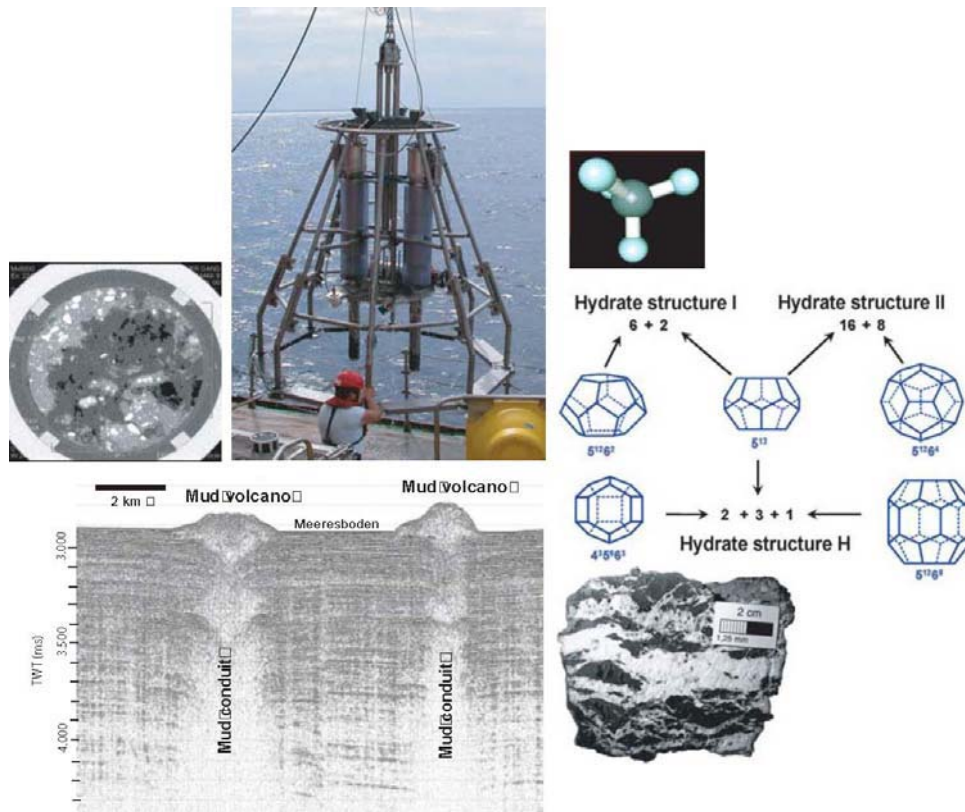


# METRO

**MET**hane and methane hyd**R**ates with in the Black Sea: Structural analyses, quantification and impact of a dynamic methane reservoir



Project within the framework of the Russian-German WTZ - Collaboration in response to the call for proposals by the Ministry of Education and Research of the Federal Republic of Germany on: "Methane within the geo-/biosystem" (special program "Geotechnologien")

**Final Report**

**October 2008**

Presented by Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen  
Institut für Meereswissenschaften, IFM-GEOMAR, Kiel  
Alfred-Wegener-Institut, Bremerhaven

**Titel**                **Methane and methane hydrates within the Black Sea: Structural analyses, quantification and impact of a dynamic methane reservoir (METRO).**

**Koordinator**    Prof. Dr. Gerhard Bohrmann, Fachbereich 5, Universität Bremen  
Mitarbeiter: Dipl. Ing. Hans-Jürgen Hohnberg

**Teilprojekt 1: Shallow hydrate and gaseous methane in marine sediments: detection, quantification and structural analyses by CT-imaging.**

**Projektleiter**   Prof. Dr. Gerhard Bohrmann, Fachbereich 5, Universität Bremen  
Dr. Sepp Kipfstuhl, AWI für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven  
Mitarbeiter: Dr. Friedrich Abegg, Dr. André Bahr

**Teilprojekt 2: Partitioning of methane in distinct sedimentary pools: control parameters, exchange dynamics, and consequences for biogeochemical processes.**

**Projektleiter**   Prof. Dr. Kai-Uwe Hinrichs, Fachbereich 5, Universität Bremen  
Dr. Marcus Elvert, Fachbereich 5, Universität Bremen  
Prof. Dr. Gerhard Bohrmann, Fachbereich 5, Universität Bremen  
Mitarbeiter: Dr. Thomas Pape, Tobias Ertefai (geb. Mohr)

**Teilprojekt 3: Quantification of shallow gas occurrences and regional fluid flux estimates using seafloor imaging.**

**Projektleiter**   Dr. Wilhelm Weinrebe, IFM-GEOMAR, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, Kiel  
Dr. Heiko Sahling, Fachbereich 5, Universität Bremen  
Mitarbeiter: Dr. Ingo Klauke

