

## Forschungsthema des Monats Juni 2012

### REKLIM Forschungsthema 3: Regionale Klimaänderungen in der Arktis: Steuerung und Langzeiteffekte am Übergang Land-Ozean

#### Die Auswirkungen der Eiszeiten auf das Entweichen thermogenen Methans in der südwestlichen Barentssee: ein interdisziplinärer Ansatz

In der südwestlichen Barentssee, nördlich von Norwegen und Finnland (Abb. 1), zeigen die Ergebnisse der Erdölexploration, dass die Lagerstätten überwiegend gasgefüllt sind (Larsen et al., 1992; Doré et al., 1995; Norwegian Petroleum Directorate, 2011). Die tektonische und paleo-klimatische Entwicklung während des Känozoikums (Erdneuzeit, ca. 65 Mio Jahre bis heute) spielte bei der Ansammlung und der Neuverteilung von Rohstoffreserven eine wichtige Rolle, insbesondere durch die Rotation und Exhumierung von Fallenstrukturen, die Abkühlung der Muttergesteine, die Phasenänderungen der Kohlenwasserstoffe und bei der Leckage aus den Lagerstätten (Corcoran and Doré, 2002; Cavanagh et al., 2006). Wir stellen die Ergebnisse aus drei interdisziplinären Projekten (Beckenmodellierung, Geophysik und Geochemie) in der Barentssee vor, anhand derer diejenigen Prozesse untersucht wurden, welche zur Methanleckage führen. Des Weiteren wurde versucht die zeitlichen Abläufe und die entweichenden Methanmengen während der pleistozänen (etwa 2,6 Mio Jahre bis ca. 11.700 Jahre vor heute) Vereisungsphasen zu ermitteln.

