

POSTER

Seismic analysis of the lower mantle beneath the Pacific using shear-wave travel-times and 3D synthetics

Rafael Abreu (1), Christine Thomas (1), Jeroen Ritsema (2) and Stéphanie Durand (1)

1. Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, Germany.

2. Department of Geological Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

We analyze traveltimes of the seismic phases S, ScS and PS from 20 deep-focus earthquakes in the Tonga-Fiji region recorded on three component seismometers in North America with epicentral distances between 75° and 82° . The differential travel times for these phases with respect to the P-wave reveal large travel time anomalies, especially for the ScS wave. Slowness-backazimuth analyses verify that the considered waves travel along the great circle path and no out of plane reflection is affecting our travel time measurements. To test whether these travel time anomalies are due to mantle velocity variations, we compare our observations to 3D synthetics using 2D seismic velocity profiles for the central Pacific region using different tomographic models. None of these models match the travel time variations of the S and ScS waves. To explain the observed data we perform a 1D inversion that explains the travel time delays with the presence of an ULVZ of 30km thickness and 6-8% of S-wave velocity reduction. Our study complements conventional tomographic models where the presence and influence of ULVZ's is overlooked.

Evidence for a transition layer beneath Earth's inner core boundary

¹Januka Attanayake, ¹Christine Thomas, and ²Vernon Cormier

¹Institute for Geophysics, University of Münster, Corrensstrasse 24, 48149 Münster

²Physics Department, University of Connecticut, Storrs, CT 06269-3046, USA

Earth's Inner Core Boundary (ICB) marks the transition from liquid iron in the outer core to solid iron in the inner core. The precise nature of this transition, however, remains uncertain. Two possible hypotheses explain the ICB: (1) It is a simple, uniform, and sharp boundary as given in standard Earth models. (2) It is more complex and has laterally and radially heterogeneous features. Telling these hypotheses apart has important implications for understanding inner core growth because the geodynamics governing a simple and uniform ICB is different from a heterogeneous one. Previous studies using pre- and post-critical PKiKP and PKIKP waves suggests the presence of a spatially varying thin transition layer beneath the ICB, which is in accord with geodynamic and thermodynamic predictions. In the present work, we investigated the ICB using underside reflections (PKIIKP) recorded at antipodal distances because they are strongly sensitive to the shear velocity structure at the reflection point along the ICB. Our array processing methods could not detect PKIIKP signals in the 170°-180° due to three specific reasons: (1) Most arrays are closer to 170° and not 180°, where the PKIIKP signal-to-noise ratio is very poor; (2) scattered coda following PKIKP masks the PKIIKP phase; and (3) large azimuthal variations of array recordings closer to 180° prevent the formation of an accurate beam. PKIIKP/PKIKP energy ratios measured from individual velocity envelopes show significant spatial variability, ranging from 0.1 to 1.1. Our preliminary synthetic tests suggest that a spatially varying thin transition layer of thickness not more than 5 km can explain the variability observed in PKIIKP/PKIKP energy ratios. The nature of the transition layer could vary between a gradient and a double discontinuity. We also discuss other factors (e.g. inner core anisotropy, attenuation, and ellipticity, mantle structures etc.) that could affect PKIIKP/PKIKP energy ratios.

Quellanalyse des nordkoreanischen Nukleartests vom 03.09.2017

Dr. Andreas Barth, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Geophysikalisches Institut

Abstract

Am 3. September 2017 führte die Demokratische Volksrepublik Korea nach 2006, 2009, 2013 und zweimal 2016 ihren sechsten Atomwaffentest durch. Nur wenige Minuten später ereignete sich im Epizentralgebiet ein weiteres schwächeres seismisches Ereignis. Um Explosionen von tektonischen Erdbeben zu unterscheiden, sind seismische Wellenformen eine wichtige Informationsquelle. In dieser Studie werden langperiodische ($T=25-70$ s) seismische Wellen regionaler Seismometerstationen invertiert, um den vollen Momententensor zu berechnen und damit den isotropen (explosiven) und den anisotropen Anteil der Detonation zu untersuchen. Während der isotrope Teil der seismischen Quelle ein wichtiger Parameter zur Diskriminierung von einem Erdbeben darstellt, können mit Hilfe des anisotropen Teils Hinweise zu Eindämmungsvorkehrungen oder quellnahen Auswirkungen gewonnen werden. Da die für diese Berechnung notwendigen Scherwellen nicht nur von der Quelle sondern auch von Wellenkonversionen an Heterogenitäten im Untergrund herrühren können, werden hier zur Anpassung der beobachteten Seismogramme synthetische Wellenformen mit einem 3-dimensionalen Erdmodell berechnet.

Die Momententensorinversion des neusten Nukleartests ergibt einen deutlichen explosiven Anteil der seismischen Quelle, der kombiniert ist mit einem geringen double-couple (DC) Anteil des Momententensors. Damit ist die Quelle den Tests aus 2016 (M_w 5,1 und M_w 5,2) in ihrem Mechanismus ähnlich, aber weist eine deutlich höhere Magnitude von M_w 5.8 auf. Im Gegensatz dazu zeigte der nordkoreanische Atomtest von 2013 (M_w 5,0) einen deutlich größeren DC-Anteil im seismischen Herdmechanismus. Das zweite, schwächere Ereignis vom 03.09.2017 hat ebenso einen geringen DC-Anteil, allerdings in Kombination mit implosiven, isotropen und CLVD-Anteilen, die für eine Einbruchstruktur sprechen.

iBRIDGE

Interaktiver BRückenkurs In Das GEophysik-Masterstudium am KIT und Aufbau eines deutschlandweiten, digitalen Lehrmittelpools

Dr. Andreas Barth, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Geophysikalisches Institut

Abstract

iBRIDGE ist ein interaktiver Brückenkurs für neue Masterstudierende der Geophysik und beinhaltet daneben den Aufbau eines digitalen Lehrmittelpools für die Studiengänge der Geophysik in Deutschland. Durch beide Teile soll nachhaltig die Attraktivität des Studienfaches erhöht und die Vernetzung der geophysikalischen Studiengänge innerhalb Deutschlands verbessert werden. Das Projekt wird vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg gefördert.

Der onlinebasierte Brückenkurs richtet sich speziell an Studierende, die mit einem Bachelorabschluss in Physik, Mathematik oder einem Fach aus dem Bereich der Geowissenschaften zum Masterstudiengang Geophysik am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) wechseln, kann aber selbstverständlich auch von Studierenden mit Bachelor in Geophysik genutzt werden. Der Brückenkurs wird von den Studierenden vor Beginn der Vorlesungen im Masterstudiengang absolviert und besteht aus digitalen Modulen zur Seismologie, Seismik und Rechnernutzung. Diese können entsprechend der Vorkenntnisse der Studierenden gewählt werden und setzen sich aus 50 Einzelthemen, didaktisch jeweils umgesetzt in Lehrvideos, fachlichen Texten sowie Onlinetests und -übungen, zusammen. Das Angebot eines moderierten Forums bietet Raum für persönliche Fragestellungen und Hilfe bei der Auswahl der angebotenen Inhalte. Ein vorläufiger Kurs mit dem Modulteil Seismologie wird erstmalig zum Wintersemester 2017/18 angeboten. Dafür sind die ersten 20 Lehrvideos (Studio- und Außenproduktionen) fertiggestellt – einige Videos werden zusätzlich frei auf dem Youtube-Kanal des KIT zur Verfügung gestellt. Einen kurzen Zusammenschnitt verschiedener Videos zeigt folgender Link: <https://youtu.be/wpj-u8LVcQo>.

Der zweite Teil des Projekts richtet sich an Dozierende der Geophysik, die in der Lehre tätig sind. Dabei benötigte Abbildungen und andere Materialien müssen oft selbst erstellt oder auf fremde Quellen (Lehrbücher, Skripten etc.) zurückgegriffen werden. In Kooperation mit Lehrenden von geophysikalischen Instituten deutscher Universitäten soll eine Sammlung von digitalen Lehr- und Lernmitteln (Skripte, Abbildungen, Übungsaufgaben, interaktive Übungen, Online-Lehrangebote, etc.) aufgebaut werden, die sich die Dozierenden gegenseitig zur Verfügung stellen und so vom Angebot anderer profitieren. Dazu wird eine Open Educational Resources (OER) Plattform mit variablen Nutzungsrechten verwendet, die ab Herbst 2017 ihre Arbeit aufnimmt.

InSight: Der Marsbeben-Dienst an der ETH Zürich

Maren Böse und der InSight Marsbeben-Dienst, ETH Zürich

Im Rahmen der Mars-InSight (Interior exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport) Mission wird die NASA im kommenden Jahr einen Lander mit geophysikalischen und meteorologischen Sensoren auf der Marsoberfläche absetzen. Die geophysikalische Station umfasst einen sehr breitbandigen (VBB) und einen kurzperiodischen seismischen 3-Komponenten-Sensor. Seismische Ziele der Mission sind (1) die Inversion von 1D-Modellen des Marsmantels und Marskerns mit Unsicherheiten von bis zu 5% in seismischen Wellengeschwindigkeiten, und 3D-Modelle der Marskruste; und (2) die Messung der seismischen Aktivität und Verteilung auf dem Mars, einschließlich tektonischer Ereignisse und Meteoriteneinschläge.

Die Mission wird im Mai 2018 starten, der Lander im darauffolgenden November landen und dann für mindestens 1 Marsjahr (2 Erdjahre) betrieben werden. Die InSight Mission wird seismische Daten kontinuierlich mit 2 Datenpunkten pro Sekunde liefern und begrenzte Datenextrakte mit 20 oder 100 Datenpunkten pro Sekunde. Die Rohdaten werden innerhalb von drei Monaten veröffentlicht.

Zur Vorbereitung auf die InSight Mission wurden eine Reihe von Bodendiensten eingerichtet, darunter der an der ETH Zürich ansässige Marsbeben-Dienst (Marsquake Service, MQS) und der Mars-Struktur-Dienst (Mars Structural Service, MSS) am IPG Paris. Der MQS wird seismische Ereignisse der InSight Mission identifizieren, charakterisieren und in Form eines Marsbebenkatalogs veröffentlichen.

Dazu haben wir im Vorfeld der Mission Lokalisierungsmethoden entwickelt, welche Informationen von Oberflächen- und Körperwellen an einer einzelnen Station nutzen und auf (anfänglichen a priori) 1D- und 3D-Strukturmodellen beruhen. Wir planen iterative Inversionstechniken zu verwenden, um diese Strukturmodelle und Bebenlokationen zu verbessern. Ferner haben wir begonnen, Magnitudenskalen für Marsbeben zu kalibrieren. In einem kürzlich gestarteten "Blindtest" haben wir darüberhinaus die seismologische Gemeinschaft dazu aufgerufen, eigene Methoden für den MQS zu entwickeln und an den von uns zur Verfügung gestellten Wellenformen zu testen und zu verifizieren.

