



**Changing  
Arctic  
Ocean**

**NERC**



Abschlussbericht

**microARC** – Verbund

**Understanding the links between  
pelagic microbial ecosystems and  
organic matter cycling in the changing Arctic**

Zuwendungsempfänger: - GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel  
- AWI Helmholtz-Zentrum für Polar und Meeresforschung  
Bremerhaven

UK Partner: - Marine Biological Association (MBA), Plymouth, UK  
- University of Southampton, National Oceanography Centre  
Southampton (NOCS), UK

Förderkennzeichen: 03F0802A / 03F0802B

Laufzeit: 01.07.2018 - 31.12.2021

Koordinatorin: Prof. Dr. Anja Engel (Deutschland)

Leitende Wissenschaftler: Prof. Dr. Anja Engel (GEOMAR), Dr. Eva-Maria Nöthig (AWI),  
Dr. Markus Schartau (GEOMAR)

UK Partner: Dr. Michael Cunliffe (Koordinator; MBA, UK), Dr. Ben Ward  
(NOCS, UK),

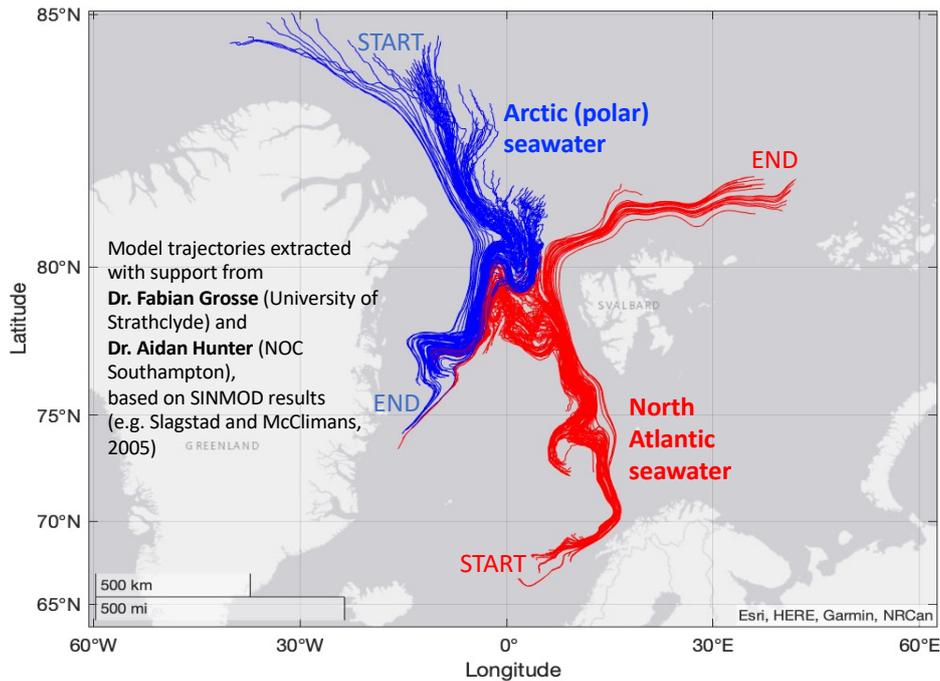
## II. Eingehende Darstellungen Verbund

### II.1 Verwendung der Zuwendung

#### II.1.1 Zusammenfassung der wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse

Über die Saisonalität in arktischen Meeresökosystemen ist nur wenig bekannt, insbesondere über die mikrobielle Dynamik und den Kreislauf organischer Stoffe. Wir untersuchten die Verteilung und Zusammensetzung von gelösten organischen Stoffen (DOM), Gelpartikeln und die heterotrophe bakterielle Aktivität in der Framstraße, im Sommer und Herbst. Die Biomasse des Phytoplanktons beeinflusste den semi-labilen gelösten organischen Kohlenstoff (DOC), der im Herbst abnahm. Die Abnahme der Bioverfügbarkeit von DOM schien der wichtigste Einflussfaktor auf die bakterielle Abundanz und Aktivität zu sein. Es gab deutliche Unterschiede in der Dynamik der transparenten exopolymeren Partikel (TEP) und der mit Coomassie-Blau färbbaren Partikel (CSP). Auch die Menge an TEP und CSP nahm von Sommer bis Herbst ab. Diese Arbeit weist auf deutliche saisonale Unterschiede im mikrobiellen Kreislauf organischer Stoffe in der Framstraße hin und kann dazu genutzt werden, Grundlagenwissen über saisonale Veränderungen in der mikrobiellen Ökosystemdynamik zu schaffen, um die Auswirkungen von Umweltveränderungen im sich erwärmenden Arktischen Ozean besser beurteilen zu können, siehe von Jackowski et al. (2020) Der Atlantische Ozean drängt weiter nach Norden in die arktische Region und führt in einem als "Atlantifizierung" bezeichneten Prozess wärmeres Wasser durch die arktisch-atlantische Pforte in die Arktis ein. Infolgedessen verändern sich die mikrobiellen Planktongemeinschaften, mit noch unklaren Auswirkungen auf den Kreislauf organischer Stoffe. Polysaccharid-reiche Gelpartikel wie TEP sind ein wichtiger Bestandteil des Pools organischer Stoffe und spielen eine wichtige Rolle beim Kohlenstoffexport, indem sie mit anderen Partikeln aggregieren und das Absinken fördern. Während zweier aufeinanderfolgender Fahrten in die Framstraße und in die Barentssee wurde TEP-Kohlenstoff (TEP-C) in der gesamten Wassersäule in Kombination mit molekularökologischen Instrumenten analysiert, um die potenziellen mikrobiellen Planktonquellen und -senken von TEP zu charakterisieren. Mit Hilfe eines Lagrangeschen Partikelverfolgungsmodells konnten zwei verschiedene Wassermassen hinsichtlich ihres Ursprungs unterschieden werden: nordwärts-strömendes Meerwasser aus dem Nordatlantik und eine Wassermasse arktischen Ursprungs, die Richtung Süden transportiert wird (**Abbildung 1**). Eine dritte Wassermasse innerhalb der Framstraße (nicht explizit dargestellt) erwies sich als eine Mischung aus den beiden aus der Arktis und Nordatlantik stammenden Wassermassen. Die in der Framstraße gemischten Wassermassen wiesen, wahrscheinlich bedingt durch hohe Scherkräfte, die höchsten TEP-C-Konzentrationen auf, aber auch den höchsten scheinbaren TEP-Abbau in der Wassersäule. Zusätzlich zum hohen TEP-C-Abbau wurde in den Fram-Gewässern im Vergleich zu den atlantischen und arktischen Gewässern eine größere Vielfalt an potenziellen TEP-Produzenten (Phytoplankton) und TEP-abbauenden Bakterien festgestellt.

