

Reflexionen im tiefen Erdmantel unter Neu Kaledonie

Diplomarbeit von Gunnar Jahnke

Motivation:

Die Übergangszone vom Erdkern zum Mantel spielt eine wichtige Rolle in der Dynamik der Erde. Sie beeinflusst unter anderem den Wärmefluss vom äußeren Kern in den unteren Mantel und damit die antreibenden Kräfte sowohl des Erdmagnetfelds als auch der Strömung im Mantel (Konvektion), die ihrerseits der Motor der Plattentektonik ist. Während der äußere Kern und der mittlere Mantel sehr homogen sind und sich durch Modelle gut beschreiben lassen, deren Eigenschaften nur mit der Tiefe variieren, trifft das auf die untersten 300-400 km des Mantels nicht zu. In diesem Tiefenbereich weicht die Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen stellenweise um mehrere Prozent vom Durchschnittswert ab. Dieser Bereich des Mantels, die sogenannte D''-Schicht, wurde in dieser Arbeit untersucht.

Der Datensatz:

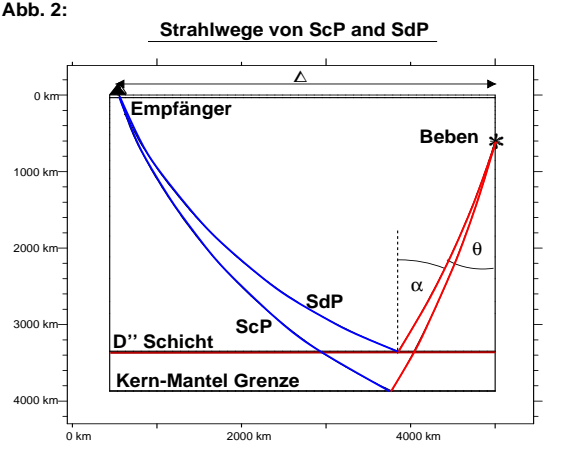
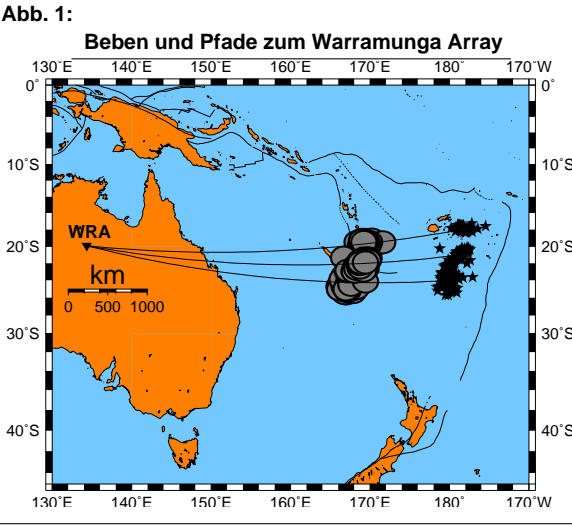
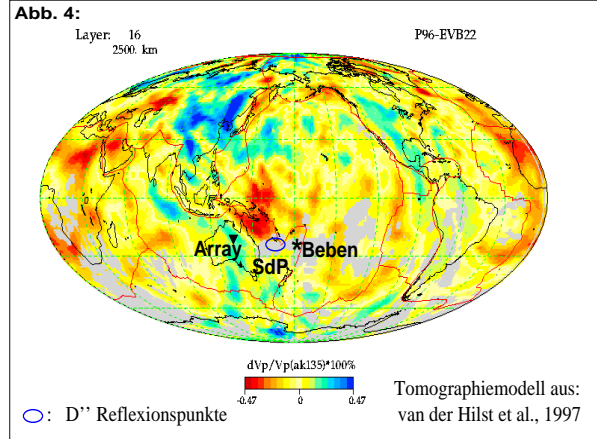
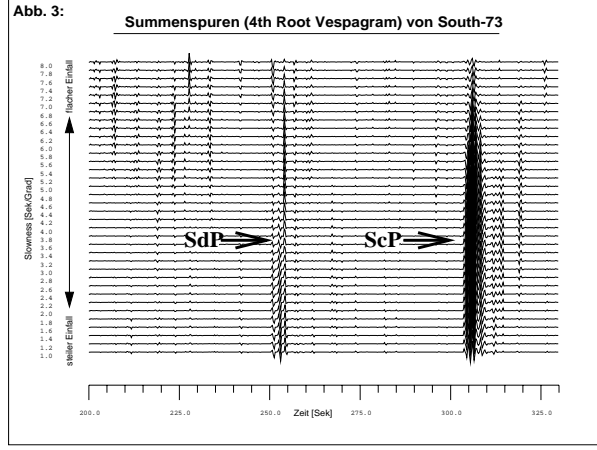
Analysiert wurde ein Datensatz von 306 Tiefbeben aus der Tonga-Fidschi Region im Südwestpazifik, aufgezeichnet am Warramunga Array in Nordaustralien. Das Array besteht aus einem flächenhaften Verbund von 20 Seismometern. **Abbildung 1** zeigt die Epizentren aller Beben (Sterne) sowie Großkreise zum Empfängerarray. Die grauen Ellipsen stellen die Reflexionspunkte des untersuchten Wellentyps an der Kern-Mantelgrenze dar. Die Entfernung zwischen Beben und Array beträgt etwa 4900 km (44°), die Herdtiefe der Beben liegt zwischen 400 km und 650 km.

Verlauf der Erdbebenwellen:

In **Abbildung 2** sieht man einen Querschnitt durch die Erde vom Beben zum Empfänger entlang des Großkreises. Die Welle *ScP* verläuft vom Beben bis zur Kern-Mantelgrenze als Scherwelle (S-Welle), dort reflektiert sie und läuft als Kompressionswelle (P-Welle) zurück zum Empfänger. *SdP* verläuft im Wesentlichen wie *ScP*, jedoch reflektiert sie schon an der D''-Schicht im unteren Mantel und erreicht daher den Empfänger zeitlich vor *ScP* und mit einem etwas flacheren Einfallswinkel.

Ergebnisse:

Für elf Beben des Datensatzes fanden sich *SdP* Reflexionen an der D''-Schicht. **Abbildung 3** zeigt einen Seismogrammausschnitt mit der *SdP*- und der *ScP* Reflexion. Dargestellt sind summierte Seismogrammspuren eines Bebens für ein Zeitfenster um den *ScP*-Einsatz. Die Spuren wurden vor der Summation geeignet verschoben, so daß Wellen aus einer bestimmten Einfallrichtung optimal verstärkt werden. Jede Summenspur in **Abbildung 3** entspricht also einem bestimmten Einfallswinkel. Ein Maß für diesen vertikalen Einfallswinkel ist die sog. *Slowness*. Diese ist der Kehrwert der Geschwindigkeit, mit welcher eine Wellenfront über das Array läuft.



Statt in *sek/km* gibt man die *Slowness* gerne in *sek/°* an, 1° entspricht dabei 111,15 km. Wellen mit sehr steilem Einfallswinkel überqueren das Array sehr schnell und haben daher eine kleine *Slowness*. Wellen unter einem flacheren Winkel laufen langsamer über das Array und haben daher größere *Slowness*-werte. Die untersuchten Reflexionen haben eine *Slowness* von etwa 4 *sek/°*, was einer Geschwindigkeit von 30 km/sek entlang der Erdoberfläche entspricht. Etwa 55 Sekunden vor *ScP* ist in den Summenspuren der **Abbildung 3** die Reflexion an der D''-Schicht zu sehen.

Interpretation:

Aus den Laufzeiten und der Stärke der *SdP* Einsätze kann man auf die Tiefenlage und seismische Eigenschaften der D''-Schicht schließen:

- Je größer der Abstand zwischen D''-Schicht und KMG ist, desto früher vor der KMG Reflexion *ScP* erreicht *SdP* den Empfänger.
- Je stärker der Sprung in der seismischen Geschwindigkeit an der D''-Schicht ist, desto mehr Energie wird von ihr reflektiert.

Die Laufzeiten und Stärken der gefundenen *SdP* Einsätze lassen sich durch eine D''-Schicht 380 km über der KMG und mit einem positiven Sprung der seismischen P- und S-Geschwindigkeit von 13% erklären.

Vergleich mit der seismischen Tomographie:

Ein Verfahren zur Berechnung der seismischen Eigenschaften in der ganzen Erde ist die Tomographie. Genau wie in der medizinischen Tomographie wird die Erde „durchleuchtet“, an die Stelle der Röntgenstrahlen treten die seismischen Wellen, die Signalquellen sind weltweit auftretenden Erdbeben, und die Empfänger sind global verteilte Seismometer. Während ein medizinisches Computertomogramm ein Objekt lückenlos dreidimensional abbildet, können seismologische Tomographiemodelle manche Gebiete im Erdinneren nicht auflösen. Der Grund dafür ist die (glücklicherweise) sehr ungleichmäßige globale Verteilung der Erdbeben und der Seismometer, wodurch manche Gebiete nicht von Erdbebenwellen überdeckt werden.

Abbildung 4 zeigt ein solches Tomographiemodell für eine Tiefe von 2500 km, das entspricht etwa 390 km über der KMG. Blaue Bereiche entsprechen überdurchschnittlich hoher Geschwindigkeit, rote Bereiche stehen für niedrige Geschwindigkeiten. Gerade im Untersuchungsgebiet (blaue Ellipse) hat die Tomographie keine Auflösung, man sieht weiter nördlich einen ausgedehnten langsamen Bereich, und weiter östlich findet schnelle Subduktion der pazifischen Platte statt, die man mit schnellen Geschwindigkeiten assoziiert.

Die gefundenen Reflexionspunkte der *SdP* Einsätze liegen südlich von Neu Kaledonien, einem der „weißen Flecken“ der globalen Tomographie. Zudem ist dieses Gebiet aufgrund der komplexen Subduktion der pazifischen Platte für die Geodynamik sehr interessant.