Echtzeit-Schätzung von Erdbeben-Bruchausdehnung und Vorhersage von Untergrundbewegungen

M. Böse¹, D.E. Smith², C. Felizardo³, M.-A. Meier³, T.H. Heaton³, J.F. Clinton¹

¹Swiss Seismological Service (SED), ETH Zurich, Switzerland

²US Geological Survey, Pasadena (CA), United States of America

³California Institute of Technology, Pasadena (CA), United States of America

Die Echtzeit-Charakterisierung von Erdbeben, wie zum Beispiel zur Erdbeben-Frühwarnung, erfordert einen flexiblen Modellierungsansatz, in dem sich ein kleines Erdbeben im Laufe des Bruchverlaufs zu einem Grossbeben entwickeln kann. Wir präsentieren eine Modellierungsmethode für die schnelle Abschätzung der Bruchausdehnung und Vorhersage von assoziierten Untergrundbewegungen für kleine und grosse Beben (M2-9). Dazu nutzen wir die räumliche Verteilung von hochfrequenten Bodenbeschleunigungsamplituden (PGA), die in einem lokalen seismischen Netzwerk gemessen werden. Die beobachteten Bodenbewegungsmuster werden mit theoretischen Templates verglichen, welche aus empirischen Relationen berechnet werden. Auf diese Weise können innerhalb von Sekunden erste Abschätzungen der Bruchlänge und Bruchorientierung eines Erdbeben gegeben werden. Diese Abschätzungen werden kontinuierlich erneuert, sobald neue Information (neue PGA Amplituden) verfügbar sind. Wir zeigen Beispiele für das Magnitude M7 Kumamoto (Japan, 2016) und M6 South Napa (California, 2014) Beben, sowie Beispiele aus Kalifornien, in denen unser Algorithmus in Echtzeit läuft.

Rezente Schadensbeben in Italien: von Amatrice bis Ischia

Thomas Braun

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Am 24. August 2016 begann im Zentralen Apennin eine der bedeutendsten Erdbebenserien seit Beginn der seismischen Aufzeichnungen in Italien. Ein M6 Beben zerstörte die Orte Amatrice, Accumuli, Arquata und Pescara del Tronto und forderte 299 Todesopfer. In den Monaten danach migrierte die seismische Aktivität sowohl nach Norden als auch nach Süden, charakterisiert durch die Ereignisse bei Norcia und Campotosto im Oktober 2016 und im Januar 2017. Bis heute ereigneten sich auf einer Fläche von ca. 90 * 30 km² mehr als 75000 lokalisierte seismische Ereignisse, davon neun mit einer Magnitude von M>5. Mehr als 220.000 Gebäude wurden zerstört oder beschädigt.

Am 18. Januar 2017 löste sich 40 km östlich der vier M5 Beben bei Campotosto eine Lawine, die das Hotel Rigopiano unter sich begrub und weitere 29 Todesopfer forderte. Eine der Stationen des INGV registrierte ein schwaches Signal, das hilfreich ist, sowohl den Zeitpunkt, als auch die Dynamik des Lawinenabgangs besser abzuschätzen.

Am 21. August ereignete sich auf der Insel Ischia ein M4 Beben, das zwei Todesopfer forderte. Bausünden, als auch unterschiedlichste Meldungen verschiedener Institutionen führten wieder einmal zu einer Reihe von Polemiken, die zeigen, wie schwierig Kommunikation im Krisenfall ist.

**M>3 earthquakes in the block mountains between Halle and Leipzig, Middle Germany:
Centroid moment tensors, ground motion simulation and felt intensities**

T. Dahm¹, S. Heimann¹, S. Funke², Th. Wendt², D. Bindi¹, Th. Plenefisch³, I. Rappsilber⁴, F. Cotton¹

(1) GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany

(2) Institut für Geophysik, Universität Leipzig, Germany

(3) Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe, Hannover, Germany

(4) Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Halle, Germany

On April 29 2017 at 0:56 UTC (2:56 local time) a $M_L=3$ earthquake struck the metropolitan area between Leipzig and Halle, Germany, near the small city of Markranstädt. The earthquake was felt within 50 km from the epicenter and reached a local intensity of $I_0 \approx IV$. Already in 2015 and only 15 km northwest of the epicenter and possibly on the same fault segment, a similar strong event struck the area with a similar large felt radius and $I_0 > IV$. More than 1.1 million people live in the region, and the unusual occurrence of the two earthquakes lead to enhanced public attention, especially because the tectonic activity is pretty unclear and induced earthquakes have been under debate in neighboring regions. Historical earthquakes in or close to Leipzig had equivalent magnitudes up to $M_w \approx 5$ indicating the presence of crustal basement faults of significant size. We use different seismological methods to analyze the two recent earthquakes and discuss them in the context of the known tectonic structures and historical seismicity. Beside a detailed study of source parameters and mechanisms and their uncertainties we compare models for weak ground motions and its relation to observed intensities. Since the area is exposed to high population and sensitive infrastructure we simulate scenarios assuming that the fault segment between the two recent earthquakes is ruptured and study the impact of directivity on ground motions and expected damage.

Anwendungen von simultan gemessener Translation und Rotation in der (Explorations-) Seismologie

S. Donner¹, J. Wassermann¹, F. Bernauer¹, C. Schmelzbach², D. Sollberger², A. Simonelli¹, A. Gebauer¹, U. Schreiber³, C. Hadziioannou⁴, B. Chow¹, A. Varna¹, R. Joshi¹, T. Taufiqurrahman¹, H. Igel¹

¹ LMU München – ² ETH Zürich – ³ TU München – ⁴ Uni Hamburg

Seit circa 20 Jahren wird bereits die vertikale Komponente der Rotationsbewegung mittels starrer Ringlaser gemessen. Derzeit wird der erste 3-Komponenten-Ringlaser in der Nähe von München etabliert. Was jedoch portable Messgeräte betrifft, so haben Aki & Richard bereits 1980 festgestellt, dass *„seismology still awaits a suitable instrument for making such measurements“*. Auch in der 2002 Ausgabe hat sich an dieser Aussage nichts wesentlich geändert.

Seit Kurzem steht der erste portable, breitbandige Rotationssensor, basierend auf Glasfaseroptik, zur Verfügung. Daher nutzen wir hier die Gelegenheit um einen zusammenfassenden Überblick über die möglichen Anwendungsgebiete von simultan gemessenen Translationen und Rotationen zu geben. Die Anwendungen umfassen (beinahe) die gesamte Breite der allgemeinen und angewandten Seismologie. Einige der Methoden und Ergebnisse stellen wir im Detail vor.

Crustal radial anisotropy and linkage to geodynamical processes – a study based on seismic ambient noise in southern Madagascar

Jennifer Dreiling^{1,2}

Frederik Tilmann^{1,2}, Xiaohui Yuan¹, Jörg Giese², Elisa Rindraharisaona^{1,3}

¹ GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

² Freie University of Berlin, Malteserstr. 74-100, 12249 Berlin, Germany

³ Institute and Observatory of Geophysics, University of Antananarivo, Ambohidempona, 3843, Antananarivo 101, Madagascar

Abstract

We study crustal radial anisotropy in southern Madagascar using data recorded by temporary seismic experiments in the area to infer geodynamical processes related to the assembly and breakup of Gondwana. The radial anisotropy is obtained by analyzing velocity differences between the vertically polarized Rayleigh (V_{SV}) and horizontally polarized Love waves (V_{SH}), derived from seismic ambient noise correlation. Fundamental differences in the anisotropic pattern are found between the Phanerozoic Morondava basin in the west and the amalgamated Precambrian units in the east, which resulted from distinct geodynamical processes. Within the Morondava basin negative anisotropy ($V_{SV} > V_{SH}$) is observed in the uppermost sediments, likely generated by a combination of steep normal faults, jointing and magmatic dike intrusions. The lower sediments and the underlying crust are characterized by positive anisotropy ($V_{SV} < V_{SH}$), corresponding to the extensional regime forming the sedimentary basin by crustal stretching and thinning, and sedimentary bedding. In the Precambrian terranes, positive anisotropy is found in the upper and lower crust, which can be explained by lateral compensation movements during the post-orogenic collapse of the Pan-African Orogen (PAO), which accommodated the gravitational extension. The uppermost anomaly coincides with depths of strong radiogenic heat production supporting crustal flow. The negative anisotropy in the middle crust can be associated to the strongly folded fabrics, with fossilization of the vertically oriented anisotropy due to exhumation and lithospheric cooling.

New insights into the mineralogy of D'' beneath the North Atlantic region

S. Durand¹ & C. Thomas¹

¹ Institut für Geophysik, Corrensstr. 24, 48149 Münster, Deutschland

September 1, 2017

In this study we provide new insights into D'' mineralogy and P-T conditions beneath the North Atlantic region based on a combination of P and S wave data. We use the Mw 6.3 earthquake that occurred on April 2010 in Spain and was recorded at some 700 seismic stations of the USarray. In order to investigate the D'' layer we look for waves reflected on the top of it, namely PdP and SdS, and we compare them to reference phases, such as PcP and ScS, so that the difference between both is sensitive to almost only D''. Because USarray is a very dense array we are able to provide a continuous map of the detection or not of PdP and SdS waves in the North Atlantic region. We then perform $\delta t_{PcP-PdP}$ and $\delta t_{ScS-SdS}$ delay time measurements that we invert for D'' V_p , V_s and thickness applying a Bayesian approach. We find that the D'' layer should be ~ 292 km thick, with velocity perturbations $d \ln(V_p) \sim 0.61\%$ and $d \ln(V_s) \sim 0.71\%$. These values suggest that a pure iron post-perovskite is unlikely and instead, it is more likely to be caused by chemical anomalies with/without temperature variations.

Tomopy: Python tools for looking into the Earth

S. Durand¹, R. Abreu¹ and C. Thomas¹

¹ Institut für Geophysik, Corrensstr. 24, 48149 Münster, Deutschland

We present Tomopy, a new Python tool that facilitates the use of a suite of tomographic models available to the public, with a single programme. We placed particular emphasis on providing a tool that will be freely available on a GitHub platform and that is based on free software, Python and fortran. Tomopy provides six tools that allow to visualize tomographic models, compare them and extract information for further scientific purposes. The tool comes with a graphical interface with intuitive buttons and simple parameters but the same information can also be gained by using the Python classes that can be run routinely in Python scripts. By facilitating the wider use of tomographic models, Tomopy aims at encouraging a wider community of geophysicists to explore tomographic models in more detail.

Untersuchung der Windabhängigkeit des seismischen Rauschens an Erdbebenstationen der Ruhr-Universität Bochum

Sally Zimmermann Kasper D. Fischer
Wolfgang Friederich

Ruhr-Universität Bochum, Seismologisches Observatorium

Im Zuge der Energiewende werden in Deutschland vermehrt Windenergieanlagen (WEA) gebaut. Die Standorte, die gut zum Bau neuer WEA geeignet sind, sind oftmals auch Standorte von seismischen Stationen (Stammler & Friederich, 2013), was zu einem Interessenkonflikt zwischen Betreibern von WEA und seismischen Stationen führt. Um den Einfluss von WEA auf das Rauschen an Erdbebenstationen zu quantifizieren wurde dies beispielhaft an zwei Stationen (BUG und IBBN) untersucht. Dafür wurden die Rauschspektren von 6-Stunden-Intervallen erstellt, den jeweiligen vorherrschenden Windgeschwindigkeiten zugeteilt und in Intervallen von 1 m/s gruppiert. Da nur das Rauschen betrachtet werden sollte, wurden die Daten von lokalen, bergbauinduzierten Ereignissen mit einer Magnitude größer 1,0 herausgeschnitten. Die 50%-Perzentile der Rauschspektren bei den verschiedenen Windgeschwindigkeiten wurden miteinander verglichen.

