Institut für Mineralogie
Lehrstuhl für Lagerstättenlehre und
Leibniz-Labor für Angewandte Meeresforschung

Verbundprojekt der Universität Kiel und der TU Bergakademie Freiberg

Abschlussbericht zum Teilprojekt

Mineralogische, geochemische und isotopengeochemische Untersuchungen von Präzipitaten des flach-marinen Grimsey-Hydrothermalfeldes, Kolbeinsey-Rücken (Island)

Poseidon-Reise POS-253

BMBF 03 G0542B
(01.07.1999 - 30.06.2001)

Projektleiter: Prof. Dr. Peter M. Herzig
Berichterstatter: Dr. Thomas Kuhn, Dipl.-Geol. Susan Mau

Freiberg, Dezember 2001

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **2**
1 Einleitung **3**
2 Probenmaterial und durchgeführte Arbeiten **4**
3 Ergebnisse **7**
3.1 Erstellen eines digitalen Geländemodells 7
3.2 Geochemie und Mineralogie der Sedimente 9
3.2.1 Makroskopische Beschreibung 9
3.2.2 Mineralogische Zusammensetzung 9
3.2.3 Geochemie der Sedimente 11
3.3 Hydrothermale Präzipitate: Sulfide und Sulfate 12
3.3.1 Mikroskopie 12
3.3.2 Geochemie 14
3.3.3 Isotopengeochemie 20
4 Diskussion **25**
4.1 Oberflächenanhydrite 25
4.2 Hydrothermale Präzipitate in den Sedimenten 27
4.2.1 Quelle des Schwefels 27
4.2.2 Quelle des Bleis 30
4.2.3 Genese der Sulfidpräzipitate 30
4.3 Alteration der Sedimente 34
4.3.1 Mineralogie 34
4.3.2 Geochemie 35
4.4 Vergleich des Grimsey Hydrothermalfeldes mit anderen Vorkommen 37
4.5 Material des Kerns 347 39
4.5.1 Mineralogie 39
4.5.2 Sauerstoff-Isotopie 40
Literaturverzeichnis **42**
Anhang

Zusammenfassung

Im Rahmen des durchgeführten Projektes wurden Proben aus dem Grimsey-Hydrothermalfeld nördlich von Island untersucht. Die hydrothermale Aktivität im Grimsey Feld ist über ein 1000 m x 300 m großes Gebiet in 400 m Wassertiefe verteilt. Viele aktive und einige inaktive Anhydritschornsteine auf Hügelstrukturen kennzeichnen das Hydrothermalsystem. Klare, an Metallen verarmte, bis zu 250°C heiße hydrothermale Lösungen emittieren aus den Schornsteinen. Das gesamte Hydrothermalsystem ist durch unterkritische Phasenseparation charakterisiert.

Es wurden Sedimente und hydrothermale Präzipitate aus sieben Sedimentkernen (bis zu 3 m Länge) mineralogisch, geochemisch und isotopengeochemisch untersucht. Außerdem wurde ein digitales Geländemodell auf der Basis der bathymetrischen Daten erstellt, in das seismische Profile eingefügt wurden. Danach liegt das Grimsey Hydrothermalfeld auf einer abschiebenden Störung. Die Migration der hydrothermalen Fluide wird somit durch die lokale Tektonik kontrolliert.

Die Sedimente sind vor allem aus terrigenen Tonen, mit zwischengelagerten Anhydrithorizonten aufgebaut. Untergeordent treten fein verteilt hydrothermale Sulfide (Pyrit/Markasit), Plagioklas und Klinopyroxene auf. Der Kern SL347 stellt eine Besonderheit dar, da er fast vollständig aus einer Kerolit/Stevensit-Wechsellagerung besteht. Die hydrothermal alterierten Sedimente zeichnen sich gegenüber nicht alterierten Sedimenten durch erhöhte Ba-, Mo- und S-Gehalte sowie reduzierte SiO_2-Konzentrationen aus. Die Spurenelemente der hydrothermalen Pyrite/Markasite sind bis auf As, Ba, Mo und Sr sehr gering und liegen in Bereichen, die eher für hydrothermale Fe- und Si-Oxyhydroxide typisch sind. Die $\delta^{34}S$-Werte der Sulfide variieren zwischen +0,4 ‰ und -21,7 ‰, die der Sulfate zwischen +12 ‰ und +19,8 ‰. Die $\delta^{34}S_{Sulfid}$-Werte zeigen eine bimodale Verteilung mit Maxima bei -1 ‰ und -14 ‰. Die Pb-Isotopenwerte ($^{208}Pb/^{204}Pb$, $^{207}Pb/^{204}Pb$, $^{206}Pb/^{204}Pb$) der Sulfide und Sedimente liegen eng beieinander und stets zwischen Werten für sedimentfreie und sedimentbedeckte Hydrothermalfelder. Sauerstoffisotopie wurde nur an der Kerolit/Stevensit-Wechsellagerung durchgeführt. Die Werte liegen bei +1 ‰ $\delta^{18}O$ und weisen auf die hydrothermale Entstehung der Wechsellagerung hin.

Die gewonnenen Daten sprechen für ein weitflächiges Eindringen von Meerwasser in den Ozeanboden. Dort wird es so stark erhitzt, dass Anhydrit ausfällt und sich eine Anhydrit-reiche Stockwerkszone bildet. Ein Teil des gelösten Meerwassersulfats wird jedoch bakteriell reduziert. Das entstehende Sulfid reagiert mit gelöstem Fe^{2+} aus aszendeten hydrothermalen Lösungen. In Abhängigkeit von der vorherrschenden Temperatur bildet sich entweder Pyrit oder Markasit. Die aufsteigenden Fluide sind an Buntmetallen und den meisten anderen Elementen (außer As, Ba und Mo) verarmt, da es während ihres Aufstieges zur unterkritischen Phasenseparation kommt. Hohe Gehalte an leichtflüchtigen Bestandteilen und geringe Cl^--Konzentrationen der austretenden Fluide sprechen für die „Vapour“-dominierte Phase. Die metallreiche „Brine“-dominierte Phase sollte demnach im Untergrund Metallsulfide ablagern. Ein Manuskript mit den wichtigsten Ergebnissen der Untersuchungen wurde zur Publikation bei Chemical Geology eingereicht und ist als Anlage beigefügt.

1 Einleitung

Der Kolbeinsey-Rücken ist die Fortsetzung des Mittelatlantischen Rückensystems nördlich von Island. Er erstreckt sich bis zur Jan Mayen-Transformstörung bei ca. 70°N. Der Übergang von der nördlichen Spreizungsachse auf Island zum Kolbeinsey-Rücken wird durch eine ca. 75 km breite und 120 km lange, schiefwinklige Dehnungszone, die sog. Tjoernes-Fracture-Zone (TFZ, Abb. 1), markiert. Diese ist durch aktiven Hydrothermalismus gekennzeichnet. Gasblasen, die 1974 von Fischern in der Nähe der Insel Kolbeinsey entdeckt wurden sowie hydrothermale Präzipitate in Fischernetzen waren erste Anzeichen dafür. Jedoch blieben die Ausdehnung und Kennzeichen hydrothermaler Quellen lange unbekannt. Erst in den 1990er Jahren konnten hydrothermale Austrittsstellen durch intensive Untersuchungen u.a. mit dem deutschen Forschungsschiff Poseidon (POS-229, 1997 und POS-253, 1999) lokalisiert, kartiert und beprobt werden.

Im Rahmen des vorliegenden Teilprojektes (03G0542B) sollte die Mineralogie, Geochemie und Isotopengeochemie der im Rahmen der Forschungsfahrt POS-253 gewonnenen hydrothermalen Präzipitate aus dem Grimsey Hydrothermalfeld (Sulfide, Sulfate und alterierte Tone) untersucht werden. Ziel war es, Aussagen über deren Genese, die Herkunft der Metalle sowie die vorherrschenden Bildungsbedingungen treffen zu können.

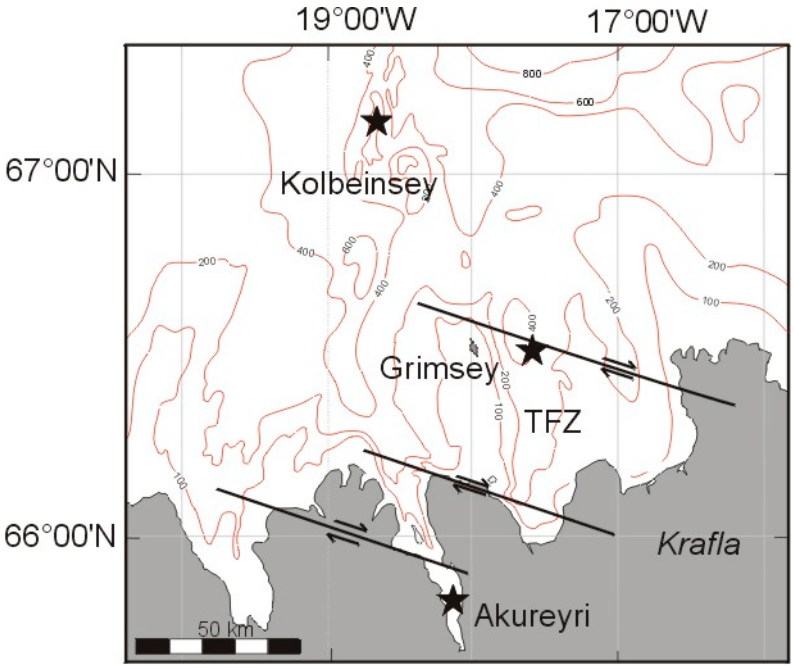

Abb. 1: Die Tjoernes-Fracture-Zone (TFZ) im Übergangsbereich von Island zum Kolbeinsey-Rücken stellt eine ca. 75 km breite und 120 km lange Dehnungsstruktur dar. Die Probenlokationen (★) liegen in der TFZ (Grimsey-Feld) oder im Übergangsbereich zu den jeweiligen Rückensegmenten.

2 Probenmaterial und durchgeführte Arbeiten

Das Grimsey Hydrothermalfeld ist ein ca. 1000m x 300m umfassendes Gebiet der zentralen TFZ, das aus einer Vielzahl aktiver und wenigen inaktiven Anhydritschornsteinen besteht, welche drei langgestreckten Hügelstrukturen aufsitzen (Scholten et al., 1999; Hannington et al., 2001). Die austretenden klaren, hydrothermalen Lösungen liegen mit Temperaturen um 250°C in Wassertiefen von ca. 400m auf der Zwei-Phasen-Grenze für Meerwasser. Es wurde keine für hydrothermale Vents typische Fauna beobachtet (Scholten et al., 1999).

Während der POS-253 Forschungsfahrt wurden 17 Schwerelotkerne in und um die zentrale Rückenstruktur mit 13 aktiven Anhydritschloten abgeteuft (Abb. 2). In den Sedimenten wurden an Bord maximale Temperaturen von 65°C bis 102°C gemessen. Sieben dieser Schwerelotkerne wurden im Rahmen des Projektes genauer untersucht, wobei sechs Kerne dem zentralen „Mound“ entstammen, während Kern SL347 südlich davon beprobt wurde (Abb. 2 und 3). Die an den Sedimenten durchgeführten Untersuchungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. In die Interpretation wurden Ergebnisse der Geochemie und Isotopengeochemie von Oberflächenpräzipitaten einbezogen. Diese Daten wurden im Rahmen eines Vorläuferprojektes gewonnen (He-1660/10). Außerdem wurde eine 3d-Modellierung der bathymetrischen Daten sowie die tektonische Auswertung seismischer Profile durchgeführt.

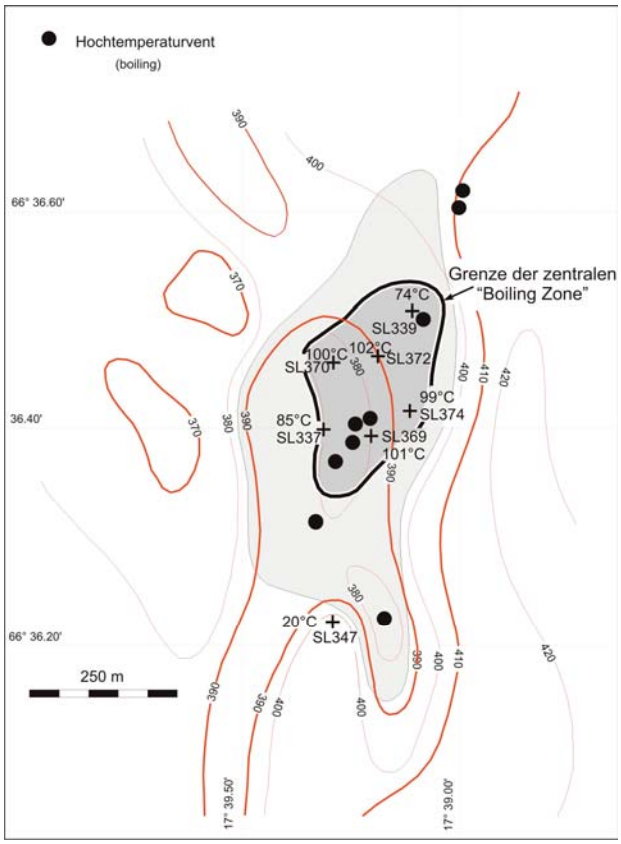

Abb. 2: Lokationen der bearbeiteten Schwerelotkerne sowie Bathymetrie (Isolinien in m) im zentralen Grimsey Hydrothermalfeld. Die Sedimenttemperaturen wurden im Kernfänger des jeweiligen Kerns unmittelbar nach dem Öffnen des Kerns an Deck gemessen. Der dunkelgrau hinterlegte Bereich stellt die Ausdehnung einer hydro-thermalen Wolke an der Wasseroberfläche im Jahre 1997 dar (aus Hannington et al., 2001).