

Veränderung der subduzierenden ozeanischen Lithosphäre am südlichen zentral-chilenischen Trench-Outer Rise

Contreras-Reyes E. (1), Grevemeyer I. (1), Flueh E.R. (1), Scherwath M. (1), und Heesemann M. (2)

(1) Leibniz-Institute für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR, Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel, Deutschland

E-Mail: econtreras-reyes@ifm-geomar.de

(2) Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen, Deutschland

Einleitung

Hydrothermale Zirkulation und spröde Störungsprozesse, die die ozeanische Lithosphäre beeinflussen, sind normalerweise auf die obere Kruste beschränkt, wenn es sich um ozeanische Lithosphäre handelt, die mit mittleren bis schnellen Spreizungsraten entstand. Untere Krusten- und Mantelgesteine sind deswegen relativ trocken und unverformt [z.B. *Carbotte and Scheire*, 2004]. Jedoch zeigen neuere Subduktionszonenstudien, dass Hydratation ozeanischer Kruste und Mantel beeinflussen [z.B., *Peacock*, 1990; *Ranero et al.*, 2003]. Somit spielt die hereinkommende Platte eine äußerst wichtige Rolle in der Subduktionsfabrik, da sie eine sehr große Menge Fluide in die Subduktionszone transportieren kann. Außerdem wird angenommen, dass Hydrationsreaktionen in Subduktionszonen einen wichtigen Prozess darstellen, der Erdbeben sowohl in der runtergehenden Platte als auch in der seismogenen Megathrust Störungszone kontrolliert. Wasser kann den Bruchverlauf auslösen und nähren [Peacock, 2001; *Hacker et al.*, 2003].

Um den Einfluss der hereinkommenden Platte auf die Seismogenese zu verstehen, untersuchten wir die seismischen Geschwindigkeitsstrukturen der ozeanischen Nazca Platte vor der Chiloe Insel ($\sim 43^{\circ}\text{S}$), ungefähr 300 km südlich des Epizentrums des großen Chile-Erdbebens [*Cifuentes*, 1990]. Im Arbeitsgebiet wurden seismische Weitwinkel- und Refraktionsdaten, hochauflösende seismische Reflexionsdaten, seismologische Daten, Wärmestrom, und Mehrstrahl-Bathymetrie auf der Ausfahrt SO181 von Dezember 2004 bis Februar 2005 gemessen, [Flueh und Grevemeyer, 2005; Scherwath et al., 2006]. Hier stellen wir tomographische Ergebnisse eines Weitwinkel-Profiles (P05) vor, welches sich seewärts der Trenchachse auf ~ 9 bis ~ 14.5 m.yr. alter ozeanischer Nazca Platte befindet. Unterstützt werden unsere Ergebnisse von hochauflösenden fächer-bathymetrischen Abbildungen des umgebenden Meeresbodens (Bild 1).

Methode

Die ~ 250 km lange seismische Weitwinkel-Linie befindet auf der ozeanischen Nazca Lithosphäre, welche am Chile Rücken, einem schnell spreizenden Rücken, erzeugt wurde. Das Profil verläuft senkrecht zum Trend des Chile Rückens und parallel zu den Chiloe und Guafo Fracture Zonen (siehe Flueh und Grevemeyer [2005] für detaillierte Beschreibungen der Instrumente).

Krusten-Refraktionen (Pg), Moho-Reflexionen (PmP) und obere Mantel-Refraktionen (Pn) wurden an fast allen Ozeanboden-Stationen mit exzellenter Qualität aufgezeichnet. Zwei Beispiele der aufgezeichneten seismischen Phasen werden auf Bild 2 gezeigt. Ungefähr 6000 Refraktions- und 2000 Reflexions-Phasen wurden manuell gemessen und invertiert mit der tomographischen Methode von Korenaga et al. [2000], die gleichzeitig Refraktionen und Reflexionen invertiert. Wir benutzten einen Hybrid-Ansatz zur Tomographie in mehreren Schritten und unterteilten das Modell in vier Schichten: (1) Wasser, (2) Sedimente, (3) ozeanische Kruste und (4) oberer Mantel. Um das Geschwindigkeitstiefenmodell zu erstellen, wurde die Wassertiefe von der Mehrstrahl-Bathymetrie genommen und während der Inversion festgehalten. Die vertikal einfallenden Reflexionsdaten, Sediment-Refraktionen Ps und -Reflexionen PbP wurden zur Inversion der Sedimentdicke im Trench und somit für die Geometrie der Oberkante der runtergehenden Platte benutzt. Sedimentgeschwindigkeiten und -mächtigkeiten wurden dann ebenfalls für weitere iterative Inversionen fixiert. Die ozeanische Kruste wurde mit

Pg- und PmP-Phasen invertiert um das Geschwindigkeitsfeld und die Moho-Tiefe zu bestimmen, welche wiederum für die nächsten Inversionen festgehalten wurden. Schließlich wurden die oberen Mantelgeschwindigkeiten mit Pn-Phasen invertiert. Der angewendete Hybrid-Ansatz benutzt sowohl Erst- als auch Zweiteinsätze, um das Geschwindigkeitsmodell zu bestimmen, ohne dass zum Beispiel Zweiteinsätze von Pg der unteren Kruste, nach dem Überholen von Pn, unberücksichtigt blieben.