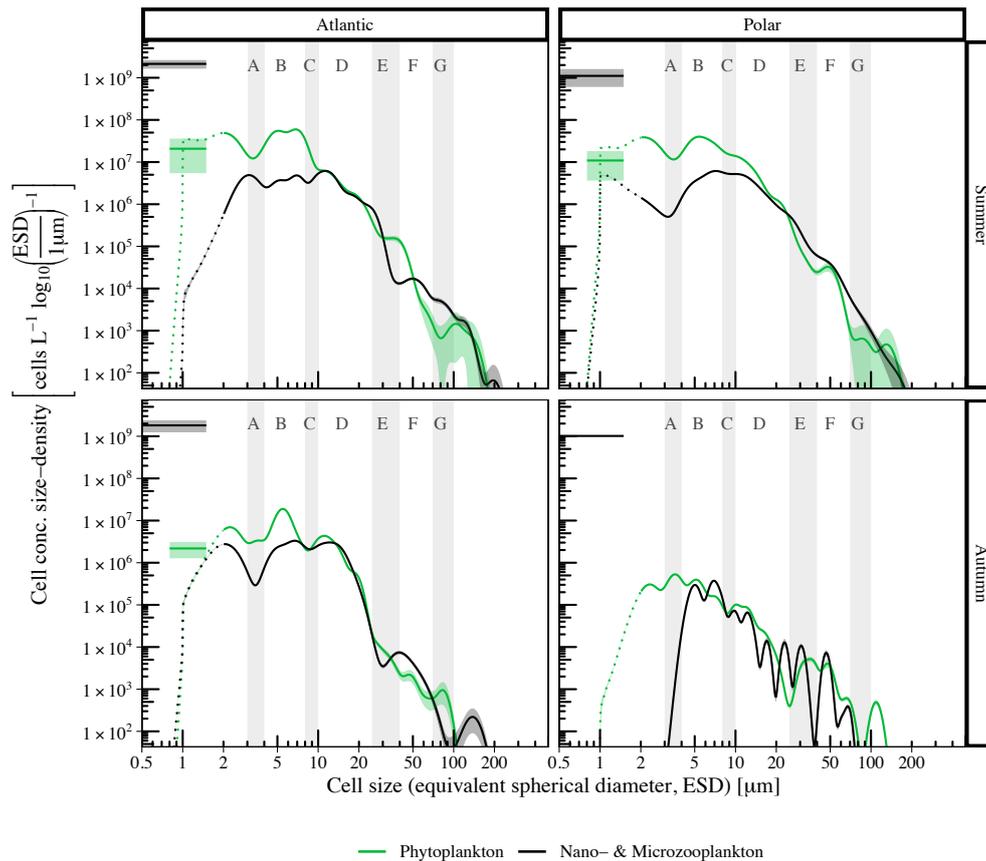
Es wird erwartet, dass die Größe und Häufigkeit des Planktons durch die laufenden Veränderungen in der Arktis beeinflusst wird, was erhebliche Auswirkungen auf die biogeochemischen Prozesse und die Struktur des Nahrungsnetzes hat. Wir haben detaillierte mikroskopische Messungen der Planktongröße und -häufigkeit von Proben aus der Framstraße durchgeführt. Die Ableitung und Analyse von kontinuierlichen Plankton-Größenspektren in



**Abbildung 1:** Modelltrajektorien die die Unterschiede zwischen arktischen, polaren Wassermassen und dem nordwärts strömendem Nordatlantikwasser durch die Fram Straße auflösen. Dargestellt sind die Ensembles an Trajektorien die die Framstraße erreichen zum Zeitpunkt der Sommermessungen.

der Framstraße hat wertvolle Einblicke in die Veränderungen der Größenstruktur der Planktongemeinschaft geliefert, insbesondere im Hinblick auf die räumlich-zeitlichen Unterschiede zwischen den Größenspektren (**Abbildung 2**), siehe Lampe et al. (2021). *Frontiers in Marine Science* 7 DOI 10.3389/fmars.2020.579880.

