

FS METEOR
Fahrt M200
22.03.2024 – 09.04.2024
Rostock – Rostock

MnION
Biochemische Kopplung des Mangan-
Kreislaufs über Redoxklinen in der Ostsee



3. Wochenbericht
01.04. – 07.04.2024

Nach den erfolgreichen Forschungsaktivitäten im Gotland Tief und Farö Tief haben wir unsere Arbeiten zu Beginn der Woche im Landsort Tief fortgesetzt.

Ein zentraler Bestandteil unserer Forschungsaktivitäten ist die Ermittlung der Verteilung und des Einflusses von Mangan(Mn)-Oxidmineralen, die sich in der geschichteten Wassersäule der Ostsee bilden. Mn-Oxide sind reaktive Mineralien, die eine wichtige Rolle im Kreislauf zahlreicher Elemente spielen, einschließlich des Abbaus von Kohlenstoff, der Adsorption von Spurenmetallen und der Oxidation von Nährstoffen und Metallen. In der Vergangenheit wurde die Oxidation von Mn zu Mn-Oxiden auf die Aktivität von Mn(II)-oxidierenden Bakterien zurückgeführt, die zum Überleben Sauerstoff benötigen. Diese Bakterien sind heterotroph und verbinden die Oxidation von organischem Kohlenstoff mit der Reduktion von Sauerstoff. Die Oxidation von Mn(II) zu Mn-Oxidmineralien ist eine Nebenreaktion des aeroben Stoffwechsels und der Grund für diesen Prozess ist noch unbekannt. In der Ostsee hat man jedoch festgestellt, dass Mn-Oxide vor allem in Schichten vorkommen, die in Tiefen liegen, in denen der Sauerstoffgehalt abnimmt. Unsere Forschung zielt darauf ab, die Verteilung von Mn-Oxiden und die Mechanismen, die für ihre Bildung (und Auflösung) verantwortlich sind, besser zu verstehen.

In der vergangenen Woche haben wir die Messung der Mn-Oxid-Konzentration in der Wassersäule entlang der Sauerstoffsprungschicht fortgesetzt. Wir haben festgestellt, dass die Mn-Oxid-Konzentration im Gotland und Farö Tief am Boden der Chemokline, wo der O₂-Gehalt niedrig ist, am höchsten ist (Abbildung 1). Diese Spitze der Mn-Oxidkonzentration fällt mit einer kleinen Trübungsschicht zusammen. Unmittelbar unterhalb dieser Schicht sind Mn-Oxide nicht nachweisbar, und es wird eine größere Trübung beobachtet. Unsere Annahme ist, dass Schwefelwasserstoff, der in der Wassersäule nach oben diffundiert, in dieser Tiefe mit Mn-Oxiden reagiert, was zur Reduktion (Verlust) von Mn-Oxiden und wahrscheinlich zur Bildung von elementarem Schwefel (S) führt.

Um diese Verteilung zu verstehen, haben wir auch Mn(II)-Oxidationsexperimente entlang der Chemokline mit dem radioaktiven Marker ⁵⁴Mn(II) durchgeführt. Außerdem haben wir Proben für die mineralogische Charakterisierung mittels Röntgenabsorptionsspektroskopie (XAS) entnommen. Diese Analysen werden im Laufe der nächsten 6 Monate in den USA durchgeführt.

Die Mechanismen der Mn-Oxidbildung in diesen sauerstoffarmen Schichten ermitteln wir durch Inkubationsexperimente in gasdichten Beuteln mit Wasserproben, die mit der CTD gesammelt wurden. Wir haben ^{15}N -markiertes Nitrat und Nitrit zusammen mit Mn(II) hinzugefügt, um die potenzielle Kopplung dieser Elementkreisläufe zu testen. Die Analysen laufen noch, aber unsere ersten Ergebnisse von Gotland und Farö deuten darauf hin, dass die Zugabe von Nitrat und Nitrit die Mn(II)-Oxidation und die Bildung von Mn-Oxiden stimuliert. Aus diesen Inkubationen wurden Proben entnommen, um die für diese mögliche Kopplung verantwortlichen Reaktionen zu ermitteln.



Figure 2: Mn-Oxid-Proben aus dem Landsort Tief. Das Bild zeigt die auf Filtern gesammelten Partikel über den Tiefenbereich von 3m bis 85m. Die braune Farbe ist ein Hinweis auf Mn-Oxide. Das Maximum der Mn-Oxid-Konzentration wird bei 80 m an der Basis der Chemokline beobachtet.

Der Schwefelwasserstoff, der an der Chemokline mit Manganoxiden in Wechselwirkung tritt, stammt hauptsächlich aus der mikrobiell vermittelten Reduktion von Sulfat zu Schwefelwasserstoff in den anoxischen Regionen der tieferen Ostseebecken und -sedimente. Eine potenzielle und vielleicht unterschätzte Quelle für Schwefelwasserstoff ist die Hydrolyse schwefelhaltiger Biomoleküle, wie Proteine und S-verknüpfte Zucker. Ein solcher Prozess hat sich in Abwasserbehandlungssystemen und Biofilmen als wichtig erwiesen. Da die tiefen Becken der mittleren Ostsee große Mengen an absinkendem biologischem Detritus enthalten, könnte eine solche Hydrolyse eine Rolle für den Gesamtausfluss an gelöstem Sulfid spielen. Wir testen diese Hypothese, indem wir die gesamte Sulfidproduktion und den Sulfidaustrag mit Hilfe von Mikrosensormethoden (Abbildung 2) und die Messung der Sulfatreduktion durch radiochemische Experimente vergleichen.