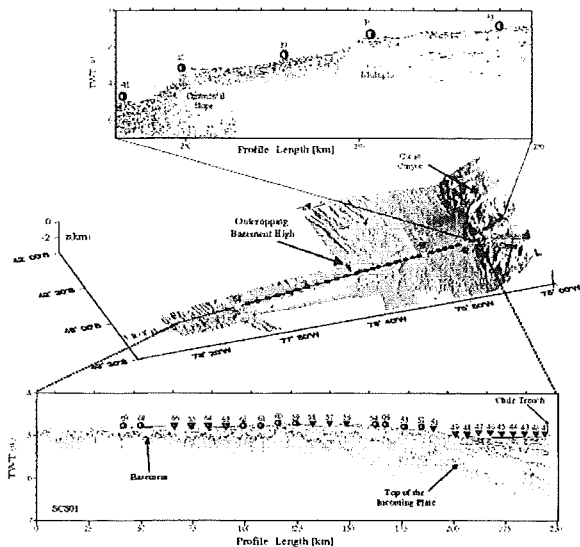


Bild 1.

(Oben) Hochauflösende seismische Linie SCS01 direkt auf dem seismischen Weitwinkel-Profil P05 im Kontinentalhangbereich.

(Mitte) Hochauflösende bathymetrische Abbildung und seismisches Weitwinkel-Profil P05. Die seismische Linie beginnt ~280 km vor dem Chile Rücken und reicht bis zum Tiefsee-Trench und Teil des unteren Kontinentalhanges. Weiße Punkte und Stationsnummern zeigen die zwei Beispielstationen von Bild 2.

(Unten) Hochauflösende seismische Linie SCS01 direkt auf dem seismischen Weitwinkel-Profil P05 auf der hereinkommenden Nazca Platte.

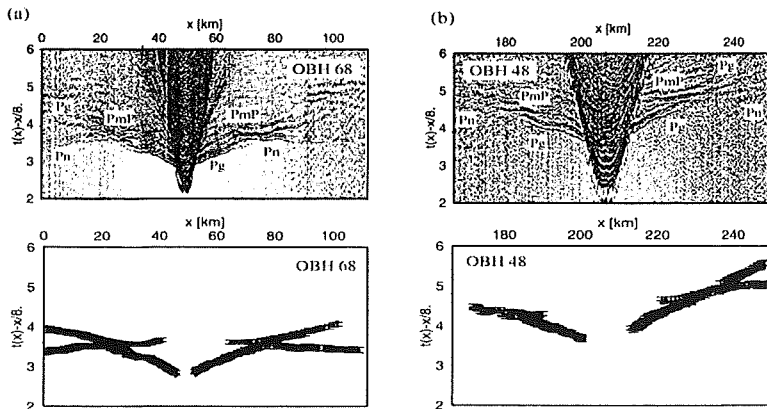


Bild 2. Beispiele von seismischen Weitwinkel-Daten mit gemessenen (schwarze Kreise mit Messungengenauigkeit) und vorhergesagten (graue Kreise) Laufzeiten. Berechnete Laufzeiten stammen vom Geschwindigkeitsmodell von Bild 3a. (a) OBH 68 und (b) OBH 48 (Siehe Bild 1b für Standorte).

Ergebnisse und Interpretationen

Das Endmodell der tomographischen Inversion ist in Bild 3a dargestellt. Die Geschwindigkeitsstruktur der hereinkommenden Platte ändert sich systematisch innerhalb von ~100 km vor der Trenchachse während die Lithosphäre dem Tiefsee-Trench näher kommt. Die wichtigsten Interpretationen und Schlussfolgerungen sind wie folgt:

- Das 2D Geschwindigkeitsmodell aus tomographischer Laufzeit-Inversion besteht aus einer 5,3 km dicken ozeanischen Kruste und zeigt eine klassische, reife, schnell-spreizende P-Wellen-Geschwindigkeitsstruktur im seewärtigen Teil außerhalb des Einflusses der Plattenbiegung am Trench-Outer Rise. Seismische Analyse von Pn ergibt schnelle obere Mantelgeschwindigkeiten von 8,3 km/s, >120 km seewärts vom Trench. Die Geschwindigkeitsstruktur, die für diese Zone ermittelt wurde, zeigt, dass die ozeanische Lithosphäre relativ trocken und unverformt.

