

# **ORWELL**

**Oregon and Washington Exploration of the Lithosphere - a  
Geophysical Experiment**

**SONNE FAHRT  
SO108**

**ABSCHLUßBERICHT**

- 03G00108A -

Berichtszeitraum: 1. März 1996 bis 30. November 1998

*Ernst R. Flüh, Dirk Kläschen, Nina Kukowski, Jörg Bialas, Martin Gerdom  
und Sanyu Ye*

**GEOMAR**  
Forschungszentrum für Marine Geowissenschaften  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Wischhofstraße 1 - 3  
24148 Kiel

April 1999

# Schlußbericht

## 1. Aufgabenstellung

Die Hauptzielsetzung im Projekt ORWELL war es, den Krustenaufbau vor Oregon und Washington zu erkunden und damit Fragen zu der anomalen Seismizität und zur Quantifizierung der Fluidaustritte zu beantworten. Aufgrund der verfügbaren Datenfülle aus mehreren Jahren intensiver Forschung liefert der Cascadia-Kontinentalrand eine außergewöhnlich gute Basis, um solche Arbeiten zielgerichtet angehen zu können. Die im Antrag formulierten Ziele umfassen 1) ein detailliertes geophysikalisches Weitwinkelprofil in Ergänzung zu vorhandenen Steilwinkelprofilen über ein bekanntes Fluidaustrittsgebiet mit vorhandenen ODP-Bohrungen vor Oregon und 2) die land- und seewärtige Ergänzung von seismischen Profilen zur Untersuchung der Krustenstruktur und ihrer geodynamischen Interpretation vor Washington. Diese Arbeiten können zu den folgenden Themen neue Antworten liefern:

- 1.) Entstehung und Evolution der Kontinente.
- 2.) Natur der Erdbeben und Wechselwirkungen an Plattengrenzen.
- 3.) Entstehung und Dynamik von Magmen in der kontinentalen Kruste.
- 4.) Ursachen der Deformation und Mobilität der kontinentalen Lithosphäre.
- 5.) Entstehung und Entwicklung von Sedimentbecken.
- 6.) Natur des kontinentalen Mantels und seines Einflusses auf die Entwicklung der Kontinente.
- 7.) Massentransfer und Deformationsstrukturen an konvergenten Plattenrändern.
- 8.) Fluidbudget konvergenter Plattenränder.

Die Schlüssel zu diesen Problemen liegen teilweise im Ozean und können mit marinen bzw. kombinierten Land-See - Beobachtungen angegangen werden. Die oben genannten refraktionsseismischen Profile konnten durch Messungen an Land verlängert werden. Das Hauptinteresse gilt hier dem großen Erdbeben, das für den Cascadia-Plattenrand in Washington vorhergesagt wird, mit einer Abschätzung der Magnitude von über 9.0! Diese Vorhersage beruht auf geologischen Geländebefunden, die Anzeichen für entsprechend große Tsunamis und Verwerfungsbeträge in prähistorischer Zeit erbracht haben. Die neuen Daten werden zu einer umfassenden Untersuchung über die Erdbebengefährdung durch den USGS und die Oregon State University beitragen. Die amerikanischen Partner haben bereits tiefenseismische Informationen vom Cascadia-Vulkanbogen bis zur Küste, und die SONNE-Profile werden diese seewärts bis hin zum Kontinentalfuß ergänzen (zusammengefaßt in Trehu u. a., 1994). Da die Plattengrenze wegen der geringen natürlichen Seismizität in diesem Gebiet nicht nach der klassischen Methode durch Hypozentrenbestimmungen der Benioffzone erfolgen kann, sind aktive seismische Experimente (Reflexion und Refraktion) die einzige Methode, diese verlässlich zu bestimmen.

## 2. Voraussetzungen

Das Vorhaben wurde in enger Anlehnung an die Fahrtplanung für FS SONNE durchgeführt. Während der Bearbeitung hat es stets eine enge Kooperation mit folgenden Gruppen gegeben:

US Geological Survey, Menlo Park (M. Fisher, D. Scholl, T. Parsons, R. Wells, B. Bekins)

US Geological Survey, Woods Hole (U. ten Brink)

Oregon State University (A. Trehu, L. McNeil, C. Goldfinger)

GEOMAR, Abteilung Marine Umweltgeologie (E. Suess, G. Bohrmann)

Daneben hat sich im Verlaufe der Auswertungen noch eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit mit dem Geologischen Institut der Universität Hamburg entwickelt (Dr. J. Adam, Prof. K. D. Reuther),

die über eine hervorragende Expertise auf dem Gebiet der Strukturgeologie verfügen. Nach dem Wechsel von Frau Kukowski vom GEOMAR zum GFZ bleibt die enge Zusammenarbeit bestehen. Aufgrund der engen Kontakte zu US-Kollegen und der Expertise von GEOMAR bzgl. der reflexionsseismischen Datenbearbeitung mit Hilfe der Tiefenmigration wurden mehrere Reflexionsprofile, die beim pre-site survey für die ODP Leg 146 gewonnen wurden, bearbeitet (siehe z.B. MacKay et al., 1995). Das Reflexionsprofil OR89-5, das koinzidierend mit dem Weitwinkelprofil SO108-07 vor Oregon liegt, wurde freundlicherweise von G. Cochrane (USGS) zur Verfügung gestellt und konnte im Rahmen einer Diplomarbeit (Wallon-Pizarro, 1997) bearbeitet und ausgewertet werden. Dadurch wurde gewährleistet, daß die oberflächennahen Sedimentstrukturen des

Akkretionskeils bei der Interpretation der Weitwinkeldaten mit einfließen konnte.

Die Zusammenarbeit der verschiedenen Gruppen ist auch durch die eingereichten Tagungsbeiträge und Veröffentlichungen dokumentiert.

### **3. Planung und Ablauf**

Die Fahrt fand in der Zeit vom 14.04. bis 23.05.1996 statt, Ausgangs- und Endhafen waren San Francisco und Astoria. Von wenigen Einschränkungen durch schlechtes Wetter abgesehen konnte das geplante Fahrtprogramm realisiert werden. Die anschließende Aufbereitung und Auswertung der Daten erfolgte an den beteiligten Instituten, wobei gelegentlich nicht eingeplante kleine Verzögerungen auftraten. Diese waren durch die Komplexität und Qualität der Daten bedingt, die gelegentlich Arbeitsansätze, die über das ursprünglich geplante Programm hinausgingen, sinnvoll erscheinen ließen. Diese Mehrarbeit hat sich meist gelohnt, wie auch den beiliegenden Publikationen zu entnehmen ist. Über Zwischenergebnisse wurde auf vielen Tagungen berichtet, die auch innerhalb der Arbeitsgruppe für intensive Planungsgespäche und Arbeitstreffen genutzt wurden.

Um die akquirierten Reflexionsdaten (über 1200 km Gesamtlänge) effizient zu bearbeiten und um Doppelarbeit zu vermeiden, wurde von den US-amerikanischen Kollegen (namentlich M. Fisher) eine Standardbearbeitung bis hin zur Zeitmigration nach dem Stapeln für alle Profile durchgeführt. Am GEOMAR wurden zunächst die Reflexionsprofile mit der Tiefenmigration vor dem Stapeln bearbeitet, die mit Weitwinkelprofilen koinzidieren, und integriert ausgewertet. Aufgrund des großen Informationspotentials, das in den Reflexionsdaten enthalten ist (Stichwort: Akkretionsstrukturen, Amplitudenverhalten, AVO) wurden weitere Profile speziellen und neu entwickelten Analysetechniken unterworfen, die besonderes Interesse und Anwendung bei anderen Wissenschaftlern und in weiterführenden Forschungsansätzen (DASAC, HYDGAS) fanden.

Der Austausch der akquirierten seismischen Daten (Reflexions- und OBH/OBS Messungen) wurde während der Ausfahrt vorgenommen. Die Daten wurden von den jeweiligen Gruppen aufbereitet und in dem SEG-Y Format umgewandelt (siehe auch Fahrtbericht). Sowohl das GEOMAR als auch das USGS erhielt einen vollständigen Satz der akquirierten seismischen Daten. Die marinen Weitwinkeldaten wurden am GEOMAR bearbeitet, die Landdaten aus Washington am USGS und die Landdaten aus Oregon in Corvallis. Alle Daten wurden ausgetauscht und gemeinsam interpretiert.

### **4. Wissenschaftlich-technischer Stand**

Vor Beginn unserer Untersuchungen lagen aus dem Untersuchungsgebiet Washington nur relativ alte seismische Daten mit entsprechend geringer Eindringung und Auflösung vor, und die Lage der Plattengrenze war eine der am intensivsten diskutierten Fragen. Für das Arbeitsgebiet Oregon wurden im Rahmen der Planung zu ODP Leg 146 reflexionsseismische Profile aufgenommen und aufbereitet (McKay u. a., 1995). Eine weitergehende Bearbeitung des für die Weitwinkelmessungen von SO108 gewählten Profils OR-89-08 erfolgte im Rahmen einer Diplomarbeit am GEOMAR (Wallon Pizarro, 1997).

Am Cascadia Kontinentalhang wurden einige der vielleicht am weitesten entwickelten Forschungsprojekte hinsichtlich von Fluidaustritten verwirklicht. In der Vergangenheit wurden zur Untersuchung zahlreiche Tauchfahrten und schiffsgestützte Beobachtungen durchgeführt, u. a. DSDP Leg 18 (Kulm u. a., 1973) und ODP Leg 146 (Westbrook u. a., 1994). Diese basieren alle auf detaillierten bathymetrischen und geophysikalischen Untersuchungen. Mit Hilfe von reflexions- und refraktionsseismischen Daten wurde versucht, die austretenden Fluidmengen geophysikalisch zu quantifizieren, jedoch ließen bei den refraktionsseismischen Messungen der Abstand der Meßpunkte und die eingesetzten Methoden nur eine begrenzte Auflösung zu. Die gegenwärtigen geophysikalischen Abschätzungen über die Fluidmengen, die von akkretierten Sedimenten stammen, können daher mit den durchgeführten Messungen verbessert werden. Der Vergleich der bestehenden direkten Messungen und der geophysikalischen Abschätzungen sollte eine Kalibrierung erlauben, die Aufschlüsse über die Genauigkeit der Berechnungen globaler Fluidmengen anhand geophysikalischer Meßmethoden liefert. Solche Untersuchungen sind notwendig, um die zukünftigen globalen Abschätzungen der Fluidaustritte entlang der sich insgesamt über 44.600 km erstreckenden konvergierenden Plattengrenzen zu erreichen.

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Während der Laufzeit des Projektes, aber auch darüber hinaus, gab es eine stetige und fruchtbare Zusammenarbeit mit vielen anderen interessierten Kollegen, namentlich den unter 2. genannten Personen und Instituten. Die stetige und schnelle Präsentation der Ergebnisse auf nationalen und internationalen Tagungen führte zu einer intensiven Diskussion mit einem weiten Interessentenkreis.

## 6. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die wissenschaftlich technischen Ergebnisse sind in eine Reihe von Publikationen eingeflossen, die schon erschienen, aber zum Teil noch in der Begutachtung sind. Es werden hier jedoch nur die Publikationen vorgestellt, die überwiegend auf Daten der Fahrt SO108 aufbauen. Darüber hinaus wird noch an einigen Teilaspekten der Daten gearbeitet, weitere Publikationen sind in Vorbereitung. Auf mehreren Tagungen wurde über erste Ergebnisse und Zwischenresultate berichtet (siehe 9b). Besonders zu erwähnen ist die Tatsache, daß der Vortrag Adams u. a., 1998 von der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft mit einem Preis für den besten Vortrag geehrt wurde, ebenso wie der Vortrag über methodische Arbeiten zur seismischen Dateninterpretation von Lelgemann u. a. (1998), die wir auch auf den ORWELL-Datensatz angewandt haben. Es besteht ein großes Interesse an unseren Ergebnissen, wie viele Nachfragen nach Sonderdrucken und Abbildungen für Lehrbücher belegen.

### 6.1 Anlage 1, Preprint der Arbeit:

Parsons, T., Trehu, A. M., Luetgert, J. H., Miller, K., Kilbride, F., Wells, R., Fisher, M. A., Flueh, E. R., ten Brink, U. S. Christensen, N. I., 1998: A new view into the Cascadia subduction zone and volcanic arc: Implications for earthquake hazards along the Washington margin; *Geology*, 26, 199-202 (**Anlage 1**).

\* Zusammenfassung der Arbeit:

In dieser Veröffentlichung wird die Krustenstruktur und Seismizität entlang eines onshore-offshore verlaufenden Weitwinkelprofils, bestehend aus den SONNE-Daten und einem älteren landgestützten Refraktionsprofil, zusammengetragen und diskutiert. Das Profil verläuft über den südlichen Kontinentalrand von Washington und zeigt eine deutliche Zunahme der Plattenneigung von 5 auf 12° unterhalb des Siletz Terranes. Ein weiterer Wechsel der Krustenstruktur wird im Bereich der Seismizitätszone von Mount St. Helens gefunden und markiert den Übergang vom

Siletz Terrane zum Cascadia-Vulkangürtel. Es wird gefolgert, daß sich die Seismizität vor allem auf die Ränder des Siletz Terranes konzentriert, welches als starrer Block bewegt wird.

## **6.2 Anlage 2, Preprint der Arbeit:**

Flueh E R , Fisher M A, Bialas J, Childs J R, Klaeschen D, Kukowski N, Parsons T, Scholl D W, ten Brink U, Tréhu A M, Vidal N, 1998: New seismic images of the Cascadia subduction zone from cruise SO108 - ORWELL, *Tectonophysics*, 293, 69-84 (**Anlage 2**).

