FS SONNE SO294 – CLOCKS

Der nördliche Cascadia Kontinentalrand: Ausdehnung der Bruchzone von Subduktions-Erdbeben, und Deformation des Akkretionskeils

13. September – 27. October 2022 Vancouver (Kanada) – San Diego (USA)

3. Wochenbericht (26.09. - 02.10.2022)



Die dritte Woche auf See begann mit unseren ersten intensiveren Unternehmungen zur Sedimentbeprobung. Nach dem ersten erfolgreichen Einsatz des Schwerelotes am Vortag (Sonntag, 25. September) wollten wir nun eine Hangrutschung gezielter untersuchen.

Eines der Ziele von CLOCKS ist es ja zu erkunden, ob große Subduktionserdbeben auch auf der Explorer-Platte stattfinden und wenn ja, wie häufig. Aus vorherigen Studien wissen wir, dass bei solchen großen Beben Sedimente am Kontinentalhang ins rutschen kommen und sich als charakteristische Ablagerungen vom normalen Hintergrundsediment, zum Beispiel durch erhöhte Korngrößen, unterscheiden lassen. Für die Juan de Fuca Platte sind so durch Beprobung von Sedimenten insgesamt 12 Ablagerungen identifiziert worden, wobei die älteste dieser Schichten ca. 10,800 Jahre alt ist (Hamilton et al., 2015). Damit wurde eine Wiederholungsrate für die großen Subduktionsbeben der Juan de Fuca Platte von 460 +/- 140 Jahre bestimmt, welche sich sehr gut mit älteren Studien an der Cascadia Subduktionszone entlang der Küste vor Oregon und Washington deckt (Atwater & Griggs, 2012).

Wir wollen deswegen mit derselben Herangehensweise Hangrutschungen im Winona Becken untersuchen, ein Gebiet, welches bisher zu dieser Fragstellung noch nicht untersucht wurde. Nach umfangreicher bathymetrischer Vermessung haben wir bis zu 20 Hangrutschungen identifiziert, wobei aber nur vier davon jüngeren Datums zu sein scheinen, da man an diesen vier Rutschungen die kantigen Rutschungsmassen noch in der Bathymetrie als rauhen Meeresboden erkennen kann (Abbildung 1). Eine Rutschung mit deutlichen Blöcken haben wir uns zur Beprobung ausgesucht und kurz vorher noch mit dem Sedimentecholot (PARASOUND) akustisch kartiert (Abbildung 2). Die Sedimentschichten werden teilweise bis zu einer Tiefe von 70 m unter dem Meeresboden abgebildet und zeigen eine obere Lage an Sediment, welches akustisch wenig reflektiv ist, und wahrscheinlich zeitlich dem Holozän zuzuordnen ist (< 14,000 Jahre). Unser Schwerelot mit 5 Meter Eindringung wird also diese jüngste Lage beproben, was sich somit mit den vorherigen Studien vergleichen lässt. Tiefer gelegene Rutschungsmassen die im Profil gut zu erkennen sind, werden dagegen nicht mit unserem Schwerelot erreichbar sein. Datierungen der drei gewonnen Kerne erfolgt dann später nach weiteren Messungen im Labor des Geological Survey of Canada in Sidney, BC.

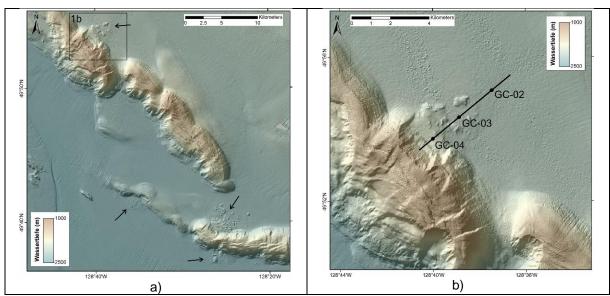


Abbildung 1: a) Bathymetrie mit Hangrutschungen im Winona-Becken, wobei vier sich als Ziel für eine Sediment-Beprobung eignen, da noch rezente Ablagerungen am Meeresboden zu erkennen sind (schwarze Pfeile). b) Detail-Karte einer Rutschung mit Position der Schwerelote und Lage des Sedimentecholotprofiles (Abb. 2).

