

# Bestimmung der Temperaturverteilung in der Bruchzone des großen Chile Erdbebens von 1960

Heesemann M (1), Völker D (2), Grevemeyer I (2), Villinger H (1), Scherwath M (2), Contreras-Reyes E (2), and the TIPTEQ research group

- (1) Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, Klagenfurter Straße, 28359 Bremen, Germany, E-Mail: heesema@uni-bremen.de
- (2) Leibniz Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR, Wischhofstraße 1-3, 24148 Kiel, Germany

## Einleitung

In aktuellen Modellen großer Subduktionsbeben wird davon ausgegangen, dass die Größe der Bruchzone und damit die Magnitude des Ereignisses durch die thermische Struktur der Plattengrenze gesteuert wird. Es wird angenommen, dass das *updip limit* der seismogenen Zone bei Temperaturen von 100 – 150°C liegt. Das *downdip limit* wird in einem Temperaturbereich von 350 – 450°C erwartet. Der thermische Zustand der subduzierten Platte, der im wesentlichen vom Alter der ozeanischen Kruste abhängt, ist ein Schlüsselfaktor für die Temperaturverteilung in der Subduktionszone. Folglich ist das große Chile-Erdbeben ( $M_w=9.5$ ) von 1960, das größte je aufgezeichnete Erdbeben, nicht nur im Hinblick auf seine Magnitude sehr bemerkenswert. Auch die großen Altersvariationen (~0 – 30 Ma) der subduzierten Kruste entlang der ~1000 km langen Bruchzone (~37 – 46°S) sind außergewöhnlich.

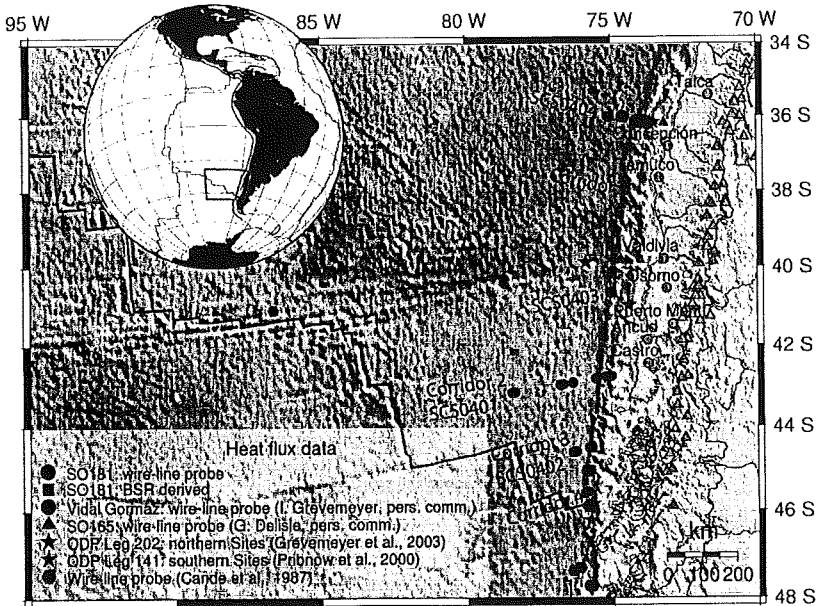


Abbildung 1: Bathymetrie (Smith and Sandwell, 1997) und Wärmeflußdichtemessungen im TIPTEQ Arbeitsgebiet. Entlang der Korridore 1-4 wird ozeanische Kruste unterschiedlichen Alters (2.5-30 Ma) subduziert. Helle Kreise zeigen neue Messungen, die während der FS Sonne Ausfahrt SO181-1b, mit Hilfe von Wärmestromdichtesonden aufgezeichnet wurden. Diese Messpunkte liegen auf den Reflexionsseismik-Profilen SCS401-04, welche ebenfalls während der Fahrt SO181-1b aufgezeichnet wurden.

## Ziele und Methoden

Diese Studie, die Teil des multi-disziplinären und multi-institutionellen Projektes TIPTEQ (*from The Incoming Plate to mega-Thrust Earthquake processes*) ist, zielt darauf ab, laterale Variationen in der thermischen Struktur der Bruchzone des 1960 Chile- Erdbebens zu bestimmen und sie mit seismischen Ereignissen zu korrelieren. Das soll mit numerischen Modellen, die auf der finite Elemente Methode (FEM) basieren, erreicht werden. In diese Modelle fließen zum einen Informationen über die Geometrie der Subduktionszone u. a. aus seismologischen und reflexionsseismischen Messdaten ein. Zum anderen liefern die auf der reinkommenden Platte und auf dem Kontinentalhang vorgenommenen Wärmestromdichtemessungen wichtige Randbedingungen für die Bewertung und Interpretation der Modelle.

## Daten

Da nur wenige Wärmestromdichtemessungen im Untersuchungsgebiet vorlagen, wurde auf der FS Sonne Ausfahrt SO181-1b, von Dezember 2004 bis Januar 2005, eine ausgedehnte Messkampagne zur Bestimmung von Wärmestromdichten durchgeführt. Dabei wurden 63 erfolgreiche Messungen mit Wärmestromdichtesonden vom „Violinenbogentyp“ auf fünf Profilen, die jeweils im rechten Winkel über den südlichen Chile Graben verlaufen, durchgeführt (Abb. 1, 2). Auf dem Kontinentalhang wurden zusätzliche Informationen über die oberflächennahe Wärmestromdichte aus der Tiefenlage von bodensimulierenden Reflektoren (BSRs), die in reflektionsseismischen Daten abgebildet sind, abgeleitet. Um von vorhanden geothermischen Daten, die während des ODP Legs 202 und während einer Ausfahrt mit dem chilenischen Forschungsschiff Vidal Gormaz im Jahre 2002 gesammelt wurden, profitieren zu können, wurde ein Wärmestromdichteprofil etwas nördlich von der Bruchzone des 1960er Chile Erdbebens angesetzt. Die ersten numerischen Modellierungsversuche befassten sich mit diesem nördlichsten Profil (SCS0404) vor der Küste Concepcións, da hier auch auf die Geometrie der Subduktionszone aus dem SPOC (*Subduction Processes Off-shore Chile*) zurückgegriffen werden konnte.

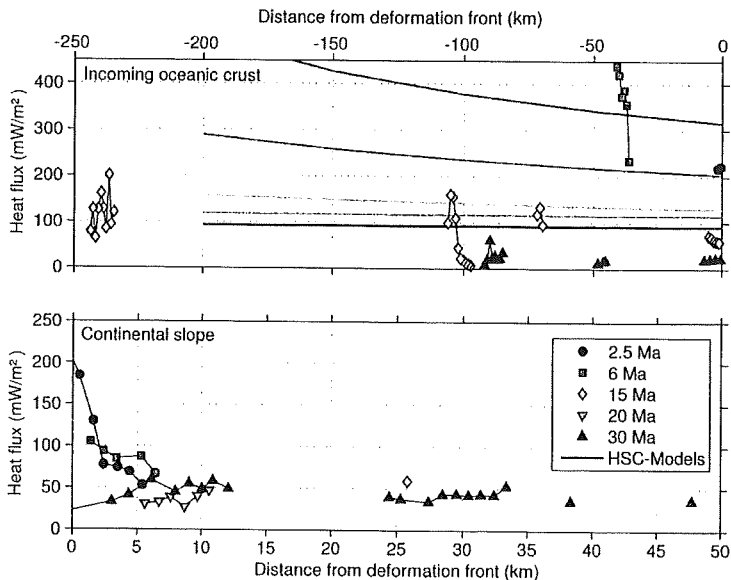


Abbildung 2: Im Rahmen von TIPTEQ gemessene Wärmestromdichten auf der hereinkommenden ozeanischen Platte (oben) und auf dem Kontinentalhang (unten). Analytische konduktive Half-Space-Cooling Modelle (HSC) (durchgezogene Linien) überschätzen im allgemeinen die auf der ozeanischen Platte gemessenen Wärmestromdichten (oben), da sie vernachlässigen, dass Wärme advektiv, durch in der oberen ozeanischen Kruste zirkulierendes Seewasser, abgeführt wird.

## Numerische Modellierung

Mit Hilfe von FEM Modellen sind wir in der Lage die Temperaturverteilung innerhalb der Subduktionszone und die Temperatur entlang der Plattengrenze abzuschätzen (Fig 3). Diese Modelle sind von vielen Parametern abhängig, von denen einige nur grob abgeschätzt werden können. Es ist jedoch möglich diese Parameter durch Vergleich der modellierten oberflächennahen Wärmestromdichten mit den durchgeführten Messungen einzuschränken (Fig. 4). In Hinblick auf ihren Einfluss auf die Wärmestromdichte an der Oberfläche und auf die Temperatur in der Bruchzone lassen sich die Modellparameter in zwei Klassen einteilen. Die Geometrie und die thermische Leitfähigkeit des kontinentalen Prismas gehören zu den Parametern, die bei einer Erhöhung der oberflächennahen Wärmestromdichte die Temperatur an der Plattengrenze verringern. Auf der anderen Seite sind es Parameter, wie die thermische Struktur der abtauchenden ozeanischen Kruste, die Konvergenzrate, die Reibungswärme am Décollement und die radiogene Wärmeproduktion im kontinentalen Prisma, die die Wärmestromdichte an der Oberfläche erhöhen und gleichzeitig auch die Temperatur innerhalb der Bruchzone heraufsetzen.

## Bewertung

Im Rahmen des TIPTEQ-Projektes wurde die schlechte Datenlage, bezüglich der marinen Wärmestromdichte im Untersuchungsgebiet, durch eine Vielzahl von Messungen mit Wärmestromdichtensonden und durch Abschätzungen aus BSR-Tiefenlagen deutlich verbessert. Die Messungen auf der hereinkommenden ozeanischen Platte zeigen eine Abkühlung durch Advektion in der oberen ozeanischen Kruste. Das Einströmen von kaltem Meerwasser offenbart sich besonders deutlich in den niedrigen Wärmestromdichtewerten von  $7 \text{ mW/m}^2$  über ca.  $\sim 15$  Ma alter Kruste, am *outer-rise* vor der Küste der Isla Chiloe. Es gibt jedoch in fast allen Wärmestromdichtemessungen auf der ozeanischen Platte Hinweise für advektiven Wärmetransport. Z.B. zeichnet sich das nördliche Profil durch, für  $\sim 30 - 32$  Ma alte Kruste, erstaunlich geringe Wärmestromdichten aus. Hier fallen die gemessenen Werte von  $\sim 30 \text{ mW/m}^2$ , 90 km seewärts des Grabens, auf  $\sim 20 \text{ mW/m}^2$ , an der Deformationsfront, ab. Konduktive HSC-Modelle sagen jedoch Wärmeflussdichten von  $\sim 90 \text{ mW/m}^2$  voraus. Daher ist es wichtig diese advektiven Abkühlungsprozesse in Modellen der thermischen Struktur der seismogenen Zone zu berücksichtigen.