\* Zusammenfassung der Arbeit:

Hier wird die kombinierte Auswertung von zwei Reflexions-/Refraktionsprofilen über den Kontinentalrand von Washington vorgestellt. Die Reflexionsdaten wurden mit prestack-Tiefenmigration bearbeitet. Es wird gezeigt, daß die Plattengrenze wesentlich flacher als früher angenommen verläuft und an der Küste lediglich eine Tiefe von 13 km erreicht. Der seewärtige Teil des Akkretionskomplexes zeichnet sich durch seewärts einfallende Überschiebungsbahnen aus, die in den letzten 1.5 Ma angelagert wurden, vermutlich als Folge der hohen glazialen Sedimentation.

## **6.3. Anlage 3, Preprint der Arbeit:**

Fisher, M., Flueh, E. R., Scholl, D. W., Parsons, T., Wells, R., Trehu, A., ten Brink, U., and Weaver, C., 1999: Geologic processes of accretion in the Cascadia Subduction zone west of Washington State; *J. Geodynamics*, 27, 277-288 (**Anlage 3**).

\* Zusammenfassung der Arbeit:

Es werden eine Reihe von Reflexionsprofilen der SONNE Fahrt SO108 vorgestellt und der Akkretionsmechanismus untersucht. Der Wechsel in der Vergenz und der Breite des Schelfs sowie Diapire auf dem Schelfbereich werden insbesondere analysiert. Die beobachteten Muster sind nur bei Annahme geringer basaler Reibung zu erklären.

## **6.4. Anlage 4, Preprint der Arbeit:**

Parsons, T., Wells, R. E., Fisher, M. A., Flueh, E., and ten Brink, U.: Three-dimensional velocity structure of Siletzia and other accreted terranes in the Cascadia forearc of Washington; *J. Geophys. Res.*, in press (**Anlage 4**).

\* Zusammenfassung der Arbeit:

In dieser Veröffentlichung werden alle seismischen Daten aus dem Bereich von Washington, Refraktionsbeobachtungen und die Registrierungen der natürlichen Seismizität mit den lokalen Netzen für eine dreidimensionale Tomographie genutzt. Damit kann die räumliche Lage des Siletz Terranes bestimmt werden. Danach ist das Siletz Terrane etwa 20 km mächtig und erfährt als starrer Block eine Rotation, wobei sich die Seismizität an den Rändern konzentriert.

## **6.5. Anlage 5, Preprint der Arbeit:**

Gedom, M., Trehu, A. M., Flueh, E. R., and Klaeschen, D., : The continental margin off Oregon from seismic investigations; submitted to *Tectonophysics* (**Anlage 5**).

\* Zusammenfassung der Arbeit:

Hier werden die Ergebnisse des onshore-offshore Profiles über den Kontinentalrand vor Oregon gezeigt, wobei zusätzlich zwei marine Querprofile auf dem Schelf sowie ein früher aufgenommenes marines Reflexionsprofil mit in die Auswertung einfließen. Die kontinuierliche Zunahme der Platteneigung bis zu  $16^\circ$  kann bestimmt werden. Es findet keine Sedimentsubduktion unter das mit  $40^\circ$  seewärts einfallende Siletz Terrane statt. Reflexionen von der Plattengrenze aus größeren Tiefen werden interpretiert als Anzeichen für die Freisetzung von Fluiden aus der ozeanischen Kruste.

## 6.6. Weitere Ergebnisse

Neben den oben genannten Publikationen, die sich vornehmlich auf die seismischen Daten konzentrieren, wurden bislang in enger Zusammenarbeit mit den US-amerikanischen Kollegen weitere Resultate aus den Daten abgeleitet. Aus zusätzlichen Strukturanalysen der seismischen Profile folgt eine Beziehung zwischen der Kompression am Akkretionskeil und Extensionserscheinungen auf dem Schelf. Hierzu ist eine Publikation in Vorbereitung:

*Fisher, M. A., Flueh, E. R., Scholl, D. W., Wells, R. E., Parsons, T., and Trehu, A. M.: Structural Link Between Inboard Extension and Outboard Compression, Cascadia Accretionary Wedge, West of Washington State (in prep.).*

Weiterhin versuchen wir, detaillierte Informationen über die seismischen Geschwindigkeitsfelder der Gashydratvorkommen vor Oregon abzuleiten, auch hier ist eine Veröffentlichung in Vorbereitung:

*Trehu, A. M., Flueh, E. R., and Gedom. M.: Velocity variations within the Hydrate Ridge from SO108 seismic data (to be submitted to Geophys. Res. Let., in prep.).*

Diese Arbeit steht in enger Beziehung zum ODP-Bohrvorschlag CASCADIA von Trehu u. a. (1998), und ist auch für den eingereichten SONNE Fahrtvorschlag HYDGAS (Kläschen und Flüh, 1998) von Bedeutung. Hierzu stehen wir auch mit der Arbeitsgruppe Suess und Bohrmann vom GEOMAR in regem Austausch.

Weiterführende Arbeiten mit dem übergeordneten Ziel, das seismische Potential der Cascadia Subduktionszone zu bestimmen, sind ebenfalls Gegenstand laufender Untersuchungen. Die bislang gezeigten Ergebnisse deuten an, daß die Plattengrenze viel flacher als ursprünglich angenommen verläuft (Flueh u. a., 1998) und somit das Schüttergebiet und die maximale Magnitude eher unterschätzt wurden. Aufbauend auf den seismischen Ergebnissen werden Hydrothermische Modellrechnungen durchgeführt. Ziel dieser gekoppelten hydrothermischen Modellrechnungen ist es, mögliche Bereiche erhöhter Porendrücke zu identifizieren, Fluidtransportraten quantitativ zu ermitteln sowie das thermische Feld im Untersuchungsgebiet zu charakterisieren. Diese Arbeiten werden ganz wesentlich von N. Kukowski und B. Bekins geleitet, und erste Manuskripte werden im Laufe der kommenden Monate erwartet. Auch bezüglich der Gashydratvorkommen sind hier quantitative Aussagen zu erwarten. Neben den seismischen Daten werden jedoch auch Resultate aus Bohrungen mit in die Untersuchungen eingehen, wie dies Mann und Kukowski (1999) schon gezeigt haben.

Im folgenden sind die Vorgehensweise sowie die ersten Ergebnisse stationärer Modellrechnungen für einen Bereich, der den ersten Akkretionsrücken entlang des nördlichsten Weitwinkelprofils umfaßt, kurz skizziert.

Methoden: Für die Modellrechnungen wird eine finite Elemente - Methode eingesetzt, die es erlaubt, die hydrodynamische Grundgleichung (erzwungener und freier Fluidtransport im porösen Medium, Fluidquellen) und die Wärmetransportgleichung (Konduktion, Advektion, Wärmequellen) über die mit Druck und Temperatur variierenden Materialeigenschaften des Krustenfluids (Dichte, Viskosität) vollständig gekoppelt sowohl für den stationären als auch den zeitabhängigen Ansatz

numerisch zu lösen. Für die Modellgenerierung und die Zuordnung der Randbedingungen wird ein eigener Netzgenerator eingesetzt (Kukowski et al., 1996).

Datengrundlage: Die Geometrie des Modellgebietes wird aus dem jeweiligen tiefenmigrierten reflexionsseismischen Profil abgeleitet. Dabei werden verschiedene "Materialbereiche" (ozeanische Kruste, evtl. Décollement, Sedimente, die an den ersten Akkretionsrücken herangeführt werden, Sedimente des ersten Akkretionsrückens, Störungzone als äquivalentes poröses Medium durch eine kleinräumig höhere, stark anisotrope Permeabilität angenähert) unterschieden, denen die z.T. tiefenabhängigen physikalischen Eigenschaften (etwa Porosität, Permeabilität, thermische Konduktivität, radiogene Wärmeproduktion etc.) zugeordnet werden.

Physikalische Parameter: Die Porositätsverteilung wird aus den seismischen Geschwindigkeiten mittels einer Standardkorrelation erhalten. Vergleichbare Untersuchungen wurden für Oregon von Carson & Westbrook (1995) durchgeführt. Im Unterschied zu den meisten anderen Subduktionszonen zeigt der Cascadia-Akkretionskeil deutlich niedrigere Porositäten nahe des Meeresbodens. Seewärts des ersten Akkretionsrückens liegt die Porosität am Meeresboden bei etwa 45 %, im Bereich des Rückens bei nur etwa 35 %. Die für marine Sedimente charakteristische exponentielle Abnahme mit der Tiefe, die sich mit Hilfe von Athy-Funktionen gut beschreiben läßt (Athy, 1930), wird auch hier beobachtet, doch ist der Athy-Faktor mit 0.00035 bis 0.00045 sehr klein (vgl. Screamon et al., 1990, Kukowski & Pecher, 1999).

Die regionale Verteilung der Permeabilität ist nur sehr schlecht bekannt. Sie kann mit der Porosität bzw. Tiefe korreliert werden (Neuzil, 1994). Für den Akkretionskeil vor Oregon existieren Messungen (Screamon et al., 1995), für den nördlichen Bereich vor Vancouver Island (Hyndman et al., 1993) variieren die Permeabilitäten von  $3 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$  bis  $2 \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ . Die in den seismischen Daten deutlich zu erkennende Schichtung weist auf eine Anisotropie der Durchlässigkeiten hin. Dabei ändert sich die Vorzugsrichtung mit dem Einfallen im Bereich der Akkretionsrücken. Dies wird in den Modellrechnungen durch die volltensorielle Formulierung der Permeabilität berücksichtigt.

Mit den Sedimenten werden ständig Fluide an den Akkretionskeil herangeführt, die infolge der sich landwärts verringernden Porosität freigesetzt werden ("tektonische Entwässerung"). Das Volumen der freigesetzten Fluide läßt sich aus der Porositätsverringerung und der Sedimentadvektion berechnen (Screamon et al., 1990). Vor dem ersten Akkretionsrücken bewegen sich die Sedimente mit der Konvergenzrate ( $4.2 \text{ cm a}^{-1}$ ), sobald sie in den Akkretionsprozeß einbezogen werden, verringert sich ihre Geschwindigkeit exponentiell (Kukowski & Pecher, 1999). Eine Volumennormierung der freigesetzten Fluide ermöglicht es, Expulsionsraten in der Einheit  $\text{s}^{-1}$  anzugeben, also derselben Einheit, in der Deformationsraten angegeben werden (Neuzil, 1995), so daß gleichzeitig eine Charakterisierung der Deformation möglich ist. Da schon vor dem ersten Akkretionsrücken eine Verdickung des Sedimentstapels beobachtet werden kann, werden schon hier die ersten Fluide ausgepreßt, wobei man relativ geringe Raten von  $6.3 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}$  bis  $4 \cdot 10^{-16} \text{ s}^{-1}$  erhält. Wesentlich größer sind die Expulsionsraten mit  $1 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}$  bis  $5 \cdot 10^{-15} \text{ s}^{-1}$  in der seewärtigen Flanke des ersten Akkretionsrückens aufgrund des großen Öffnungswinkels und der stärkeren Porositätsabnahme. Verglichen mit anderen Akkretionskeilen, in denen die weltweit höchsten Deformationsraten beobachtet werden (Screamon et al., 1990, Kukowski & Pecher, 1999), sind diese Raten immer noch relativ gering, jedoch ist wegen der großen Sedimentmächtigkeit das insgesamt freigesetzte Volumen sehr groß.

Die thermische Konduktivität ergibt sich als geometrisches Mittel der Porosität aus der Konduktivität der Matrix und derjenigen des Porenfluids. Sie variiert daher entsprechend der Porosität. Konventionelle marine Wärmeflußmessungen zeigen einen mittleren Wert von etwa  $100 \text{ mWm}^{-2}$  für die Oberflächenwärmeflußdichte im Bereich des Cascadia-Akkretionskeils (Hyndman et al., 1993, Shi et al., 1988). Entsprechend wurde  $95 \text{ mWm}^{-2}$  als Wert für die Wärmezufuhr in das



Modellgebiet von unten gewählt, zusätzlich werden radiogene Wärmequellen (Literaturwerte für marine Sedimente bzw. ozeanische Kruste) angenommen.

Modellrechnungen: Nach der Durchführung umfangreicher Sensitivitätstests wurde besonderes Augenmerk auf die Variation der Permeabilität gelegt, da sie den Transport entscheidend beeinflusst und gleichzeitig der am wenigsten bekannte Parameter ist. Es wird eine Abnahme der Permeabilität mit der Tiefe von 2 bis 4 km angenommen. Dabei zeigt sich, daß es zur Ausbildung deutlicher Porenüberdrücke vor der Rampe der 2. "fault-bend-fold" infolge von Fluidexpulsion kommt, falls die Permeabilitäten im Hangenden relativ niedrig bzw. stark anisotrop sind. Auch eine Vergrößerung der meeresbodennahen Permeabilität auf Werte von etwa  $10^{-16} \text{ m}^2$  ändert nicht grundsätzlich dieses Verhalten, insgesamt ist eine Anisotropie von einer halben bis einer Größenordnung sehr wahrscheinlich. Je stärker die Anisotropie ist, um so deutlicher ist das overpressuring. Weiterhin erkennt man einen Bereich erhöhter Porendrücke landwärts der seewärts einfallenden Störung, daß kein Abfluß möglich ist, da die Störung nicht am Meeresboden austreicht, sondern hier eine intakte parallel geschichtete Sedimentbedeckung in den seismischen Daten zu erkennen ist. Dies wurde entsprechend in Modellen umgesetzt.

