

Properties and Fabric of Near-surface Methane Hydrates at Hydrate Ridge, Cascadia Margin

Erwin Suess^{(1)*}, Gerhard Bohrmann⁽¹⁾, Dirk Rickert^(1,2), Werner F. Kuhs⁽³⁾, Marta E. Torres⁽⁴⁾, Anne Trehu⁽⁴⁾, and Peter Linke⁽¹⁾

⁽¹⁾GEOMAR Research Center, 24148 Kiel, Germany

⁽²⁾ current address:

⁽³⁾ GZG Geological Center, University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany

⁽⁴⁾ College of Atmospheric and Ocean Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

Hydrate Ridge harbors a variety of methane hydrates in near-surface sediments. They coexist with free methane which migrates upwards, driven by convergent tectonics, from beneath the hydrate stability zone. Several types of hydrate fabrics, interlayered with carbonate crusts and hemipelagic sediment clasts, were recovered from the topmost 100 cm of the seafloor at 780-790 m of water depth. In most cases pure white hydrate occurs in layers millimeters to several decimeters thick. On a macroscopic scale the fabric varies from highly porous, with pore diameter up to several cm, to massive with not visible pores. Bulk densities of nearly 80 samples ranged from 0.35–0.75 g cm⁻³ and are inversely correlated with the pore volume which ranged from 10-70 vol-%. Pore volume was estimated from volume changes after hydraulic compression at about 160 bar. These data allow estimates for an end-member density of pure natural methane hydrate of 0.79±0.13 g cm⁻³ which is approx. 10% less than the theoretical material density. We attribute the difference to homogenously distributed nano-pores, a fabric observed by field emission scanning electron microscopy on natural hydrates that otherwise have a dense and massive fabric. Nano-pores are absent in hydrates with visible macro- and micro-pores. The low bulk density and the porous fabric result from the formation of hydrates directly from bubbles of methane. Low densities create a high positive buoyancy force as well as low acoustic velocity of hydrated sediments. Strong buoyancy facilitates the rapid transfer of solid gas hydrates from the seafloor to the atmosphere, by hydrate floats, and hence affects the greenhouse gas budget. Whereas the low acoustic velocity affects the subsurface distribution of the bottom simulating reflector (BSR) as well as thickness of hydrated formations and hence the estimate of the amount of hydrate stored in sedimentary strata. .

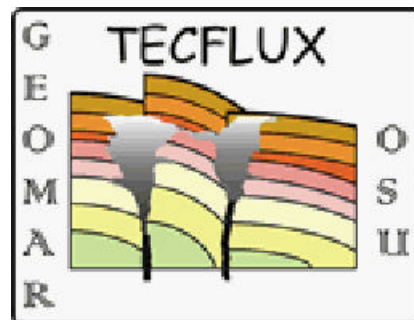
Abschlussbericht

Thema: "SO 143-TECFLUX-I:
Die Methanhydrate der Cascadia Subduktionszone und ihre
Langzeiteinwirkung auf das Ökosystem Tiefsee"

Projektkoordination: Prof. Dr. Erwin Suess, Dr. Gerhard Bohrmann, Dr. Peter Linke, Dr.
O. Pfannkuche, PD. Dr. Klaus Wallmann
GEOMAR Forschungszentrum, Marine Umweltgeologie
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel

Dr. Nina Kukowski	Dr. Laurenz Thomsen
GFZ Potsdam	School of Oceanography of Washington
Telegrafenberg PB 3.1	301 Gerberding Hall, Ste. 400
D-14473 Potsdam	Seattle, WA 98195
	USA

Projektmitarbeiter: Dr. Dirk Rickert, Carmen Jung
GEOMAR Forschungszentrum, Marine Umweltgeologie
Wischhofstr. 1-3
D-24148 Kiel



Anlagen: Schlussbericht
Erfolgskontrollbericht
Kurzfassungen
Veröffentlichungen
Presseberichte

GLIEDERUNG

0. BERICHTSBLATT/ DOCUMENT CONTROL SHEET	
1. SCHLUSSBERICHT	3
1.1 Aufgabenstellung	3
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	4
1.4 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde.....	5
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	8
1.6 Erzielte Ergebnisse	8
1.7 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit und Erfahrungen.....	41
1.8 Fortschritt bei anderen Stellen auf diesem Gebiet.....	41
1.9 Erfolge oder geplante Veröffentlichung der Ergebnisse (s. Anlage).....	42
2. ERFOLGSKONTROLLBERICHT	51
2.1 Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms.....	51
2.2 Wissenschaftlicher und technischer Erfolg des Vorhabens	51
2.3 Einhaltung des Finanzierungs- und Zeitplanes.....	52
2.4 Erfindungen und Schutzrechtanmeldungen.....	52
2.5 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	52
3. ANLAGEN	53