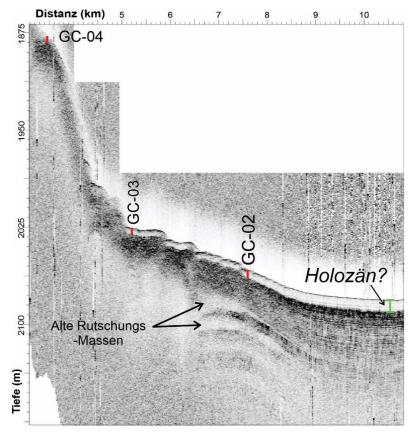


Abbildung 2: Sedimentecholotprofil über eine Hangrutschung (Abb. 1b) und Positionen der Schwerelote (GC-02, -03, -04. Mindestens zwei ältere, tiefer gelegene Rutschungsmassen können identifiziert werden, welche mit Sediment überlagert sind. Unsere Beprobung mit maximal 5 Meter Eindringung wird wahrscheinlich nur Sedimente des Holozäns durchdrungen haben. Altersbestimmungen werden später durchgeführt um diese Hypothese und Interpretation zu überprüfen.

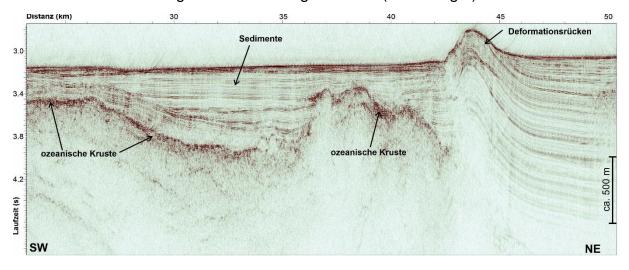
Zitate:

Atwater, B. F., and Griggs, G. B. 2012. Deep Sea Turbidites as Guides to Holocene Earthquake History at the Cascadia Subduction Zone – Alternative Views for a Seismic-Hazard Workshop, United States Geological Survey Open File Report 2012-1043: 58 p.

Hamilton, T.S., Enkin, R.J., Riedel, M., Rogers, G.C., Pohlman, J.W., Benway, H.M., 2015. Slipstream: an early Holocene slump and turbidite record from the frontal ridge of the Cascadia accretionary wedge off western Canada and paleo seismic implications, Canadian Journal of Earth Sciences, 52, 405-430.

Am Dienstag, den 27. September, haben wir dann damit begonnen, 20 Ozeanbodenseismometer (OBS) entlang von 2 Profilen über das Winona Becken auszubringen. Nachdem wir das Gebiet sehr gut vorkartiert hatten, mussten einige vorher geplante Stationen etwas verlagert werden, um zu steile Hänge an Canyons zu vermeiden. Obwohl wir schnell mit dem Aussetzen der Geräte fertig waren, konnten wir nicht sofort mit der Seismik beginnen, da uns heftiger Wind um die Nase wehte. Bei Windstärke 6, in Böen bis zu Stärke 8, ist es zu gefährlich die Luftkanonen auszusetzen. Also haben wir zunächst die Kartierung ausgeweitet, bis der Wind und somit auch der Seegang sich gelegt hatten. Am Mittwoch, den 28. September, um 16 Uhr nachmittags konnten wir das Luftkanonen-Array, den Streamer und das Passive Acoustic Monitoring System schnell aussetzen – gerade noch rechtzeitig bei Tageslicht, um den Regeln zum Schutz der Meeressäuger zu entsprechen. Diesmal haben wir einen langsameren Start und graduelle Nutzung der Luftkanonen bis zum Maximalluftvolumen (45 L) über 1 Stunde vollzogen, da wir uns erst von einer Schutzzone westlich unseres Arbeitsgebietes weit genug entfernen mussten, damit der Schall beim Eintritt in die Schutzzone unter dem Schwellenwert von 160 dB liegt.

Nach 1,5 Tagen hatten wir dann die Refraktionsprofile über die OBS erfolgreich beendet und sogar noch Zeit gehabt ein Querprofil zu fahren, welches zusätzliche Hinweise zur Tiefe der ozeanischen Kruste liefert. Obwohl die Refraktions-Profile hauptsächlich mit den OBS ausgewertet werden, haben wir auch die Reflexionen mit unserem ca. 300 m langen Streamer aufgezeichnet (Abbildung 3).



Abbilung 3: Seismisches Reflexions-Abbild entlang des südlich-östlich gelegenen Profiles P2000 mit deutlich erkennbarer Reflexion von der oberen ozeanischen Kruste, Sedimentauflage, und einem Deformationsrücken im Winona Becken.

Um die Deformation des Winona Beckens und den Wechsel von Subduktion der Juan de Fuca- und Explorer Platte zur sich weiter nördlich anschließenden Queen Charlotte Transformstörung besser zu verstehen, zeichnen wir zusätzlich zu den Refraktionsprofilen auch höher auflösende seismische Reflexionsdaten mit einer einzelnen GI Luftkanone (7L Volumen) und unserem Streamer auf. Dazu haben wir am Nachmittag des 30. September kurz die Seismikarbeiten unterbrochen und das Luftkanonen Array eingeholt und eine einzelne GI Luftkanone wieder ausgesetzt. Dazu kamen noch kleinere Wartungsarbeiten am Streamer und am PAM, aber nach weniger als 2 Stunden waren alle Geräte wieder voll einsatzbereit und wir haben mit der Datenaufzeichnung fortgesetzt.

Die seismischen Daten, die wir mit dem Streamer aufzeichnen, zeigen detailiert die Deformationen, Störungen, und Faltungen im Sediment die aufgrund der komplexen tektonischen Spannungen im Winona Beckens auftreten (Abbildung 4).

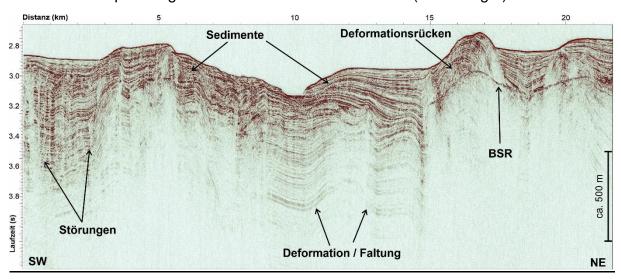


Abbildung 4: Reflexions-seismische Aufnahme von Profil P4000, das mit einer GI-Luftkanone (Volumen 7 L) und dem Streamer aufgezeichnet wurde. Diese kleinere Signalquelle erlaubt zwar nur eine Eindringung des Schalls bis ca. 800 m unter den Meeresboden, erhöht dabei aber die vertikale Auflösung gegenüber dem größeren Luftkanonen Array. Entlang dieser Linie sind in der Sedimentauflage verschiedene Störungssysteme zu erkennen, Faltungen und auch ein sogenannter "BSR" (Englisch: Bottom Simulating Reflector), welcher die Untergrenze der Gashydratstabilitätszone markiert.

Die acht Walbeobachter:Innen an Bord sind rund um die Uhr im Einsatz, um nach Meeressäugern und anderen gefährdeten Arten Ausschau zu halten, während wir seismische Untersuchungen durchführen. Sollte sich ein Säugetier oder eine gefährdete Art dem Schiff zu sehr nähern, müssen alle Schallquellen sofort abgeschaltet werden. Um die Erkennung von Säugetieren, insbesondere von Walen, zu verbessern, setzen wir auch die Infrarotkamera ein, die die warme Ausatemluft von Walen oft deutlich erkennen kann (Abbildung 5).

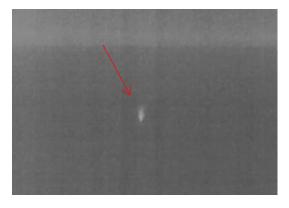


Abbildung 5: Infrarot-Aufnahmen vom Blas eines Finnwales (Foto: Toyon Research Corporation).