Der Cascadia-Akkretionskeil ist infolge der Subduktion einer sehr jungen Platte (5 bis 6 Mill. Jahre im Bereich des betrachteten Profils) durch vergleichsweise hohe Temperaturen gekennzeichnet. Die  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  Isotherme, mit Hilfe derer häufig der Beginn der "locked" Zone korreliert wird (Hyndman et al., 1995), liegt immer im Keil. Das absolute Maximum der Oberflächenwärmeflußdichte wird im Bereich der Rampe verzeichnet; ein kleines Maximum im Bereich negativer Hangneigung. Diese Befunde stimmen qualitativ und quantitativ im Bereich der Fehlerbalken sehr gut mit den Ergebnissen konventioneller Messungen überein (Shi et al., 1988). Diese lokale Variation läßt sich direkt aus der hydraulischen Situation erklären: In der Rampe ändert sich die Vorzugsrichtung des Fluidtransports in einem Bereich, der durch signifikante freie Advektion und noch relativ schnellen Sedimenttransport gekennzeichnet ist. Im landwärtigen Teil des ersten Rückens erkennt man kleinräumige Variationen, die durch die Störungszone verursacht werden.

Mit den gezeigten pT-Bedingungen würde die Basis der Gashydratstabilitätszone in etwa 200 mbsf seewärts des ersten Akkretionsrückens sowie etwa 260 mbsf landwärts davon liegen. Die bisher erzielten, als realistisch einzustufenden Ergebnisse tragen dazu bei, das thermo-hydraulische Feld des Cascadia-Akkretionskeils besser einzuschränken und zu charakterisieren, woraus sich wertvolle Randbedingungen für Fragen der Verteilung der Seismizität und die Quantifizierung der Entwässerungsraten ergeben. Zukünftig soll das hydraulische Modell regional erweitert und verfeinert werden sowie die Störungszone mit Hilfe des kubischen Transportgesetzes untersucht werden.

## 7. Voraussichtlicher Nutzen

Die ersten erzielten Ergebnisse sind von offensichtlichem Wert für die weiteren Forschungsaktivitäten, wie es durch die vielen Zitate unserer Ergebnisse durch andere belegt wird. Insbesondere das Arbeitsgebiet vor Oregon, in welchem auf der späteren Fahrt SO109 massive Gashydrate erkannt und gewonnen wurden, steht gegenwärtig im Zentrum geplanter Expeditionen. Neben der SONNE-Fahrt SO143 und vorgelegten weiteren Fahrtanträgen für SONNE sind auch von US-amerikanischer Seite weitere Expeditionen erfolgt bzw. geplant oder beantragt. Auch für das ODP-Programm wurde ein Bohrvorschlag ausgearbeitet (Trehu et al., 1998), der offenbar sehr gute Chancen auf eine Realisierung besitzt.

Neben den im vorhergehenden Abschnitt erwähnten Modellrechnungen werden Teilergebnisse von ORWELL auch in Modellrechnungen einfließen, mit denen Gashydratbildung und -zersetzung quantifiziert werden sollen, wozu im Rahmen eines DFG-Projektes und des TECFLUX-Programmes eine methodische Entwicklung durchgeführt wird.

Aufgrund der bis dahin unvollständig verstandenen und komplexen Deformations- und Akkretionsmechanismen im Küstenbereich vor Washington konnte im ORWELL-Projekt nur eine regionale Abschätzung des Fluidinhalts und des tektonischen Fluidverlustes des gesamten

Akkretionskomplexes aufgrund des Untergrundgeschwindigkeitsmodells erstellt werden. Um das Verständnis der Akkretionsmechanismen zu erweitern, wurde ein interdisziplinärer Forschungsansatz der angewandten Geophysik und Strukturgeologie im DFG-Projekt DASAC (Dynamik der aktiven und subrezenten Akkretionsprozesse im Cascadia-Subduktionskomplex: Klaeschen, Flueh, Kukowski) ausgearbeitet. Die Voraussetzung für eine detaillierte Fluidquantifizierung der unterschiedlichen stratigraphischen Einheiten ist eine vollständige Rückdeformation der akkretionsbezogenen Deformationsstrukturen. Die weiteren Reflexionsdaten, die im GEOMAR vorliegen, enthalten ein großes, bis dahin ungenutztes Potential an Informationen, um grundlegende Erkenntnisse zur Charakterisierung der aktiven Deformations- und Akkretionsmechanismen und der verantwortlichen Kontrollmechanismen zu erlangen. Das übergeordnete Ziel des beantragten Vorhabens DASAC ist eine multidisziplinäre Analyse der regionalen Kinematik und Dynamik der aktiven Deformations- und Akkretionsmechanismen im Cascadia-Akkretionskeil vor der Küste Washingtons, um daraus eine geschlossene Modellvorstellung über die Bildungsmechanismen der landvergenten Schuppenfächer zu entwickeln und Aussagen über die Natur der seismogenen Zone zu machen. Diese Untersuchungen sollen ferner dazu beitragen, die möglichen exogenen Steuerungsmechanismen (Erosion-Sedimentation-Klima) der aktiven Deformationprozesse in Konvergenzzonen zu identifizieren und neu zu bewerten. Hierzu werden zusätzlich zu den reflexionsseismischen Profilen für die strukturellen und tektonosedimentären Untersuchungen sowohl geometrische als auch physikalische Parameter benötigt, um die Rahmenbedingungen einer dynamischen und hydrothermischen Modellierung der Deformationsprozesse vorzugeben, wie man sie mit Hilfe der modernen und neu entwickelten Methoden der seismischen Datenverarbeitung erhält.

## 8. Ergebnisse Dritter

Hier sind Ergebnisse von McNeill et al. (1997) zu Forearc-Entwicklung und Deformation zu nennen, die mit Hilfe der Kartierung einer regionalen Unkonformität auf dem Cascadia-Kontinentalschelf ermittelt wurden. Diese werden in die Auswertung der Refraktionsdaten aus dem Bereich des Kontinentalrandes vor Oregon einbezogen (Gerdom u. a., Anlage 5).

Von Goldfinger u. a. (im Druck) wurden alle bathymetrischen Daten des Untersuchungsgebietes, darunter auch die Daten der SONNE-Ausfahrten, in einer neuen bathymetrischen Karte kompiliert und uns zur Verfügung gestellt. Die Autoren finden bei genauer Analyse dieses Datensatzes Hinweise auf drei große Rutschungen vor der Küste Oregons, die vor 110, 450 und 1210 Tausend Jahren stattgefunden haben und vermutlich mit großen Tsunamis verbunden waren. Ähnlich große Rutschungen könnten in der Zukunft auch weiter nördlich stattfinden.