**Teilprojekt 4: Tracking fluid-flow and biogeochemical turnover in hydrate-bearing surface sediments with geochemical tracers.**

**Projektleiter**   Prof. Dr. Klaus Wallmann, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, Kiel  
Prof. Dr. Erwin Suess, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften, Kiel  
Mitarbeiter: Dr. Anja Reitz

**Zeitraum des Vorhabens:** 01. Oktober 2004 – 31. Dezember, 2007  
(TP4 verlängert bis 30. April, 2008)

## **I.1. Aufgabenstellung**

Oberflächennahe Methangase und die Methanhydrate des Schwarzen Meeres sollten untersucht werden, um deren Ursprung, Struktur, Verhalten sowie deren Interaktion mit dem Sediment und dem Ozean zu verstehen. Dies ist für die Evaluation und quantitative Abschätzung ihrer Bedeutung für den globalen Kohlenstoffkreislauf entscheidend. Die Anwendung der Autoklavtechnologie sollte einen wesentlichen Fortschritt zu einem verbesserten Verständnis der Gashydratdynamik beigetragen. Dabei stand die Quantifizierung von freiem Methan, hydrat-gebundenem Methan, und in Porenwasser gelöstem Methan in Sedimentkernen mit Hilfe der Druckkern-Entnahmetechnik und anschließender Auswertung mit computertomographischen Bildgebungsverfahren im

Mittelpunkt. Untersuchungen der Bildung von Gashydraten und ihrer Dissoziation unter Anwendung von chemischen und physikalischen Parametern sowie gemessener Isotope der Festphase und des sedimentären Porenwassers sollten durchgeführt werden. Mit Hilfe verschiedener Kartierungstechnologien sollte die räumliche Ausdehnung von freiem Methan und Gashydratablagerungen sowie assoziierter Karbonate erarbeitet werden. Weitere Aufgaben lagen in der Durchführung von Laborversuchen an Methanuntersättigten Fluiden und zu Methanflüssen an der Sediment-Wasser-Nahtstelle während des Abbaus von Gashydraten unter kontrollierten Druckverhältnissen. In den Laborversuchen sollte mit den gashydrathaltigen, aus dem Schwarzen Meer gewonnenen Sedimentkernen gearbeitet werden.

## **I.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde**

Methan ist als Treibhausgas 20-fach effektiver als  $\text{CO}_2$ , wobei die Konzentration in der Atmosphäre jedoch geringer ist. Methan, welches durch mikrobiellen Abbau und thermogenen Zerfall organischen Materials entsteht, scheint einen großen Vorrat in geologischen Reservoiren zu bilden und tritt in zahlreichen ozeanographischen und geologischen Ausprägungen in Erscheinung. Beispiele hierfür sind oberflächennahe Gasaustritte, Pockmarks, Seeps und Schlammvulkane. Solche Methanquellen können mit positiven, als auch negativen Rückkopplungen auf die globale Erwärmung und/oder Abkühlung reagieren und bilden daher einen Fokus der aktuellen Forschung. Die Beziehung von Methan-Emissionsquellen zu oberflächennahen Gashydraten war wenig bekannt. Frühere Forschungen haben gezeigt, dass Gashydrate, die nahe der Sediment-/Wasser-Nahtstelle exponiert sind, extrem hohe und variable Methanflüsse in die darüber liegende Wassersäule aufweisen. Gashydrate beeinflussen nicht nur ihre unmittelbare Umgebung, sondern tragen auch wesentlich zum Methantransfer in die Atmosphäre bei.

Wir richteten unser spezielles Interesse aus verschiedenen Gründen auf das Schwarze Meer. Einer der Gründe war, dass es sich beim Schwarzen Meer um das größte anoxische Becken, mit sehr viel höheren Methankonzentrationen als in vergleichbaren Gebieten, handelt. Sedimente von 10-19 km Mächtigkeit bilden ein potenzielles Reservoir für die Methanogenese. Untersuchungen der Wassersäule durch russische und ukrainische Kollegen zeigten, dass dort Hunderte von Emissionsstellen vorhanden sind. Ältere Untersuchungen dieser Erscheinungen sind wegen fehlender angemessener Druckkern-Entnahmetechniken in ihrer Aussagekraft begrenzt. Aufgrund der empfindlichen Stabilität von Gashydraten und der Abhängigkeit der Methanlöslichkeit von den Druck- und Temperaturverhältnissen der Umgebung, sind die Anwendung der Druckkern-Entnahmetechnik sowie Untersuchungen und Experimente unter *in situ* Bedingungen essentiell.

## **I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die in der Aufgabenstellung genannten Schwerpunkte haben zu einer Gliederung des Gesamtprojektes METRO in 4 Teilprojekte geführt. Das Teilprojekt 1, angesiedelt an der Uni-Bremen, hatte zur Aufgabe, die Autoklavgestützte Probennahme zu entwickeln und durchzuführen. Weiterführende Experimente, wie CT-Untersuchungen, cryo-XRD-Analysen und andere Untersuchungen an den Proben, sollten zur Charakterisierung von Gashydraten genutzt werden. Im Teilprojekt 2 standen geochemische Analysen zur Charakterisierung der verschiedenen Methanreservoire, die die Kontrollparameter, die Dynamik des Gas-Austausches und die Konsequenzen für biogeochemische Prozesse erklären sollten, im Mittelpunkt. Die Quantifizierung sorbierter Gase sowie der Gas- und Gashydratmengen der Autoklavproben waren zentraler Aspekt des Teilprojektes. Das Teilprojekt 3 sollte oberflächennahe Gasvorkommen und Fluid-Flüsse durch akustische Methoden quantifizieren. Die Arbeiten im Teilprojekt 4 waren auf Fluid-Flüsse und biogeochemische Umsatzraten in gashydrathaltigen Sedimenten anhand geochemischer Tracer konzentriert.

Das Projekt METRO begann am 01.10.2004. Wichtige gemeinsame Aktivitäten waren die Expeditionen, die Workshops und gemeinsame Arbeitstreffen.

### Forschungsfahrten mit Beteiligung von Projektmitarbeitern

Im Rahmen des Projektes METRO wurden zahlreiche Expeditionen zusammen mit den Projekten MUMM, NewVents und HERMES durchgeführt (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Forschungsexpeditonen, welche im Rahmen des Projektes METRO relevant sind.

| Schiff                               | Zeitraum            | Fahrtgebiet                     | Projekte         | Leitung             |
|--------------------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------|---------------------|
| R/V POSEIDON<br>P317/4 <sup>1)</sup> | 16.10. - 04.11.2004 | Türkei, Georgien                | METRO            | MARUM, Bremen       |
| R/V LOGACHEV<br>TTR-15 <sup>2)</sup> | 08.06. - 01.07.2005 | Russland, Georgien,<br>Türkei   | UNESCO,<br>METRO | MSU, Moskau         |
| FS SONNE<br>SO191-1+2 <sup>3)</sup>  | 11.01. - 25.02.2007 | Hikurangi Margin,<br>Neuseeland | NewVents         | IFM-GEOMAR,<br>Kiel |
| R/V METEOR<br>M72/3 <sup>4)</sup>    | 17.03. - 23.04.2007 | Ukraine, Georgien,<br>Türkei    | METRO/<br>MUMM   | MARUM, Bremen       |
| R/V POLARSTERN<br>ARK XXII/1b        | 23.06. - 09.07.2007 | Norwegen,<br>Spitzbergen        | HERMES           | AWI, Bremerhaven    |
| R/V METEOR<br>M70/3 <sup>5)</sup>    | 26.11. – 08.12.2006 | Mittelmeer,<br>Türkei           | RCOM             | MARUM, Bremen       |

#### Fahrtberichte:

- <sup>1)</sup> Sahling H, and cruise participants (2004). Report and preliminary results of R/V POSEIDON Cruise P317/4, Istanbul – Istanbul, 16 October – 4 November, 2004. Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, No. 235, 92pages, Bremen.
- <sup>2)</sup> Akhmetzhanov AM, Ivanov M, Kenyon NH, Mazzini A, (2007) Deep-water colds seeps, sedimentary environments and ecosystems of the Black and Tyrrhenian Seas and the Gulf of Cadiz – Preliminary results of the investigations during the TTR-15 cruise of RV LOGACHEV June-August, 2005. Intergovernmental Oceanographic Commission technical series 72, 99pp.
- <sup>3)</sup> Bialas, J, Greinert, J., Linke, P., Pfannkuche, O., Eds., (2007) FS Sonne Fahrtbericht / Cruise Report SO 191 New Vents „Puaretanga Hou“ Wellington – Napier – Auckland 11.01. – 23.03.2007, IFM-GEOMAR REPORT, No. 9, 151 p.
- <sup>4)</sup> Bohrmann G, T Pape, and cruise participants, 2007. Report and preliminary results of R/V METEOR Cruise M72/3, Istanbul – Trabzon – Istanbul, 17 March – 23 April, 2007. Marine gas hydrates of the Eastern Black Sea. Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, No. 261, 176p
- <sup>5)</sup> Bohrmann G, and cruise participants (2008) Report and preliminary results of R/V METEOR Cruise M70/3, Iraklion – Iraklion, 21 November – 8 December, 2006. Cold Seeps of the Anaximander Mountains / Eastern Mediterranean. Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, No. 262, 75 pages. Bremen.

### Arbeitstreffen und projektbezogene Workshops

Sechs halbtägige, interne Meetings (2 pro Jahr) wurden mit den METRO-Teilprojekten zum Stand der jeweiligen Arbeiten durchgeführt, welche mit den übergeordneten Meetings zusammen mit anderen Projekten des Geotechnologieprogramms „Methan im Geo-Biosystem“ (Tab. 2) durchgeführt wurden. Besonders mit den Projekten MUMM (MPI, Bremen) und COMET (IFM-GEOMAR) bestand eine enge Verzahnung. Neben dem Kick-off Meeting in Kiel wurde ein COMET/METRO Workshop in Bremen durchgeführt. Das offizielle

Statusseminar war 2007 in die GV-Tagung integriert, wobei zwei speziell ausgewiesene Sessions durchgeführt wurden:

- Geology and geophysics of gas hydrate deposits (*R. Matsumoto, Tokyo und G. Bohrmann, Bremen*)
- Biogeochemical processes and mineral authigenesis in methane-rich sediments (*S. Kasten, Bremerhaven; G. Dickens; Houston; A. Boetius, Bremen*)

Zwei internationale Workshops wurden speziell vom Projekt METRO in Sewastopol (2005) und Bremen (2007) durchgeführt (siehe Tab. 2).

**Tabelle 2:** Arbeitstreffen und projektbezogene Meetings.

|                                                                                                                             |                      |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------|
| Kick-off Meeting<br>"Methane in the Geo- Biosystem"                                                                         | 10.02.2005           | Kiel                |
| International Workshop „Methane in sediments and water column of the Black Sea                                              | 17. – 22.05. 2005    | Sewastopol, Ukraine |
| COMET/METRO Workshop                                                                                                        | 16. – 17.11. 2006    | Bremen              |
| International Conference „Geo-marine Research along European Continental Margins                                            | 29.02. – 01.02. 2007 | Bremen              |
| 97 <sup>th</sup> Annual Meeting of the Geologische Vereinigung "The oceans in the Earth System" Statusseminars (2 Sessions) | 01.-05.10. 2007      | Bremen              |

### Teilnahmen an Workshops und Tagungen

Die Mitarbeiter der METRO-Teilprojekte haben sich intensiv an nationalen und internationalen Tagungen beteiligt, um ihre Ergebnisse im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeiten anderer auch einordnen zu können. Tabelle 3 gibt einen Überblick der Tagungen und Workshops auf denen METRO-Teilnehmer präsent waren. Die einzelnen Beiträge sind in Kapitel II.5 aufgelistet.

**Tabelle 3:** Tagungs- und Workshopeteilnahmen.

| Konferenz/Tagung/Workshop                      | Datum          | Ort                 |
|------------------------------------------------|----------------|---------------------|
| Conference on Methane seepage                  | 06.02.2004     | Kiel                |
| IODP Conference                                | 17.-21.03.2004 | Bremen              |
| 68. Tagung der DPG                             | 22.-26.04.2004 | München             |
| AAPG                                           | 18.-21.04.2004 | Dallas, USA         |
| EGU                                            | 25.-30.04.2004 | Nizza, Frankreich   |
| Tagung der Russischen Erdölgeologen            | 25.-27.05.2004 | Moskau, Russland    |
| GEO-Leipzig, DGG, GGW                          | 28.-30.09.2004 | Leipzig             |
| GSA- Meeting                                   | 07.-10.11.2004 | Denver, USA         |
| Kick-off Meeting Methane in the Geo-/Biosystem | 10.02.2005     | Kiel                |
| Statusseminar Meeresforschung mit FS SONNE     | 09.-11.03.2005 | Warnemünde          |
| EGU                                            | 24.-29.04.2005 | Nizza, Frankreich   |
| International Workshop on the Black Sea        | 17.-22.05.2005 | Sewastopol, Ukraine |
| The 15th Annual Goldschmidt Conference         | 20.-25.05.2005 | Moscow, Idaho, USA  |
| VIII International Conference on shallow Gas   | 05.-10.09.2005 | Vigo, Spanien       |
| GV und DGG Tagung                              | 24.-29.09.2005 | Erlangen            |
| 2nd MarTech Workshop                           | 10-12.10.2005  | Bremen/Bremerhaven  |