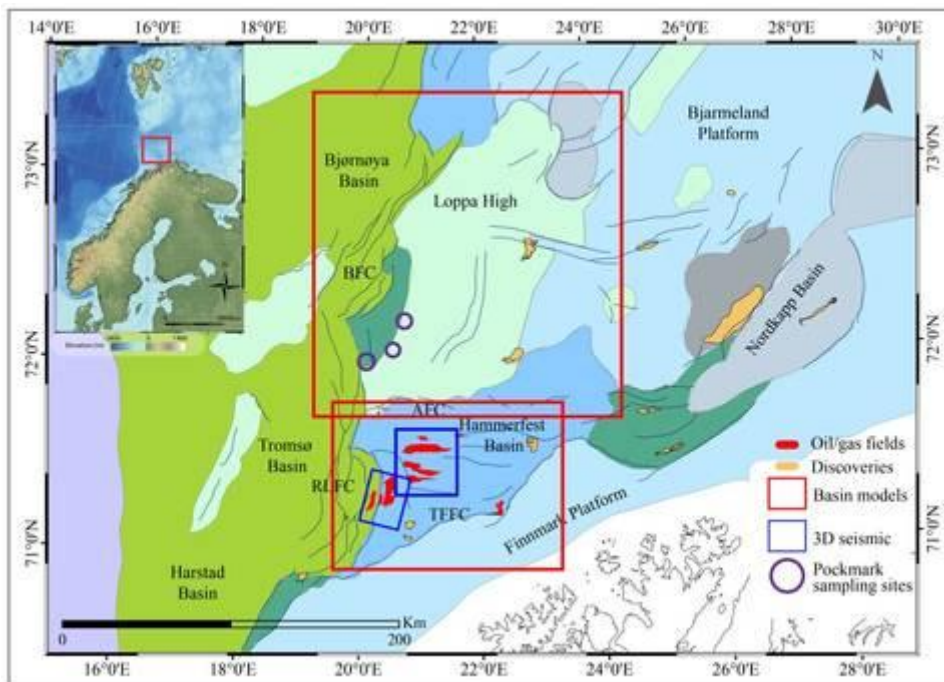
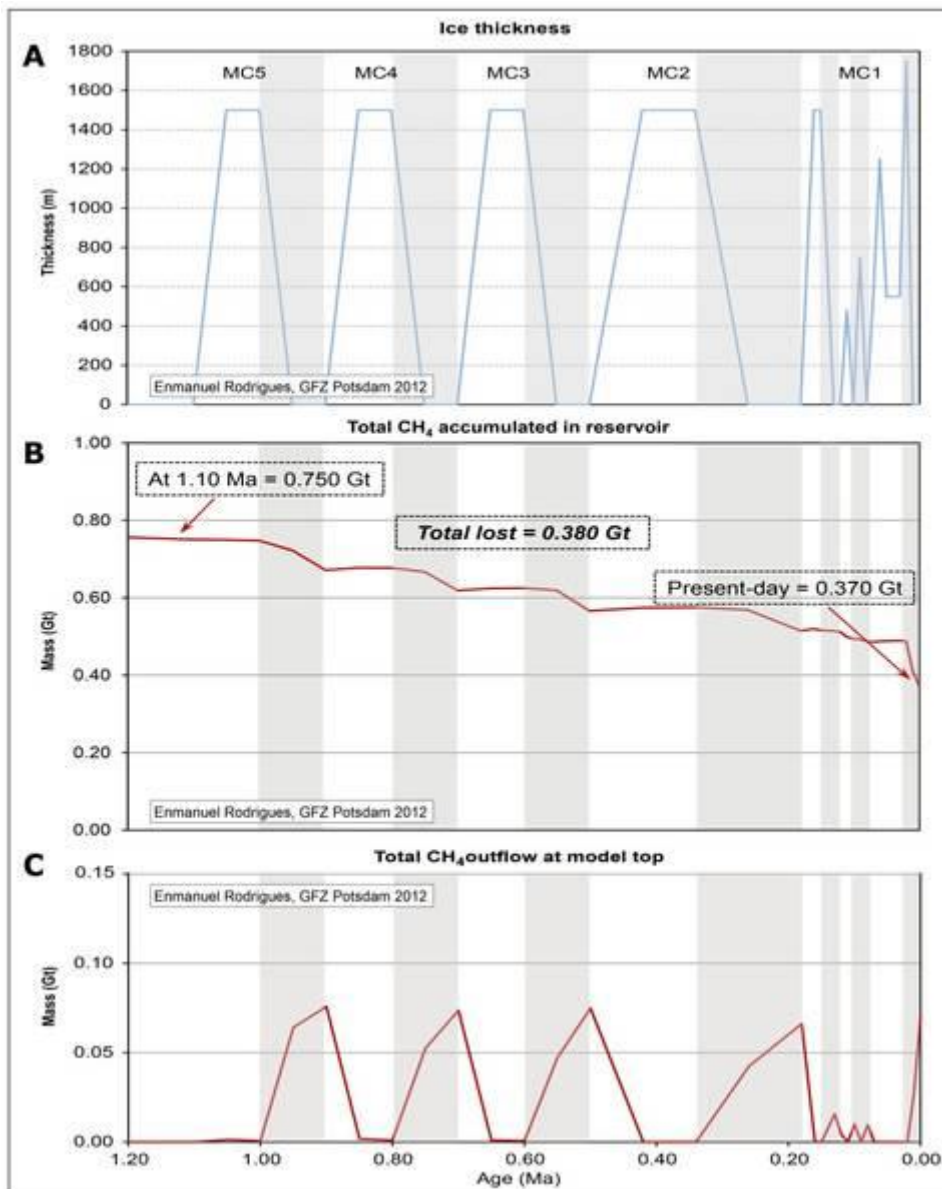


