

12.06.-17.06.2012



Im zweiten Fahrtabschnitt der Meteor-Reise M87-3 (M87-3b) werden die experimentellen Untersuchungen und Probenahmen im Rahmen des Projektes „Abbaubarkeit von Arktischem Terrigenem Kohlenstoff im Meer (ATKiM)“ fortgesetzt, wobei jetzt der Einfluss der vertikalen Gradienten von Salz und Sauerstoff in den Becken der zentralen Ostsee im Fokus steht. Ein Teil der wissenschaftlichen Besatzung des Abschnitts M87-3a ist mit ihrer Ausrüstung, den Proben und den auf der Meteor begonnenen Inkubationsexperimenten in Rostock von Bord gegangen, um die Experimente in den Klimakammern im IOW fortzusetzen. In den nächsten Wochen wird sich zeigen, welchen Einfluss sowohl die Zusammensetzung der mikrobiellen Gemeinschaften (entnommen aus unterschiedlichen Stationen entlang des Salzgradienten) als auch abiotische Faktoren wie UV-Strahlung auf den Abbau des in die Ostsee eingetragenen gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC) haben.

Hinzugekommen sind Wissenschaftler aus den Fachbereichen Physikalische Ozeanographie, Geologie und marine Mikrobiologie, um intensive Struktur- und Prozessuntersuchungen in Wassersäule und Sediment in den tiefen, am Grunde anoxischen Becken der zentralen Ostsee durchzuführen. Mehrtägige Stationsarbeiten im Gotland- und Landsortbecken, um die beiden zentralen Stationen TF271 und TF284, waren daher das Kernstück dieser Reise (Abb. 1).

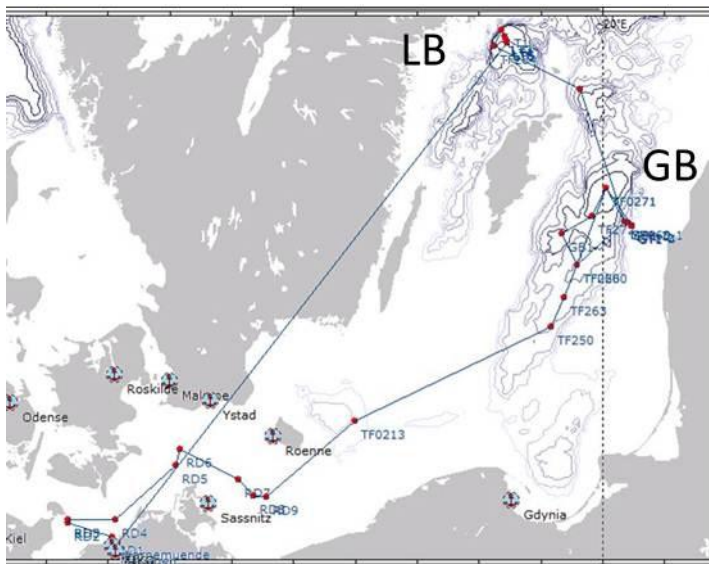


Abbildung 1: Route und Stationsplan von M87-3b (12.06.-25.06.2012) (Basierend auf eMission, D. Rüb, IOW). Lage der Hauptarbeitsgebiete Landsortbecken (LB) und Gotlandbecken (GB)

Da vor einiger Zeit ein größerer Salzwassereinstrom bis in die zentrale Ostsee reichte, wurden auch an mehrere Stationen zwischen Bornholm- und Gotlandbecken CTD-Profile gefahren (in Ergänzung zu den bereits in M87-3a beprobten Stationen).