- In Richtung Trench verlangsamen sich die seismischen Geschwindigkeiten, was einen evolutionären Prozess andeutet, der die Struktur der Lithosphäre verändert, und was wahrscheinlich mit einem Anstieg von Frakturporosität und Hydratation von sowohl ozeanischer Kruste als auch oberem Mantel in Beziehung gebracht werden kann. Die reduzierten Geschwindigkeiten kommen nur in der Trench- und Outer Rise-Gegend vor. Die abnehmenden Geschwindigkeiten werden begleitet von einer Zunahme von Basement-Rauhigkeit und Stress durch die Plattenbiegung.

Zusammenfassend können wir festhalten, dass seismische Daten von hoher Auflösung eine klare Veränderung der ozeanischen Lithosphäre am Outer Rise direkt vor der Subduktion aufzeigen. Das zeigt, dass diese Veränderung genau dort vorkommt, wo starke Plattenbiegung wahrscheinlich die Porositäts- und Permeabilitätsstruktur der ozeanischen Lithosphäre im großen Maßstab modifiziert, und wo gleichzeitig die Migration von kaltem Meerwasser durch krustale Störungen bis hinunter zu Manteltiefen genährt wird, was eine Hydratation von sowohl der ozeanischen Kruste als auch des oberen Mantels verursacht. Die Serpentinisierung des oberen Mantels beträgt bis zu 9%.

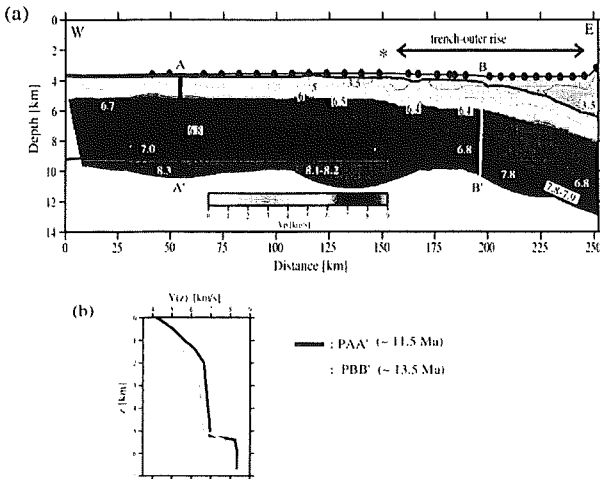


Bild 3. Ergebnisse der tomographischen Inversion.
 (a) Finales Geschwindigkeitsmodell.
 (b) Vergleich der Geschwindigkeitstiefenstruktur vom ausgewählten Profil unseres Geschwindigkeitsmodells von Bild 3a. Schwarze Linie zeigt die Geschwindigkeitsstruktur $V(z)$ außerhalb des Trench, und graue Linie zeigt $V(z)$ im Trench-Outer Rise.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Kapitän Kull und Kapitän Mallon, den Offizieren und der Crew der FS Sonne für die reibungslose Datenakquisition während der Fahrtabschnitte SO181-1a, SO181-1b und SO181-2. Finanziert wird dieses GEOTECHNOLOGIEN Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Nr. 03G0594E und 03G0181A. E.C.-R. wird vom Deutschen Akademischen Auslandsdienst unterstützt.

Referenzen

- Carbotte and Scheire**, Variability of ocean crustal structure created along the global mid-ocean ridge, *In* E.E. Davis, H. Elderfield (Eds.), *Hydrogeology of Oceanic Lithosphere*, Cambridge University Press (2004) 128-150.
- Cifuentes, I. L.**, The 1960 Chilean earthquakes, *J. Geophys. Res.*, 94(B1), 665-680, doi: 10.1029/88JB03482, 1989.
- Flueh, E. R., and I. Grevemeyer** (2005), TIPTEQ SONNE Cruise SO-181 (Eds.), from the Incoming Plate to mega Thrust EarthQuakes, *Geomar Rep. 102*, Geomar, Kiel, Germany.
- Korenaga, J., W. S. Holbrook, G. M. Kent, P. B. Kelemen, R. S. Detrick, H.-C. Larsen, J. R. Hopper, and T. Dahl-Jensen** (2000), Crustal structure of the southeast Greenland margin from joint refraction and reflection seismic tomography, *J. Geophys. Res.*, 105, 21,591-21,614.
- Peacock, S.** (1990), Fluid processes in subduction zones, *Science*, 248, 329-337.
- Peacock, S.** (2001), Are the lower planes of double seismic zones caused by serpentine dyhydration in subducting oceanic mantle?, *Geology*, 29, 299-302.
- Ranero, C. R., J. Phipps Morgan, K. McIntosh, and C. Reichert** (2003), Bending, faulting, and mantle serpentinization at the Middle America trench, *Nature*, 425, 367-373.
- Scherwath, M., Flueh, E. R., Grevemeyer, I., Tilmann, F., Contreras-Reyes, E., Weinrebe, R. W.** (2006): Investigating Subduction Zone Processes in Chile, *EOS Transactions* 87, Nr. 27, S. 265-272.