In dieser Woche wurden zahlreiche Meeressäuger und andere Wildtiere gesichtet. Dazu gehörten Finnwale (Abbildung 6), der zweitgrößte Wal nach dem Blauwal, Nördliche Glattdelfine (Abbildung 7a), Pazifische Weißseitendelfine (Abbildung 7b), Mondfische (Mola mola, Abbildung 8), Seelöwen (Abbildung 9) und mehrere Vogelarten, darunter der Laysan-Albatros (Abbildung 10), und der Wanderfalke (Abbildung 11).





Abbildung 6: (a) Aufnahme eines Finnwales (Balaenoptera physalus) mit typischer Rückenflosse, aufgenommen bei einer größeren Distanz zum Schiff (Foto: April Houweling) und (b) Finnwal mit ausgestossener Atemluft (Foto: Magena Warrior).



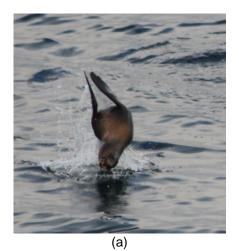
Abbildung 7: Zwei Beispiele für gesichtete Delphinarten. Oben: Nördlicher Glattdelfin (Lissodelphis borealis), Unten: Pazifischer Weißseiten Delfin (Lagenorhynchus obliquidens) (Fotos: Bruce Mactavish).

Obwohl in dieser Woche weniger Tiere als in der Vorwoche gesichtet wurden, enttäuschten die Sichtungen von Meeressäugern und Wildtieren nicht. Letzte Woche wurden in der Ferne mehrere dunkle, schwimmende Tiere ohne Rückenflosse gesichtet, und die Beobachter:Innen waren sich nicht sicher, was sie davon halten sollten, und bezeichneten diese Sichtung einfach als "fliegender Fleck". Nach weiteren Nachforschungen, der Überprüfung von Fotos, und einer näheren Sichtung (Abbildung 7a) bestätigten die Meeressäugerbeobachter:Innen, dass es sich bei den "fliegenden Flecken" um Nördliche Glattdelfine handelte, die aufgrund ihrer ähnlichen Körperform,

Farbe und ihres Verhaltens aus der Ferne leicht mit Seelöwen oder Pelzrobben verwechselt werden können. Nördliche Glattdelfine werden häufig zusammen mit Pazifischen Weißseitendelfinen gesichtet, so auch in dieser Woche, als sich diese gemischte Gruppe von Delfinen dem Schiff näherte. Eine weitere interessante Beobachtung in den küstennahen Bereichen des Untersuchungsgebiets war ein einzelner Stellerscher Seelöwe (Abbildung 9), der auf das Schiff zu schwamm und dabei akrobatische Kunststücke zeigte. Obwohl diese nicht wandernde Art manchmal weit von der Küste entfernt gesehen werden kann, ist sie normalerweise näher an der Küste anzutreffen.



Abbildung 8: Schule aus sieben Mondfischen (Mola Mola), welche auf Englisch Sonnenfische (sunfish) genannt werden (Foto: Bruce Mactavish).



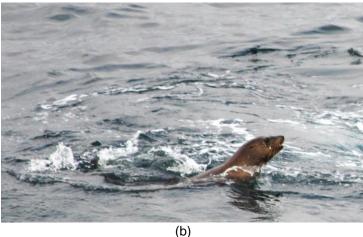


Abbildung 9: Aufnahmen von Stellerschen Seelöwen (Eumetopias jubatus) (Foto: Magena Warrior).



Abbildung 10: Laysan Albatross (Phoebastria immutabilis) (Foto: Bruce Mactavish).



Abbildung 11: Wanderfalke an Bord des FS SONNE (Foto: Magena Warrior).

Alle an Bord sind wohlauf und senden Grüße nach Hause.

Richard Roll

Michael Riedel (im Namen aller Wissenschaftler:Innen der Expedition CLOCKS) (GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel)