



Abschlussbericht

TOTAL

**Eine geophysikalische Studie zur seismogenen Kopplung in
Subduktionszonen, Subduktionserosion und Fluidfluss**

**Ergebnisse der Wärmestromdichtemessungen
auf der Forschungsfahrt SO 195
mit FS SONNE**

Förderkennzeichen 03G0195B

H. Villinger und N. Kaul
Fachbereich Geowissenschaften
Universität Bremen

November 2009

Zusammenfassung

Im Rahmen der Expedition SO195 mit dem Forschungsschiff FS SONNE wurden im Bereich der Subduktion des Louisville-Rückens insgesamt 53 Wärmestromdichtemessungen durchgeführt, von denen 25 verwertbare Ergebnisse lieferten. Das Vorhaben hatte zum Ziel, zusammen mit den seismologischen und geodynamischen Untersuchungen, durch die Vermessung des Wärmestromes den thermischen Einfluss der Subduktion des Louisville-Rückens zu erfassen. Das größte Problem der Wärmestromdichtemessungen bestand darin, dass sehr wahrscheinlich vulkanoklastische Ablagerungen das Eindringen der Sonde erschwert bzw. in vielen Fällen unmöglich gemacht haben. Ein Nord-Süd-Profil entlang des Grabens über die Subduktion des Louisville-Rückens hinweg zeigt Variationen im Wärmestrom zwischen 20 und 65 mW/m² aber keine interpretierbaren Änderungen. Ähnlich verhält es sich bei einem Ost-West-Profil über den Tonga-Graben mit Variationen von 15 – 70 mW/m². Eine Aussage darüber, ob die Subduktion des Louisville-Rückens eine messbare Störung des Temperaturfeldes verursacht, ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.

I. Einleitung und Zielsetzung

Im Südwest-Pazifik wird in der Subduktionszone von Tonga der neben der Hawaii Kette prominenteste Hotspot-Rücken subduziert: der Louisville-Rücken (Abb. 1). Ein besonderes Charakteristikum der Subduktion des Louisville-Rückens ist eine markante seismische Lücke in dem Gebiet, wo der Rücken subduziert wird. Diese Lücke deutet darauf hin, dass der Inselbogen und die hereinkommende Platte miteinander gekoppelt sind und als potentielle Quellregion für ein großes bis sehr großes Überschiebungserdbeben angesehen werden kann. Besonders interessant ist, dass der gekoppelte Bereich („Asperity“) um ein Vielfaches breiter ist als der typische Durchmesser der Kuppen des Louisville-Rückens. Das bedeutet, dass die ‚Asperity‘ nicht nur durch die Vulkankegel selbst definiert wird, sondern u. U. auch durch den die Vulkane umgebenden Schuttflächen und die Hotspotschwelle bzw. die durch die Auflast der Vulkane elastisch deformierte Lithosphäre. Darüber hinaus zeigen geologische Hinweise, dass die Subduktion des Louisville Rückens zur Erosion des Inselbogens beiträgt (Clift & MacLeod, 1999). Inwieweit die Vulkankegel selber erodiert werden ist bislang wenig untersucht und verstanden. Des Weiteren ist zu erwarten, dass die tektonische Interaktion zwischen den Guyots des Louisville-Rückens und dem Kontinentalhang vor allem lateral zu Änderungen im hydrogeologischen System führen wird, da sich die Kollisionsfront zwischen Tonga-Graben und Louisville-Rücken systematisch nach Süden verschiebt und somit unterschiedliche Stadien der Interaktion entlang der Subduktionszone auftreten.

Dieser Rahmen macht die Region zu einem idealen Untersuchungsgebiet um folgende Ziele zu verfolgen und Thesen zu testen; Details zu den ersten drei Thesen sind im TOTAL-Hauptantrag von Grevemeyer et al. zu finden:

- Definition des „Asperity“ der seismischen Lücke im Zuge der Subduktion des Louisville Hotspot Rückens
- Aufbau der Louisville Kette und Louisville Hotspot Schwelle / mechanische Eigenschaften von Guyots
- Interaktion zwischen Tonga Inselbogen und Louisville Rücken – Erosion des Inselbogens oder Erosion der Vulkankegel?
- Einflussnahme der Subduktion des Louisville Rückens auf den Fluidfluss durch den Forearc des Tonga Inselbogens

Die Interaktion zwischen den subduzierenden Guyots und der Oberplatte verändert die physikalischen Eigenschaften des Forarcs, allen voran die Porosität und die Permeabilität. Änderungen in der Porosität sollen durch seismische Methoden abgebildet werden. Änderungen in der Durchlässigkeit des Forarcs für Fluide führen zu charakteristischen Änderungen im hydrogeologischen Regime und somit im Wärmestrom durch den Inselbogen. Änderungen im Wärmestrom bedingt durch advektive Prozesse sollten durch geothermische Messungen abgebildet (z. B. Villinger et al., 2002; Grevemeyer et al., 2004) und mit unterschiedlichen Stadien der Subduktionserosion in Verbindung gesetzt werden können.

Das Vorhaben hatte das Ziel, durch geothermische Messungen in der unmittelbaren Nähe des Zusammentreffens von Louisville-Rückens und Tonga-Grabens den Einfluss der Subduktion des Rückens auf das Temperaturfeld zu erfassen und eventuell vorhandene, durch Fluide erzeugte Störungen des Temperaturfeldes zu kartieren.

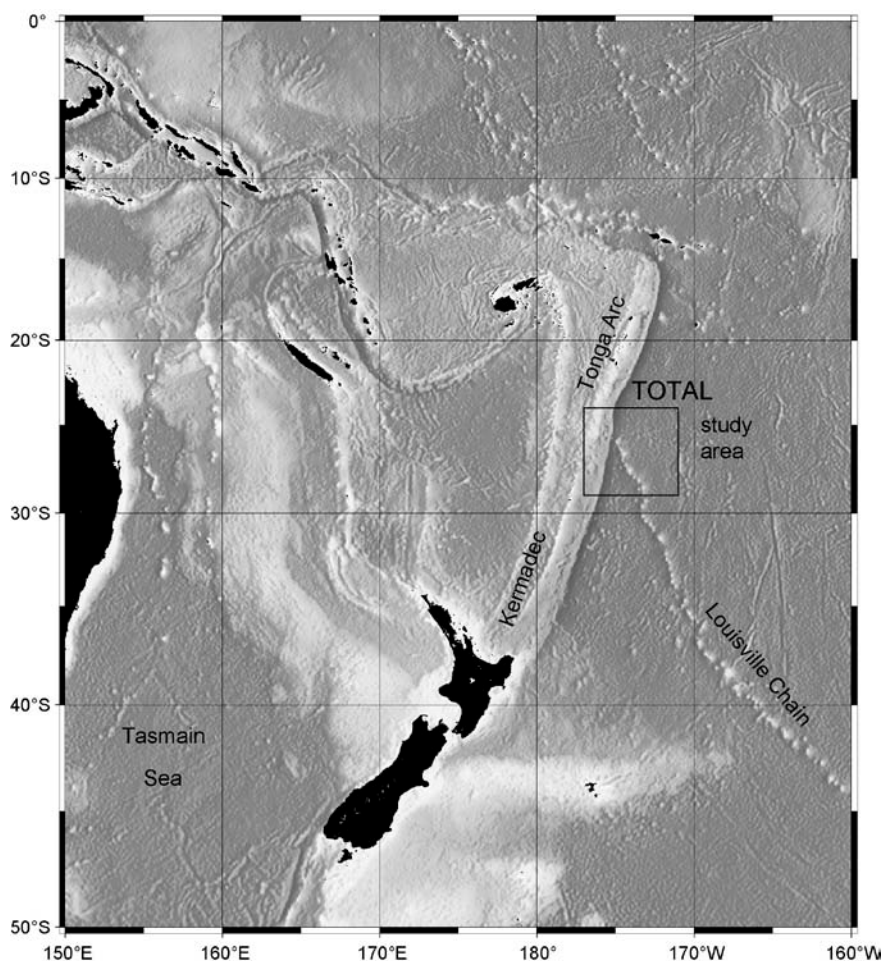


Abbildung 1: Lagekarte der geplanten Untersuchungen

II. Untersuchungsgebiet und bisherige Ergebnisse

In einer Untersuchung (von Herzen et al., 2001) wird von amerikanischen Wissenschaftlern der Versuch unternommen, durch Wärmestromdichtemessungen die Größen-

ordnung der Scherspannungen an der Tonga-Kermadec-Subduktionszone einzugrenzen. Die Untersuchungen fanden 1993 statt, wobei von den 153 Messungen 84 verwertbare Ergebnisse lieferten. Die Hypothese ist dabei, dass durch die Reibung zwischen Ober- und Unterplatte Wärme erzeugt wird, deren Beitrag sich, sollte er signifikant sein, im Wärmestrom abbilden müsste. In Abbildung 2 ist die Lage der damals vermessenen Profile dargestellt. Alle liegen südlich der Kollision von Louisville-Rücken und Kermadec-Graben, da von Herzen et al. (2001) explizit in seiner Arbeit betont, dass man die Komplikationen im Wärmestrom durch diese rezente Subduktion einer Seamountkette vermeiden wollte.

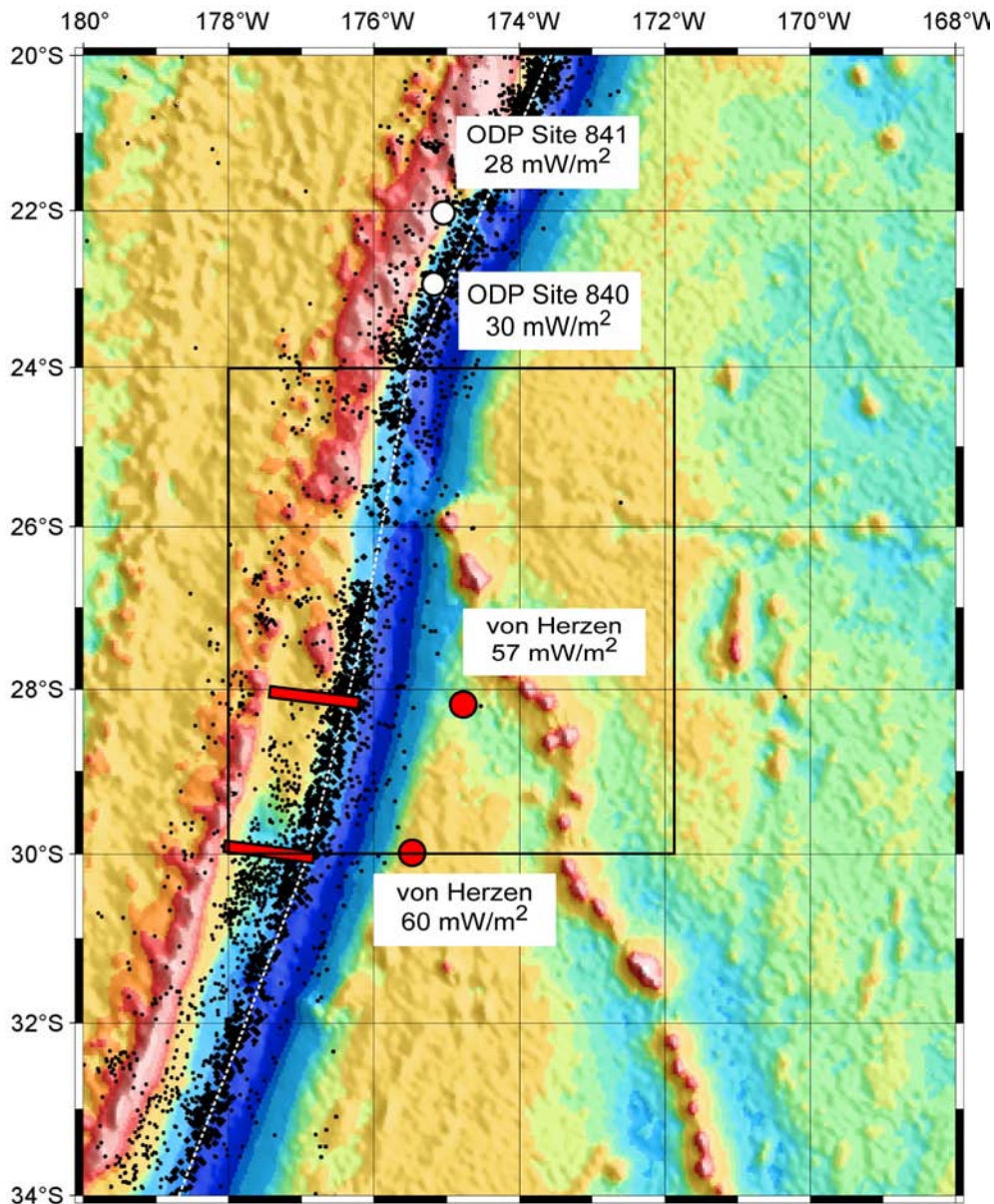


Abbildung 2: Das Schwerefeld der Erde (Freiluftanomalie abgeleitet aus der Satelliten-Altimetrie) im Untersuchungsgebiet und die globale Seismizität in der Region (Engdahl & Villasenor, 2002). Markant ist die seismische Lücke in der Region, wo der Louisville-Rücken subduziert wird. Die eingetragenen Wärmestromdichten auf der Pazifischen Platte und die eingezeichneten Profile (rot) über den Forearc stammen aus von Herzen et al. (2001). Die Werte an den ODP-Sites 840 und 841 stammen aus Parson et al., 1992.