Erwähnenswert ist zudem auch, daß von Booker u.a. (1997) aus elektromagnetischen Messungen in Washington ebenfalls eine sehr flach abtauchende ozeanische Kruste gefunden wurde. Dies ist mit unseren Ergebnissen hervorragend in Einklang zu bringen.

Die Gashydratfunde vor Cascadia (Bohrmann u. a., 1998) haben zu einer Reihe von weiterführenden und vertiefenden Arbeiten an älteren seismischen Daten geführt (Trehu u. a., 1999), wobei unsere Ergebnisse eingegangen sind.

### Literaturverzeichnis

- Athy, L. F. (1930) Density, porosity and compaction of sedimentary rocks. *AAPG Bull.* 14, 1 - 35.
- Bohrmann, G., Greinert, J., Suess, E., and Torres, M. (1998) Authigenic carbonates from the Cascadia subduction zone and their relation to gas hydrate stability. *Geology*, 26, 7, 647-650.
- Booker, J., R., Aprea, C. M., Unsworth, M. J., and Wu, N. (1997) Electrical conductivity structure in major continental tectonic zones. *Geowissenschaften*, 15, 3-4, 111-115.
- Carson, B., and Westbrook, G.K. (1995) Modern fluid flow in the Cascadia accretionary wedge: a synthesis. in: Carson B, Westbrook GK, Musgrave RJ & E Suess, *Proc. ODP, Sci. res.*, vol. 146, 413 - 421

- Flueh, E. R., Fisher, M. A., Bialas, J., Childs, J. R., Klaeschen, D., Kukowski, N., Parsons, T., Scholl, D. W., ten Brink, U., Tréhu, A. M., Vidal, N. (1998) New seismic images of the Cascadia subduction zone from cruise SO108 - ORWELL. *Tectonophysics*, 293, 69-84.
- Goldfinger, C., Kulm, L. D., McNeill, L., and Watts, P. (im Druck) Super-Scale failure of the southern Oregon Cascadia margin. *Pageoph*, im Druck.
- Hyndman R. D., Wang, K., Yuan, T. and Spence, G. D. (1993) Tectonic sediment thickening, fluid expulsion, and the thermal regime of subduction zone accretionary prisms: the Cascadia margin off Vancouver Island. *J. Geophys. Res.* 98, 21865-21876.
- Hyndman, R.D., Wang, K., Yamano, M. (1995) Thermal constraints on the seismogenic portion of the southwestern Japan subduction thrust. *J. Geophys. Res.* 100, 15373-15392.
- Kläschen, D., und Flüh, E. R. (1998) HYDGAS - Vorschlag für eine SONNE Fahrt, vorgelegt zum 01.11.1998, 12pp.
- Kukowski, N., and Pecher, I.A. (1999) Thermo-hydraulics of the Peruvian accretionary complex at 12°S. *J. Geodynamics*, 27, 359 – 372.
- Kukowski, N., Schillhorn, T., Pecher, I.A., von Huene, R. (1996) The significance of gas hydrates in regulating hydraulic and thermal conditions within a convergent margin accretionary complex. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Natural Gas Hydrates, Toulouse: 585-592.
- Kulm, L.D., Price, R.A., Snavely, P.D. (1973) Site survey of the northern Oregon continental margin and Astoria Fan. In: Kulm, L.D., von Huene, R., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 18, 979-987.
- Mann, D. and Kukowski, N. (1999) Numerical modelling of focussed fluid flow in the Cascadia accretionary wedge. *J. Geodyn.* 27, 359 – 371.
- MacKay, M., Moore, G.F., Klaeschen, D., von Huene, R. (1995) The case against porosity change: Seismic velocity decrease at the toe of the Oregon accretionary prism. *Geology*, Vol. 23, p. 827-830.
- McNeill, L., Piper, K.A., Goldfinger, C., Kulm, L.D., Yeats, R.S. (1997) Listric Normal faulting on the Cascadia continental margin. *J. Geophys. Res.* 102, 12123-12138.
- Neuzil, C. E. (1994) How permeable are clays and shales. *Water Resources Research* 30, 145 - 150.
- Neuzil, C. E. (1995) Abnormal pressures as hydrodynamic phenomena. *Am. J. Sci.* 295, 742 - 786.
- Screaton, E. J., Wuthrich, D. R. and Dreiss, S. J. (1990) Permeabilities, fluid pressures, and flow rates in the Barbados ridge complex. *J. Geophys. Res.* 95, 8997 - 9007.
- Screaton, E.J., Carson, B., Lennon, G.P. (1995) Hydrogeologic properties of a thrust fault within the Oregon accretionary prism. *J. Geophys. Res.* 100, 20025-20035.
- Shi, Y., Wang, C., Langseth, M.G., Hobart, M. and von Huene, R. (1988) Heat flow and thermal structure of the Washington-Oregon accretionary prism - a study of the lower slope. *JRL*, Vol. 10, 1113 – 1116.
- Trehu, A.M., Asudeh, Il, Brocher, T.M., Luetgert, J.H., Mooney, W.D., Nabelek, J.L., and Nakamura, Y. (1994) Crustal architecture of the Cascadia Forearc. *Science*, 266.
- Trehu, A., Torres, M., Giovannoni, S., Goldfinger, C., Suess, E., Brown, K., Kastner, M., Bangs, N., and Hammond, D., (1998) Drilling hydrates on hydrate ridge, offshore Oregon; A proposal submitted to the Joides Office, 01.10.1998, 36 pp.
- Trehu, A., Torres., M., Moore, G., Suess, E., and Bohrmann, G. (1999) Dissociation of gas hydrates in response to slumping and folding on the Oregon continental margin. submitted to *Geology*.
- Wallon-Pizarro, H.U., (1997) Bearbeitung eines reflexionsseismischen Profils am aktiven Kontinentalrand vor Oregon, USA. Dipl. Arbeit, GEOMAR, Kiel, 91 pp.
- Westbrook, G.K., Carson, B., Musgrave, R. J. (1994) Intitial Report Ocean Drilling Programme 146.