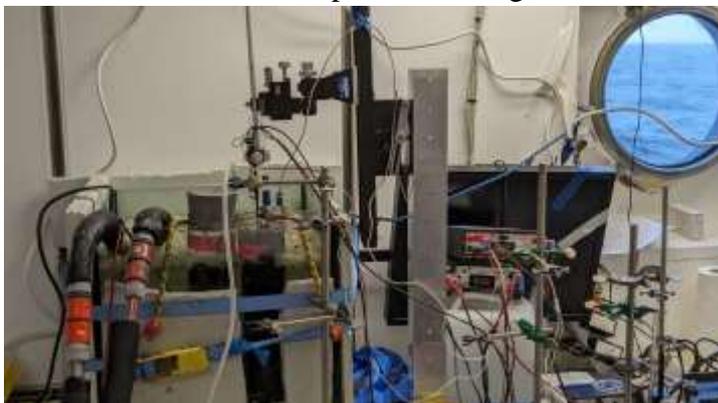


Figure 2: Mikrosensoraufbau zur Messung von Schwefelwasserstoff, pH-Wert und gelöstem Sauerstoff mit Mikrometerrauflösung in den Oberflächensedimenten.

Schwefelwasserstoff ist für viele Lebewesen, auch für uns, giftig, stellt aber für eine Vielzahl von Bakterien eine hervorragende Energiequelle dar. Sie sind in der Lage, das Sulfid in eine

breite Palette von Verbindungen mit mittleren Oxidationsstufen umzuwandeln, z. B. elementarem Schwefel und Thiosulfat, und schließlich wieder in Sulfat. Die tiefen Becken von Gotland-, Farö- und Landsort sind natürliche Reaktoren für die Untersuchung der Reaktion zwischen dem nach oben diffundierenden Schwefelwasserstoff und den Manganoxiden sowie der Bildung von Verbindungen mit mittleren Oxidationsstufen. Wir haben Proben der Sulfid- und Schwefel-Zwischenoxidationsstufen genommen, um sie in unseren heimischen Labors zu analysieren.

Die Natur hat uns auf dieser Fahrt ein zusätzliches, besonders spannendes Experiment beschert. Durch die Stürme des letzten Winters ist ein Strom von salzhaltigem, sauerstoffreichem Nordseewasser am Boden der Ostsee entlanggeflossen und dringt nun in das sulfidische Bodenwasser des Gotlandtiefs ein. Dieses Einstromungsereignis bietet uns eine hervorragende Gelegenheit zu untersuchen, wie Schwefelwasserstoff und Manganoxide mit dem sauerstoffhaltigen Einstromungswasser interagieren. Die Charakterisierung der physikalischen, chemischen und biologischen Aspekte dieses Einstromereignisses stand in den verbleibenden Tagen der Expedition im Mittelpunkt unserer Forschung (Abbildung 3).

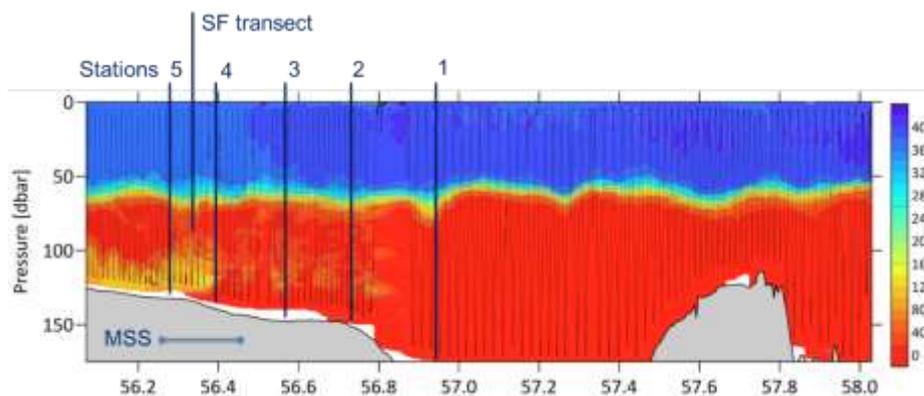


Figure 3: ScanFish-Profil der Konzentration von gelöstem Sauerstoff im Gotland-Becken. Die Stationen sind so platziert, dass sie den Haupt-Salzeinstrom und die der Front vorausgehenden "Sauerstoffspitzen" abfangen.

Am Sonntagnachmittag haben wir unsere Forschungsarbeiten erfolgreich abgeschlossen. Die verbleibenden zwei Tage benötigen wir für die Fahrt nach Rostock. Wir werden diese Zeit nutzen, um unsere Ausrüstung abzubauen und wieder in die Container zu packen, die letzten Proben zu verarbeiten und die Labore aufzuräumen. Das Wetter ist uns weiterhin wohlgesonnen, so dass wir auch diese Arbeiten noch rechtzeitig abschließen können. Die Expedition neigt sich langsam dem Ende zu und wir freuen uns auf die Heimreise.

Viele Grüße im Namen aller Fahrtteilnehmer*innen,

Colleen Hansel, Tim Ferdelmann, Volker Mohrholz
(Woods Hole Oceanographic Institution, Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie,
Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde)