

Sachbericht zum Verwendungsnachweis TEIL I - Kurzbericht

sea4soCiety-DOM

Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM)

Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

August 2021 - Juli 2024

Zuwendungsempfänger: Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) / Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

Förderkennzeichen: 03F0896J

Vorhabenbezeichnung: AP2 - Kohlenstoff Qualität und Quellen: Rekalzitranz und Sequestrierung von organischem Material
Projekt: "Rekalzitranz von gelöstem organischem Material aus Küstenökosystemen"

Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2021 – 31.07.2024

Dr. Michael Seidel, Dariya Baiko, Prof. Dr. Thorsten Dittmar

Datum: 31.01.2025

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie den wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde

Das Projekt *sea4soCieTy – Searching for Solutions for Carbon-sequestration in Coastal Ecosystems* ist ein großangelegtes Verbundvorhaben, das darauf abzielt, das Potenzial küstennaher Vegetationsökosysteme (*CVEs, coastal vegetated ecosystems*) zur Kohlenstoffspeicherung auf ökologisch nachhaltige und gesellschaftlich akzeptierte Weise zu bewerten. Innerhalb des Großprojekts fokussierte sich das Teilprojekt *sea4soCieTy-DOM* auf die Untersuchung des Beitrags von gelöstem organischem Material (*DOM, dissolved organic matter*) zur Kohlenstoffsequestrierung. DOM ist der größte organische Kohlenstoffspeicher im Meer und spielt eine zentrale Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf.

Das Hauptziel des Teilprojekts war es, die molekulare Zusammensetzung, Herkunft und Rekalzitranz von DOM aus vier CVEs – Makroalgen, Seegraswiesen, Salzmarschen und Mangroven – zu untersuchen. Mittels hochauflösender analytischer Methoden wie der Fourier-Transform-Ionenzyklotron-Resonanz-Massenspektrometrie (FT-ICR-MS) wurden die CVE-spezifischen molekularen Fingerabdrücke von DOM ermittelt. Ziel war es, DOM im Hinblick auf Stabilität und Kohlenstoffspeicherungspotential in den verschiedenen Habitaten zu bewerten. Das Teilprojekt soll entscheidende Erkenntnisse darüber liefern, inwiefern DOM aus küstennahen Ökosystemen einen nachhaltigen Beitrag zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung leisten kann. Dies ist nicht nur von wissenschaftlichem Interesse, sondern auch essenziell für die Entwicklung fundierter Strategien im Kontext von Klimaschutz und nachhaltigem Ressourcenmanagement.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Projekt *sea4soCieTy-DOM* hatte eine Laufzeit vom 01.08.2021 bis zum 31.07.2024. Die wissenschaftliche Mitarbeiterin D. Baiko war vom November 2021 bis zum Juli 2024 in diesem Projekt beschäftigt. Der Ablauf des Projektes zielte darauf ab, die Stabilität und Rolle von DOM in der Kohlenstoffsequestrierung von Küstenökosystemen systematisch zu untersuchen. Ein zentraler erster Schritt war die Harmonisierung von Protokollen für die Probenahme, Extraktion und Analyse von partikulärem organischem Material (POM) und DOM. Anschließend wurden spezifische molekulare DOM-Fingerabdrücke von refraktärem DOM (RDOM) für tropische (Kolumbien, Malaysia) und gemäßigte Regionen (Nord- und Ostsee) identifiziert. RDOM bezeichnet eine langlebige und widerstandsfähige Form von DOM, das über Tausende von Jahren im marinen Kohlenstoffkreislauf stabil gegenüber Abbauprozessen ist und somit wesentlich zur langfristigen Kohlenstoffspeicherung beiträgt. In anschließenden Experimenten wurde die Bildung von gelösten organischen Schwefelverbindungen untersucht, die einen bedeutenden Anteil des gebildeten RDOM in Küstenökosystemen ausmachen und DOM in den CVEs widerstandsfähiger gegenüber Abbauprozessen macht. Die Ergebnisse unterstreichen die wichtige Rolle von RDOM für die langfristige Kohlenstoffspeicherung in CVEs. Abschließend wurde das DOM-Kohlenstoffsequestrierungspotential verschiedener Küstenökosysteme –Salzwiesen, Seegraswiesen und Mangroven – regional bewertet.

3. Wesentlichen Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Die Probennahmen fanden in enger Zusammenarbeit mit den Partnern des ZMT Leibniz Centre for Tropical Marine Research, der Universitäten Hamburg, Kiel und Hannover, dem Alfred-Wegener-Institut, dem Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie, dem GEOMAR in Kiel und dem MARUM in Bremen statt. Die Zusammenarbeit der Partner ermöglichte die effektive Zusammenführung verschiedener wissenschaftlicher Expertisen. Das *sea4soCieTy-DOM*-Projekt lieferte zentrale Erkenntnisse zur Bildung und Speicherung von RDOM in CVEs, welches eine Schlüsselrolle im globalen Kohlenstoff- und Schwefelkreislauf spielt. Die Feldstudien in gemäßigten (Nord- und Ostsee) und tropischen Küstenökosystemen (Kolumbien, Malaysia) zeigten, dass unterschiedliche küstennahe Vegetationsökosysteme wie Salzwiesen, Seegraswiesen und Mangroven bedeutend zur Kohlenstoffsequestrierung durch Bildung stabiler, sulfurisierter DOM-Verbindungen beitragen. In Laborstudien wurde festgestellt, dass 50–60 % des sulfurisierten DOM resistent gegenüber photochemischem Abbau sind und somit das Potential haben, langfristig in die Tiefsee zu gelangen und so über Jahrtausende im marinen RDOM-Pool gespeichert zu werden. Dies unterstreicht die Bedeutung von sulfurisiertem DOM für die langfristige Kohlenstoffspeicherung in marinen Ökosystemen. Zusätzlich wurden durch die Bestimmung von molekularen DOM-Fingerabdrücken und quantitativen geochemischen Analysen die Variabilität und Stabilität von DOM zwischen den Habitaten detailliert charakterisiert. Diese Erkenntnisse liefern nicht nur grundlegende Informationen über die Prozesse in CVEs, sondern auch entscheidende Impulse für die Weiterentwicklung von Klimamodellen, insbesondere im Hinblick auf die Bewertung des globalen Kohlenstoff- und Schwefelkreislaufs.



Sachbericht zum Verwendungsnachweis TEIL II - Eingehende Darstellung

sea4soCiety-DOM

Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM)

Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg

August 2021 - Juli 2024

Zuwendungsempfänger: Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) / Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Förderkennzeichen: 03F0896J
Vorhabenbezeichnung: AP2 - Kohlenstoff Qualität und Quellen: Rekalzitranz und Sequestrierung von organischem Material
Projekt: "Rekalzitranz von gelöstem organischem Material aus Küstenökosystemen"
Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2021 – 31.07.2024

Dr. Michael Seidel, Dariya Baiko, Prof. Dr. Thorsten Dittmar

Datum: 31.01.2025



1. Verwendung der Zuwendung sowie die erzielten Ergebnisse im Einzelnen

Das Vorhaben (**Tabelle 1**; Meilensteine des Projekts) hat wesentliche Erkenntnisse zur Bildung von refraktärem gelöstem organischem Material (DOM) in Küstenhabitaten erzielt. Ein Fokus stand unter anderem auf der Bildung von stabilen organischen Schwefelverbindungen in Küstensedimenten, die in diesen Habitaten durch abiotische, chemische Reaktionen zwischen DOM und Sulfid gebildet werden. DOM ist der größte organische Kohlenstoffpool im Meer und spielt daher eine zentrale Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. Sulfurierte DOM-Verbindungen (DOS) fungieren zudem als größter organischer Schwefelpool in den Ozeanen und tragen wesentlich zum globalen Schwefelkreislauf bei. Refraktäres DOM (RDOM) ist von entscheidender Bedeutung für die langfristige Kohlenstoffsequestrierung, da es über Tausende Jahre stabil bleibt. Die im Rahmen des Projekts durchgeführten systematischen Untersuchungen zeigen das erhebliche Potenzial von RDOM zur Kohlenstoffspeicherung in Küstenökosystemen (Coastal Vegetated Ecosystems, CVE).

Table 1 Meilenstein-Übersicht des sea4soCieTy-DOM Projekts. Monat des geplanten Abschlusses.

Meilensteine		Monat
M2.1	Harmonisierung des Protokolls zur gemeinsamen Probenahme von POM und DOM sowie der Extraktion und Analyse von DOM	3
M2.2	Identifizierung von RDOM-Fingerabdrücken	17/29
M2.2.1	in den tropischen Habitaten (Kolumbien, Malaysia)	17
M2.2.2	in den gemäßigten Habitaten (Nord- und Ostsee)	29
M2.3	Bestimmung der Stabilität des gebildeten RDOM	32
M2.4	Regional aufgelöste Bestimmung des Kohlenstoff-Sequestrierungspotenzials (bzgl. RDOM) verschiedener Küstenökosysteme	36

Hauptziele und Ergebnisse

Erfassung und Analyse der DOM-Flüsse in küstennahen Vegetationsökosystemen

Im Rahmen umfangreicher Feldkampagnen wurden Salzmarschen, Seegraswiesen und Mangroven in gemäßigten (Nord- und Ostsee) bzw. tropischen Habitaten (Kolumbien, Malaysia) beprobt. Ziel war es, die molekularen Fingerabdrücke des RDOM zu charakterisieren und die Austauschprozesse zwischen DOM-Quellen und angrenzenden Gebieten zu untersuchen. Die molekularen Fingerabdrücke ermöglichten es uns, stabile Formen von DOM (RDOM) von weniger stabilen Formen zu unterscheiden. RDOM ist potentiell über Jahrtausende im Meer stabil, während andere Formen von DOM schnell umgesetzt werden können und somit nur eingeschränktes Kohlenstoffsequestrierungspotential haben. **Tabelle 2** fasst die Probenahme-Standorte, Zeiträume und Probenanzahlen zusammen.

Experimentelle Studien haben gezeigt, dass abiotische Sulfurierungsprozesse in bestimmten Küstensedimenten innerhalb von Stunden bis Tagen zu stabilen DOS-Verbindungen führen können. Inkubationsexperimente belegten, dass etwa 60 % des sulfurierten DOM über einen Monat hinweg stabil gegenüber photochemischem Abbau sind.

Feldkampagnen

Saisonalen Probenahmen in Nord- und Ostsee sowie in tropischen Mangroven lieferten wertvolle Einblicke in die Dynamik von RDOM (**Tabelle 2**) in den folgenden Habitaten:

- Ostsee: Heiligenhafen, Wendtorf, Schleimünde (2022–2023).
- Nordsee: Hamburger Hallig, Mettgrund, Neßmersiel, Helgoland (2021–2022).
- Tropische Systeme: Kolumbien, Malaysia (2022).

Vergleichende Beprobungen in intertidalen Transekten und angrenzenden vegetationsfreien Gebieten zeigten, dass ein signifikanter Austausch von DOM zwischen den Habitaten stattfindet.

Table 2 Übersicht der Feldkampagnen im Rahmen des sea4soCieTy-DOM Projekts, Lokation, Zeit und Anzahl der Proben

Kampagne	Probenahme (Lokation, Monat)		Probenanzahl
2021			
Nordsee	Hamburger Hallig	November 2021	31
	Mettgrund I		9
2022			
Nordsee	Mettgrund II	März 2022	30
Kolumbien	Baru (3 Standorte)	Mai 2022	64
Ostsee	Heiligenhafen (FS Littorina)	Juni 2022	20
Helgoland	Helgoland (FS Littorina)	Juni 2022	12
Mexiko	Mexiko (Sargassum)	Juli 2022	83
Nordsee	Neßmersiel	August 2022	25
Ostsee	Heiligenhafen	August 2022	26
	Wendtorf		29
	Schleimünde I		6
Malaysia	Lankawi, Paka, Setiu	September 2022	69
2023			
Nordsee	Sylt	Mai 2023	6
Ostsee	Schleimünde II	August 2023	10
Probenanzahl der Projektjahre 2021, 2022 und 2023			420

Standardisierung von Methoden und Datensätzen

Die Harmonisierung der Probenahme- und Analyseprotokolle, einschließlich der Festphasenextraktion aus Grund- und Oberflächenwasser (ca. 70 % Extraktionseffizienz) zur anschließenden molekularen Analyse der DOM-Proben, ermöglichte eine verlässliche und vergleichbare Charakterisierung von DOM und partikulärem organischem Material (POM) in verschiedenen CVEs.

Geochemische Analysen und molekulare Fingerabdrücke

Mit Hilfe der ultrahochauflösenden Fourier-Transform-Ionenzyklotron-Massenspektrometrie (FT-ICR-MS) wurden spezifische molekulare Proxies weiterentwickelt und angewendet, um sulfurisiertes DOM und RDOM zu identifizieren sowie deren Umsetzung und Stabilität zu bestimmen (**Tabelle 3**). Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede zwischen tropischen und gemäßigten küstennahen CVEs: tropische Systeme zeigten hohe DOS-Konzentrationen und eine ausgeprägte Anreicherung hocharomatischer DOM-Verbindungen. In den gemäßigten CVEs wurden verstärkt aliphatische DOM-Verbindungen und weniger degradiertes DOM gespeichert. Dies ist wahrscheinlich auf die vergleichsweise reduzierten Transformationsraten bei niedrigeren Temperaturen zurückzuführen.

Table 3 Übersicht der molekularen Indexe zur Charakterisierung der DOM-Komposition

Abkürzung	Molekulare DOM-Indizes	Referenzen
I _{Terr}	Terrestrisches DOM-Index	Medeiros et al., 2016
I _{SuP}	Sulfurisiertes Porenwasser DOM Index	Knoke et al., 2024
I _{DEG}	DOM Degradationsstatus Index	Flerus et al., 2012
I _{bio}	Biologischer DOM Transformationsindex	Bercovici et al., 2023
I _{photo}	Photochemischer DOM Abbauindex	Bercovici et al., 2023
I _{ManL}	Frisches DOM aus Mangrovenblättern	Wölfelschneider et al., 2024
MLB _{wL}	Intensitätsgewichteter molekularer DOM Labilitätsbereich	D'Andrilli et al., 2015
S-MLB _{wL}	S-enthaltender MLB _{wL}	D'Andrilli et al., 2015 & 2023

Wesentliche Erkenntnisse

Die Integration umfassender quantitativer und qualitativer geochemischer und molekularer Analysen war für das Verständnis von Umsetzung und Stabilisierung von DOM entscheidend. Küstennahe Vegetationsökosysteme (CVEs) tragen wesentlich zur Stabilität und Speicherung organischer Kohlenstoff- und Schwefelverbindungen bei, insbesondere durch abiotische Sulfurisierung von DOM. Die gewonnenen Erkenntnisse liefern solide wissenschaftliche Grundlagen für zukünftige Forschungsarbeiten und die Entwicklung biogeochemischer Modelle. Sie unterstreichen das Potenzial von CVEs als natürliche Kohlenstoffsinken und bieten wichtige Grundlagen, um Strategien zur effektiven Kohlenstoffsequestrierung in marinen Ökosystemen zu entwickeln und zu optimieren.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der größte Kostenfaktor des Projekts waren die Personalkosten. Frau D. Baiko war über 32 Monate als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig und spielte eine zentrale Rolle bei der Durchführung und Koordination der Forschungsarbeiten. Zur Unterstützung der Feldarbeiten wurden zeitweise studentische wissenschaftliche Hilfskräfte (F. Alfke, T. Bruhnke, A. Macholett, V. Michaelis, F. Ohl) beschäftigt. Zusätzlich wurde Studierenden die Möglichkeit geboten, ihre Bachelor- und

Masterarbeiten im Rahmen des Projekts anzufertigen (L. Benecke, S. Michel, T. Zimmermann), wodurch die Mittel aktiv zur Förderung und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses genutzt wurden.

Ein weiterer bedeutender Kostenposten waren Reisekosten und der Transport von Proben aus den tropischen Untersuchungsgebieten nach Deutschland. Diese Ausgaben waren essenziell, um die umfangreichen Feldkampagnen erfolgreich durchzuführen und die gewonnenen Proben für die detaillierten Analysen im Labor bereitzustellen.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Im Hinblick auf die geleisteten Projektarbeiten und die erzielten Ergebnisse wurden die zur Verfügung gestellten Mittel effektiv und zielgerichtet genutzt. In den Berichtsteilen wurden die Arbeiten umfassend und detailliert dokumentiert. Die ursprünglich geplanten Projektziele wurden erreicht. Diese umfassten insbesondere die Untersuchung des Potenzials küstennaher Vegetationsökosysteme zur Kohlenstoffspeicherung mit Fokus auf chemische Zusammensetzung, Herkunft und Rekalzitranz des DOM in den vier untersuchten küstennahen Vegetationsökosystemen: Makroalgen, Seegraswiesen, Salzmarschen und Mangroven. Die Ergebnisse liefern nicht nur wertvolle Einblicke in die Rolle dieser Ökosysteme im globalen Kohlenstoff- und Schwefelkreislauf, sondern auch in die Stabilität und die langfristige Speicherung von refraktärem DOM (RDOM). Die Angemessenheit der geleisteten Arbeiten wird durch die umfassenden Feld- und Laboruntersuchungen sowie die erfolgreiche Einbindung und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Projekt zusätzlich unterstrichen.

4. Voraussichtliche Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses - auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die im Rahmen des Projekts gewonnenen Datensätze zu den küstennahen Vegetationsökosystemen in der Nord- und Ostsee sowie in tropischen Habitaten liefern detaillierte Einblicke in das Kohlenstoffspeicherpotenzial von Makroalgen, Seegraswiesen, Salzmarschen und Mangroven. Die gewonnenen Daten sind die Grundlage zur Implementierung von DOM in räumlich hochaufgelöste sowie globale biogeochemische Modelle, die die Kohlenstoffspeicherung in küstennahen Ökosystemen im globalen Kontext abbilden. Die Ergebnisse dieser Modelle sind die Grundlage für die Entwicklung von Managementstrategien und politischen Maßnahmen, die auf die Förderung der Kohlenstoffsequestrierung in diesen Ökosystemen abzielen. Die Veröffentlichung unsere Ergebnisse in Fachzeitschriften und internationalen Datenbanken ist in Vorbereitung, um ihre Verbreitung und Nutzbarkeit nachhaltig sicherzustellen. Die erhobenen Datensätze werden über PANGAEA öffentlich zugänglich gemacht, um die Transparenz und Interoperabilität der Daten zu gewährleisten.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordenen Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Bedeutung von DOM

Die aktuelle Studie von Speidel et al. (2024) hebt die zentrale Rolle von gelöstem organischem Schwefel (DOS) in der Deutschen Bucht der südlichen Nordsee hervor. Die Autoren schätzen, dass der DOS-Austrag aus dem Porenwasser des Wattenmeers etwa viermal so hoch ist wie die kombinierten Einträge der drei wichtigsten Flüsse der Region (Elbe, Weser, Ems). Dies unterstreicht die Bedeutung benthisch-pelagischer Kreisläufe für die regionale Biogeochemie und Kohlenstoffdynamik.

Bercovici et al. (2023) und Knoke et al. (2024) leisteten mit der Entwicklung neuer DOM-Indizes wesentliche Beiträge zur Charakterisierung der molekularen DOM-Zusammensetzung. Diese Indizes ermöglichen eine detaillierte Analyse der DOM-Dynamik und berücksichtigen biotische und abiotische Einflüsse wie Photodegradation, biologische Transformation und Sulfurisierung von DOM in CVEs. Mit der Entwicklung des I_{ManL} DOM-Indexes steht nun auch ein molekularer Marker-Index zur Verfügung, der es ermöglicht, spezifische DOM-Verbindungen aus Mangrovenblättern im ästuarinen DOM nachzuweisen (Wölfelschneider et al., 2024). Die Anwendung dieser Marker-Indizes erweitert nicht nur das Verständnis der Rolle von Mangroven in tropischen Ästuaren, sondern beleuchtet auch die Bedeutung gemäßigter Habitate für die DOM-Dynamik in Küstenökosystemen.

Ergänzend stellten Philips et al. (2022) fest, dass abiotisch sulfurisiertes DOS durchschnittlich etwa 8% – in Spitzenwerten sogar bis zu 20% – zum marinen DOS-Pool beiträgt. Diese Ergebnisse unterstreichen die zentrale Rolle von DOS für die Kohlenstoffspeicherung in marinen Systemen und sie zeigen, wie die Bildung von RDOM und DOS in CVEs den marinen DOM-Kreislauf beeinflusst. Zusammenfassend liefern diese Studien bedeutende Erkenntnisse zur Rolle von DOM und DOS in marinen Kohlenstoff- und Schwefelkreisläufen. Darüber hinaus stellen sie innovative methodische Ansätze bereit, die im Rahmen des vorliegenden Vorhabens erfolgreich aufgegriffen und weiterentwickelt wurden.

5. Erfolgte oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NKBF/NABF

Wissenschaftliche Publikationen

Die Ergebnisse des sea4soCiety-DOM Projektes sollen zeitnah in Form von peer-reviewed Publikationen veröffentlicht werden. Dabei soll unter anderem ein Vergleich der verschiedenen küstennahen Vegetationsökosysteme Aufschluss über das Potenzial der Kohlenstoffspeicherung geben.

Datenveröffentlichungen

Die gesammelten Daten aller Kampagnen (siehe **Tabelle 2**) werden für die Veröffentlichung auf PANGAEA aufbereitet, um die Daten der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung zu stellen. Inhaltlich werden die Datensätze der tropischen und gemäßigten Beprobungen in einzelnen Datenpublikationen zusammengefasst. Die Veröffentlichung der Datensätze hängt von den geplanten wissenschaftlichen Publikationen ab, wird aber in den nächsten ein bis zwei Jahren erfolgen.

Vorträge und Konferenzen

Der wissenschaftliche Austausch und die Präsentation der erhobenen Daten erfolgten im Rahmen internationaler Konferenzen und Symposien. Unter anderem wurden folgende Beiträge präsentiert:

- Baiko D, Benecke L, Dittmar T, Seidel M. Molecular fingerprints of dissolved organic matter in porewater of German coastal vegetated ecosystems; ICYMARE Oldenburg, 2023 (Vortrag)
- Baiko D, Dittmar T, Böning P, Seidel M. Dissolved Organic Matter from Coastal Vegetated Ecosystems Through the Lens of Carbon Sequestration; Ocean Sciences Meeting New Orleans, USA, 2024 (Vortrag)
- Baiko D, Dittmar T, Böning P, Seidel M. Dissolved Organic Matter from Coastal Vegetated Ecosystems Through the Lens of Carbon Sequestration; EGU General Assembly 2024 (Poster)
- Baiko D, Freund W, Böning P, Dittmar T, Seidel M. The Other „Blue Carbon“: Dissolved Organic Matter Sources, Transformations and Fate at German Coasts; ICBM Scientific Advisory Board 2023 (Poster)
- Baiko D, Dittmar T, Fernandez-Mendez M, Fett T, Geuer J, Hehemann J-H, Imai B, Seidel M, Wölfelschneider M, Zimmer M. “Structure, stability and origin of the organic material in coastal vegetated ecosystems” CDRmare General Assembly Hanover, Germany, 2024 (Vortrag)

Literaturverzeichnis

- Bercovici, Sarah K.; Wiemers, Maren; **Dittmar, Thorsten**; Niggemann, Jutta (2023): Disentangling Biological Transformations and Photodegradation Processes from Marine Dissolved Organic Matter Composition in the Global Ocean. In *Environ. Sci. Technol.* 57 (50), pp. 21145–21155. DOI: 10.1021/acs.est.3c05929.
- D'Andrilli, Juliana; Cooper, William T.; Foreman, Christine M.; Marshall, Alan G. (2015): An ultrahigh-resolution mass spectrometry index to estimate natural organic matter lability. In *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 29 (24), pp. 2385–2401. DOI: 10.1002/rcm.7400.
- D'Andrilli, Juliana; Romero, Carlos M.; Zito, Phoebe; Podgorski, David C.; Payn, Robert A.; Sebestyen, Stephen D.; Zimmermann Andrew R., Rosario-Ortiz, Fernando L. (2023): Advancing chemical lability assessments of organic matter using a synthesis of FT-ICR MS data across diverse environments and experiments. In *Organic Geochemistry* 184, p. 104667. DOI: 10.1016/j.orggeochem.2023.104667.
- Flerus, Ruth; Lechtenfeld, Oliver J.; Koch, Boris P.; McCallister, S. Leigh; Schmitt-Kopplin, Philippe.; Benner, Ron; Kaiser Karl; Kattner Gerhard (2012): A molecular perspective on the ageing of marine dissolved organic matter. In *Biogeosciences* 9 (6), pp. 1935–1955. DOI: 10.5194/bg-9-1935-2012.
- Knoke, Melina; **Dittmar, Thorsten**; Zielinski, Oliver; Kida, Morimaru; Asp, Nils; Rezende, Carlos; Schnetger Bernhard; **Seidel Michael** (2024): Outwelling of reduced porewater drives the biogeochemistry of dissolved organic matter and trace metals in a major mangrove-fringed estuary in Amazonia. In *Limnology and Oceanography*. DOI: 10.1002/lno.12473.
- Medeiros, Patricia M.; **Seidel, Michael**; Niggemann, Jutta; Spencer, Robert G. M.; Hernes, Peter J.; Yager, Patricia L.; Miller, William L.; **Dittmar Thorsten**, Hansell Dennis A. (2016): A novel molecular approach for tracing terrigenous dissolved organic matter into the deep ocean. In *Global Biogeochemical Cycles* 30 (5), pp. 689–699. DOI: 10.1002/2015GB005320.
- Speidel, Linn; Silva, Roger; Beck, Melanie; Dellwig, Olaf; Wollschläger, Jochen; **Dittmar, Thorsten**; **Seidel, Michael** (2024): Rivers and tidal flats as sources of dissolved organic matter and trace metals in the German Bight (North Sea). In *Biogeochemistry*, pp. 1–26. DOI: 10.1007/s10533-024-01117-3
- Philips, Alexandra A.; White, Margot E.; **Seidel, Michael**; Wu, Fenfang; Pavia, Frank F.; Kemeny, Preston C., Ma Audrey C., Aluwihare Lihini I., **Dittmar Thorsten**, Sessions Alex L. (2022): Novel sulfur isotope analyses constrain sulfurized porewater fluxes as a minor component of marine dissolved organic matter. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 119 (41), e2209152119. DOI: 10.1073/pnas.2209152119
- Wölfelschneider Mirco, **Dittmar Thorsten**, Hatje Vanessa, **Seidel Michael** (2024): The influence of mangrove forests on estuarine dynamics of dissolved organic matter. In *Bulletin of Marine Science*. <https://doi.org/10.5343/bms.2024.0021>