1 SCHLUSSBERICHT

1.1 Aufgabenstellung

Das übergeordnete Ziel des Projektes war die langzeitliche Erfassung der Einwirkung von exponierten Gashydraten auf das Ökosystem der Tiefsee. Die geplanten Arbeiten erstreckten sich auf die Quantifizierung von Methanverteilungen und -flüssen, biogeochemischen Prozessen im oberflächennahen Sediment, der Wasser-Sediment-Grenzschicht und der bodennahen Wassersäule an Methanhydratlagen, sowie an den umgebenden Cold Vents des Cascadia Akkretionskeils.

Auf dem Hydratrücken (HR), dem zweiten Akkretionsrücken der Cascadia-Subduktionszone (Abb. 1) sind Auf- und Abbau von Gashydraten (GH) von besonderer Bedeutung für die Fluid- und Gaszirkulation und stellen somit wichtige Prozesse im globalen Stoffhaushalt dar. Einsatzschwerpunkte waren der nördliche (NHR) und südliche Hügel (SHR) des HR.

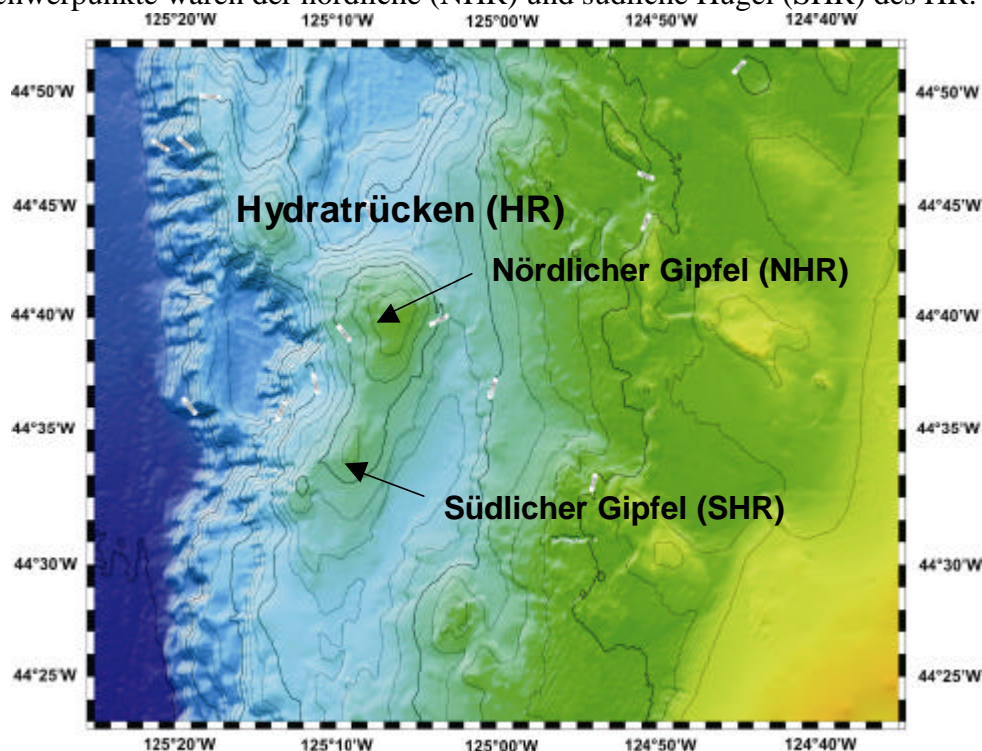


Abb. 1 Südlicher und nördlicher Gipfel des HR im 2. Akkretionskomplex der Cascadia Subduktionszone.

