Earthquake Center, University of Southern California, 3651 Trousdale Parkway, MC-0740, Los Angeles, CA 90089-0740, USA.

An important characteristic of any seismic network is its detection completeness, which should be considered a function of space and time. Many researchers rely on robust estimates of detection completeness, especially when investigating statistical parameters of earthquake occurrence.

We present the Probability-based Magnitude of Completeness (PMC) method for computing the spatial variation and temporal evolution of detection capability of seismic networks based on empirical data only. We derive detection probability distributions for each station, from which we compute either completeness maps for a particular probability level or probability maps for the detectability of earthquakes with a particular magnitude. This approach has several advantages over alternative ways in completeness estimation: Contrary to estimating completeness based on the Gutenberg-Richter distribution, our approach does not assume any event-size distribution and is based solely on empirical data. Because the method does not rely on earthquake samples, no averaging over space and time occurs. It also offers the possibility of estimating the completeness in low-seismicity areas where methods based on parametric earthquake catalogs fail due to sparse data. Additionally, the probability distributions per station allow to analyze single station performances, intrinsically including site effects. New developments are extending this method to complex 3D structures like mining environments.

We present studies of regional networks from California, Switzerland, Italy, Japan, New Zealand, and compare the result with estimated completeness levels of other methods. We report on the time evolution of monitoring completeness in these regions. Scenario computations show the impact of different possible network failures and offer estimates of possible network optimization strategies. All presented results are published on the CompletenessWeb (www.completenessweb.org) from which the user can download completeness data from all investigated regions, software codes for reproducing the results, and publication-ready and customizable figures.

Distribution of velocity changes associated with the activity of Piton de la Fournaise Volcano (La Reunion, France)

C. Sens-Schönfelder^{1*}, E. Pomponi²

*sens-schoenfelder@gfz-potsdam.de

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

²Universität Leipzig

Using Passive Image Interferometry, i.e. ambient noise correlation based monitoring of travel time changes of scattered coda waves we investigate velocity changes at Piton de la Fournaise volcano on La Reunion island in the Indian ocean. We analyse seismic noise recorded from end of 2009 through end of 2011 by the 20 stations seismic networks of the Piton de la Fournaise Volcano Observatory (OVPF) and the UnderVolc project run by IPGP, ISTerre, and the OVPF. Using cross-correlations of station pairs we obtain 210 curves of apparent relative velocity variations. These curves show a complex dynamics with abrupt changes constant periods and gradual variations. These patterns depend on the participating stations and indicate a spatial heterogeneity of the velocity changes.

We adopt a simple strategy to invert the apparent velocity changes measured at station pairs for local velocity changes in the vicinity of the stations. Though very simple this model is able to capture a significant part of the heterogeneity of velocity changes. The resulting curves show a clear relation to the seismic activity in the summit area and surface deformation measured with a GPS network. The station-wise velocity changes in different periods are used to map the distribution of seismic velocity changes. We can identify characteristic patterns that repeatedly occur in the analysed period. These changes can be related to the type of activity in the respective period. We can clearly distinguish between period of inflation, deflation, and eruption based on the distribution of velocity changes. In the preparatory phase of the October 2010 eruption and the preceding dyke injection the pressurization signal appears in the velocity changes well before a deformation of the surface is detected by the GPS.

Automated inter-station measurements of fundamental mode phase velocities, and tomographic inversion for Central and Northern Europe

R.A. Soomro¹, C. Weidle¹, Cristiano L¹., S. Lebedev², T. Meier¹

1 - Institute of Geosciences, Christian - Albrechts University of Kiel, Kiel, Germany

2 - Dublin Institute for Advanced Studies, School of Cosmic Physics, Geophysics Section, Dublin, Ireland

soomro@geophysik.uni-kiel.de

Broad-band phase velocity measurements of fundamental mode surface waves yield information on the isotropic as well as anisotropic structure of the crust and the upper mantle. Dispersion curves may be determined by cross correlating direct and coda fundamental mode waveforms recorded at two stations on the great circle path. In many cases the cross correlation is less affected by scattering than the waveform itself. Examples show that broad band dispersion curves may be obtained by this interferometric measurement. Single event measurements may however be perturbed by off-path propagation, scattering at lateral heterogeneity, higher modes, noise, and erroneous response information. Due to the smooth nature of the 1D fundamental mode sensitivity kernels, smooth dispersion curves are expected for media with moderate and smooth lateral heterogeneity. Therefore, smooth parts of the dispersion curves are selected. This reduces the influence of scattering, higher modes, and noise. Furthermore, comparison of a large number of dispersion curves measured along one path for both propagation directions may reveal smooth perturbations caused by off-path propagation and erroneous response information. Finally, after rejection of outliers smooth measurements for a larger number of events are averaged to find a path-average dispersion curve. Previously, the selection of the smooth part of the dispersion curve was made manually and if there were many station pair combinations and a large number of events the manual processing was time consuming. We now introduce the automated selection of the phase velocity curves, based on a set of rigorous, consistent, frequency and distance-dependent criteria. The procedure is applied to around three million events and about 32,000 paths on permanent networks in central and northern Europe. We also tested the applicability of the method to the SVEKALPKO temporary network. Fundamental mode Rayleigh and Love wave dispersion curves are measured and anisotropic phase-velocity maps are then calculated for periods between 10 and 200 seconds. At 15-s period, pronounced low velocity anomalies delimit the deep sedimentary basins in north- Central Europe and around the Alps. The Trans-European Suture zone as a sharp transition from lower to higher velocities is becoming the dominant structure at longer periods (60 and 125 s) which are sensitive to upper mantle depths.

Testing earthquake source models – a discussion paper

Henriette Sudhaus¹, Danijel Schorlemmer², Frank Krüger¹ and Matthias Ohrnberger¹

1) Uni Potsdam, 2) GFZ Potsdam

Today we model every moderate to large earthquake using various modeling techniques, e. g. seismic focal mechanisms, moment tensors, distributed slip models. These models have a wide range of use like stress modeling, earthquake rupture dynamic, or even hazard assessment. The error estimations of these earthquake source models, however, are usually not done at a level matching other quantitative analyses. Mostly, only the resulting 'best' models are reported. Sometimes, a qualitative discussion of possible error sources is provided or attempts to quantify errors are made in a limited parameter space, where the propagation of errors from data and modeling assumptions is not possible to the full extent. The variety of source models reported for one earthquake indicates a significant uncertainty of these models. We find that a comprehensive analysis of this issue is needed for a better understanding of the robustness of such models.

We would like to develop a testing scheme for earthquake source models. We plan to start with the most basic, but also most used, point source models in seismology: the source location, focal mechanism, and moment tensor. This requires the setup of a virtual laboratory, where we place synthetic seismic sources, varying media, and receivers, and where we simulate the modeling procedures. By introducing typical error sources at varying stages of the source modeling, e. g. in arrival readings, locations, or velocity model, we aim to sample the effects of the known error sources on the results considering the propagation of errors. Eventually, this setup will be extended to cover the full range of earthquake source inversions to answer the question to what degree slip distributions or similar products reflect what really happened during earthquakes.

This paper is a call for feedback and we hope for a fruitful discussion.

Back-projection analysis of P waves emitted by Maule earthquake (Chile, 27/02/2010, Mw 8.8) using dynamic station corrections

M. Palo^{1,2}, F. Tilmann^{1,2}, F. Krüger³, L. Ehlert³, D. Lange⁴

1 - HelmholtzZentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Germany;

2 - Freie Universität Berlin, Fachrichtung Geophysik, Berlin, Germany;

3 - Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Potsdam, Germany;

4 - GEOMAR HelmholtzZentrum für Ozeanforschung, Kiel, Germany.

We back-project the seismic radiation emitted during Maule earthquake. Travel times are split into three parts: 1d model, static corrections and dynamic corrections. Static corrections are the mean time corrections to the 1d model, whereas dynamic corrections are finer time shifts depending on the source-receiver path. Both these effects are inferred by the time shifts between different receivers of P-phases of 23 aftershocks, mostly based on local network locations (Lange et al., 2012). The dynamic corrections are extended over all the source area by an interpolation method (Kriging).

The energy time function shows five phases of the rupture process, among which two with high-energy radiation. Rupture front propagates bilaterally, with the northern front moving faster and deepening with time. Most of energy is emitted from the northern patch of the bilateral rupture (~70%), with sporadic emissions from the southern patch. The onset of energy release matches cGPS epicenter locations; afterwards, energy is mostly emitted from the down-dip edge of the co-seismic area, roughly matching the aftershock distribution. In some cases, coherent radiation is released along two distinct belts nearly parallel to the trench, similarly to the alignment of the aftershocks, suggesting strongly along-dip variability of frictional properties on the interface.