In früheren Untersuchungen hatte sich gezeigt, dass die oxisch-anoxischen Übergangszonen in der Ostsee, mit ihren Lebensgemeinschaften, mikrobiellen Schlüsselorganismen und biogeochemischen Umsetzungen auch als Modell für die Vorgänge in den global verbreiteten hypoxischen Zonen der Rand- und Küstenmeere (incl. „Oxygen Minimum Zones“) dienen können. Bisher wenig verstanden ist, inwieweit physikalische Prozesse wie kleinskalige Durchmischungen und Intrusionen die mikrobielle

Aktivität und resultierende Stoffumsetzungen beeinflussen. Kernhypothese dieser Fahrt ist, dass alle Prozesse, welche im Bereich der Redoxkline zu Durchmischungen und damit zur Störung des Diffusionsgradienten führen, die mikrobielle Aktivität stimulieren. Dies sollte wichtige Konsequenzen für alle dort stattfindenden biogeochemischen Umsetzungen haben, nicht nur für den Abbau des absinkenden organischen Materials, sondern vor allem auch für Oxidations-Reduktions-Prozesse im Stickstoff- und Schwefelkreislauf.

Das Gotlandbecken sollte eigentlich der ideale Ort sein, um diese Hypothese zu testen, da hier in der Vergangenheit regelmäßig Intrusionen zu beobachten waren. Verschiedene Geräte und Methoden waren an Bord, um die Strukturen in der Wassersäule und auftretende Turbulenzen zu analysieren: neben den CTDs sind das v.a. die Mikrostruktursonde oder Turbulenzprofiler und der geschleppte Scanfish. Daneben sollte eine für mehrere Tage jeweils im Hangbereich von Gotland- und Landsortbecken ausgesetzte Verankerung ein hoch aufgelöstes Bild der vertikalen Geschwindigkeits-, Temperatur- und Dichteverteilung sowie deren zeitlicher Variabilität liefern und damit helfen, die physikalischen Ursachen für die beobachteten Mischungsereignisse zu erklären. Für die biologischen Messungen wurden mit einer kleinen CTD hochauflösende Profile (im Meterbereich) von chemischen und mikrobiologischen Parametern in der Redoxkline und um Intrusionen herum aufgenommen. Außerdem sollte ein im IOW entwickelter Gradientenschöpfer, mit dem im Abstand von 10 cm mittels Spritzen Proben genommen werden können, das erste Mal seit langer Zeit wieder eingesetzt werden. Mit dieser Probenahmetechnik könnte die kleinskalige Variation mikrobiologischer Parameter im Bereich der Redoxkline, und damit auch der Einfluss von kleinräumigen Durchmischungen detektiert werden (Abb. 2).

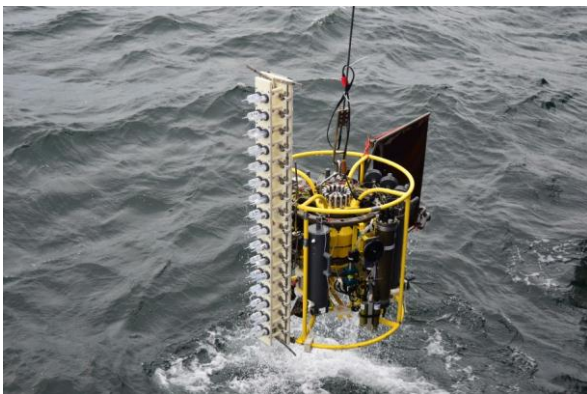


Abb. 2: Erster (erfolgreicher) Einsatz des IOW-Gradientensamplers, angebracht auf einer CTD-Rosette, im Gotlandtief. (Foto: C. Berg)

Das ruhige Wetter der letzten Tage war zwar ideal, um hochauflösend die Redoxkline zu beproben, allerdings hatte das auch zur Folge, dass diesmal nur wenige Intrusionen im Landsorttief zu beobachten waren. Als Entschädigung dafür trafen wir an einer Station im südlichen Gotlandbecken (TF260) eine ideale Bedingung an, um unsere Ausgangshypothese zu testen: Ein deutlicher, bodennaher Einstrom brachte sauerstoff- und nitrathaltiges Wasser in die Nähe der oxisch-anoxischen Grenzschicht und der sulfidischen Zone (Abb. 3). Kleinskalige Turbulenzen und Durchmischung von nitrat- und sulfidhaltigem Wasser sollten hier zu einer enormen Stimulation der mikrobiellen Aktivität führen. Die bisher ausgewerteten Daten an chemoautotropher und heterotropher Produktion scheinen dies auch tatsächlich zu bestätigen. Viele Proben für Aktivitätsmessungen aber auch aufwendigere molekulare Analysen füllen jedoch noch die Gefrierschränke und werden uns noch eine Weile beschäftigen.

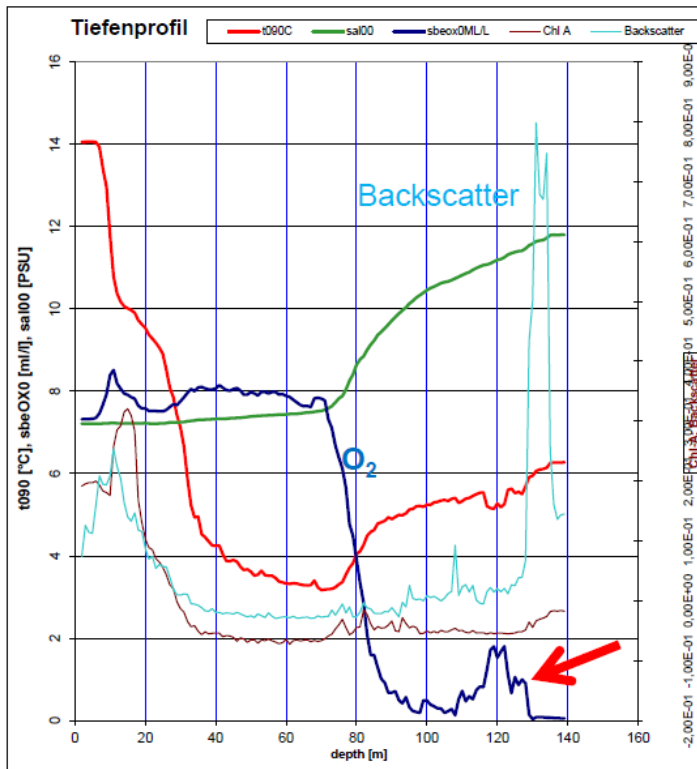


Abb.3: CTD-Profil an Monitoring-Station TF260. Deutlich zu sehen ist der bodennahe Einstrom von sauerstoffhaltigem und etwas kälterem Wasser in die anoxische Zone (roter Pfeil).

Schlüsselinstrument zur Analyse der turbulenten Vermischung im Bereich der Redoxkline war der MSS90-L Turbulenzprofiler, der im Gotlandbecken auf zwei Hangtransekten im oxisch-anoxischen Übergangsbereich, sowie auf zwei Zeitreihenstationen an den Positionen TF271 und TF260 eingesetzt wurde. Die von Einstrom-Intrusionen gekennzeichnete Station TF260 (Abb. 3) war dabei besonders interessant. Eine erste Auswertung der MSS-Profilierdaten für beide Stationen hat gezeigt, dass die Mischung im Bereich der Redoxkline von kurzen Events geprägt ist, deren maximale vertikale Ausdehnung wenige Meter beträgt und die selten länger als 15 Minuten andauern. Diese Events scheinen nicht in direktem Zusammenhang mit den oben beschriebenen Intrusionen zu stehen, führen aber dennoch zu einer intermittierenden Vermischung von Wassermassen mit unterschiedlichem Redox-Eigenschaften. Am Beispiel eines kurzen Ausschnitts der Zeitreihe der Station 260 ist dies in Abb. 4 illustriert. Unterhalb von ca. 80 m sind die Sauerstoffgehalte (hier nicht dargestellt) von lateralen Einschüben gekennzeichnet, die teils zu extremen Gradienten zwischen oxischen und anoxischen Wassermassen führen. Die anoxischen Schichten sind in der Regel von starker Trübung gekennzeichnet. Die ebenfalls in Abb. 4 dargestellte Dissipationsrate, die ein physikalisch definiertes Maß für die Turbulenz darstellt, illustriert die oben beschriebene starke Intermittenz innerhalb und unterhalb der Halokoline in Form von Mischungsevents, in denen um mehrere Größenordnungen erhöhte Dissipationswerte beobachtet werden. Ein erster Blick auf die Daten der Verankerung im Gotlandbecken, welche bereits wieder geborgen wurde, zeigt, dass die Signatur interner Wellen den dominierenden Beitrag zum Geschwindigkeitsfeld liefert, was Scherungs-Instabilitäten als die wahrscheinlichste Ursache für die beobachteten Mischungsevents nahelegt. Diese Untersuchungen werden im weiteren Verlauf der Fahrt auf das Landsort-Tief ausgeweitet.

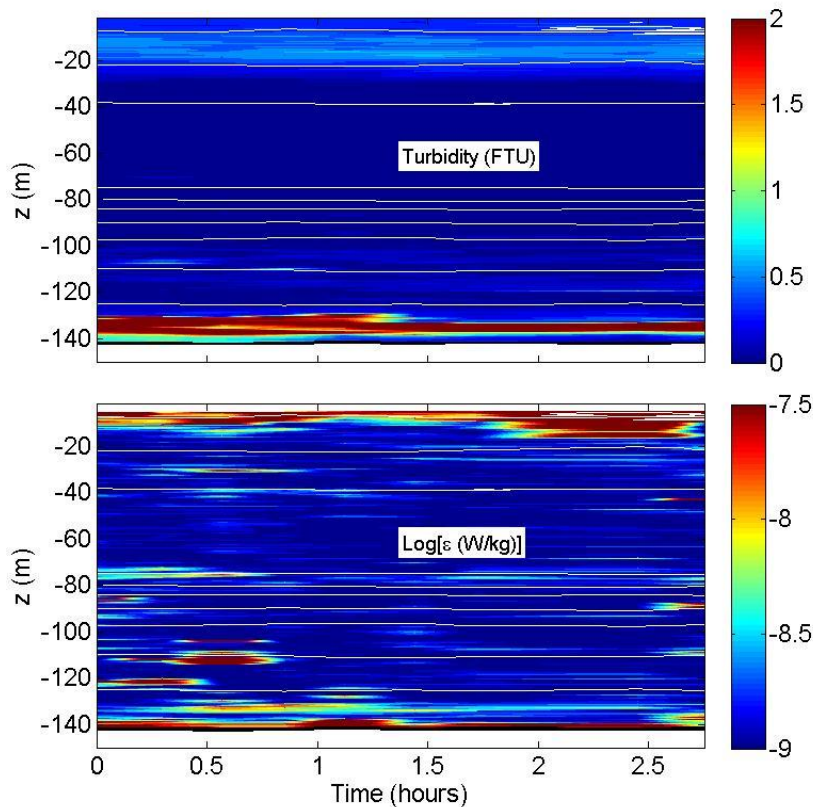


Abb. 4.: Trübung (obere Abbildung) und Dissipationsrate basierend auf einer Zeitreihe von 10 Mikrostrukturprofilen, die am 17. Juni 2012 ab 19:50 Uhr an der Station TF260 gemessen wurden. Die Dichte ist als weiße Konturlinien (Intervall: 0.5 kg/m³) dargestellt.

Insgesamt werden die hier beschriebenen Untersuchungen zu einem besseren Verständnis der physikalisch-biologischen Kopplung im Bereich der Sauerstoffgradienten führen. Gleichzeitig führen die sedimentakustischen Untersuchungen (Multibeam, Parasound), die während M87-3b intensiv durchgeführt werden, zu einem genaueren Bild der Struktur und Sedimentologie der Becken.

Die oxisch-anoxischen Übergänge werden nicht nur für die mikrobiellen Gemeinschaften der Wassersäule untersucht, sondern auch für die Sedimente. Hierzu werden mittels Multicorer Proben genommen und hinsichtlich biogeochemischer Charakteristika und mikrobieller Besiedlung untersucht. Ein Hauptaugenmerk werden dabei mikrobielle Eukaryonten (Protisten) sein, über deren Verbreitung und Diversität in der Ostsee bisher kaum etwas bekannt ist.

Die erste Woche auf der FS METEOR hat bereits unglaublich viele neue Proben und Daten zur Hydrographie, Physik und Biologie der anoxischen Becken gebracht, dass wir höchst zufrieden sind und der verbleibenden Woche mit Erwartung entgegensehen. Ein ähnliches Programm wie im Gotlandbecken wird dann noch für das Landsortbecken absolviert werden. Der umfangreiche und auch zum Teil kurzfristig zu entscheidende Geräteeinsatz, wie er in den letzten Tagen absolviert wurde, wäre ohne die kompetente Hilfe und das Verständnis der Meteor-Besatzung auf Deck und Brücke nicht denkbar, denen an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Klaus Jürgens, Fahrtleiter



18.06.-25.06.2012

Die zweite Woche der Meteor-Reise M87-3b begann bei schönem und ruhigem Wetter im Landsorttief, der tiefsten Stelle der Ostsee und, neben dem Gotlandbecken, das andere Becken, welches fast permanent sauerstofffrei in der Tiefe ist. Bereits frühere Untersuchungen von uns im Landsorttief hatten gezeigt, dass die mikrobiellen Gemeinschaften und biogeochemischen Stoffkreisläufe an den oxisch-anoxischen Übergängen („Redoxkline“) sehr ähnlich dem Gotlandtief sind. Allerdings sind die Schichtungsverhältnisse im Landsorttief in der Regel stabiler, da weniger laterale Einströme (Intrusionen) vorkommen. Dies ermöglicht spannende Vergleiche zwischen diesen Becken. Die ersten Sondierungsprofile mit der CTD, welche immer mit großer Neugier begleitet werden, zeigten dann auch, dass dies auch diesmal wieder der Fall war.

Die nächsten Tage sollten dann vermehrt die Übergangszonen zwischen sauerstofffreien und sauerstoffhaltigem Bodenwasser an den Beckenrändern hinsichtlich geologischer, physikalischer und biologisch-chemischer Parameter untersucht werden. Dazu wurden verschiedene Transekte von der Mitte bis zu den flachen Rändern der Becken mittels Geoakustik (Parasound, Multibeam), geschlepptem Scafish, Mikrostrukturmessungen und hochauflösenden CTDs untersucht. Diese Aktivitäten spiegeln sich auch in den aufgezeichneten Schiffstracks innerhalb der notifizierten Zone im Landsortbecken wieder, welches dadurch so gut wie selten zuvor abgedeckt wurde (Abb. 1).

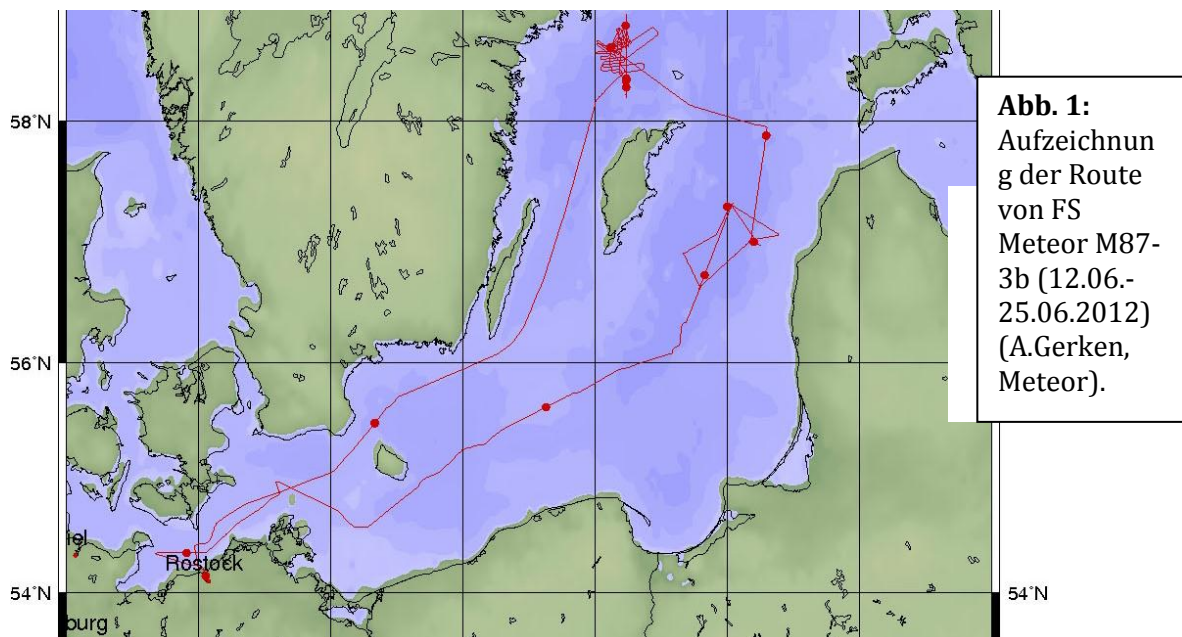


Abb. 1:
Aufzeichnung
der Route
von FS
Meteor M87-
3b (12.06.-
25.06.2012)
(A.Gerken,
Meteor).

Die geoakustischen Messungen (mittels Parasound Sedimentecholot und hochauflösendem Fächerecholot EM710), welche in dieser Dichte und Auflösung bisher nicht durchgeführt werden konnten, liefern ein genaues Bild der Strukturen, Verteilungsmuster und Morphologie der postglazialen Sedimente im Landsortbecken (Abb. 2). Die komplette nachezeitliche Sedimentabfolge im Gotlandbecken wird so sichtbar: Die oberste Schicht wird durch die marinen Ablagerungen des Littorina Meeres gebildet. Darunter befinden sich die Sedimente der Übergangsstadien, die von den über 20m mächtigen tonigen Folgen des Baltischen Eisstausees unterlagert werden. An der Basis ist der spätpleistozäne Geschiebemergel mit seiner rauhen Oberfläche sowie der Erosionshorizont präquartärer Sedimentgesteine sichtbar.

Im Ergebnis der Kartierungsarbeiten wurde ein Datensatz geschaffen, der die Erstellung einer detaillierten Topographie des Landsorttiefes sowie seiner Sedimentverteilung ermöglicht.

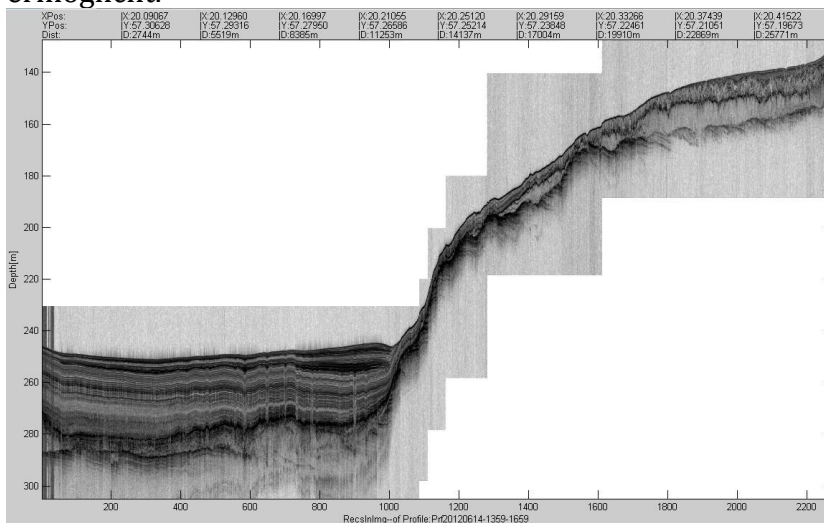


Abb. 2: Parasound Aufzeichnung der niederfrequenten Frequenzkomponente entlang eines Transekts vom Zentrum des Gotlandbeckens (links) in südöstliche Richtung. Am oberen Bildrand sind die Positionen und Entfernungen im Profil ersichtlich. Der Tiefenmaßstab basiert auf einer Schallgeschwindigkeit von 1500m/s (R. Endler).

Interessanterweise ergab sich auch eine Verbindung der Geoakustik zu den Arbeiten in der Wassersäule. Die hochfrequente Komponente des Parasound Signals konnte dazu genutzt werden, um Strukturen in der Wassersäule zu erfassen. Die empfangenen Signale aus der Wassersäule sind zwar schwach und nur bei sehr hoher Verstärkung sichtbar, spiegeln aber den Verlauf der Thermokline (oberer Bereich) und der Halokline (bei ca. 80m) wieder, wie ein erster Vergleich mit CTD Messungen ergab. Somit wird belegt, dass mit Hilfe hochfrequenter Echolote Strukturen in der Wassersäule sehr effizient kartiert werden können.

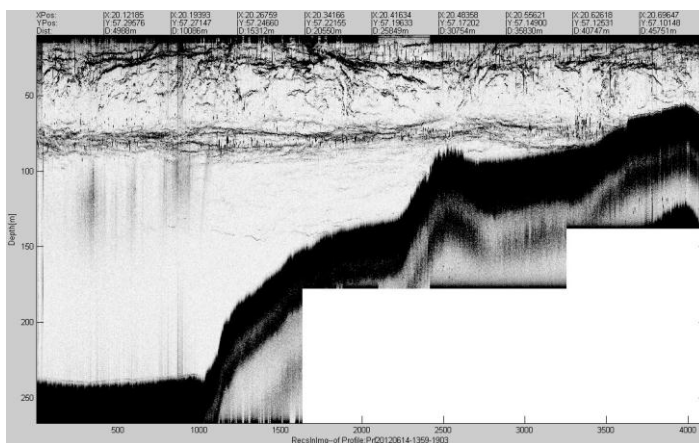


Abb.3: Parasound Aufzeichnung der hochfrequenten Signalkomponente entlang des verlängerten Transektes von Abb.2. Deutlich sichtbar wird die Dichtesprungschicht (Halokline) bei etwa 80 m in der Wassersäule (R.Endler).

Auch die Wassersäulenarbeiten entlang der Transekte an den Beckenrändern von Landsort- und Gotlandbecken brachten spannende neue Erkenntnisse. Die hochauflösenden Mikrostrukturmessungen mit der MSS-Sonde zeigten, dass Zonen erhöhter Turbulenz an den Hängen zu finden sind. Dies war auch zu erwarten (Abb.4). Nun war aber auch zu sehen, dass dies gleichzeitig mit verstärkten Trübungszone einhergeht, wie sie typisch bei der Durchmischung von oxischem und anoxischem Wasser sind. Zusammen mit den Messungen erhöhter mikrobieller Aktivität ist dies eine weitere Evidenz, dass sich an den Beckenrändern turbulenzgesteuerte Prozesse abspielen, die einen Einfluss auf die beckenweite Biogeochemie haben können

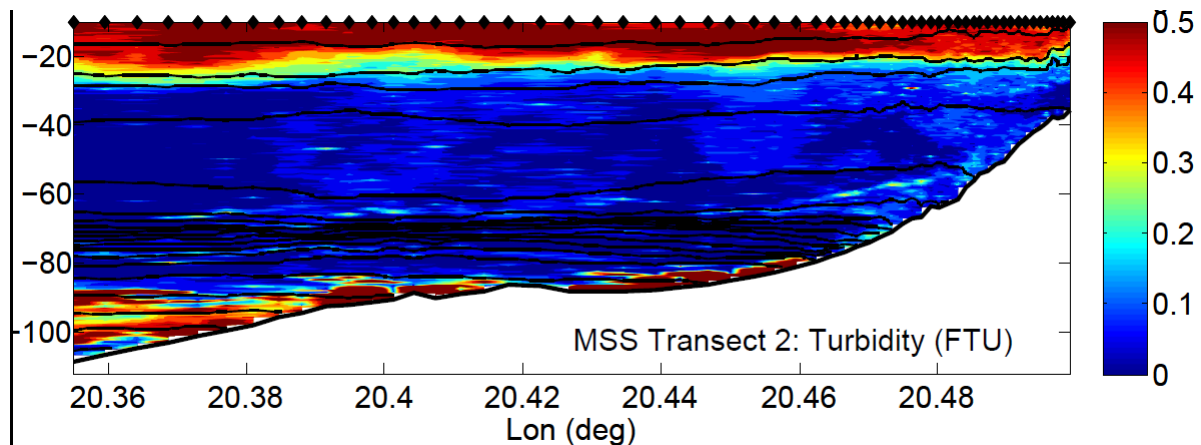


Abb. 4.: Turbulenzzonen am Boden und in der Wassersäule an einem Hang im Gotlandbecken; gemessen mit einer Mikrostruktursonde (L. Umlauf).

Für die Messungen der kleinräumigen Variabilität biologischer und chemischer Parameter wurde noch mehrmals erfolgreich der auf einer CTD-Rosette montierte Spritzenschöpfer verwendet (Abb. 5a). Sowohl chemische Daten, als auch Aktivitätsprofile und Bakterienabundanz verdeutlichten so das erste Mal, wie stark diese Gradienten im Bereich unter einem Meter ausgebildet sind (Abb. 5b).

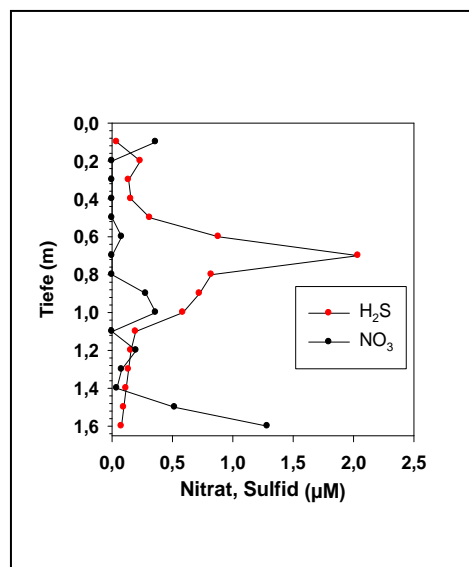


Abb. 5: Links: Probenahme am IOW-Spritzenschöpfer. (Foto: I. Schuffenhauer). Rechts: Profile von Nitrat und Sulfid entlang des 1,6 Meter-Gradienten (unvalidierte Daten, K.Jürgens).

Ein verschachteltes Arbeitsprogramm aus Geoakustik, Mikrostrukturmessungen, abwechselnd mit chemisch-biologischen CTD-Probenahmen sowie Entnahme von Sedimentkernen mittels Multicorer sorgte für ein ausgefülltes Arbeitsprogramm rund um die Uhr. Daneben wurde sowohl im Gotland- als auch im Landsortbecken jeweils für mehrere Tage eine Verankerung ausgebracht, um ein genaueres Bild der Strömungsverhältnisse an den Beckenrändern zu bekommen.

Das an den meisten Tagen relativ günstige Wetter, mit geringen Windstärken und wenig Wellengang, war ideal für die hochauflösenden Probenahmen und Messungen der Grenzschichten in der Wassersäule. Dass alle geplanten Experimente, Messungen und Einsätze erfolgreich durchgeführt werden konnten und damit für große Zufriedenheit bei den verschiedenen wissenschaftlichen Arbeitsgruppen sorgten, lag aber nicht zuletzt an der wertvollen Unterstützung durch die Besatzung der Meteor wofür ich, auch im Namen aller Wissenschaftler, hier nochmal meinen Dank aussprechen möchte. Die Auswertungen der während der Reise gewonnenen Daten und gesammelten Proben wird uns noch lange beschäftigen und sicher viele interessante und neue Ergebnisse erbringen. Dafür wünsche ich allen beteiligten Wissenschaftlern viel Erfolg!

Klaus Jürgens, Fahrtleiter