Zur Präzisierung der Stoffflüsse, hauptsächlich von Methan und Fluiden, der biogeochemischen Umsetzungsraten sowie des Einflusses der exponierten Gashydratlagen auf das Ökosystem der Tiefsee wurden im Einzelnen folgende Ziele und Ansätze verfolgt:

- Verteilung von Vent-, Karbonat- und Gashydratfeldern zur flächenhaften Integration
- Beprobung der massiven Gashydrate im Verbund mit Sediment und authigenen Karbonaten
- Messung von Fluidtransportraten und biogeochemischen Stoffumsätzen an Cold Seeps
- Chemische Charakterisierung der Fluide und des Methantransports in der Wassersäule
- Biogeochemische Untersuchungen und Beprobungen von Oberflächensedimenten

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben war vor dem Hintergrund eines deutsch-amerikanischen Gemeinschaftsprojektes TECFLUX (= TECtonically-induced material FLUXes) zu sehen,

welches auf den Erfolgen der SONNE-Reisen 109 und 110 aufbaute. Schwerpunkt der Bemühungen aller Beteiligten sollte es sein, eine Langzeitstation an den neu entdeckten Gashydratseeps des Akkretionskomplexes vor der Küste Oregons einzurichten. Dazu wurden parallel zu diesem Antrag von den amerikanischen Partnern drei flankierende NSF-Anträge eingereicht, die zusammen ein kongruentes Gemeinschaftsprojekt mit einer hohen zeitlichen Abdeckung des Arbeitsgebietes unter Einsatz verschiedenster Forschungsplattformen gewährleisten sollten (FS SONNE; RV WECOMA; RV NEW HORIZON; RV ATLANTIS-DSRV ALVIN).

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Rahmen des deutsch-amerikanischen Gemeinschaftsprojektes wurden im Zeitraum zwischen Mai und Oktober 1999 acht Expeditionen (Tab. 1) durchgeführt.

Tab. 1: 1999 durchgeführte TECFLUX-Expeditionen

Ausfahrt*	Zeitraum	Fahrtleiter/Institut
R/V NEW HORIZON	01.06. - 11.06.	Chris Goldfinger, OSU
R/V NEW HORIZON 2	13.06. - 23.06.	Bob Collier, OSU
R/V ATLANTIS/ALVIN	30.06. - 13.07.	Marta Torres, OSU
FS SONNE 143/1a	29.06. - 13.07.	Peter Linke, GEOMAR
FS SONNE 143/1b	14.07. - 30.07.	Erwin Suess, GEOMAR
FS SONNE 143/2	31.07. - 25.08.	Olaf Pfannkuche, GEOMAR
FS SONNE 143/3	26.08. - 06.09.	Gerhard Bohrmann, GEOMAR
R/V WECOMA	03.10. - 07.10.	Bob Collier, OSU

*vom BMBF geförderte Forschungsfahrten sind fett gedruckt

Die SONNE-Expeditionen SO143/1 bis /3 konnten direkt auf den Erfolgen der SONNE-Reisen SO109 und 110 aufbauen. In einem multidisziplinären Verbund von Wissenschaftlern aus insgesamt 4 Nationen (Deutschland, USA, Kanada und Japan) wurden grundlegende neue Erkenntnisse zu geophysikalischen, biogeochemischen und hydrogeographischen Prozessen gewonnen, die im Zusammenhang mit tektonischen Entwässerungsvorgängen im Bereich der Cascadia-Subduktionszone und insbesondere im Bereich des HRs stehen.

Auf dem 1. Fahrtabschnitt der Sonne-Reise 143 wurde das Schiff von Hawaii in das Arbeitsgebiet vor der Küste Oregons überführt und die Transitzeit dazu genutzt, die verschiedenen Labors sowie die komplexen Tiefsee-Geräte auf den Einsatz vorzubereiten. FS Sonne wurde zeitgleich mit dem Forschungsschiff Atlantis und dem Tauchboot ALVIN in der Gashydratprovinz eingesetzt und 2 VESP-Lander als stationäre Messsysteme videogeführt auf den Vents abgesetzt. Diese Stationen sollten für mehrere Wochen direkte Messungen des tektonisch induzierten und durch Gashydratdestabilisierung freigesetzten Stoffflusses durchführen, um die Langzeitdynamik der Vent-Systeme am 1. und 2. Akkretionsrücken aufzuzeichnen. Umfangreiche Untersuchungen mit dem Videoschlitten wurden zusammen mit der vorangegangenen Side-Scan-Sonar-Vermessungen durchgeführt mit dem Ziel, die räumliche Ausdehnung der Vent- und Gashydratfelder zu erfassen und die Grundlage für eine detaillierte Beprobung auf den folgenden Fahrtabschnitten zu liefern.

Auf dem Fahrtabschnitt 143/1b wurden die verschiedenen Beprobungssysteme eingesetzt, um den Meeresboden an vorher ausgewählten Stationen aktiver Fluidaustritte (sogenannter Cold Vents) zu beproben und das Signal zu verfolgen. Neben dem Videogreifer wurden auch