Automatische Ereignisdetektion basierend auf Wellenformähnlichkeit unter SeisComP3 am Beispiel des Geothermieprojekts Insheim

Margarete Vasterling¹, Ulrich Wegler¹, Monika Bischoff², Jan Becker³

¹ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover; ² Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover;

³ gempa GmbH, Potsdam

MAGS EP3

Im vom BMU geförderten Verbundprojekt MAGS „Mikroseismische Aktivität geothermischer Systeme“ werden Konzepte zur Begrenzung der Mikroseismizität bei tiefer Geothermie erarbeitet. In Einzelprojekt 3 (BGR) liegt der Schwerpunkt auf der Echtzeitauswertung. Neben dem Einsatz temporärer Online-Stationen gehört hierzu vor allem die Entwicklung eines automatischen Echtzeitdetektors basierend auf Wellenformähnlichkeit.

Wellenformbasierter Detektor

Ereignisse, die vom gleichen Ort stammen, weisen eine starke Ähnlichkeit der Wellenformen auf. Dies wird für die automatische Detektion genutzt, indem die kontinuierlich einlaufenden Echtzeit-Daten mit bekannten Musterereignissen verglichen werden. Dazu wird für das ganze Netz spurweise die Kreuzkorrelation berechnet. Hohe Werte werden als mögliches Ereignis interpretiert und es erfolgt eine Detektion. Hierbei wird die gesamte Wellenform oder ihre Einhüllende verwendet und somit die zeitliche Abfolge verschiedener Phasen berücksichtigt. Zusätzlich geht die Amplitudenverteilung zwischen den Stationen, bzw. Kanälen mit ein. Bei unruhigen Seismometerstandorten im Stadtgebiet treten deutlich weniger Fehldetektionen als beim üblichen STA-LTA-Trigger auf.

Die entwickelten Routinen sind als Modul in SeisComP3 implementiert. Dieses liefert im Echtzeitbetrieb Detektionen mit Herdzeit, Ort und Magnitude. Die Lokalisierung wird vom Masterevent übernommen und die Magnitude wird aus dem Amplitudenverhältnis der Detektion und des Masterevents mit bekannter Magnitude bestimmt.

Anwendungsbeispiel Südpfalz

Im Rahmen von MAGS begleiten wir die Inbetriebnahme des Geothermie-Kraftwerks in Insheim (Südpfalz), das im November 2012 seinen Betrieb aufnahm. Dazu haben wir im Herbst 2012 das Netz aus Betreiberstationen und KIT-Stationen um acht mobile Online-Stationen erweitert, so dass eine verbesserte azimutale Abdeckung für seismische Ereignisse am Standort Insheim erreicht wurde. Die Stationen sind mit Lennartz LE3DLite-Seismometern und Digitalisierern vom Typ Quanterra Q330S+ ausgestattet. Die Daten werden in Echtzeit in das Datenzentrum der BGR übertragen. Der Wellenform-Detektor wird auf die Seismogrammeinhüllenden angewandt und die verschiedenen Parameter, insbesondere der Detektionsschwellwert, wurden optimiert. Anhand von Musterereignissen aus Insheim und dem rund vier Kilometer nördlich gelegenen Geothermiekraftwerk Landau können die Detektionen automatisch einem der zwei Standorte zugeordnet werden.

Frühwarnung durch seismisches Monitoring an Hangrutschungen und Felsstürzen: Erste Beobachtungen und Erfahrungen

Marco Walter^{1,2} & Manfred Joswig¹

¹ Institut für Geophysik, Universität Stuttgart

² Seismic Solutions, Esslingen

Der seit Jahren zu verzeichnende Klimawandel verursacht im immer zunehmenden Maße Massenbewegungen an Berghängen mit katastrophalen Folgen für die Bevölkerung, die Umwelt und die Natur. Neben den immensen wirtschaftlichen Schäden stellen derartige Hangbewegungen eine starke Bedrohung für die in den betroffenen Regionen lebenden Menschen dar. Bis 2010 wurden alleine in Europa über 600.000 Hangrutschungen registriert, die über 15.000 Todesopfer zur Folge hatten.

Multidisziplinäre Ansätze zur Überwachung instabiler Hänge aus den Bereichen der Geotechnik, Hydrologie, Geologie, Fernerkundung und Geophysik liefern zumeist nur punktuelle oder profilhafte Informationen und sind nur bedingt zur Überwachung oder zur Frühwarnung von großräumigen, katastrophalen Hangabgängen geeignet.

Seit einigen Jahren werden an verschiedenen Festgesteinshängen Bruchprozesse $M_l < 0$ mit spröder Deformationscharakteristik mittels hochauflösender passiver Seismik raum-zeitlich observiert.

An Lockergesteins-Hangrutschungen konnten ähnliche Prozesse, sog. ‚slidequakes‘, in drei verschiedenen Studien nachgewiesen werden: am Slumgullion, Colorado, USA, am Heumöser Kriechhang, Österreich und am Schlammstrom in Super-Sauze, Frankreich. Ein synoptischer Vergleich der an Lockergesteinshängen beobachteten slidequakes zeigt, dass diese in Abhängigkeit der Untergrundtopographie generiert werden.

In den erwähnten Studien an Festgesteinshängen als auch an Lockergesteinshängen wurde aber nie das Totalversagen des Gesamthanges seismisch erfasst, so dass unklar ist, inwieweit die ‚Seismizität‘ eines Hanges ein Indiz für dessen Stabilität darstellt.

Am 10. Mai 2011 ereignete sich in der Rappenlochschlucht, Österreich, ein Felssturz mit einem geschätzten Volumen von $\sim 15.000\text{m}^3$, der eine Brücke auf ca. 30m Länge mitgerissen hat. Dieser Felssturz ereignete sich in einer Entfernung von ca. 5km zu unseren seismischen Stationen am Heumöser Hang, Österreich. Neben dem Felssturz an sich, konnten wir insgesamt 11 Bruchprozesse dem Felssturz zuordnen, die bis zu 5 Stunden vor dem Hauptereignis aufgetreten sind.

Eine Gegenüberstellung der Studien zur seismischen Überwachung von Hangrutschungen sowie eine Diskussion inwieweit das seismische Monitoring als Ansatz zur Frühwarnung vor katastrophalen Ereignissen geeignet ist, werden vorgestellt.

Neues und nicht ganz Neues aus der Seismometrie

E. Wielandt, Kirchheim unter Teck (früher Uni Stuttgart)

1 – Bemerkungen zur „Rotationsempfindlichkeit“ von Horizontalseismometern (es geht hier um horizontale Bewegungen, nicht um Tilt)

Ich begründe, warum Horizontalseismometer je nach Betrachtungsweise

A – auf Translation UND Rotation reagieren

B – NUR auf Rotation reagieren

C – NICHT auf Rotation reagieren (Th. Forbriger 2009, BSSA vol. 99 No.2)

und verrate schließlich, welches Signal sie wirklich messen.

2 – Messung der Nichtlinearität von Seismometern

Die Verzerrungsfreiheit von Seismometern wird gewöhnlich mit dem Zweitton-Testverfahren geprüft. Diese rein elektrische Messung über die Eichspule sagt jedoch wenig über die mögliche Verzerrung eines seismischen Signals. Man muss die Seismometer vielmehr auf einem Schütteltisch prüfen. Methodik und Ergebnisse solcher Messungen werden vorgestellt. Eine interessante Beobachtung dabei ist, dass der Schütteltisch keineswegs eine bessere Linearität haben muss als das Seismometer (E. Wielandt und M. Zumberge 2013, BSSA vol. 103 No. 4). Man kann die Linearität eines Seismometers auch mit mechanischen Signalen prüfen, deren zeitlicher Verlauf nicht genau bekannt ist. Elektrodynamische Seismometer (Geophone) zeigen oft schon auf einem Eichtisch (Step Table) eine deutliche Nichtlinearität.

Seismische Anisotropie in der Subduktionszone der Zentralanden:

Nachweis starker Einflüsse der Kruste

I. Wölbern, U. Löbl, G. Rümpker

Goethe-Universität Frankfurt

In einer früheren Studie wurde die seismische Anisotropie in den Zentralanden mittels Scherwellen-Splitting untersucht. Dabei wurde beobachtet, dass die Polarisierung der schnellen Welle vorrangig parallel zum Verlauf des Grabens orientiert ist – im Gegensatz zur erwarteten Ausrichtung der schnellen Achse des anisotropen Olivin parallel zur Richtung der Subduktionsbewegung. Interpretiert wurde diese Beobachtung als graben-parallele Komponente des Mantelflusses unterhalb der abtauchenden Platte aufgrund von Slab-Rollback.

Um ein detaillierteres Abbild der dynamischen Prozesse im Erdinneren zu erhalten, untersuchen wir die Polarisierung der schnellen Welle entlang zweier nahezu parallel zur Subduktionsrichtung verlaufender Profile durch das Altiplano-, bzw. Puna-Plateau in den Zentralanden. Hierzu analysieren wir SKS-Phasen sowie S-Phasen lokaler Slab-Erdbeben in Einzelmessungen sowie mit einem Joint-Splitting-Verfahren. Anders als in der früheren Studie, zeigen unsere Ergebnisse hauptsächlich schnelle Polarisierungen entsprechend der Subduktionsbewegung mit Verzögerungszeiten bis maximal 1.2 Sekunden. Graben-parallele Ausrichtungen werden dagegen in abgegrenzten Abschnitten der Profile beobachtet, in denen zugleich die größten Verzögerungszeiten auftreten.

