

Seismische Lücken, Gefährdungspotential und Steuerungsmechanismen: Ergebnisse von SO195, Subduktionszone von Tonga

Ingo Grevemeyer¹, Ernst R. Flueh¹, Eduardo Contreras-Reyes²,
Anthony B. Watts³, Daniel Frost³, Christine Peirce⁴, Anke Dannowski¹,
Stefan Möller¹, Cord Papenberg¹, Lars Planert¹

¹ IFM-GEOMAR, Leibniz Institut für Meereswissenschaften, 24148 Kiel

² DGF, Universidad de Chile, Santiago, Chile

³ Department of Earth Sciences, University of Oxford, Oxford OX1 3 PR,
U.K.

⁴ Department of Earth Sciences, University of Durham, Durham DH1 3LE,
U.K.

Im Januar und Februar 2008 untersuchte die Expedition SO195 des Forschungsschiffes Sonne den Bereich der Subduktionszone von Tonga, wo die Vulkankette der Louisville Guyots in den Tiefseeegraben abtaucht. Das Projekt TOTAL (TONGa Thrust earthquake Asperity at Louisville Ridge) verfolgt einen integrierten Ansatz, um die Steuerungsmechanismen einer seismischen Lücke zu untersuchen. Diese Zone ohne global detektierbare seismische Aktivität mag in naher Zukunft von einem katastrophalen Erdbeben heimgesucht werden. Um die Struktur und die Steuerungsmechanismen der seismischen Lücke zu untersuchen, wurden auf der Reise SO195 sowohl seismische und gravimetrische Untersuchungen zur Krustenstruktur durchgeführt als auch lokale Erdbeben registriert.

Seismische Lücken abgeleitet aus globalen Daten können zwei Ursachen haben: (i) die Spannungen in der Lücke werden durch zahlreiche kleinere Erdbeben abgebaut, welche unterhalb der Detektionsschwelle globaler Netzwerke liegen, oder (ii) die Lücke stellt eine Region extremer Kopplung zwischen Ober- und Unterplatte dar, so dass sich Spannungen kontinuierlich akkumulieren und in Zukunft ein katastrophales Erdbeben bedingen. Im ersten Fall sollte ein lokales Netzwerk eine erhöhte seismische Aktivität in der Lücke beobachten, während im zweiten Fall die Seismizität gleichverteilt oder geringer sein sollte. Das lokale seismische Netz bestand aus

23 Instrumenten, und hat über einen Zeitraum von ca. 6 Monaten die lokale und regionale Erdbebenaktivität registriert. In der Zeit von Juli bis Dezember 2007 wurden ca. 1400 lokalisierbare seismische Ereignisse registriert. 262 dieser Ereignisse fanden innerhalb des seismischen Netzwerks statt (Lücke $<220^\circ$, registriert an mindestens 4 OBS; 184 mit Lücke $<180^\circ$, registriert von mindestens 6 OBS). Generell zeigt sich, dass die Region der seismischen Lücke nicht durch eine erhöhte seismische Aktivität mit Erdbeben kleiner Magnitude charakterisiert ist. Die seismische Lücke stellt somit eine Region erhöhter Kopplung dar. Die aus den verfügbaren Daten abgeleitete Größe der seismischen Lücke von 12.000-20.000 km² deutet auf ein zukünftiges Erdbeben mit einer Magnitude von $M_w=8-8.5$ hin.

Die im Netzwerk auftretenden lokalen Erdbeben sind räumlich und zeitlich nicht gleichverteilt, sondern ca. 2/3 der registrierten Beben gehört zu Erdbeben-Sequenzen oder Clustern, die i.allg. durch ein größeres Hauptbeben eingeleitet werden und zwischen 12 und 30 Nachbeben zeigen. Zu diesen Clustern gehören auch 12 global registrierte Erdbeben. Die Missweisung in der durch das USGS gegebene Herdlokation liegt bei 30 bis 60 km in E-W Richtung.

Drei refraktions- und weitwinkelseismische Hauptprofile wurden während der Reise abgeschossen. Als seismische Quelle wurde ein G-Gun-Array mit einem Kammervolumen von 84 Litern verwendet. Profil P03 verlief parallel zum Tiefseegraben entlang der elastischen Aufwölbung der abtauchenden Lithosphäre und kreuzt die Hotspotspur des Louisville Rückens. Insgesamt 35 Geräte wurden entlang einer 370 km langen Linie ausgelegt. Die Datenqualität ist exzellent. Die meisten Stationen zeigen Einsätze in Entfernungen von 100 km; Stationen am Südlichen Profilende zeigen seismische Signale in über 200 km Entfernung. Ziel der Arbeiten entlang von P03 war es, die Krustenstruktur des Louisville Rücken abzubilden. Die Korrelation der Lage der seismischen Lücke mit den abtauchenden Louisville Kuppen deutet darauf hin, dass die Struktur der abtauchenden Guyots die seismogene Kopplung steuert. Die gemeinschaftliche tomographische Inversion von weitwinkel- und refraktionsseismischen Daten sowie Schwerefeldmessungen zeigt, dass die Tiefseekuppen durch sehr hohe Geschwindigkeiten in ihrem Inneren charakterisiert sind. Diese Geschwindigkeiten deuten auf sehr kompetentes Gestein hin, welches sich möglicherweise der Subduktion widersetzt und somit zu einer effektiven Kopplung von Ober- und Unterplatte führt. Diese Interpretation stützt die Ergebnisse der seismologischen Messungen.

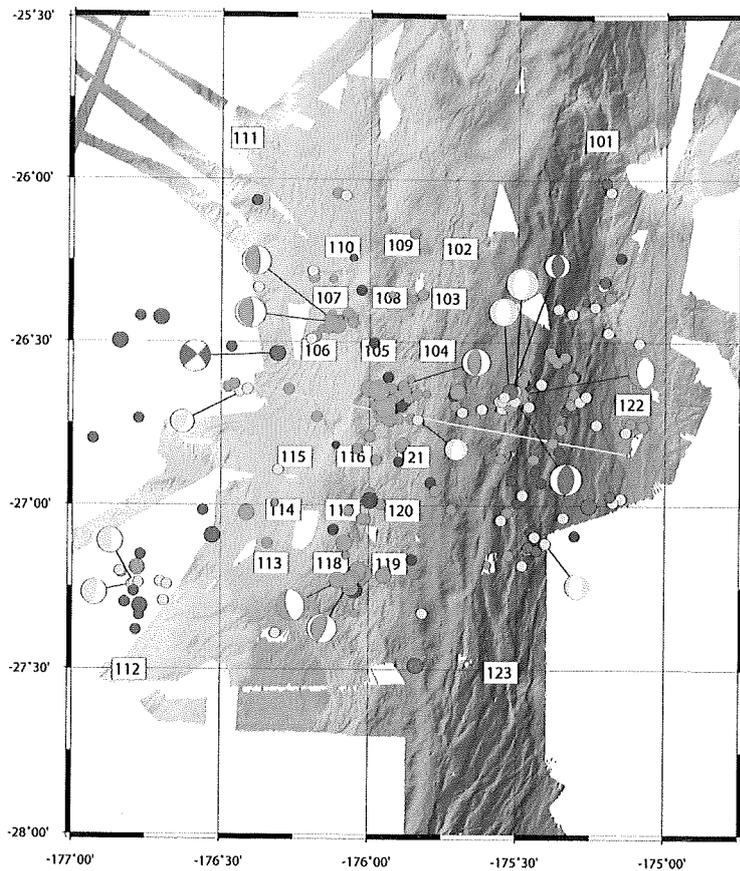


Abbildung 1: Seismizität im Bereich der südlichen Grenze der seismischen Lücke (die gelbe Linie markiert etwa den Übergang zur seismischen Lücke; geringere global-registrierte Seismizität nördlich der Linie; OBS101, 122 + 123 liegen seewärts des Tiefseegrabens); Größe der Punkte (Epizentren) skaliert mit der Magnitude; blau < 18 km; grün: 18-30 km; gelb: 30-42 km; rot: >42 km Tiefe.

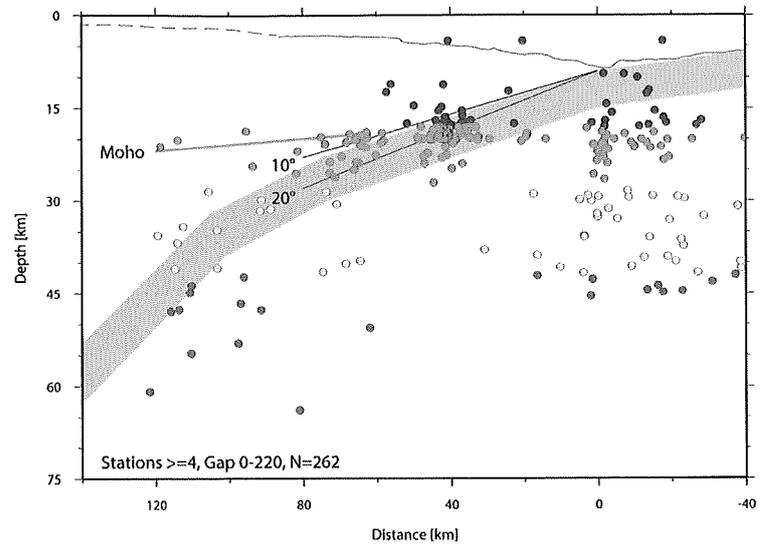


Abbildung 2: Tiefenverteilung der lokalen Erdbeben als Funktion der Entfernung vom Tiefseeegraben (gelbe Linie in Abbildung 1). Farbskalierung wie in Abbildung 1.

Profil P02 bildete die Subduktionszone nördlich des Louisville Rückens ab und liegt in einer Region, die durch sehr hohe Raten tektonischer Erosion charakterisiert ist. Darüber hinaus sollte die Linie die Struktur des Inselbogens von Tonga abbilden. Entlang des 400 km langen Profils wurden insgesamt 40 OBS und OBH in Wassertiefen von < 1000 m bis 8000 m ausgelegt. Die Datenqualität ist exzellent. Die meisten Stationen konnten seismische Phasen bis in Entfernungen von 80-120 km registrieren. Der Inselbogen hat eine maximale Mächtigkeit von ca. 18 km. Generell wird die Kruste von Inselbögen als eine Vorstufe zur kontinentalen Kruste angesehen. Ähnlich wie im Falle der Inselbögen von Izu-Bonin und Marianen sind die Geschwindigkeiten in der Kruste deutlich höher als in kontinentaler Kruste und deuten auf eine Unterkruste aus gabbroiden Gesteinen hin. Die Geschwindigkeit im Mantelkeil ist mit ~ 7.4 km/s sehr gering und deutet auf eine starke Hydrierung hin. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch in der Marianen Subduktionszone erzielt.