Die Referenzmessungen auf der pazifischen Platte sind bei einem angenommenen Plattenalter von ca. 100 Ma mit Mittelwerten von ca. 60 und 57 mW/m^2 nur leicht höher als die von einem konduktiven Abkühlungsmodell der Lithosphäre zu erwartenden. Die Wärmestromdichtemessungen, insbesondere auf dem südlichen, aber auch auf dem nördlichen Profil wurden dadurch erschwert, dass verfestigte vulkanogene Sedimente das Eindringen der Sonde erschwerten. Dazu kamen noch technische Probleme, die die Qualität der Messungen beeinträchtigten. Eine signifikante zeitliche Variation der Temperatur im Bodenwasser führt darüber hinaus zu einer deutlichen Störung des Temperaturfeldes in den obersten Metern des Sedimentes. Die Ergebnisse des nördlichen Profils sind in Abbildung 3 dargestellt. Man kann sehr deutlich sehen, dass auf einem Hintergrundwert von ca. 30 mW/m^2 Variationen des Wärmestromes um ca. $\pm 10 \text{ mW/m}^2$ überlagert sind, die nach von Herzen et al. von Fluidbewegungen verursacht werden, welche eventuell von Magmenintrusionen angeregt worden sind. Leider sind in von Herzen et al. (2001) die von den Autoren erwähnten seismischen Daten nicht dargestellt, die eventuell eine Korrelation der in Abb. 3 beobachtbaren Variationen mit Störungszonen oder lokalen starken Änderungen der Sedimentmächtigkeiten nicht möglich ist. Messungen an ODP-Sites 840 und 841 (Abb. 3) ergeben Werte westlich der Deformationsfront von 28 und 30 mW/m^2 (Parson et al., 1992).

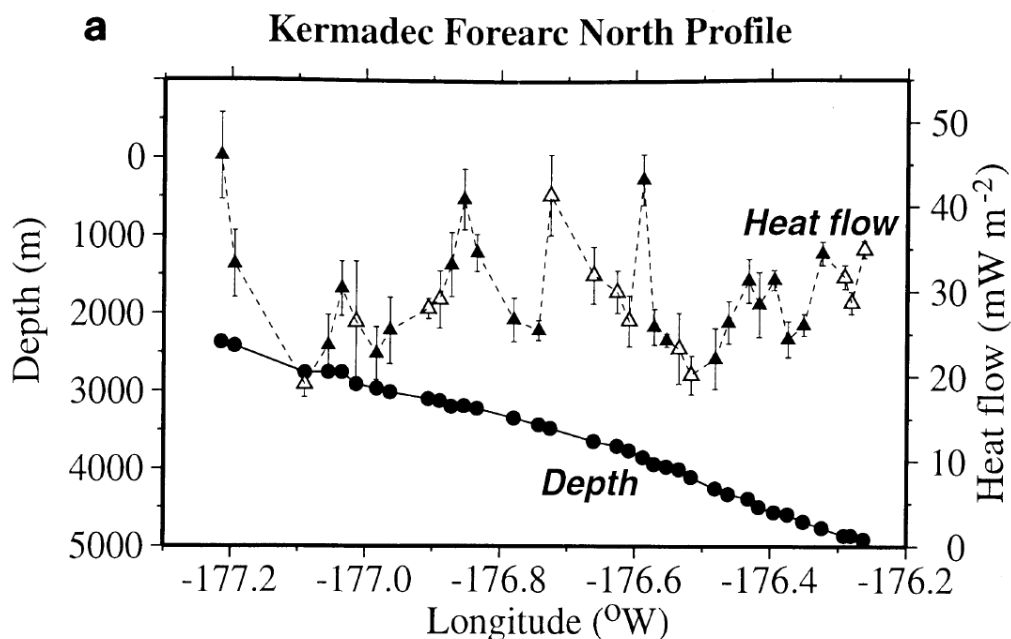


Abbildung 3: Wärmestromdichte auf dem in Abb. 2 dargestellten nördlichen Profil von von Herzen et al. (2001).

III. Ergebnisse der Wärmestromdichtemessungen von SO195

III.1 Methode der Wärmestromdichtemessungen

Während der Expedition SO195 wurden zwei verschiedene Wärmestromdichtesonden der Universität Bremen eingesetzt: eine 3 m lange (3m-HF) und eine 6 m lange (6 m-HF) Sonde. Die Benutzung der langen Sonde hatte zum Ziel, die von von Herzen et al. (2001) berichteten Störungen der oberflächennahen Temperaturverhältnisse durch Bodenwassertemperaturänderungen möglichst durch eine große Eindringtiefe zu vermeiden. Beide Sonden sind als klassische ‚Violinenbogensonden‘ (Hyndman et al.,