Mithilfe einer Reihe von FD-Wellenform-Modellierungen untersuchen wir den Einfluss verschiedener Zonen und Schichten innerhalb der Subduktionszone. Aus dem Vergleich der beobachteten Ergebnisse mit Splittingparameter aus synthetisch erzeugten Daten schlussfolgern wir, dass das Scherwellensplitting in den Zentralanden primär die Bewegung der Nazca-Platte widerspiegelt. Der abrupte Wechsel der schnellen Polarisationsrichtung entlang der Profile widerspricht einer tiefen Ursprungsregion. Statt dessen zeigen unsere Modelle, dass die graben-parallelen Ausrichtung der schnellen Wellen durch Krusteneinflüsse verursacht werden und möglicherweise mit der Orientierung großer Störungszonen zusammenhängen.

Existierte ein präkambrischer Mikrokontinent „Mauritia“ im Indischen Ozean?

I. Wölbern & G. Rümper

Goethe-Universität Frankfurt

Basierend auf Uran-Blei-Datierungen von Zirkon, die in Sanden von Mauritius gefunden wurden, ist in einer aktuellen Studie die Existenz des früheren präkambrischen Mikrokontinents „Mauritia“ im westlichen Indischen Ozean postuliert worden. Dieser soll demzufolge vor ca. 83 Mio. Jahren von Madagaskar abgetrennt und später in kleinere Bruchstücke fragmentiert worden sein. Auf die Existenz kontinentaler Lithosphäre unterhalb der postulierten Maurita-Fragmente deutet auch die Inversion von Gravimetrie-Daten hin. Diese hat kontinentale Krustenmächtigkeiten $>25-30$ km ergeben, die sich von den Seychellen weiter südwärts bis nach Mauritius erstreckt.

Während unter den Seychellen bereits kontinentale Mohotiefen mit seismologischen Methoden verifiziert werden konnten, stehen entsprechende Untersuchungen weiter südlich bislang aus. Wir haben Daten der Permanentstation MRIV auf Mauritius untersucht und mithilfe der Receiver-Function-Methode auf Krustenmächtigkeiten hin analysiert. Zwei voneinander unabhängige Ansätze (H- κ -Stacking und Vorwärtsmodellierung) zeigen übereinstimmend, dass die Moho unter Mauritius eine maximale Tiefe von 15 km aufweist – nur etwa halb so tief, wie unter den zentralen Seychellen (ca. 32 km).

Die Frage nach kontinentaler oder ozeanischer Kruste ist nicht eindeutig zu beantworten. Im Falle kontinentaler Kruste, müsste deren Mächtigkeit ungefähr halbiert worden sein. Eine Krustenausdünnung infolge der Extension während der Abtrennung von Madagaskar könnte dies verursachen, diese müsste jedoch auch an anderen Orten entlang des Maskarenenrückens beobachtet werden können. Ozeanische Krustenmächtigkeiten von ca. 15 km sind hingegen wiederholt im Zusammenhang mit Plume-Vulkanismus beobachtet worden, allerdings steht das Auftreten von präkambrischen Zirkonen im Widerspruch zu einem ozeanischen Ursprung. Wir sind der Meinung, dass weitere Untersuchungen erforderlich sind, um die Existenz Mauritas zu belegen.

An ubiquitous low velocity layer at the base of the mantle transition zone

Xuzhang Shen¹, Xiaohui Yuan², Xueqing Li²

¹ Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Administration, Lanzhou 730000, China.

² Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

Stacks of 30000 receiver functions of 169 globally distributed seismic stations clearly exhibit the upper mantle stratification. Besides the most prominent seismic discontinuities, such as the Moho and the 410 and 660 km discontinuities, a negative discontinuity is detected at a depth of ~600 km, indicating a low velocity layer at the base of the mantle transition zone. The slant stack technique helps to identify the primary conversions from the multiple reverberations. Presence of the negative 600 km discontinuity underneath both continent and ocean island stations, where the crustal thickness significantly differs, also precludes the possible cause of crustal reverberations. We conclude that the negative 600 km discontinuity is a global feature, possibly resulted from accumulation of subducted oceanic crust. The X-discontinuity at ~300 km depth is also observed in our global stacks, which can be explained by the coesite-stishovite phase transformation.