Eine Station (BUG) mit einer Entfernung von einigen Kilometern zur nächsten WEA zeigt im Frequenzbereich von 1 Hz bis 7 Hz weder eine generelle Windabhängigkeit noch Peaks im Spektrum. Eine andere Station (IBBN) liegt nur einige hundert Meter von mehreren WEA entfernt und zeigt im Frequenzbereich von 1 Hz bis 15 Hz eine starke Windabhängigkeit des Rauschens in breiten Frequenzbändern und diskrete Peaks im Spektrum. Durch Ausfall einer nahen WEA nimmt die Rauschamplitude, vor allem um 5 Hz, deutlich ab. Die Ergebnisse stimmen grundlegend mit bisherigen Studien für andere Standorte überein (z. B. Estrella et al., 2017; Neuffer & Kremers, 2017; Saccorott et al., 2011; Stammler & Ceranna, 2016; Styles et al., 2005).

Equidistant spectral lines in train vibrations

Florian Fuchs¹, Götz Bokelmann¹ and the AlpArray Working Group²

¹ Department of Meteorology and Geophysics, University of Vienna

² www.alparray.ethz.ch

We analyze in detail the seismic vibrations generated by trains, measured at distance from the track with high sensitivity broadband sensors installed for the AlpArray project. The geometrical restrictions of the network resulted in a number of instruments deployed in the vicinity of railway lines. On seismic stations within 1.5 km of a railway, we observe characteristic seismic signals that we can relate to the passage of trains. All train signals share a characteristic feature of sharp equidistant spectral lines in the entire 2–40 Hz frequency range. For a site located 300 m from a busy track, frequency spacing is between 1 and 2 Hz and relates to train speed. The spectrograms of individual trains show acceleration and deceleration phases that match well with the expected driving profile for different types of trains. We discuss possible mechanisms responsible for the strikingly equidistant spectral lines. We search for Doppler effects and compare the observations with theoretically expected values. Based on cepstrum analysis we suggest quasi-static axle load by consecutive bogies as the dominant mechanism behind the 1–2 Hz line spacing. The striking feature of the equidistant spectral lines within the train vibrations renders them outstanding seismic sources which may have potential for seismic imaging and attenuation studies.

NW-Böhmen-Schwarm Juli 2017, $\max(M_L) = 3.2$: Ortung von Lokalbeben in Mitteldeutschland -- schnell, automatisch, SeisComP3

Sigward Funke¹, Dirk Rößler², Siegfried Wendt¹, Bernd Weber²

sfunke@uni-leipzig.de

¹Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie

²gempa GmbH, Potsdam

Am 11. und 12. Juli 2017 ereignete sich ein kurzer Erdbebenschwarm im Herdgebiet Nový Kostel und Luby in NW-Böhmen wenige Kilometer jenseits der sächsisch-böhmischen Grenze. Die beiden größten Beben erreichten nach der manuellen Routineauswertung Lokalmagnituden von 3,1 und 3,2. Bisher umfasst die manuelle Auswertung noch 41 weitere Beben im Magnitudenbereich von 1,5 bis 2,6 während dieser beiden Tage. Von diesen 43 Beben wurden 42 durch SeisComP3 automatisch geortet und deren Magnituden bestimmt. Die Magnituden dieser automatisch ausgewerteten Beben liegen zwischen 1,4 und 3,5.

Im Rahmen des Seismoverbundes Mitteldeutschland betreibt die Universität Leipzig ein System der automatischen Detektion, Ortung und Alarmierung bei potentiell spürbaren Beben. Die zu Grunde liegende SeisComP3-Automatik wurde im Vorfeld durch die Firma gempa GmbH eingestellt und an die lokalen Gegebenheiten in Mitteldeutschland angepasst. Insbesondere wurde die Qualität automatischer P- und S-Einsätze erhöht sowie die zur Verfügung stehenden Phasenassoziiierungsmodule scautopick und scanloc optimiert. Dadurch wuchs die Ortungsgenauigkeit. Die Detektionsschwelle und die Zahl der Fehlalarme sanken.

Der Vergleich zwischen manueller und automatischer Auswertung zeigt die erreichte Leistungsfähigkeit des automatischen Systems.

Titel:

#####

Evaluierung der Qualität und Geschwindigkeit von Erdbebendetektionen in SeisComP3

Autoren:

#####

Dirk Roessler, Bernd Weber, Enrico Ellguth, Johannes Spazier und das Team von gempa

gempa GmbH, Potsdam, Telegrafenberg, Germany, Kontakt: info@gempa.de

Abstrakt:

#####

The geometry of seismic monitoring networks, site conditions and data availability as well as monitoring targets and strategies typically impose trade-offs between data quality, earthquake detection sensitivity, false detections and alert times. Network detection capabilities typically change with alteration of the seismic noise level by human activity or by varying weather and sea conditions.

To give helpful information to operators and maintenance coordinators gempa developed a range of tools to evaluate earthquake detection and network performance.

qceval is a module which analyzes waveform quality parameters in real-time and deactivates and reactivates data streams based on waveform quality thresholds for automatic processing. Threshold can be defined for example for latency, delay, timing quality, spike and gaps count and rms. As changes in the automatic processing have a direct influence on detection quality and speed, npeval is designed to calculate in real time the expected time needed to detect and locate earthquakes by evaluating the effective network geometry. The effective network geometry is derived from the configuration of stations participating in the detection. The detection times are shown as an additional layer on the map and updated in real-time as soon as the effective network geometry changes.

The new tool sceval is a automatic module classifying located seismic events (Origins) in real time. The module evaluates the spatial distribution of the stations contributing to an Origin. sceval confirms or rejects the status of Origins, adds comments or leaves the Origin unclassified. The comments are treated by the additional sceval plug-in to set the customizable type of the event. The unique identification of real and fake events in earthquake catalogues allows to lower network detection thresholds. In real-time monitoring situations operators can limit the processing to events with unclassified Origins, reducing their work load. Classified Origins can be treated specifically by other procedures.

The modules have been calibrated and tested for several networks for example in Indonesia and Northern Chile.

Titel:

#####

Erdbebenintensität und Strong Motion Analyse in SeisComP3

Autoren:

Jan Becker^{^1}, Bernd Weber^{^1}, Hadi Ghasemi^{^2}, Jaya Murjaya^{^3}, Phil Cummings^{^4}, Ariska Rudyanto^{^3}, Dirk Roessler^{^1} und das Team von gempa

^{^1} gempa GmbH, Potsdam, Telegrafenberg, Germany, Kontakt: info@gempa.de

^{^2} GeoScience Australia, Canberra, Australia

^{^3} BMKG, Jakarta, Indonesia

^{^4} Australian National University, Acton ACT, Australia

Abstrakt:

#####

Measuring and predicting ground motion parameters including seismic intensities for earthquakes is crucial and subject to recent research in engineering seismology.

gempa has developed the new SIGMA module for Seismic Intensity and Ground Motion Analysis. The module is based on the SeisComP3 framework extending it in the field of seismic hazard assessment and engineering seismology.

SIGMA may work with or independently of SeisComP3 by supporting FDSN Web services for importing earthquake or station information and waveforms.

It provides a user-friendly and modern graphical interface for semi-automatic and interactive strong motion data processing. SIGMA provides intensity and (P)SA maps based on GMPE's or recorded data. It calculates the most common strong motion parameters, e.g. PGA/PGV/PGD, Arias intensity and duration, T_p , T_m , CAV, SED and Fourier-, power- and response spectra. GMPE's are configurable. Supporting C++ and Python plug-ins, standard and customized GMPE's including the OpenQuake Hazard Library can be easily integrated and compared. Originally tailored to specifications by Geoscience Australia and BMKG (Indonesia) SIGMA has become a popular tool among SeisComP3 users concerned with seismic hazard and strong motion seismology.

Discrepancies in SKS-SKKS shear wave splitting measurements across Scandinavia: Potential contributions from lowermost mantle anisotropy?

Michael Grund & Joachim Ritter

KIT, Geophysical Institute, michael.grund@kit.edu

In the framework of the international ScanArray initiative we analyze core-refracted shear waves (SKS,SKKS,PKS) to study the anisotropic structure beneath Scandinavia.

Besides the routine shear wave splitting analysis we observed strong discrepancies in splitting parameters for SKS-SKKS pairs of the same event at several permanent and temporary stations. Since both phases have very similar raypaths in the transition zone and shallower layers beneath the receiver, potentially this discrepancies are a signature of lowermost mantle anisotropy. In order to evaluate a contribution of deep sources of anisotropy in our signals we systematically analyzed well constrained SKS-SKKS pairs in our large data set.

However, due to the partly complex shear wave splitting patterns (fast axis and delay time) at several stations, it is quite difficult to completely separate the different contributions from the overall splitting signal. To tackle this problem we apply a recently published approach which incorporates also the so called splitting intensity. In this way we can potentially show that our recordings contain at least a small contribution of lowermost mantle anisotropy.

Attenuation from the deconvolution of ambient noise recorded in a borehole in West Bohemia/Vogtland

Händel, A., Ohrnberger, M., Krüger, F.

The correct estimation of site-specific attenuation is very important for the assessment of seismic hazard. In this study, we apply an interferometric approach by deconvolving seismic motions recorded at a surface sensor from those recorded in a borehole. In doing so, incident and surface-reflected wave can be separated. We apply this technique not only to earthquake data but also to recordings of ambient vibrations. Using the approach of Fukushima et al. (2016) we compute the transfer function between incident and surface-reflected wave and infer frequency dependent quality factors for P- and S-waves. The method is applied to a 87 m deep borehole and a co-located surface sensor situated at a hard-rock site in West Bohemia/Vogtland, Germany. We show that deconvolution with ambient vibrations provides equally good attenuation results as deconvolution using earthquake recordings. Only a short duration of ambient vibration recordings is needed to obtain stable results. Quality factors from noise and earthquakes are very alike between 5-180 Hz and show the same frequency dependence. This result is very promising because seismic noise is quasi-continuously available and can thus provide fast and reliable site attenuation responses from borehole recordings.

Structure of the oceanic lithosphere and upper mantle north of the Gloria fault in the eastern mid-Atlantic by receiver function analysis

Katrin Hannemann¹, Frank Krüger², Torsten Dahm^{2,3}, Dietrich Lange¹

¹FB4 Dynamik des Ozeanbodens, GEOMAR Helmholtz Zentrum für Ozeanforschung Kiel

²Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam

³Sektion 2.1 Erdbeben- und Vulkanphysik, GFZ Potsdam

Receiver functions have been used for several decades to study structures beneath seismic stations. Although most available stations are deployed on-shore, the number of ocean bottom station (OBS) experiments has increased in recent years. Almost all OBSs have to deal with higher noise levels and a limited deployment time (~ 1 year), resulting in a small number of usable records of teleseismic earthquakes. We deployed OBSs as a mid-aperture array in the deep ocean (4.5-5.5 km water depth) of the eastern mid-Atlantic. We use evaluation criteria for OBS data and beam forming to enhance the quality of the RFs. For the interpretation, we compare the OBS receiver functions with synthetic receiver functions which have been calculated using sedimentary and crustal models obtained by P wave polarization analysis performed at these stations. Although some stations show reverberations caused by sedimentary cover, we are able to identify the Moho signal, indicating a normal thickness (5-8 km) of oceanic crust. Observations at single stations with thin sediments (300-400 m) indicate that a probable sharp lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) might exist at a depth of ~ 70 -80 km which is in line with LAB depth estimates for similar lithospheric ages in the Pacific. The mantle discontinuities at ~ 410 km and ~ 660 km are clearly identifiable. Their delay times are in agreement with PREM indicating a normal mantle transition zone. Overall the usage of beam formed earthquake recordings for OBS receiver function analysis is an excellent way to increase the signal quality and the number of usable events. Furthermore, information of subsurface structures close to the receiver estimated by P wave polarization analysis helps to identify and classify the confidence of lithospheric structures as the Moho and the LAB in the presence of strong reverberations.

Implications for earthquake triggering mechanisms in shale gas basins in Canada inferred from remote dynamic earthquake triggering

Rebecca M. Harrington¹, Bei Wang^{1,2}, Yajing Liu², Honn Kao³, Hongyu Yu¹

¹ Ruhr University Bochum, Institute of Geology, Mineralogy, and Geophysics

² McGill University, Earth and Planetary Sciences Department

³ Geological Survey of Canada, Pacific Geosciences Centre

Recent fluid injection activity in the Western Canadian Sedimentary Basin (WCSB) has been associated with increases in background seismicity in the last years, which has led to increases in seismic station coverage in areas where hydraulic fracturing (fracking) is either planned or ongoing. In this study, we make use of the increased station coverage near injection sites to investigate whether large, remote earthquakes triggered seismicity locally in three sedimentary basins in Canada. In each study area, we detect as many small, local earthquakes as possible by applying a multi-station matched-filter detection method to continuous waveforms to detect uncataloged local earthquakes in 10-day time windows surrounding triggering mainshocks occurring between 2013-2015 with an estimated local peak ground velocity exceeding 0.01 cm/s. We examine the high-pass filtered waveforms for evidence of local earthquake occurrence before and after the surface waves of the triggering mainshocks have passed. In addition we count the number of earthquakes in 24-hour bins and use a statistical p-value test to estimate if changes in seismicity levels following mainshock shaking are significant.

We find evidence for direct triggering of earthquakes within the mainshock surface wave train, as well as statistical evidence suggesting triggering occurred. Statistical p-value tests suggest occurrences of triggering following transient stress perturbations of < 10 kPa at all three sites, implying local faults may remain critically stressed over periods similar to the time frame of our study (~2 years) or longer, potentially due to maintained high pore pressures in tight shale formations following injection. The time window over which seismicity rate changes varies at each site, with more delayed triggering occurring at sites where production history is longer. The observations combined with new modeling results suggest that the poroelastic response of the medium may be the dominant factor influencing instantaneous triggering, particularly in low-permeability tight shales. At sites where production history is longer and bulk rock permeability may have been increased, both pore pressure diffusion and the poroelastic response of the medium may work together to promote both instantaneous and delayed triggering. Not only does the interplay between the poroelastic response of the medium and the pore pressure diffusion have implications for triggering induced earthquakes near injection sites, it could also be a plausible explanation for observations of instantaneous and delayed earthquake triggering in general.

AG Seismologie 2017

Sebastian Heimann¹, Marius Kriegerowski¹, Marius P. Isken², Simone Cesca¹, Nima Nooshiri¹,
Andreas Seinberg², Henriette Sudhaus², Hannes M. Vasyura-Bathke³, Torsten Dahm¹

¹Geoforschungszentrum Potsdam, Germany, ²Carl-Christian-Albrecht Universität zu Kiel, Germany,
³King Abdullah University of Science and Technology, Tuwal, Saudi Arabia

Pyrocko - An open-source seismology toolbox and library

Abstract

Pyrocko is an open source seismology toolbox and library, written in the Python programming language. It can be utilized flexibly for a variety of geophysical tasks, like seismological data processing and analysis, calculation of Green's functions and earthquake models' synthetic waveforms and static displacements (InSAR or GPS). Those can be used to characterize extended earthquake ruptures, point sources (moment tensors) and other seismic sources. The Pyrocko core library provides building blocks for researchers and students wishing to develop their own applications.

The Pyrocko framework also ships with application:

- 1) Snuffler (interactive seismogram browser and workbench),
- 2) Cake (1D travel-time and ray-path computations),
- 3) Fomosto (calculate and manage Green's function databases) and
- 4) Jackseis (waveform archive data manipulation).

Seismische Aktivität in der Osteifel

**Martin Hensch¹, Stefan Stange¹, Fee-Alexandra Rodler¹, Bernd Schmidt²,
Klaus Lehmann³, Joachim Ritter⁴, Torsten Dahm⁵, Sebastian Heimann⁵**

1) *Regierungspräsidium Freiburg, LGRB, Landeserdbebendienst Baden-Württemberg*

2) *Landesamt für Geologie und Bergbau, Landeserdbebendienst Rheinland-Pfalz*

3) *Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Landeserdbebendienst*

4) *Karlsruher Institut für Technologie*

5) *GFZ Potsdam*

Durch den Ausbau der seismologischen Messnetze – insbesondere beim Landeserdbebendienst Rheinland-Pfalz im Verbund Erdbebendienst Südwest – konnte in den letzten Jahren in der Osteifel und im Neuwieder Becken nicht nur die Detektionsschwelle gesenkt, sondern vor allem auch die Lokalisierungsgenauigkeit kleiner Erdbeben deutlich verbessert werden.

Im Spätsommer 2013 wurden neben den regelmäßig gemessenen kleinen Erdbeben auf der Ochtendunger Störung erstmals zwei Ereignisse in rund 40 km Tiefe detektiert ($M_L=0.7-0.9$), die möglicherweise mit magmatischen Prozessen im Zusammenhang stehen. Anfang Juni 2017 ereignete sich unter der Südflanke des Laacher Sees über einen Zeitraum von neun Tagen eine Erdbebenserie von über 50 Ereignissen bis $M_L=1.3$ in rund 25 km Tiefe, unmittelbar gefolgt von einer weiteren mehrtägigen Serie in 2 bis 6 km Tiefe ($M_L<0.8$) etwas weiter nördlich. Parallel dazu kam es am Nordwestende der Ochtendunger Störung bei Nickenich zu einem $M_L=2.7$ Ereignis und einigen wenigen Nachbeben. Ein vergleichbar starkes Erdbeben gab es bereits Mitte März 2017 am Südostende der Störung bei Kobern-Gondorf.

Im Gegensatz zu den hochfrequenten Signalen der flachen Erdbeben zeichnen sich die tiefen Ereignisse durch emergente P-Wellen Einsätze und ungewöhnlich tiefe Frequenzen (1 bis 4 Hz) aus. Ferner treten mehrere Ereignisse meist in Pulsen von einigen Minuten Länge auf, separiert durch mehrstündige Pausen. Ähnliche Signale werden weltweit in verschiedenen vulkanisch aktiven Gebieten in der viskoelastischen Unterkruste gemessen, so z.B. auf Kamtschatka, auf Island oder im Kongo, und als durch Fluid- oder Magmabewegungen verursacht interpretiert.

In der Osteifel können solche Erdbeben erst jetzt messtechnisch ausreichend genau erfasst werden. Wahrscheinlich sind potentiell magmatisch induzierte Tiefbeben unter dem Laacher See System schon vor Ausbau des seismischen Netzes in der Region episodisch vorgekommen. Eine interdisziplinäre Untersuchung und Überwachung der Aktivität ist daher notwendig. So sind neben dem weiteren Ausbau des permanenten Messnetzes momentan zusätzliche temporäre Stationen in Betrieb, des Weiteren sind geodätische Messungen und geochemische Untersuchungen (Gasmessungen) geplant.

Der Vortrag befasst sich primär mit den im Juni diesen Jahres gemessenen Erdbeben, mit besonderem Fokus auf die tieffrequente Serie in der Unterkruste. Neben der Untersuchung der Herdmechanismen sind auch eventuell vorhandene räumliche und zeitliche Zusammenhänge zwischen der Aktivität in den verschiedenen Herdgebieten am Laacher See von Bedeutung.

“Erdbeben betreffend”: a XIXth Century National Prussian Macroseismic Questionnaire

E. Knuts¹, K.-G. Hinzen², S.K. Reamer² and T. Camelbeeck¹

¹Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles

²Universität zu Köln

We recently discovered in the regional record office of North Rhine Westphalia (Landesarchiv Nordrhein Westphalen) in Duisburg (Germany) numerous original documents about official surveys organized during the XIXth century by the Prussian authority about felt earthquakes in the Kingdom of Prussia. We give an overview of these documents and discuss their importance for broadening the knowledge base about XIXth century earthquakes in this part of Europe. Indeed, for some earthquakes, answers to this questionnaire furnish original historical sources never scientifically exploited; while for other earthquakes, the surveys formed the basic source of information, utilized but not referenced in at least two XIXth century scientific studies. Detailed examination of a small sample from these contemporaneous documents definitively demonstrates the necessity for a reevaluation of the XIXth century earthquakes.

AG Seismologie 2017

Marius P. Isken¹, Henriette Sudhaus¹, Sebastian Heimann², Andreas Steinberg¹, Hannes M. Vasyura-Bathke³

¹Carl-Christian-Albrecht Universität zu Kiel, Germany, ²Geoforschungszentrum Potsdam, Germany, ³King Abdullah University of Science and Technology, Tuwal, Saudi Arabia

Software Toolbox Development for Rapid Earthquake Source Optimisation Combining InSAR Data and Seismic Waveforms.

Abstract

We present a modular open-source software framework (`pyrocko`, `kite`, `grond`; <http://pyrocko.org>) for rapid InSAR data post-processing and modelling of tectonic and volcanic displacement fields derived from satellite data. Our aim is to ease and streamline the joint optimisation of earthquake observations from InSAR and GPS data together with seismological waveforms for an improved estimation of the ruptures' parameters. Through this approach we can provide finite models of earthquake ruptures and therefore contribute to a timely and better understanding of earthquake kinematics.

The new `kite` module enables a fast processing of unwrapped InSAR scenes for source modelling: the spatial sub-sampling and data error/noise estimation for the interferogram is evaluated automatically and interactively. The rupture's near-field surface displacement data are then combined with seismic far-field waveforms and jointly modelled using the `pyrocko.gf` framework, which allows for fast forward modelling based on pre-calculated elastodynamic and elastostatic Green's functions. Lastly the `grond` module supplies a bootstrap-based probabilistic (Monte Carlo) joint optimisation to estimate the parameters and uncertainties of a finite-source earthquake rupture model.

We describe the developed and applied methods as an effort to establish a semi-automatic processing and modelling chain. The framework is applied to Sentinel-1 data from the 2016 Central Italy earthquake sequence, where we present the earthquake mechanism and rupture model from which we derive regions of increased coulomb stress.

The open source software framework is developed at GFZ Potsdam and at the University of Kiel, Germany, it is written in Python and C programming languages. The toolbox architecture is modular and independent, and can be utilized flexibly for a variety of geophysical problems.

This work is conducted within the *BridGeS* project (<http://www.bridges.uni-kiel.de>) funded by the German Research Foundation DFG through an Emmy-Noether grant.

Structure of the mantle lithosphere in continental collision zones of Europe, North America and China from S-receiver functions

Kind, R.1 , Shen, X.2 and Yuan, X.1

1 GFZ German Research Center for Geosciences

Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

FU Berlin, FR Geophysik, Malteserstr.74-100, 12249 Berlin, Germany

2 Lanzhou Institute of Seismology, China Earthquake Administration

450 Donggangxilu Ave., Lanzhou, 730000, China

e-mail: kind@gfz-potsdam.de

Seismic tomography and receiver functions are the most common methods to study the structure of the mantle lithosphere. We use S-receiver functions to study continent-continent collision zones in Europe, North America and China. In order to avoid possible numerical problems caused by filtering effects (side lobes) we process the data practically without filtering (also excluding deconvolution). Side lobes are still a fundamental question to check the reality of the Mid-Lithospheric Discontinuity (MLD). We use openly available data of mostly permanent seismic broadband stations from the European portal EIDA, from IRIS and from the Chinese Seismic Network. We obtained several ten thousands of useful records in each region by visual and fully automatic processing.