Abbildung 1: Übersicht des Untersuchungsgebiets mit geologischen Strukturen

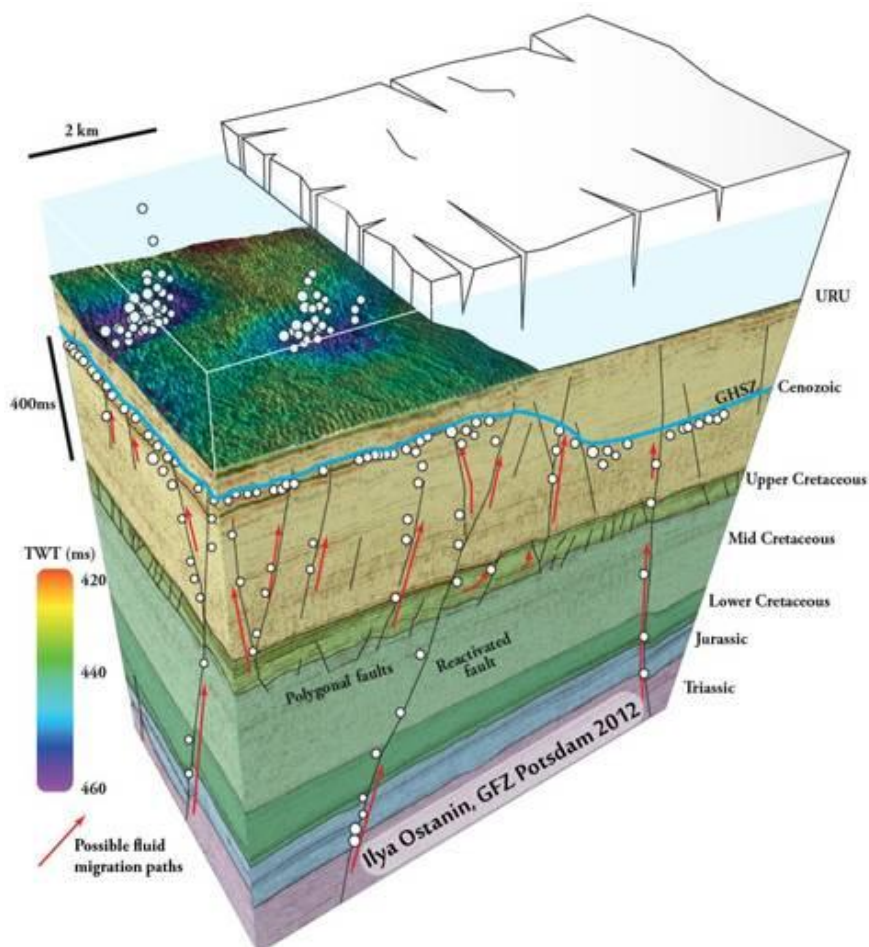
Um die generierten, akkumulierten und verloren gegangenen Kohlenwasserstoffmengen zu ermitteln, wurde ein 3D-Beckenmodell des Hammerfestbeckens mit dem Simulationsmodell PetroMod v.11 ®, einer Software zur Modellierung von Erdöl- und Erdgaslagerstätten erstellt. Hierbei wurden die oligozäne (ca. 33 – 23 Mio Jahre vor Heute) und miozäne (ca. 23 – 7 Mio Jahre vor heute) Anhebung und Erosion, sowie die pleistozänen Vereisungszyklen berücksichtigt. Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass die Petroleumlagerstätten während der Vereisungsphasen hohen Überdruckschwankungen ausgesetzt waren, welche einen direkten Einfluss auf die Gasverteilung hatten und die Gasleckage antrieben. Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass es während der Glazial-Interglazialübergänge zu einem Gesamtverlust von ca. 0.380 Gt an gasförmigen Kohlenwasserstoffen kam (Abb. 2A, B). Dazu beobachteten wir die Angaben über die an der Modelloberfläche austretenden Kohlenwasserstoffgasmengen und bestätigten, dass es sich dabei um Peaks im Zusammenhang mit Lagerstättenleckage handelt (Abb. 2C). Auf diese Weise können wir zeigen, dass die aus der Lagerstätte entwichenen Kohlenwasserstoffe die Modelloberfläche erreichten.



**Abbildung 2:** A) Vereisungsgeschichte mit den Eismächtigkeiten während der Megazyklen (MC); B) aus dem Speicherhorizont entwichene Methanmengen; C) Methanausfluß an der Modelloberfläche

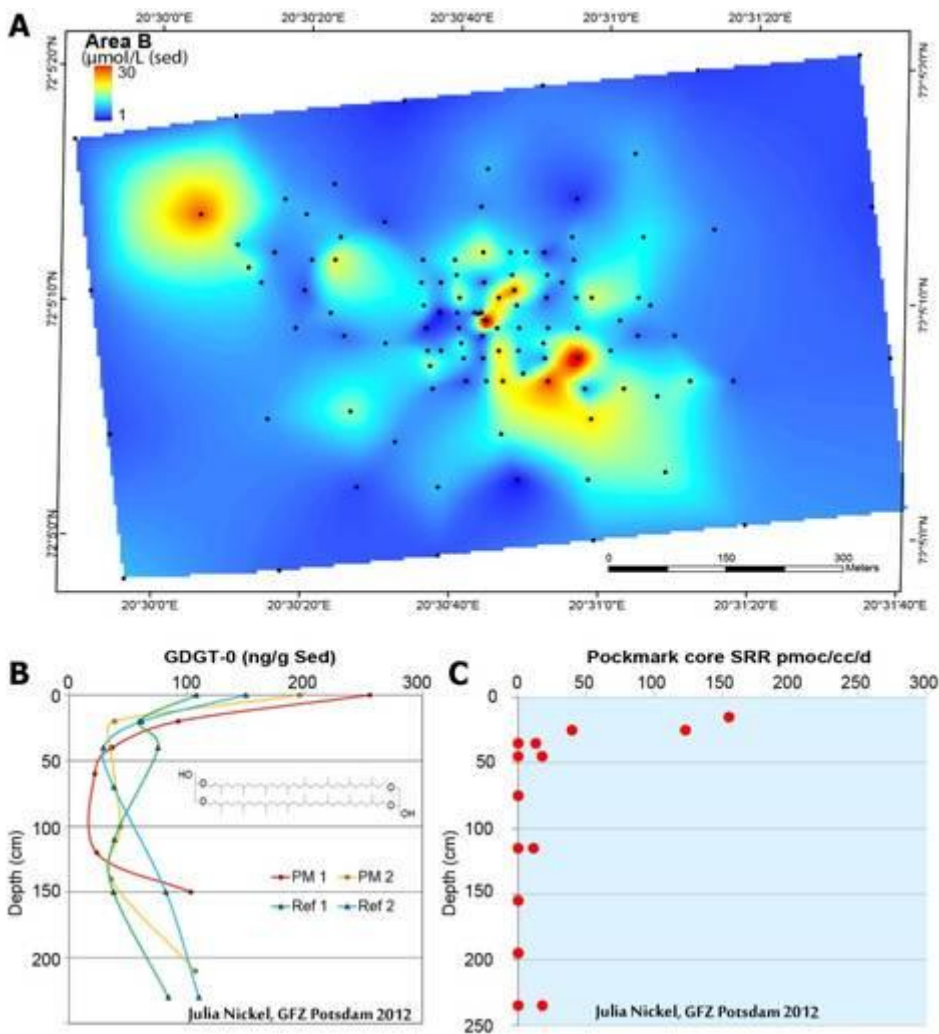
Die Analyse von hochauflösender 3D-Reflexionsseismik aus einem Gebiet um die Snøhvit- und Albatross-Gasfelder lieferte Daten zur Dynamik und den bevorzugten Migrationsrouten der Kohlenwasserstoffe. Die Ergebnisse hier bestätigen, dass im Sedimentbecken generierte Fluide aus tieferliegenden Speicherhorizonten entlang von tiefen tektonischen Störungen in oberflächennahe Schichten migrierten. Im Untersuchungsgebiet gibt es eine hohe Anzahl großer Pockmarks (kraterartige Vertiefungen am Meeresboden, 100-300 m Durchmesser) und Megapockmarks (>1km Durchmesser), die sowohl im Zusammenhang mit oberflächennahen und tiefen regionalen Störungen als auch mit „chimneys“ (Bereiche vertikaler, akustischer Anomalien in der Seismik) stehen. Außerdem interpretieren wir einen „bottom simulating reflector“ (BSR), der mit der Basis der Hydratstabilitätszone für thermogenes Gashydrat (90% CH<sub>4</sub>) übereinstimmt. Eine Vielzahl von „Pockmarks“ wurde direkt über dem BSR beobachtet, was darauf hindeutet, dass freies Gas, welches unmittelbar unter dem BSR angestaut ist, durch die geringdurchlässigen gashydrathaltigen Sedimente entweicht. Berechnungen zur thermodynamischen Stabilität von Gashydraten prognostizieren, dass aus Lagerstätten entwichene Kohlenwasserstoffe während der Vereisungsperioden Gashydrate bildeten, die wiederum während der Interglaziale destabilisiert wurden und somit zur Gasleckage führten.

Des Weiteren gibt es in der Seismik auf zwei unterschiedlichen Horizonten (Meeresboden und Basis der glazigenen Sedimente) Anzeichen für das gleichzeitige Auftreten von glazialen Erosionsprozessen und Fluidleckage, was die Annahme bekräftigt, dass Fluide während des Eisrückganges austraten (Abb. 3).



**Abbildung 3:** Kohlenwasserstoffmigrationswege und Gashydratstabilitätszone (GHSZ) während des Eisrückganges.

Insgesamt wurden 350 Bohrkern in der Barentssee in einem Gebiet mit großem Vorkommen von Pockmarks genommen (Loppa High-Gebiet), aus denen 35 Kerne (Pockmark- und Referenzkerne) für geochemische und geomikrobielle Analysen ausgewählt wurden, um rezente und fossile Mikrobengemeinschaften zu untersuchen, die möglicherweise in der Umgebung von aufwärts migrierenden Fluiden in und um Pockmarks herum einen besonderen Lebensraum einnehmen. Die Messungen des freien, adsorbierten und eingeschlossenen Gases aus den Pockmarks ergaben nur geringfügige Methanmengen (Abb. 4A), was darauf hindeutet, dass das Pockmarkssystem heutzutage mehr oder weniger inaktiv ist. Geringe Sulfatreduktionsraten (SRR, Abb. 4C) sind ein weiteres Anzeichen dafür, dass die mikrobielle Aktivität im Untersuchungsgebiet überraschend gering ist. Andererseits sind zwischen den Pockmarks und den Referenzorten keine signifikanten Unterschiede in den Biomarkern erkennbar, welche als Indikatoren für frühere Kohlenwasserstoffe (wie z.B. n-Alkane, Hopanoide und Sterane; Daten nicht abgebildet) oder frühere Mikrobenpopulationen dienen (Glycerol-dialkyl-glycerol-tetraether (GDGTs)). Daraus kann man schlussfolgern, dass aus den rezenten Pockmarks keine Fluide austreten. In tieferen Bohrkernabschnitten lässt sich jedoch ein Anstieg der Kohlenwasserstoffe und mikrobiellen Marker messen, welche möglicherweise auf die Übergangszone zu einem Paläoleckageintervall hindeuten.



**Abbildung 4:** Geochemische und mikrobiologische Ergebnisse: A) Interpolierte Karte des adsorbierten Methans aus beprobten Bohrkernen (schwarze Punkte); B) GDGT-0 Konzentrationen; C) SRR.

## Referenzen:

Cavanagh, A.J., di Primio, R., Scheck-Wenderoth, M., Horsfield, B., 2006. Severity and timing of Cenozoic exhumation in the southwestern Barents Sea. *Journal of the Geological Society*, 163 (5), 761-774.

Corcoran, D.V. and Doré, A.G., 2002. Depressurization of hydrocarbon-bearing reservoirs in exhumed basin settings: evidence from Atlantic margin and borderland basins. *Geological Society, London, Special Publications*, 196 (1), 457-483.

Doré, A.G., 1995. Barents Sea geology, petroleum resources and commercial potential. *Arctic*, 48 (3), 207-221.

Larsen, R.M., Fjæran, T., Skarpnes, O., 1992. Hydrocarbon potential of the Norwegian Barents Sea based on recent well results, in: Vorren, T.O., Bergsager, E., Dahl-Stamnes, Ø.A., Holter, E., Johansen, B., Lie, E., Lund, T.B. (Eds.), *Arctic Geology and Petroleum Potential*. Norwegian Petroleum Society, Special Publication, 2, 321-331.

Norwegian Petroleum Directorate Factpages, June 2011. [http:// factpages.npd.no](http://factpages.npd.no)