## 9. Liste der Vorträge und Veröffentlichungen

### 9.a Veröffentlichungen:

- Flueh, E. R., und Fisher, M. A., 1996: Fahrtbericht SO108, ORWELL, Geomar Report 49, Kiel, 252 pp.
- Flueh ER, Fisher MA, Scholl DW, Parsons T, ten Brink U, Klaeschen D, Kukowski N, Tréhu AM, Childs JR, Bialas J & N Vidal, 1997: Scientific teams analyze earthquake hazards of the Cascadia subduction zone, - EOS, Vol. 78, 153 - 157
- Parsons, T., Trehu, A. M., Luetgert, J. H., Miller, K., Kilbride, F., Wells, R., Fisher, M. A., Flueh, E. R., ten Brink, U. S. Christensen, N. I., 1998: A new view into the Cascadia subduction zone and volcanic arc: Implications for earthquake hazards along the Washington margin; *Geology*, 26, 199-202 (**Anlage 1**).
- Flueh E R , Fisher M A, Bialas J, Childs J R, Klaeschen D, Kukowski N, Parsons T, Scholl D W, ten Brink U, Tréhu A M, Vidal N, 1998: New seismic images of the Cascadia subduction zone from cruise SO108 - ORWELL, *Tectonophysics*, 293, 69-84 (**Anlage 2**)..
- Fisher, M., Flueh, E. R., Scholl, D. W., Parsons, T., Wells, R., Trehu, A., ten Brink, U., and Weaver, C., 1999: Geologic processes of accretion in the Cascadia Subduction zone west of Washington State; *J. Geodynamics*, 27, 277-288 (**Anlage 3**).
- Parsons, T., Wells, R. E., Fisher, M. A., Flueh, E., and ten Brink, U.: Three-dimensional velocity structure of Siletzia and other accreted terranes in the Cascadia fore arc of Washington; *J. Geophys. Res.*, in press (**Anlage 4**).
- Gerdom, M., Trehu, A. M., Flueh, E. R., and Klaeschen, D., : The continental margin off Oregon from seismic investigations; submitted to *Tectonophysics* (**Anlage 5**).

### 9.b Vorträge

#### **Monterey: 7th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents, 16. - 20. September 1996**

- Flüh E, Fisher M, Scholl D, ten Brink U, Klaeschen D, Childs J, Kukowski N, Bialas J, Vidal N: Poster: New seismic studies of the Cascadia subduction zone: First results of Sonne Cruise SO-108

#### **San Francisco: American Geophysical Union (AGU) 1996 Fall Meeting, 15. - 19. Dezember:**

- Bialas J, ten Brink U, Flüh E, Parsons T: Poster: OBH and OBS offshore observations of the 96/05/03 Duvall Earthquake, Washington, US.
- Fisher MA, Flüh E, Scholl D, Childs J, Parson T, Kläschen D, ten Brink U, Bialas J.:Poster: MCS data collected aboard the F.S. Sonne reveal the detailed structure of the accretionary wedge off Cascadia
- Flüh E, Fisher M, Scholl D, Parsons T, Childs J, Klaeschen D, Kukowski N, Bialas J, Vidal N, ten Brink U, Trehu A: Poster: New seismic studies of the Cascadia subduction zone: Summary of Sonne Cruise SO-108
- Klaeschen D, Flüh E: Poster: New images of the Cascadia subduction zone off Washington from seismic reflection profiling
- Trehu AM, ten Brink U, Flüh E, Meltzer A, Gulick S: Poster: Crustal structure of the Cascadia forearc beneath the northern California and central Oregon continental

#### **Ein Bokek, Totes Meer: 13th GIF Meeting on "The Dead Sea Rift as a Unique Global Site", 23. - 27. Februar 1997:**

- Docherty C, Kläschen D, von Huene R.: Vortrag: Depth imagery by pre-stack depth migration and travel-time inversion of refracted events

**Potsdam: 57. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG), 3 - 7 März 1997:**

Bialas J, ten Brink U, Flueh ER, Parsons T: Poster: Kombinierte See- und Landbeobachtung des Duvall Erdbeben (03.05.1996), Washington, USA.

Flueh, ER für die ORWELL Working Group: Poster: SONNE Fahrt SO 108--ORWELL: Seismik in der Cascadia Subduktionszone

Flueh ER für die ORWELL Working Group: Vortrag: SONNE Fahrt SO 108--ORWELL: Seismik in der Cascadia Subduktionszone

Kukowski N, Schillhorn T: Vortrag: Zum Einfluß von Fluidtransport und Entwässerung auf den Stabilitätsbereich von Gashydraten in submarinen Akkretionskeilen

Kukowski N, Bohrmann G, Schillhorn T und ORWELL Arbeitsgruppe: Poster: Sedimentstrukturen im Bereich des Cascadia-Akkretionskeils

**Kiel: Meeresforschung mit FS SONNE - Statusseminar 1997, 19. - 21. März 1997:**

Flueh ER für die ORWELL-Arbeitsgruppe: Vortrag: Seismische Messungen in der Cascadia Subduktionszone: Erste Ergebnisse der Fahrt So108 - ORWELL

Kukowski N, Bohrmann G, Schillhorn T und die ORWELL Arbeitsgruppe: Poster: Sedimentstrukturen im Bereich des Cascadia-Akkretionskeils.

**Wien: EGS XXII European Geophysical Society General Assembly, 21. - 25. April 1997:**

Flueh ER, Fisher M, Bialas J, Childs J, Klaeschen D, Kukowski N, Parsons T, Scholl D, Ten Brink U, Trehu A, Vidal N: Vortrag/Poster: New seismic images of the Cascadia subduction zone from cruise SO108-ORWELL

Kukowski N, Schillhorn T: Vortrag: Transient pore pressure evolution and the field of gas hydrate stability in growing accretionary wedges.

Gutscher M-A, Kukowski N, Mann D: Poster: Numerical modelling of the stress and strain fields in accretionary wedges.

**San Francisco: American Geophysical Union (AGU) 1997 Fall Meeting, 8. - 15. Dezember:**

Flüh ER, Adam J, Kläschen D, Kukowski N, Poster: Structure and Physical Properties of the Frontal Part of the Accretionary Wedge off Washington

Kukowski N, Lallemand S, Malavieille J, Vortrag: Complex Deformation Styles in Sandbox Accretionary Wedges Caused by two Active Décollements and Changing Basal Conditions

Wallon Pizarro HU, Kläschen D, Gerdom M, von Huene R, Flüh ER, Trehu AM, Poster: Depth Imaging and Wide Angle Velocity Data of the Cascadia Subduction Zone off Central Oregon

**Göttingen: 58. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG), 30. März - 3. April 1998**

Adam J, Flüh ER, Kläschen D, Kukowski N and the Orwell Working Group: Vortrag: Aktive Deformationen – und Akkretionsmechanismen in der Cascadia – Subduktionszone

Kukowski N, Klaeschen D, Adam J, Flueh ER und die ORWELL Working Group: Vortrag: Fluidtransport und Porendrücke im Bereich des ersten Akkretionsrückens der Cascadia Subduktionszone vor Washington

Lelgemann H, Kläschen D and the IMERSE and ORWELL Working Groups: Vortrag: Berechnung von Attributen der winkelabhängigen Amplitudenvariation

Wallon Pizarro HU, Kläschen D, Gerdom M, von Huene R, Flüh ER, Trehu AM: Poster: Tiefenabbildung und Weitwinkel – Geschwindigkeitsinformationen der Cascadia – Subduktionszone vor Oregon, USA

**PennState University, USA, Gastvortrag, 14 April 1998**

Kukowski N: Lecture: Modes and rates of fluid transport and its thermal significance in accretionary wedges: case studies of the Peruvian and Cascadian margins

**Nizza: XXIII General Assembly of the European Geophysical Society, 20. - 24. April 1998**

Flüh ER, Klaeschen D, Kukowski N and Adam J: Vortrag: Quantifying accretion in the Cascadia subduction zone off Washington

**Barcelona: 8th International Symposium on Deep Seismic Profiling of the Continents and their Margins, 20. - 25. September 1998**

Gerdom M, Trehu A, Flüh ER, Kläschen D: Poster: The continental margin off Oregon from seismic investigations

**San Francisco: American Geophysical Union (AGU) 1998 Fall Meeting, 6. - 10. Dezember**

Gerdom M, Trehu A, Flüh ER, Kläschen D: Poster: The Continental Margin off Oregon from Seismic Investigations

**Braunschweig: 59. Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG), 8. – 12. März 1999**

Gerdom M, Flüh E, Kläschen D, Trehu A: Vortrag: Seismische Untersuchungen des Kontinentalrandes vor Oregon

**Freiberg: Meeresforschung mit FS SONNE - Statusseminar 1999, 10. - 12. März 1999**

Gerdom M, Trehu A, Flüh ER und Kläschen D: Poster: Seismische Untersuchungen des Kontinentalrandes vor Oregon

Kläschen D, Adam J, Kukowski N, Flüh ER: Vortrag: Seismische Methoden für die Untersuchung von Akkretionskeilen und deren Deformationsverhalten am Beispiel der Cascadia – Subduktionszone

**Seattle: Seismological Society of America Annual Meeting, 3. Mai 1999**

Trehu AM, Brocher TM, Clarke S, Fisher MA, Parsons T, Hyndman R, Clowes R, Flüh ER, Gerdom M, Gulick S, Beaudoin, BC, Miller K, Pratt T, Spence G, ten Brink US: Vortrag: Seismic structure of the Cascadia subduction zone from seismic reflection and refraction data: Relation to seismic activity

## Danksagung

Wir danken dem BMFT für die gewährte Unterstützung und dem Projekträger BEO-Warnemünde für die unbürokratische administrative Abwicklung. Besonderer Dank gilt Kapitän Papenhagen und der Besatzung des FS SONNE für ihre Kooperation während der Ausfahrt .

# **Erfolgskontrollbericht**

## **1. Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms**

Das Vorhaben ist eingebettet in das Programm Meeresforschung und Meerestechnik der Bundesregierung und berührt die unter 4.1.1, "Geowissenschaftliche Grundlagenforschung", genannten Aufgaben mit dem besonderen Schwerpunkt auf den geologischen Prozessen in Raum und Zeit an Kontinentalrändern und der Grundlagenforschung zu Umweltfragen. Es stellt weiterhin einen wichtigen deutschen Beitrag zur IDNDR (International Decade of Natural Disaster Reduction) dar. Ziel der IDNDR ist es, die negativen Auswirkungen natürlicher Katastrophen zu vermindern. Dazu sind grundlegende Erkenntnisse über die Ursachen dieser Prozesse notwendig, die hier im Rahmen des Vorhabens am pazifischen Kontinentalrand Nordamerikas erarbeitet wurden. Das Arbeitsgebiet zeichnet sich durch die Subduktion einer jungen (warmen) ozeanischen Kruste, eine sehr große Sedimentmächtigkeit auf der ozeanischen Kruste, einen markanten und anomalen Akkretionsmechanismus sowie eine generell sehr geringe Seismizität aus. Durch vergleichende Untersuchungen mit anderen Subduktionszonen können ihre Ursachen und mögliche Wechselwirkungen besser verstanden werden.

## **2. Wissenschaftlicher und technischer Erfolg des Vorhabens**

Die wissenschaftlichen Erfolge des Projektes sind in den dem Schlußbericht beigelegten fünf Publikationen sowie dem Fahrtbericht und einer ersten Publikation im EOS ausführlich beschrieben. Auf zahlreichen Tagungen wurde über das Projekt berichtet, und weitere Arbeiten, die auf den vorgelegten Ergebnissen aufbauen, wurden bereits initiiert.

## **3. Finanzierungs- und Zeitplan**

Der im Antrag vorgestellte Finanzierungs- und Zeitplan wurde im wesentlichen eingehalten, kleinere Änderungen im Finanzierungsplan wurden nach Rücksprache mit dem Projektträger vereinbart.

## **4. Verwertbarkeit der Ergebnisse und Verwertungsmöglichkeiten**

Die gewonnenen Ergebnisse stellen die Grundlage für eine Reihe von weiterführenden Programmen dar, mit deren Realisierung teilweise bereits begonnen wurde. Dabei handelt es sich vornehmlich um rein wissenschaftliche Zielsetzungen, die jedoch auch von unmittelbarer Bedeutung für die seismische Risikoabschätzung und ein verbessertes Verständnis der Prozesse bei der Gashydratbildung und -zersetzung und somit auch für klimarelevante Fragestellungen aktuell sind.

## **5. Erfindungen und Schutzrechtsanmeldungen**

Diese wurde nicht geltend gemacht.

## **6. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

An einer Reihe von Teilaspekten wird noch gearbeitet, diese Fragestellungen entstanden erst während der Laufzeit des Projektes.



## Verzeichnis der Anlagen

### **Anlage 1, Reprint der Arbeit:**

Parsons, T., Trehu, A. M., Luetgert, J. H., Miller, K., Kilbride, F., Wells, R., Fisher, M. A., Flueh, E. R., ten Brink, U. S. Christensen, N. I., 1998: A new view into the Cascadia subduction zone and volcanic arc: Implications for earthquake hazards along the Washington margin; *Geology*, 26, 199-202.

### **Anlage 2, Reprint der Arbeit:**

Flueh E R , Fisher M A, Bialas J, Childs J R, Klaeschen D, Kukowski N, Parsons T, Scholl D W, ten Brink U, Tréhu A M, Vidal N, 1998: New seismic images of the Cascadia subduction zone from cruise SO108 - ORWELL, *Tectonophysics*, 293, 69-84.

### **Anlage 3, Reprint der Arbeit:**

Fisher, M., Flueh, E. R., Scholl, D. W., Parsons, T., Wells, R., Trehu, A., ten Brink, U., and Weaver, C., 1999: Geologic processes of accretion in the Cascadia Subduction zone west of Washington State; *J. Geodynamics*, 27, 277-288.

### **Anlage 4, Preprint der Arbeit:**

Parsons, T., Wells, R. E., Fisher, M. A., Flueh, E., and ten Brink, U.: Three-dimensional velocity structure of Siletzia and other accreted terranes in the Cascadia fore arc of Washington; *J. Geophys. Res.*, in press.

### **Anlage 5, Preprint der Arbeit:**

Gerdom, M., Trehu, A. M., Flueh, E. R., and Klaeschen, D., : The continental margin off Oregon from seismic investigations; submitted to *Tectonophysics*.