We observed the MLD in all cratonic regions near 100 km depth and the Lithosphere-Asthenosphere Boundary (LAB) partly in cratonic regions near 200 km depth. The observation of the cratonic LAB with converted waves requires a relatively sharp discontinuity which excludes temperature as only cause of the LAB. In younger tectonic active regions we observed the LAB near 100 km depth. These boundaries are in collision zones significantly structured. In central Europe we observed the deep cratonic LAB reaching far to the west of the Tornquist-Teisseyre Zone below Phanerozoic cover. Below the northern edge of the Bohemian Massif seems to be a tear in the LAB leading to a jump in its depth of about 100 km. In North America we see north of Yellowstone a smooth deepening of the western LAB from about 100 km depth to 200 km depth at the Mid-Continental Rift System. Similarly to the LAB jump below the Bohemian Massif in Europe, we see below the Sevier Thrust Belt also a jump of about 100 km in the LAB depth. In China we see no deep Cratonic LAB. Only the shallow LAB/MLD is visible.

The discontinuity at 410 km depth is everywhere visible, usually along with a low velocity zone directly above it.

Crustal S-velocity from P-wave polarization - Tests with receiver functions from Instaseis Mars synthetics

Brigitte Knapmeyer-Endrun, Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen

On Earth, receiver functions are a standard tool to estimate crustal thickness and structure from single-station data. By applying the method to data collected by NASA's InSight mission, which is scheduled to deploy a three-component seismometer to Mars in November 2018, we hope to provide similar constraints on Mars' crust. Current models of Mars' crustal thickness are based on interpretation of orbital gravity data, which need assumptions on crustal and mantle densities as well as the minimum crustal thickness, and have a factor of two uncertainty. A single-point independent estimate from seismology would reduce this uncertainty considerably.

In preparation for InSight, an Instaseis database for 16 different Mars models was set up at ETH Zurich. These models differ with regard to crustal thickness, crustal velocities, mantle mineralogy, and areotherm. In calculating Ps-receiver functions for these models, we found that the usable distance range for P is 35° to 95°, the usable distance range for PP is 110° to 150°, and PKP can likely not be used, at least if there is no inner core. Comparison to fault maps as well as thermal evolution modeling indicates that seismicity should be present at these distances ranges from the landing site.

For an interpretation of the resulting receiver functions in terms of crustal structure, we look at the frequency-dependent P-wave polarization (apparent incidence angle) that can be extracted from the receiver functions. Though the uncertainty in ray parameter - caused by location as well as model (ray parameter - distance relation) uncertainty for Mars - maps into the uncertainty of the resulting apparent S-wave velocities, they show clear differences for the different models and allow a first order estimate of the shallow crustal velocities directly from the curves. To obtain a larger variety of crustal structures, e.g. in terms of sedimentary layers or a high-velocity lower crust, we also analyse terrestrial data from five stations from different geological regions in central Europe. We tested different methods of receiver function calculation for the inversion of the apparent S-wave velocity curves and found that modelling of the complete teleseismic wavefield is required to match the Instaseis synthetics. We found that Qseis provides a good fit to the data for both Earth and Mars synthetics and plan to use it in a grid search based inversion.

Abschätzung der mittleren jährlichen Freisetzung von seismischem Moment eines Planeten anhand der stärksten beobachteten Ereignisse

M. Knapmeyer (DLR), A-C. Plesa (DLR), M. Golombek (JPL)

Geologische und geodynamische Analysen des Planeten Mars erlauben nur indirekte Rückschlüsse über seine Seismizität: Aus Ausdehnung und Alter der existierenden tektonischen Strukturen (hauptsächlich Gräben und Aufschiebungen, wenige Blattverschiebungen) kann abgeschätzt werden, wie viel seismisches Moment bei ihrer Bildung freigesetzt wurde und in welchem Zeitraum. Dies liefert ein Maß für das pro Jahr im Mittel zur Verfügung stehende seismische Momenten-Budget. Analog kann aus geodynamischen Modellrechnungen eine Deformationsrate durch mantle drag sowie säkulare Abkühlung des Planeten als Ganzem geschätzt und ebenfalls in ein jährliches seismisches Momenten-Budget umgerechnet werden. Abschätzungen über Wiederkehrzeiten oder b -value sind dagegen nicht möglich.

Allerdings weisen fast alle tektonischen Strukturen ein hohes Alter auf, so daß darauf basierende Seismizitätsschätzungen für die Gegenwart einer gewissen Extrapolation bedürfen. Geodynamische Modellrechnungen andererseits müssen notwendigerweise Annahmen über die Eigenschaften und thermische Evolution des modellierten Planeten machen. Eine Bestimmung des jährlichen Momenten-Budgets aus Beobachtungsdaten liefert daher eine nützliche Einschränkung für die relevanten Modellparameter.

Anders als auf der Erde, wo hunderte seismischer Stationen über Jahrzehnte beispielsweise zum Global Centroid Moment Tensor Katalog beitragen, stehen von anderen Himmelskörpern nur wenige Meßdaten zu Verfügung. Insbesondere wird die Seismizität des Mars ab Ende 2018 für zwei oder mehr Jahre von der NASA-Mission InSight mit einem Breitband- und einem kurzperiodischen Seismometer beobachtet werden.

Wir verwenden eine von Vor- und Nachbeben bereinigte (declustering nach Reasenberg, 1985) und auf eine mit der Zeit konstante Detektionsschwelle von $2 \times 10^{17} Nm$ reduzierte Version des GCMT-Katalogs um zu untersuchen, wie genau sich das langjährige Mittel von ca. $3 \times 10^{23} Nm/a$ mit einer stark begrenzten Auswahl von Ereignissen schätzen läßt.

Durch das declustering kann mit dem GCMT-Katalog ein Bootstrap-Verfahren implementiert werden, welches die Konstruktion von sehr vielen Katalogen unterschiedlicher Registrierzeiträume und eine entsprechende statistische Auswertung erlaubt.

Wir betrachten nur das stärkste zu jedem Zeitpunkt jemals beobachtete Ereignis und schätzen dessen Wiederkehrperiode durch die Zeit seit Beginn der Beobachtung ab. Wir gehen davon aus, daß das stärkste jemals beobachtete Ereignis nach einer gewissen Beobachtungsdauer ein global detektierbares Ereignis sein wird, so daß die vermutlich hohe Detektionsschwelle bei Verwendung nur eines einzigen Seismometers dann keine Rolle mehr spielt.

Das zentrale 50%-Perzentil unseres Schätzers enthält das tatsächliche langjährige Mittel des GCMT-Katalogs von Anfang an. Bereits nach einem Jahr Beobachtungszeit hat dieses Perzentil eine Breite entsprechend nur etwa einer Einheit der Momentenmagnitude.

LITHOS-CAPP: LITHOspheric Structure of Caledonian, Archaean and Proterozoic Provinces

Alexandra Mauerberger¹, Frederik Tilmann¹, Joachim Ritter²

¹Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam, Deutschland, ²KIT Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

The western rim of Scandinavia is characterized by the Scandes mountain range with topographies up to 2500 m. Since this region lacks of recent compressional tectonic forces, it provides a great opportunity to understand the geodynamical evolution of crustal and upper mantle structures at passive continental margins. This project is the German contribution (GFZ and Karlsruhe Institute of Technology) to the SCANarray initiative implemented by a consortium including also NORSAR, NGU (both Norway) as well as Universities of Copenhagen, Oslo, Leicester, Uppsala, Bergen, Aarhus and Oulu.

In total, around 130 temporary broadband stations have been deployed by the project partners covering central and northern Norway and Sweden and the western margin of Finland; where 20 broadband seismic stations have been provided by GFZ from September 2014 to October 2016. Additionally, about 115 permanent stations from Denmark, Norway, Finland and Sweden are available having a mean interstation distance of 55 km.

Our project links to former studies which mainly covered the southern regions of Scandinavia. An unusually shallow crust and lithosphere-asthenosphere boundary have been found beneath the high-topography Scandes mountain range of western Norway, where a clear crustal mountain root seems to be absent. The lower topography regions of eastern Norway and Sweden, however, reveal a thicker crust which is in contrast to the principles of Airy isostasy. Lower seismic velocities than expected for a tectonically stable region have been found for southern Norway with a sharp transition to higher VP and VS beneath Sweden.

To obtain a high-resolution (lithospheric) shear wave model, we will combine tomographic and waveform inversions of surface waves and ambient noise subsequently producing 3D velocity models, including both isotropic and anisotropic analyses. The focus is on the variation of crustal and lithospheric structure as well as seismic velocity across the Scandes mountain range and western (Phanerozoic) and eastern (Proterozoic) Scandinavia. The spatial variation of anisotropic structures can give us a hint at the tectonic formation since anisotropy may differ between the tectonic units or could be consistent over larger regions.

Seismizität bei Tiefengeothermie in Bayern: Poing und Co.

T. Megies, J. Wassermann (LMU München)

Am 09.09.2017 ereignete sich um 17:20 Uhr UTC nahe der Gemeinde Poing bei München ein Erdbeben der Magnitude M_L 2,1 (\pm 0,3). Das Erdbeben wurde von weiten Teilen der Bevölkerung verspürt bzw. gehört. In den ersten 24h liefen über 100 Fühlbarkeitsberichte beim Erdbebendienst Bayern auf. Es wird von Erschütterungen, sowie von einem lauten, deutlich hörbaren Knall berichtet, einige Berichte sprechen sogar von leichten Rissen im Putz. Insgesamt liegt die überwiegende Zahl der Meldungen im Bereich III-IV, die maximale Intensität muss aufgrund der Berichte von Rissen im Putz mit V angenommen werden. Nahe des Epizentrums wurde eine PGV von 1,6 mm/s gemessen, was generell eher eine Einstufung mit Intensität IV realistisch erscheinen lässt.

Bereits im Dezember 2016 war es zu zwei verspürten Beben mit vergleichbarer Lage gekommen. Das aktuelle Beben hat dabei in etwa dieselbe Stärke wie das Hauptbeben vom 07.12.2016. Die höhere Anzahl der Meldungen aus der Bevölkerung lässt sich vermutlich mit der Sensibilisierung der Bevölkerung durch die Berichterstattung in den Medien erklären. Für eines der Beben konnte eine Herdflächenlösung bestimmt werden. Diese lässt auf die Reaktivierung einer bekannten Störungszone im Reservoir bzw. im darunterliegenden Basement (Markt-Schwabener Verwurf) schließen.

Der Betreiber der Geothermie Poing hat auf Druck der Gemeinde Poing den Betrieb der Geothermie vorläufig eingestellt, bis ein im Dezember beim LIAG in Auftrag gegebenes Gutachten zu den Beben vorliegt.

In den vergangenen Jahren wurde bei mehreren Tiefengeothermiestandorten im Großraum München Seismizität nachgewiesen. Dabei sticht vor allem der Standort Unterhaching mit über 600 Beben im Magnitudenbereich M_L -1 bis 2,4 und zwei verspürten Beben in 2008. Insgesamt lässt sich festhalten, dass bei genauer wissenschaftlich untersuchten Tiefengeothermieprojekten in Bayern mehrheitlich zumindest sporadische und schwache Mikroseismizität festzustellen ist.

Vortrag:

Einwirkungen durch den Betrieb von Windenergieanlagen auf seismologische Einrichtungen in NRW

Tobias Neuffer und Simon Kremers

Im Rahmen eines vom „Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucher des Landes NRW“ beauftragten Untersuchungsprojektes über Einwirkungen durch den Betrieb von Windenergieanlagen (WEA) auf seismologische Einrichtungen sind insgesamt 6-wöchige Messungen an 5 verschiedenen Windparks in NRW durchgeführt worden. Zur Vermessung und Beurteilung des induzierten Grundrauschens durch die Windparks sind jeweils 5 bzw. 10 mobile seismologische Stationen in logarithmischen Abständen zwischen 1 – 10 km zu den WEA im freien Feld und möglichst isoliert von anderen Rauschquellen errichtet worden. Betreiberdaten der untersuchten WEA sind von den Herstellerfirmen über den gesamten Messzeitraum in 1 bzw. 10-minütiger Auflösung zur Verfügung gestellt worden, was eine Korrelation zwischen den Rauschbedingungen und den Betriebszuständen der WEA ermöglicht. Spektrale Leistungsdichtekurven (PSD) aus den kontinuierlichen Wellenformen, die das frequenzabhängige Rauschniveau für einen bestimmten Zeitraum beschreiben, wurden für den Frequenzbereich unterhalb von 10 Hz berechnet. Durch die verlustfreie Datenaufzeichnung und den hochauflösenden Betriebsdaten können diskrete Peaks und deren Stärke im Rauschspektrum eindeutig dem Betrieb verschiedener WEA zugeordnet werden. Zusätzlich geplante Abschaltzeiten der Windparks liefern genaue Resultate über die Eigenfrequenzen und Harmonischen der WEA Türme, die in den Untergrund eingeleitet werden. Die stärksten Vibrationen, die an den seismologischen Stationen zu messen sind, sind auf die Turmeigenschwingungen, die durch die Rotation der Rotorblätter angeregt werden, zurückzuführen und im Frequenzbereich zwischen 3 – 4 Hz zu finden.

Apollo Passive Seismic Experiments: lunar data in SEED format

Ceri Nunn¹, Yosio Nakamura² and Heiner Igel¹, (1)Ludwig Maximilian University of Munich, Department of Earth and Environmental Sciences, Munich, Germany, (2)University of Texas at Austin, Institute for Geophysics, Austin, TX, United States

As a part of the Apollo lunar missions, five seismometers were deployed on the near side of the Moon between 1969 and 1972, and four of them operated continuously until 1977. Seismic data were collected on the Moon and telemetered to Earth. The data were transmitted in real time, and recorded on digital magnetic tapes, with timestamps representing the time of signal reception on Earth. The taped data have been widely used for many applications. Data from the tapes had also been transferred to SEED (Standard for the Exchange of Earthquake Data) format and these SEED files were previously available at IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology). However, there were some timing-related problems with the original SEED files. We have re-imported the long period data to SEED format, and will make these data available via IRIS. There are many gaps within the data caused by loss of signal or instrument problems. The signal is reconstructed to be read in as a continuous record, with gaps within the seismic trace where necessary. We also record the ground station which received the signal from the Moon, and we preserve the timestamps within the file. The timestamps indicate that the sampling rate varies by up to 0.01 %. We investigate how much this is a change in the apparent sampling rate (due to the orbital parameters of the Moon and the rotation of the Earth) and how much is due to the instrument not maintaining a constant sampling rate. We also provide response files. The new files will be a valuable resource for analyzing the structure of the Moon.

PyLoT - a Python tool for consistent automatic and manual phase reading in local, regional and global earthquake data

M. Paffrath¹, L. Küperkoch², S. Wehling-Benatelli¹, W. Friederich¹

¹ Ruhr-Universität Bochum, Geophysik, Bochum, Deutschland, ² BESTEC GmbH, Landau, Deutschland

We developed a Python tool with a graphical user front-end for processing large seismic data sets, offering event organisation and visualisation, methods for fast, consistent manual and automatic phase onset determination and earthquake localisation. It provides interfaces to most standard seismology programs such as HYPOSAT, HYPOINVERSE, hypoDD, FOCMEC, HASH, and NonLinLoc. In contrast to most phase picking tools, PyLoT assigns uncertainties to manual and automatic picks in an identical way. This is a necessity for comparing automatic with manual picks and for validating and tuning the automatic picking procedure. For a probabilistic comparison of both types of picks and for further use with NonLinLoc, the pick uncertainties are represented by continuous, non-Gaussian probability densities derived from an earliest-possible, latest-possible and most probable onset time, respectively.

Automatic onset determination is provided by the module autoPyLoT, which uses higher order statistics, autoregressive prediction of the waveform and the Akaike Information Criterion for P- and S-Phase picking. For large datasets, automatic picking is parallelized to process large amounts of stations at the same time.

Parameter setting for autoPyLoT is completely integrated into the GUI, allowing the user to optimize picking parameters in an interactive way.

Quality assessment based on control of SNR, signal length, energy distribution over seismic channels, Wadati-diagram and statistical exclusion with jack-knifing plays an important role.

The graphical user interface provides easy access to all features of PyLoT allowing a comfortable and fast set up of consistent reference data sets for tuning and testing autoPyLoT and for performing automatic picking on the entire data set.

Source Array Analysis of Vogtland Earthquake Clusters

G. M. Petersen (gpeterse@uni-potsdam.de)*, F. Krüger*, M. Ohrnberger*

*Inst. f. Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam

The Vogtland, located at the border region between the Czech Republic and Germany, is known for Holocene volcanism, gas and fluid emissions as well as for reoccurring earthquake swarms, pointing towards a high geodynamic activity. During the earthquake swarm in 2008/2009, a temporary array was installed close to Rohrbach (Germany), at an epicentral distance of about 10 km from the Nový Kostel focal zone (aperture ~ 0.75 km).

22 events of the recorded swarm were selected to set up a source array. Source arrays are spatially clustered earthquakes, which can be used in a similar manner as receiver array recordings of single events. The application of array seismology techniques like beamforming requires similar waveforms and precisely known origin times and locations. The resemblance of waveforms was assured by visual selection of events and quantified with the calculation of cross-correlation coefficients. We observed that the different events recorded at a single station generally show greater resemblances than the recordings of one event at all stations of the receiver array. This indicates a heterogeneous subsurface beneath the receiver array and a comparably homogeneous source array volume with respect to the frequency-dependent resolution of both arrays.

Beamforming was applied on the Z, N and E component recordings of the source array events at 11 stations, and the results were analysed with respect to converted or reflected crustal phases. Within the source array, P phase velocities of about 6.2 km/s can be observed. Along the entire travel path, the mean velocity is 5.63 km/s. PS phases, closely following the direct P phase and presumably SP phases, arriving shortly before the direct S phase can be observed on several stations. Based on the time differences to the direct P and S phases we inferred a conversion depth of about 0.8 km. Additionally to the source array beamforming method an analytical method with a fixed medium velocity and a grid search method, both for determining conversion/ reflection locations of phases traveling off the direct line between source and receiver array, were developed and applied to other observed phases.

In conclusion, we think that the distinct beamforming results along with the striking waveform resemblance reveal the opportunities of using source arrays consisting of small swarm events for the analysis of crustal structures.

Probing seismic anisotropy in the lowermost mantle beneath the Central Atlantic Ocean

Angelo Pisconti*, Christine Thomas* and James Wookey**

*Institut für Geophysik, Westfälische Wilhelms Universität Münster, Corrensstraße 24, 48149 Münster, Germany

**School of Earth Sciences, University of Bristol, Wills Memorial Building, Queen's Road, Bristol, BS8 1RJ, UK

The D" region, the lowermost part of the Earth's mantle, exhibits complex structures which have been related to slab graveyards and birth place of uprising plumes all through the mantle. These structures are likely due to flow in the mantle and investigating the anisotropy can help to determine flow and mineralogy of the D". Azimuthal anisotropy, rather than simple vertical transverse isotropy, have been recently detected using either shear wave splitting or polarities from reflected waves from the D" discontinuity. In this work, we use both methods to better constrain anisotropy and deformation in the lowermost mantle beneath the Atlantic Ocean.

We find a reflector in the lowermost mantle that shows a complex pattern in reflected wave polarities that in some cases travel out-of-plane. Applying ScS-S differential splitting method, we also detect a tilted fast polarization. Back projecting waves to their original bounce points, modelling out of plane waves, finding cross paths and modelling of anisotropy, will help us to better understand structure and flow of the lowermost mantle beneath the Atlantic Ocean.

Tiefe Erdbeben in der Unterkruste in Norddeutschland

Thomas Plenefisch¹, Nicolai Gestermann¹, Christian Brandes², David C. Tanner³ und Holger Steffen⁴

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Stilleweg 2, 30655 Hannover, Germany

²Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover, Callinstr. 30, 30167 Hannover, Germany

³Leibniz Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Stilleweg 2, D-30655 Hannover, Germany

⁴Lantmäteriet (IGR), Lantmäterivägen 2c, 80102 Gävle, Sweden

Norddeutschland ist eine Region mit geringer tektonischer Seismizität und wurde daher oft auch als eher aseismisch eingestuft. In den letzten Jahrzehnten traten vor allen Dingen Erdbeben im Bereich der Erdgasfelder auf, die aufgrund ihrer räumlich-zeitlichen Nähe zu den Erdgasfeldern und der Gasproduktion als induzierte Erdbeben eingestuft wurden. In prähistorischer und historischer Zeit konnten allerdings auch moderate tektonische Erdbeben in Norddeutschland entlang größerer Aufschiebungszone nachgewiesen werden (Brandes et al., 2015).

Seit dem Jahr 2000 wurden nun in Norddeutschland 5 Erdbeben in der weiteren Umgebung der Elbe registriert und lokalisiert, die eindeutig tektonischen Ursprungs sind und vergleichsweise große Herdtiefen aufweisen. Für 4 der Beben liegen die ermittelten Herdtiefen in der Unterkruste zwischen 20 km und knapp über 30 km und zum Teil sehr nahe der Moho. Die Erdbeben haben Magnituden im Bereich zwischen M_L 1.3 und 3.1. Der Nachweis der schwachen seismischen Ereignisse ist unter anderem dem verbesserten Monitoring induzierter Erdbeben im Bereich der Erdgasförderung zuzuschreiben. Die Festlegung der Herdtiefe und ihrer Unsicherheitsbereiche ist trotzdem relativ schwierig, da herdnahe Stationen fehlen und die Signal/Unruhebedingungen für die existierenden Stationen in etwas größerer Entfernung aufgrund der Sedimentbedeckung nicht gut sind. Die Ableitung der angegebenen Tiefen ergibt sich aus den Residuen der beobachteten und berechneten Phaseneinsätze (Pg, Pn, Sg, Sn) in der Lokalisierung und manifestiert sich auch in der zumeist relativ geringen Überholentfernung der Pn zur Pg Phase. Weiterhin interessant ist die trotz geringer Magnitude weite Ausbreitung der Pn Phasen bis zu Entfernungen von mehr als 500 km sowie auch die z. T. hochfrequenten Signalanteil in den Pn-Phasen, die als weitere Indizien für einen tiefen Erdbebenherd angesehen werden können.

Ein Vergleich der Hypozentren mit der Lage der aus vorwiegend reflexionsseismischen Messungen bekannten Hauptstörungssysteme zeigt, dass zwei der Hypozentren nahe der Elbe-Linie beziehungsweise nahe der Thor Sutur liegen. Dies unterstützt die Hypothese, dass sich Erdbeben in Intraplattenregionen an vorgeprägten Schwächezone konzentrieren. Drei Erdbeben besitzen Tiefen im Bereich der Moho. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Krusten-Mantelgrenze als strukturelle Diskontinuität auftritt, an der rezente Deformation stattfindet.

Referenzen:

Brandes, C., Steffen, H., Steffen R. and Wu, P. (2015) Intraplate seismicity in northern Central Europe is induced by the last glaciation. *Geology*, 43, 611-614.

Die Heutige Seismizität des Mars vorhergesagt durch 3D numerische Simulationen der thermischen Evolution

A.-C. Plesa¹ und M. Knapmeyer¹

¹Institut für Planetenforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin, Deutschland

Die InSight Mission wird im Mai 2018 zum Mars fliegen und dort in-situ seismische Messungen durchführen. Diese Messungen werden unser Wissen über die innere Struktur und die geophysikalische Prozesse im Inneren des Mars und von terrestrischen Planeten im Allgemeinen verbessern.

In dieser Studie untersuchen wir die Stärke und die Verteilung der seismischen Aktivität des Mars mit Hilfe von 3D thermischen Evolutionsmodellen. Wir modellieren die Konvektion im marsianischen Mantel und die Abkühlung des Planeten über einen Zeitraum von 4.5 Milliarden Jahren. Unsere Modelle nutzen eine zeitlich konstante aber lateral variable Krustendicke, die konsistent mit Daten von Schwerfeld und Topographie ist. Wir definieren drei Kategorien von Modellen, basierend auf der Krustendicke: die Modelle in der NC Kategorie nutzen das Krustenmodell von [Neumann et al., 2004] mit einer homogenen Krustendichte von 2900 kg/m^3 . Die HC Modelle nutzen ebenfalls eine homogene Krustendichte, die aber deutlich höher liegt (3200 kg/m^3), was bei der Inversion der Schwerdaten zu einer fast doppelt so dicken Kruste führt wie die NC Modelle. Die dritte Kategorie, DC, nutzt eine variable Krustendichte von 2900 kg/m^3 in der südlichen Hemisphäre und 3100 kg/m^3 in der nördlichen Hemisphäre und führt zu einer weniger ausgeprägten Dichotomie in der Krustendicke als die vorherigen zwei Kategorien. Für jede Kategorie, setzen sich unsere Ergebnisse zusammen aus mehr als 8 Simulationen mit unterschiedlichen Parametern (z.B., Mantel-Referenzviskosität, Tiefenabhängigkeit der Viskosität, Thermische Leitfähigkeit der Kruste, Thermischer Expansionskoeffizient, Kerngröße). Für die Definition der seismogenen Lithosphärendicke verwenden wir die Tiefe entweder der 573K oder der 1073K Isotherme. Zusätzlich variieren wir den Schermodul zwischen 30 und 70 GPa und die (globale) seismische Effizienz zwischen 0.025 und 1.

Unsere Modelle zeigen einen kumulatives jährlichen seismisches Moment zwischen 5.66×10^{16} und 3.90×10^{19} Nm. Werte kleiner als 10^{17} Nm können nur dann erreicht werden, falls die seismische Effizienz klein ist und nahe 0.025, während Werte über 10^{19} Nm auf eine seismische Effizienz von 1 deuten.

Falls die seismogene Lithosphäre durch die 1073 K Isotherme begrenzt wird, ist der durch die Abkühlung des Planeten und die damit einhergehende Radiusänderung des Planeten verursachte Stress ähnlich groß aber räumlich anti-korreliert zum konvektiven Stress, der von der Dynamik im Inneren des Mars erzeugt wird. Die Summe der beiden Beiträge zeigt eine räumlich homogene Verteilung des jährlichen seismischen Moments. Falls die seismogene Tiefe durch die 573 K Isotherme begrenzt ist, ist der konvektive Stress verhältnismäßig klein, da Mars ein Ein-Platten-Planet ist. Die Verteilung des jährlichen seismischen Moments folgt der Verteilung des Abkühlungsstresses. Eine Beobachtung von Herdtiefen größer als 180 km wäre nur mit Modellen mit nicht vernachlässigbarem konvektivem Stress vereinbar. Herdtiefen größer als 250 km sind nur mit den HC-Modellen kompatibel und würden auf eine dicke Kruste, stark angereichert mit radiogenen Wärmequellen und einen entsprechend verarmten, kalten Mantel hindeuten.

Using SP precursor waves to detect upper mantle discontinuities

Anne-Sophie Reiss¹, Christine Thomas¹

¹Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, Germany.

Abstract

We investigate the usability of converted phases, such as SP and PS, and their precursors, which reflect off the underside of upper mantle seismic discontinuities. In contrast to PP and SS waves, converted phases do not reflect midway between source and receiver but about three quarters for SP and one quarter for PS on the great circle path and therefore might lead to a better data coverage, especially of oceanic regions where usually few receivers can be deployed. As the SP and PS phase arrive at about the same traveltimes and with similar slowness values, the standard array seismological processing methods do not provide useable results. One feature, which makes it possible to distinguish between the two phases, is their polarization. In theory, the SP wave is a vertically polarized wave with P and SV contributions, the PS wave is mostly polarized into the SV direction. Therefore, to entirely decouple the three components, a rotation into the LQT system is needed, which takes into account not only the backazimuth but also the incidence angle of the wave. We developed such a polarization filter to separate SP and PS waves and their precursors. Here we show that the polarization filter successfully makes a separation of the SP and PS phase possible. We show examples of precursors to SP and also explain the problems with interfering phases. Only very few distance ranges can be used to avoid interference of other waves, even using vespagrams. We are able to detect several SP precursors of the underside of the 410 and 660 km discontinuity and use those to map the presence and topography of mantle discontinuities.

RUB Stationen im AlpArray Seismic Network

Martina Rische, Kasper Fischer, Wolfgang Friederich

Das AlpArray ist eine Europäische Initiative, die das Verständnis von Gebirgsbildung im Zusammenhang mit Manteldynamik, Plattenreorganisation, Oberflächenprozessen und seismischer Gefährdung im Alpenen Orogen vertiefen soll. Grundlegend für dieses Projekt ist ein dichtes seismisches Netzwerk, welches die gesammte alpine Region sowie das Alpenvorland abdeckt. Dieses Netzwerk besteht aus etwa 600 Breitbandstationen, aufgeteilt in 380 permanente nationale Stationen und 220 temporären Stationen, welche von verschiedenen Projektpartnern für eine Zeitspanne von mindestens 2 Jahren betrieben werden.

Deutsche Universitäten beteiligen sich mit zur Zeit 74 Stationen im UNIBRA (UNiversity BRoadband Array) am AlpArray. Die 10 temporären Stationen der RUB wurden im November 2015 im Südwesten Deutschlands aufgebaut. Die Stationen sind mit STS-2 und Guralp CMG-ESP Seismometern, sowie EarthData Datenloggern ausgerüstet und größtenteils in Gebäuden der regionalen Wasserversorger untergebracht. Einige der Stationen wurden umgebaut um den Anforderungen der Datenqualität für AlpArray Stationen zu entsprechen. Mittlerweile kann auf alle Stationen online zugegriffen werden. Wir geben einen Überblick über die Laufzeiten und die Datenqualität dieser Stationen, sowie über ihre technische Ausstattung.

Automatic detection of weak seismicity generated within the Dead Sea area

The Dead Sea Fault system is known for numerous devastating ($M > 7$) historical earthquakes. It presently generates moderate seismicity, which is monitored by the Israeli Seismic Network (ISN) and DeadSeaNet, an experimental array of mini-arrays operated by Tel Aviv University. Existing catalogs are sparse and improving them requires detecting low-magnitude seismicity in unfavorable SNR environments.

This study, which focuses on local low-magnitude ($M 1.5 - 3.0$) earthquakes within the Dead Sea region, compiled a hybrid 48-traces (4 standard stations and 5 mini-arrays) database and used it to optimize picking and event association routines.

In the initial stage, an AIC and kurtosis picker (Chen & Holland, 2016) was applied with low-threshold values, obtaining over 20,000 picks/24 hours. A new code associates each candidate pick with picks at other sensors, considering an estimated maximal inter-sensor travel-time, a minimal SNR level and an array completeness criterion. Running this code over a 20-day test period shows a significant increase in the amount of events detected within the Dead Sea region.

Detecting seismic anisotropy above the 410 km discontinuity using reflection coefficients of underside reflections

Morvarid Saki ^a, Christine Thomas ^a, Sébastien Merkel ^b, James Wookey ^c

^a Institute of Geophysics, University of Münster, Münster, Germany

^b UMET, Unité Matériaux Et Transformations, CNRS, Université de Lille, Lille, France

^c School of Earth Sciences, University of Bristol, Bristol, UK

We investigate the effect of various types of deformation mechanisms on the reflection coefficients of P and S wave underside reflections off the 410 km discontinuity, to develop a diagnostic tool to detect the style of deformation at boundary layers. We calculate the reflection coefficient for P and SH underside reflections using velocity perturbations resulting from aligned minerals above the 410 km discontinuity for different deformation scenarios. The results show that in the case of an anisotropic olivine layer above an isotropic wadsleyite layer, the P wave reflection coefficient amplitudes are only slightly influenced by the joint effect of angle of incidence and the strength of imposed deformation, without any polarity reversal and for all deformation styles. For the SH wave underside reflections the incidence angle for which a polarity reversal occurs, changes with distance for all scenarios and in addition changes with azimuth for shear deformation scenarios. These differences in amplitude and polarity patterns of reflection coefficients of different deformation geometries, especially for S wave at shorter distances potentially provide a possibility to distinguish between different styles of deformation at a boundary layer.

Investigating the Earth's mid- and lower mantle with out-of-plane signals

Lina Schumacher and Christine Thomas

Westfälische Wilhelms-Universität Münster

The Earth's mid- and lower mantle is thought to be dynamically well mixed and more homogeneous than the upper or lowermost mantle. Recent global seismic tomography models show a good agreement for the large-scale structure in the lower mantle, and the geographical distribution of reduced shear-wave velocities in the deep mantle appears to be consistent across these models. The descent of subducted slabs can clearly be imaged by fast velocity regions in the upper mantle, however, their structure becomes blurred when reaching the mid mantle. Although progress has been made in imaging variations in seismic velocities associated with large-scale mantle convection, these images are long period filtered snapshots of the dynamics of the mantle and there is significant inconsistency in small-scale structures between models. Direct observations of small-scale mantle heterogeneities are scarce yet necessary to make inferences about their nature. In this study we show that it is possible to investigate the Earth's lower mantle by analysing signals being reflected off great circle path. We focus on the Pacific region by using broadband vertical component seismograms from earthquakes from Japan, the Philippines and the Hindu Kush area with a magnitude greater than 5.6 and a focal depth greater than 100km, recorded at North American networks (e.g. USArray, Alaska and Canada). Using seismic array techniques for analysing the data and record information on slowness, backazimuth and travel time of the observed out-of-plane arrivals we can trace the wave back through a 1-D velocity model to its scattering/reflection location. Assuming only single scattering, most out-of-plane signals have to travel as P-to-P phases and only a few as S-to-P phases, due to the length of the seismograms we processed. The located reflection points present a view of the 3-D structures within the mantle. In the upper mantle and the transition zone the back-traced reflection points correlate well with the edges of fast velocity regions in tomographic images. Furthermore, beneath the Pacific, we find the edges of a dome-like low velocity structure, consistent with the idea of a large velocity anomaly imaged by tomography. In addition to mapping seismic heterogeneities in the lower mantle, we analyse waveforms and polarities of these signals. Taking into account the radiation pattern of each event in direction of the calculated reflection point, it is possible to compare the observed polarities and waveforms of the out-of-plane signals with synthetic Hilbert-transformed direct P waves having the same slowness. We validate our approach by processing synthetic seismograms, which are computed with a 3-D wave propagation code through a model containing a low velocity zone as well as a slab like structure. It offers an additional perspective to characterise mantle structure beneath the Pacific, especially in places where other body wave studies lose resolution.

Physical models for seismic velocity changes in heterogeneous materials

Christoph Sens-Schönfelder
sens-schoenfelder@gfz-potsdam.de

GeoForschungsZentrum Potsdam

Seismic velocity changes observed in tectonically active fault zones or volcanoes are very similar to the behavior of micro-inhomogeneous material that exhibit so called mesoscopic nonlinear elasticity. This nonlinearity arises at contacts between the competent grains or minerals and the softer matrix. A large number of laboratory experiments show numerous observations of various expressions of this phenomenon. Despite this wealth of dynamic and static observations there is no clear understanding of the physics that is responsible for the mesoscopic nonlinearity on the relevant process scale. However, a physical interpretation of observed velocity changes in seismology in terms of relevant material properties requires a physical model of these processes.

I will review laboratory observations of mesoscopic nonlinearity usually obtained with ultrasound and compare them to seismological observation in the field to demonstrate the similarities. Two models will be presented that explain a number of these observations. The first model consists of a set of bistable contacts with transition probabilities resulting from Arrhenius-law. Under strain the contacts change the state and alter the mechanical properties of the bulk. The second model consists of a rough crack in a viscoelastic medium that is statically loaded or dynamically deformed. In this case the variable internal contact area leads to nonlinearity.

Bericht über das Seismologische Zentralobservatorium der BGR (SZO)

K. Stammer, M. Dohmann, T. Grasse, M. Hanneken, E. Hinz, M. Hoffmann,
E. Muhire, C. Müller, H. Schlote, U. Stelling, E. Wetzig

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover

Es wird ein Überblick über die Tätigkeiten am SZO der BGR gegeben. Der Bericht umfasst folgende Themen:

- Stand GRSN/GRF
- Statistiken zu Daten und Stationen im Archiv
- Diskussion um Datenlizenzen in EIDA (European Integrated Data Archive)
- Beispiele für Anwendungen FDSN webservice (GRSN im Rahmen von EIDA)
- Umbauarbeiten GERES

PROPERTIES OF SYNTHETIC SURFACE WAVE FIELDS

TESCH, M., MEIER, T.

Abstract

Eigenfunctions, dispersion relations of phase and group velocities, and their sensitivities for perturbations of a given model are the fundamental parameters required for computing synthetic Rayleigh and Love surface wave data using mode summation. A look at the dependence of these properties on frequency, depth, and mode can help to understand surface wave fields.

Eigenfunctions of surface waves are calculated for a 1D isotropic spherically symmetric earth using the Mineos program. Their properties are shown as a function of depth and frequency for different modes.

Moreover, the amplitude and phase of the radiation pattern is studied for different focal mechanisms. It subsequently appears that the azimuthal maximum amplitude of a specific radiation pattern as a function of frequency and depth is—apart from a constant factor—largely independent from the particular mechanism itself, meaning that the relative maximum excitation at any given depth is governed mainly by the background model.

Finally, it is demonstrated how synthetic seismograms constructed using various ranges of stacked modes differ in completeness, notably showing the approximate number of modes required to emulate certain body wave arrivals.

Examples of surface wave fields are shown for the region of the AlpArray.

Quality control of AlpArray stations by CAU Kiel

C. Weidle, T. Meier, L. Wiesenberg, D. Schulte-Kortnack, L. Cristiano, M. Thorwart
Inst. f. Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
christian.weidle@ifg.uni-kiel.de

CAU Kiel participates in the AlpArray deployment with 10 temporary broadband installations in southeast Bavaria (Germany) and Tirol (Austria). Prior to deployment in January 2016 we performed a huddle test of our instruments (Güralp 3T(D)) to assess the sensitivity of all instruments with respect to the calibration values from the manufacturer. We process 1 hour long time windows and find that the standard deviation of the calibration values over all time windows, as well as over all reference instruments is on the order of 1-3%. On one instrument we see a deviation of ~15% from the nominal sensitivity value on the vertical component. While times of heavy, local noise should be avoided, few hours of quiet recording conditions are sufficient to retrieve stable, relative calibration values.

One typical problem during temporary deployments is failure of clock synchronization at individual receivers. We assess the potential for correcting asynchronized data by cross-correlation of a moving 3hr window with data from a nearby, time-stable station. We find that a) information from the Güralp log files is insufficient for proper time correction, b) clock drift can be highly non-linear over months and c) stable, consistent drift curves can be recovered on high temporal resolution and with an accuracy of less than 0.2s.

On huddle tests and clock drift correction

C. Weidle, T. Meier, L. Wiesenberg
Inst. f. Geowissenschaften, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
christian.weidle@ifg.uni-kiel.de

Most seismological data analysis approaches build on measurement of parameters derived from the phase of the signal, less so from the amplitude. One reason for this are uncertainties of calibration parameters of instruments, particularly for portable instruments that have been subjected to repeated transports between different campaigns. To assess these uncertainties it is advisable to conduct a pre-experiment huddle test which allows to calculate relative calibration parameters between participating instruments. This is, however, barely documented and we therefore suggest a scheme to process huddle test data. Application of it shows that calibration values between same-type instruments may vary up to 3% which either reflects the variability between individual hardware components of the instruments or the resolution limit of the procedure. Any deviation beyond 10% needs further attention.

Another frequent issue, not only on temporary but also permanent seismic networks, is loss of time synchronization and subsequent drift of the internal clock of a recording system. This is also a highly relevant issue for ocean bottom deployments where clock synchronization is only performed on deployment and recovery time. Cross-correlating asynchronous data with a reference station can recover drift curves with a high temporal resolution. Previous studies have demonstrated this primarily on small networks with an aperture of few kilometers. We apply such an approach to regional seismic networks with interstation distances of 30-160km and find that clock drifts of 1s or more can be reliably detected by changes in the correlation of ambient noise waveforms in the ocean microseism band. With synthetic tests we observe that an arbitrary, non-linear drift of an internal clock can be resolved with an accuracy of less than 0.2s, given favorable noise conditions and nearby, time-stable reference sites. This is demonstrated on temporary regional networks, as well as examples from the GRSN.

Title: Ambient Noise Tomography across the Oman Ophiolite

Autoren: Lars Wiesenberg, Christian Weidle, Thomas Meier

Affiliation: Christian-Albrechts-Universität Kiel

The Oman ophiolite is one of the best preserved and studied ophiolites, where oceanic lithosphere was obducted on top of a continent. It covers an area of about 700 x 140 km with a thickness of up to 12 km. In this work, we want to use surface wave tomography by using ambient noise data, to image the 3D geometry of the ophiolite which is almost entirely unknown. This will lead to a better understanding about the origin of the Oman ophiolite, the obduction process which occurred around 94-97 million years ago, and the internal properties of the Oman ophiolite itself. Therefore, we operated a network of 50 seismic stations (40 temporary, 10 permanent) for passive seismic registration from October 2013 to February 2016. The analysis of ambient seismic noise allows us to calculate the Green's function for vertical, radial and transverse components by cross correlating the data of two different stations. This has been done for every possible combination of stations (#1862). Afterwards we estimate phase velocities by taking the observed phases from our Green's functions and fitting them to a Bessel function which depends on frequency and phase velocity. Synthetic tests show the robustness of this phase fitting method in our case, compared to the one using the zero crossings from the real part of the spectrum. We find distinct differences in the dispersion curves at lowest periods (2-5s) which can be interpreted as structural differences in the uppermost part of the crust. Paths across the ophiolite show consistently higher phase velocities than those further south which traverse sedimentary sequences only.

Tearing of the mantle lithosphere along the intermediate-depth seismicity zone beneath the Gibraltar Arc – The onset of lithospheric delamination

Benjamin Heit ¹, Flor de Lis Mancilla ^{2,3}, Xiaohui Yuan ¹, Jose Morales ^{2,3}, Daniel Stich ^{2,3}, Rosa Martín ², Antonio Molina-Aguilera ^{2,3}

¹ Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Telegrafenberg, Potsdam, Germany

² Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, Granada, Spain

³ Departamento de Física Teórica y del Cosmos. Universidad de Granada, Granada, Spain.

The Gibraltar Arc represents a complex plate boundary system of the converging Eurasian and African plates at the western end of the Mediterranean Sea. It includes the Betics Cordillera in southern Iberia and the Rif mountains in Morocco and encloses the Neogene extensional Alboran Basin in-between. The plate boundary lies at the transition between the oceanic (Atlantic) to continental (Alboran Basin) domain, beneath which, a narrow subducted slab is descending from west to east to the deep mantle. The intermediate depth seismicity (IDS) along an elongated zone trending NE-SW extending to a depth of more than 100 km beneath the Alboran Basin is enigmatic and has long been a subject of controversy. So far, there is no general consensus on its relationship with the ongoing tectonic processes. We analyzed S wave receiver functions (SRF) with data recorded by a dense N-S seismic profile deployed across the Sierra Nevada in southern Spain. SRF piercing points at depths of the lithosphere-asthenosphere boundary (LAB) sample an area of the IDS zone, providing an ideal opportunity to study the lithospheric structure at the IDS zone. We observe an abrupt change in the LAB depth along a profile from north to south across the northern branch of the IDS. The LAB depth changes from 90-100 km north of the IDS to ~130 km south of it. We propose that the IDS marks a tear in the Iberian mantle lithosphere along its entire length, implying an ongoing lithospheric delamination process that produces the seismicity at its onset.

Wind Turbines and their Influences on Seismic Recordings: A Never Ending Story!

Toni Zieger¹ & Joachim R.R. Ritter¹

¹ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Geophysical Institute (GPI), toni.zieger@kit.edu

The interaction of wind turbines (WTs) with seismic stations in Germany is an issue of increasing concerns inside the seismological community. Within the ongoing project “TremAc”, in which we investigate the influence of WTs on buildings and human health, we obtained new results of WT-related seismic signals.

Here we will show a comparison of our seismic recordings with WT-specific measurements, such as wind-speed or rotation speed, of a WT from the wind farm of Bellheim near the town of Landau (Germany). We would particularly like to thank the company “pfalzwind GmbH (Ludwigshafen/Germany)” for the WT-specific data. We detect clear discrete frequency peaks which can be correlated with the blade-passing frequency of the WT and its multiples. In contrast to an increasing blade-passing frequency with wind-speed, the seismic frequency peaks are more or less stable irrespective of the increasing rotation speed. As a consequence we infer the source of our observed WT-related seismic signals as a complex interaction of the blade-passing frequency and several WT-specific interference effects, such as eigenfrequencies of the tower-nacelle-system. This problem will be further investigated with specifically designed measurements.

For a clear identification of WT-related signals, we will show long-term measurements before and after the installation of a single WT at the Fraunhofer-Institut (ICT) at Pfinztal near Karlsruhe (Germany). We can detect a significant change in the PSD-spectrum after the installation of the WT with an increasing overall noise level in the frequency range up to 10 Hz and again an appearance of discrete frequency peaks with increasing wind speeds. With these results we would like to bring to attention that undisturbed long-term measurements are necessary for a clear identification of WT-related seismic signals and an interpretation of the source of such signals.

The project “TremAc” is funded by the Federal Republic of Germany. Awarding authority: The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy based on a resolution of the German Bundestag.