Die microARC Planktongrößenspektren werden zusammen mit biogeochemischen Beobachtungen aus dem AWI-Hausgarten (Framstraße) für die Modellentwicklung genutzt. Die Modellentwicklung hat sich auf die räumliche Trennung zwischen dem Einfluss des arktischen Meerwassers aus dem Norden und den nordatlantischen Wassermassen, die aus dem Süden in die Framstraße transportiert werden, konzentriert. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Ermittlung der bestmöglichen Modelllösungen, die sowie die beobachteten biogeochemischen Daten als auch die Größenstruktur der Planktongemeinschaft darstellen können. Es sind diese optimierten Modelllösungen, die die besten Modellschätzungen des Massenflusses von Kohlenstoff und Stickstoff durch das mikrobielle Nahrungsnetz liefern werden. Die Arbeiten zur Assimilation der Planktonspektren und der biogeochemischen Daten in das Modell sind zum Zeitpunkt des Projektendes noch nicht vollständig abgeschlossen.



**Abbildung 2:** Räumliche (arktischen oder atlantischen Ursprungs) und zeitliche (Sommer und Herbst) Differenzierung der Größenhäufigkeitszusammensetzung des Planktons in der Framstraße; aus Lampe et al., (2021).

## II.1.2 Allgemeiner Ablauf und Ergebnisse der Arbeiten der Teilprojekte

### WP1: MICROBIAL COMMUNITY STRUCTURE AND FUNCTION

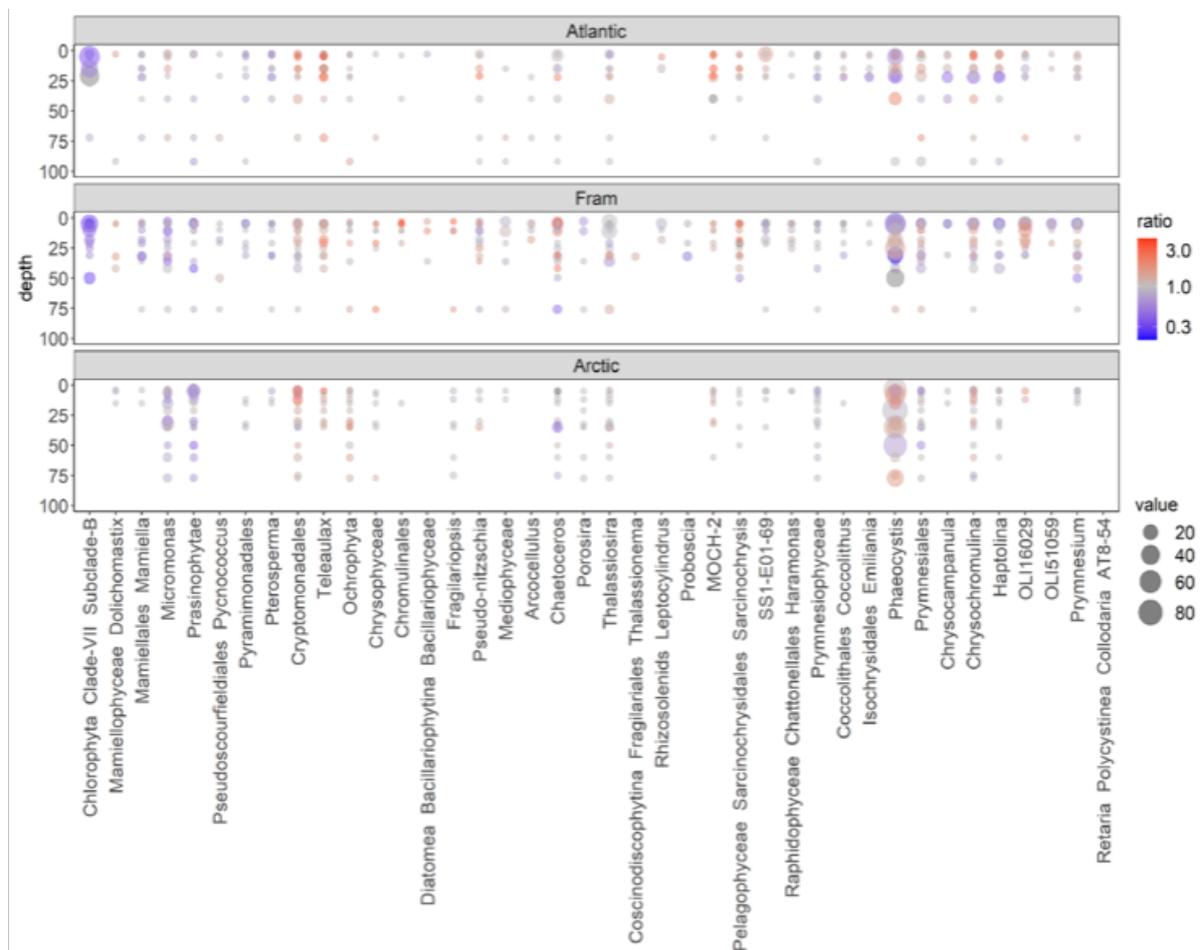
– LEITUNG DR. MICHAEL CUNLIFFE (MBA)

*Zielsetzungen:* Bestimmung der Struktur (Vielfalt und Abundanz) und Funktion der mikrobiellen Gemeinschaft im Arktischen Ozean über räumliche und saisonale Skalen hinweg, mit Schwerpunkt auf Verbindungen zur Verarbeitung/Umsetzung von Mikrogelelen.

*Ergebnisse/Leistungen:* Bewertung der Struktur der gesamten und aktiven mikrobiellen Gemeinschaft (Bakterien, Archaeen, Protisten und Pilze), der Struktur und Funktion der mikrobiellen Gemeinschaft in Verbindung mit Mikrogelepartikeln, der gesamten mikrobiellen Abundanz und der Abundanz in Verbindung mit Mikrogelelen.

*Fortschritte:* Dr. Birthe Zäncker (MBA) sammelte auf zwei aufeinanderfolgenden Expeditionen der RRS *James Clark Ross* Meerwasserproben in der Barentssee (JR18006; 30. Juni - 8. August 2019) und in der Framstraße (JR18007; 9. August - 30. August 2019). An 17 Stationen wurde Meerwasser in der gesamten Wassersäule gesammelt. Dr. Ben Ward (Southampton) nutzte ein Lagrangesches Partikelverfolgungsmodell, um den Ursprung der Wassermassen an jeder Station aus zu bestimmen (abzuschätzen), nachdem zuvor Vanessa Lampe (GEOMAR) Satellitendaten ausgewertet hatte hinsichtlich der Differenzierung der Wasser-

massen anhand von Oberflächentemperatur (Sea Surface Temperature, SST). Die TEP wurden mikroskopisch mit den in **WP3** angewandten Methoden gemessen. Die Abundanz von an Mikrogel gebundenen und frei lebenden Bakterien wurde mit einem Mesolens-Mikroskop ausgewertet, das aufgrund einer hohen numerischen Apertur bei geringer Vergrößerung die Analyse großer Flächen mit einer geringen Auflösung im Mikrometerbereich ermöglicht. DNA und RNA wurden aus gefilterten Meerwasserproben zusätzlich extrahiert. Für jede Probe wurden DNA und RNA (cDNA) sequenziert, um die gesamte bzw. die aktive mikrobielle Gemeinschaft zu bestimmen (ein Beispiel für Phytoplanktondaten ist in **Abbildung 3** dargestellt). Im Rahmen der MOSAiC-Etappe 2 (1/2019-01/2020) hat Dr. Julia Grosse (GEOMAR) Mikrogelproben gesammelt, die nun zum MBA transportiert wurden. Im MBA werden die Proben derzeit verarbeitet, um die Struktur und Funktion der an Mikrogel gebundenen Gemeinschaft zu bewerten. Dr. Birthe Zäncker (MBA) nahm an der Synoptic Arctic Survey (SAS) auf dem Eisbrecher Oden im Juli-September 2021 teil, um Proben aus dem Meereis zu nehmen.



**Abbildung 3:** Struktur der Phytoplankton-Gemeinschaft in atlantischen, Fram- und arktischen Wassermassen in der Barentssee und der Framstraße, bestimmt durch DNA- und RNA-Sequenzierung. Das Verhältnis zeigt die potenzielle Aktivität (rot aktiver/blau weniger aktiv) und die relative Abundanz (Wert). Man beachte die Dominanz von *Phaeocystis* in den arktischen Wassermassen und jenen aus der Framstraße und die allgemein größere Vielfalt in der Wassermasse der Framstraße.

## **WP2: PLANKTONVERÄNDERUNGEN IN DER GRÖßEN-/BIOMASSEVERTEILUNG**

- LEITUNG DR. EVA-MARIA NÖTHIG (AWI)

*Zielsetzungen:* Quantifizierung von Massen- und Volumenschätzungen von Plankton und spezifischen Zellzahlen über räumliche und saisonale Skalen hinweg.

*Ergebnisse/Leistungen:* Massenschätzungen der Plankton-Biomasse und mikroskopische Zählungen von spezifischem Plankton, einschließlich diskreter Größenspektren (gebündelt).

*Fortschritte:* Die Planktonproben, die auf den Fahrten 2018 und 2019 in der Framstraße gesammelt wurden, wurden gezählt (PS114, MSM77 und PS121). Die Proben der MOSAiC-Etape 2 werden von anderen Gruppen gezählt und analysiert, werden aber bis Ende des Sommers 2022 für microARC zur Verfügung gestellt. Dr. Eva-Maria Nöthig (AWI) hat Dr. Markus Schartau (GEOMAR) und Vanessa Lampe (Doktorandin am GEOMAR) Planktongrößen- und Biomassendaten zur Verfügung gestellt, die zur Herleitung kontinuierlicher Planktongrößenspektren verwendet wurden, welche wiederum für die Identifizierung bestmöglicher Modelllösungen genutzt werden (siehe **WP4/5**). Die Methode und Ergebnisse der Herleitung kontinuierlicher Größenspektren aus diskreten mikroskopischen Messungen wurde veröffentlicht (Lampe et al. 2021). Chlorophyll-a und partikulärer organischer Kohlenstoff (POC) wurden analysiert und die Daten an Prof. Dr. Anja Engel (GEOMAR) für **WP3** geschickt, eine veröffentlichte Arbeit wurde damit unterstützt (von Jackowski et al. 2020). Eine Bachelor-Studentin (Michelle Menge, Uni Bremen), die von Dr. Eva-Maria Nöthig (AWI) betreut wurde, hat ihre BA-Arbeit zum Thema "Phytoplankton-Sukzession im AWI LTER HAUSGRATEN (HG-IV, 25m) Juli 2017-Juli 2018" Ende 2019 abgeschlossen - Zählung von Phytoplankton mit Hilfe eines inversen Mikroskops, das mit einem automatischen Probenahmegerät gewonnen wurde. Diese Arbeit wird 2020 mit Zählungen eines weiteren Probensatzes von Juli 2018 bis Juli 2019 an der gleichen und einer weiteren nahe gelegenen Position fortgesetzt. Zum ersten Mal kann die Phytoplankton-Sukzession in zwei aufeinanderfolgenden Jahren in der östlichen Framstraße nachgewiesen werden. Die Hauptbiomasse wird von sehr wenigen Arten wie Kieselalgen und *Phaeocystis* im Frühjahr (Mai) 2018 und ausschließlich *Phaeocystis* im Mai 2019 produziert. Darüber hinaus wurde die Übersicht über frühere Datensätze von Chlorophyll-a und partikulärem organischem Kohlenstoff (POC) für die Jahre 1991-2015, die als Grundlage für unsere Forschung diente, fertiggestellt und veröffentlicht (Nöthig et al., 2020).

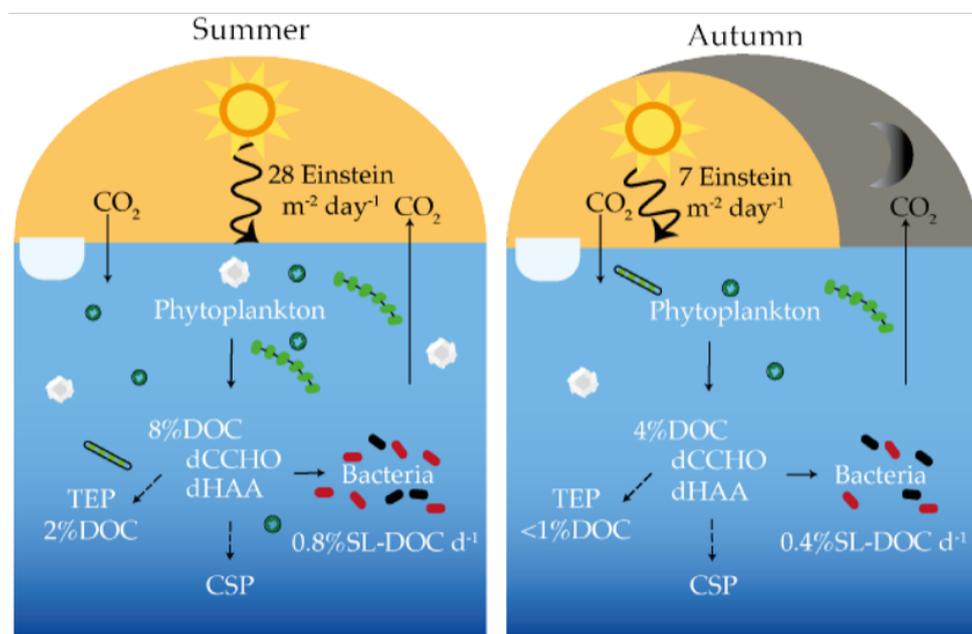
## **WP3: QUALITÄT UND QUANTITÄT DER ORGANISCHEN SUBSTANZEN (OM)**

- LEITUNG PROF. DR. ANJA ENGEL (GEOMAR)

*Zielsetzungen:* Quantifizierung der OM-Konzentration, Zusammensetzung und -Produktionsraten in offenen und eisbedeckten Oberflächenbereichen des Arktischen Ozeans und Abschätzung der OM-Bioverfügbarkeit durch molekulare Analyse der wichtigsten biochemischen Verbindungen. Bewertung der Rolle von Mikrogelpartikeln im Kohlenstoff- und Stickstoffkreislauf.

*Ergebnisse/Leistungen:* Bewertung der zwischenjährlichen und saisonalen Veränderungen im mikrobiellen Kreislauf der organischen Substanz und der organischen C- und N-Pools (siehe **Abbildung 4**).

**Fortschritte:** Um die Ursachen der beobachteten Schwankungen und mögliche Zusammenhänge mit der mikrobiellen Gemeinschaft zu untersuchen, nahm das am GEOMAR ansässige **WP3**-Forschungsteam an fünf Fahrten in die Framstraße und im Rahmen der MOSAiC Expedition an einem Fahrtabschnitt in den zentralen Arktischen Ozean teil. Die ersten beiden Expeditionen fanden 2018 in der Framstraße statt, an Bord von FS Polarstern (PS114) zwischen dem 10. Juli und 03. August 2018 und an Bord von FS Maria. S. Merian (MSM77) zwischen dem 16. September und dem 12. Oktober 2018 statt. Ziel dieser beiden Expeditionen im Jahr 2018 war es, die saisonale Variabilität innerhalb eines Jahres zu erforschen. Im Jahr 2019 fanden zwei weitere Expeditionen statt. Die Fahrt MSM85 fand zwischen dem 20. Juli und dem 10. August 2019 entlang der grönländischen Küste statt. PS121, die Ausfahrt zwischen dem 10. August und 13. September 2019, führte erneut in die Framstraße. Während PS121 konzentrierte sich die Forschung auf den Ost-West-Gradienten 79°N von 13°E bis 5°W sowie entlang des Nord-Süd-Gradienten. Die Beprobung auf MOSAiC leg2 (1/2019-01/2020) boten die einzigartige Gelegenheit, den selten beprobten Winter zu untersuchen, einschließlich der Sammlung von Proben für **WP1**.



**Abbildung 4:** Zeitliche Verteilung des organischen Kohlenstoffs zwischen dem gelösten und dem mikrobiellen Pool in der integrierten Wassersäule der Framstraße im Sommer (links) und Herbst (rechts). Das Phytoplankton setzt semi-labile DOM-Komponenten wie dCCHO und dHAA frei, die sich weiter in TEP und CSP verteilen können. Der Rückgang an semi-labilem DOC führt zu einer Abnahme der bakteriellen Aufnahme von semi-labilem DOC (%SL-DOC d<sup>-1</sup>) und der Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft vom Sommer zum Herbst. HNA-Bakterien sind rot und LNA-Bakterien schwarz eingefärbt. Die PAR-Daten sind eine monatliche Schätzung des Satelliten MODIS-Aqua; aus von Jackowski et al. (2020).

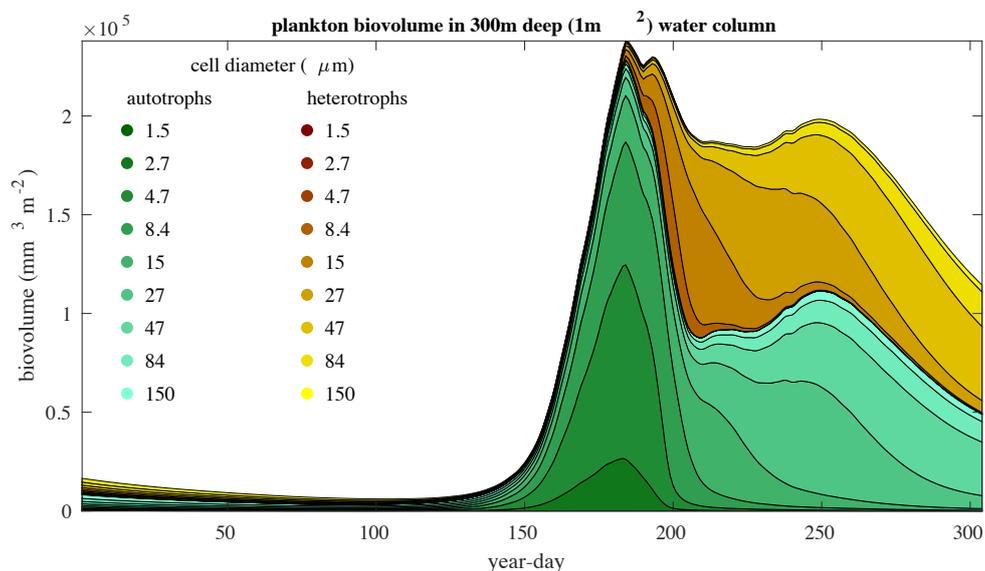
#### **WP4:** MODELLENTWICKLUNG UND DATEN-MODELSYNTHESE

- LEITUNG DR. BEN WARD (UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON)

**Zielsetzungen:** Identifizierung und Erklärung der wichtigsten Wechselbeziehungen zwischen Veränderungen in der Größenstruktur der Planktongemeinschaft und dem OM-Kreislauf.

*Ergebnisse/Leistungen:* Entwickeltes Modell für Hindcast-Simulationen, das saisonale Veränderungen in der Plankton-Größenstruktur beschreiben kann sowie entsprechende Veränderungen in der Kohlenstoff (C)- und Stickstoff (N)-Biomasse auflöst. Entwicklung einer Likelihood-Metrik zur Assimilation der in der Framstraße gemessenen biogeochemischen Daten (Konzentrationen anorganischer und organischer Substanzen).

*Fortschritte:* Dr. Aidan Hunter (Southampton) hat ein neuartiges Lagrange-Ökosystemmodell in MATLAB entwickelt, welches dazu verwendet werden kann, die Beobachtungen des AWI HAUSGRATEN hinsichtlich ihrer Vor- und Nachgeschichte dynamisch zu simulieren. Das in **WP4** entwickelte Modell ist nun ein ausgereiftes Softwarepaket auf GitHub (wenn auch noch nicht öffentlich verfügbar). Eine Publikation zur Beschreibung des Modells wird erst nach Abschluss des Verbundvorhabens möglich sein. Derzeit wird das Modell in **WP5** getestet und weiter verbessert. Die Besonderheit des MicroARC Modells ist die Einbeziehung größenabhängiger Prozesse bei der Primärproduktion und bei dem Transfer organischer Biomasse hinzu höheren trophischen Ebenen. Entsprechend können Änderungen in der Größenzusammensetzung des Phytoplanktons und des Mikrozooplanktons aufgelöst werden (**Abbildung 5**). In **WP4** wurden erste Parameteroptimierungen durchgeführt unter Verwendung der Likelihood-Metrik zur Assimilation der gemessenen Vertikalprofilen an gelöstem anorganischem Stickstoff (Nitrat+Nitrit Konzentrationen) und von partikulärem C und N (POC und PON) sowie Chlorophyll-a Konzentrationen. Die von Dr. Hunter entwickelte Metrik wird in **WP5** benutzt und ergänzt durch eine weitere Metrik für die Assimilation der Planktonspektren. In **WP4** wurde der technische Rahmen zur Erzielung wichtiger Modellergebnisse geschaffen, und das Team arbeitet zusammen mit **WP5** an der endgültigen Verfeinerung des Modells und der Kombination der beiden (ökologischen und biogeochemischen) Metriken, um robuste Ergebnisse einer Daten-Modellsynthese zu erzielen.



**Abbildung 5:** Zeitliche Entwicklung der Biovolumina der einzelnen Größenklassen des MicroARC Modells für eine nordatlantische Trajektorie: Phytoplankton (grün) und Mikrozooplankton (braun/gelb).

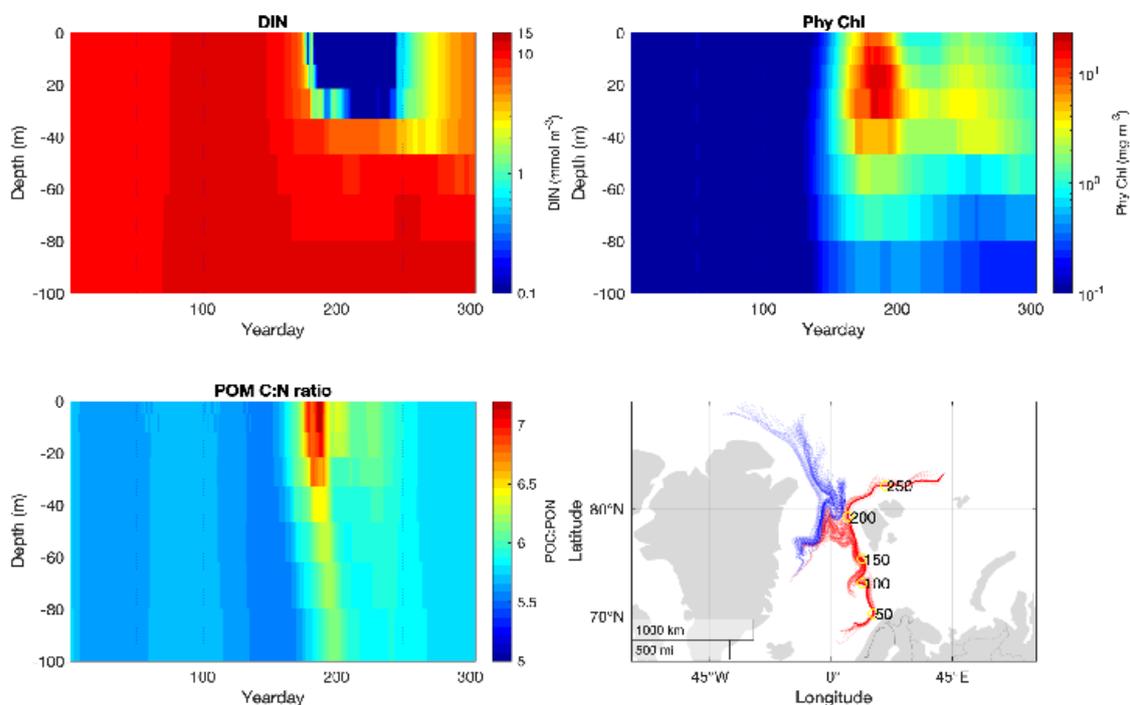
**WP5: PLANKTON-GRÖßENSPEKTREN & OPTIMIERTE SIMULATIONEN DER MASSEFLÜSSE ANORGANISCHER UND ORGANISCHER SUBSTANZEN**

- LEITUNG DR. MARKUS SCHARTAU (GEOMAR)

*Zielsetzungen:* Eingrenzung und Quantifizierung der jährlichen und saisonalen Schwankungen im C- und N-Kreislauf, unter Berücksichtigung der ökologischen Änderungen in der Planktonzusammensetzung (Plankton-Größenhäufigkeiten).

*Ergebnisse/Leistungen:* Erste Modellschätzungen der mehrjährigen, saisonal aufgelösten Massenflüsse von C und N, einschließlich der erster Parameterschätzungen und deren Unsicherheiten. Entwicklung einer Metrik, die die Abweichung zwischen den beobachteten Planktonspektren und der Modelllösung diskreter Größenklassen quantifiziert, so dass diese für die Optimierung der Modellparameter (Konstanten) genutzt werden kann. Dafür mussten zuvor kontinuierliche Planktonspektren aus den in **WP2** gemessenen mikroskopischen Daten hergeleitet werden (Lampe et al, 2021).

*Fortschritte:* Das Team arbeitet derzeit mit einer Kombination zweier Metriken, die die Grundlage für eine multiobjektive Modelloptimierung bilden. Dabei muss ein Kompromiss identifiziert werden, zwischen der Güte der Modellergebnisse der Planktonspektren und der Fähigkeit des Modells, die beobachteten Konzentrationsmessungen zu beschreiben. Diese beiden Metriken aus **WP4** und **WP5** informieren über die Wirkungsweise der ökologischen Planktoninteraktionen und über die biogeochemischen Prozesse. Beide Metriken



**Abbildung 6:** Simulationsergebnisse für eine Modelltrajektorie der aus dem Nordatlantik stammenden Wassermasse, die im Sommer die Framstraße erreicht: Anorganischer gelöster Stickstoff (Dissolved Inorganic Nitrogen, DIN) in  $\text{mmol N m}^{-3}$ , Chlorophyll-a in  $\text{mg m}^{-3}$ , Kohlenstoff (C) zu Stickstoff (N) Verhältnis (C:N) des partikulären organischen Materials (POM). Zeiten (Tag im Jahr) sind entlang der Trajektorie angegeben. Die Sommermessungen in den Jahren 2016 und 2017 umfassen den Zeitraum (Tage 174 - 231 im Jahr).

sollten unabhängige Informationen liefern. In welchem Maß dies zutrifft ist Bestandteil aktueller Untersuchungen. Nach den letzten Modellkorrekturen konnte eine Vielzahl von Modellläufen realisiert werden. In **WP5** wurde das Modell erweitert, so dass auch Trajektorien des Modells in der Lage sind, die Herbstmessungen zu repräsentieren. Wichtige erste Ergebnisse zeigen eine Pareto Front, welche einen Kompromiss zwischen ökologischem Detail und der Biogeochemie darstellt. **Abbildung 6** zeigt die Modelllösung mit Parameterwerten nahe einer solchen Pareto Front, mit Ergebnissen einer Trajektorie, die ihren Ursprung im nördlichen Atlantik hat und die Framstraße im Sommer zum Zeitpunkt der Beobachtungen erreicht.

## II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der zahlenmäßige Nachweis erfolgt durch die Verwaltungen der beteiligten Institute.

## II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten in microARC entsprechen dem Arbeitsplan und sind somit gegeben.

## II.4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

### Wirtschaftliche Erfolgsaussichten

Das Projekt verfolgt keine wirtschaftlichen Zwecke.

### Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten

Die Modellierungsarbeiten (Entwicklung und Simulationen) aus dem microARC Projekt liefern neue Erkenntnisse, die direkt für großskalige Modellabschätzungen in der Arktis und zur Simulation zukünftiger Entwicklungen genutzt werden können. Unsere Simulationsergebnisse und Daten werden öffentlich zur Verfügung stehen und können somit Eingang in weitere Modell- und Synthesestudien finden sowie zu Risikoschätzungen genutzt werden. Die in microARC eingeleiteten Arbeiten zur Kombination aus Messung und Modellierung sind in ihrem Ansatz einzigartig. Sie liefern auch nach Projektende Anwendungsmöglichkeiten, die für ähnliche Studien in anderen Ozeangebieten genutzt werden können. Das gesamte microARC Team ist offen für die Entwicklung neuer Projekte/Kooperationen, sobald herausragende Veröffentlichungen abgeschlossen sind.

### Nachwuchsförderung

Studierenden, Doktorierenden und promovierten Wissenschaftler/Innen wurden Möglichkeiten und Unterstützung bei der internationalen Vernetzung geboten. Entsprechend hat der MicroArc Verbund beigetragen, die Arbeiten/Studien der Nachwuchswissenschaftler/Innen international sichtbar zu machen. In **WP3** wurde der Studentin Anabel von Jackowski die Möglichkeit zur Promotion über Themen des MicroARC Projektes gegeben. Die Studentin hat ihre Dissertation im Mai 2022 erfolgreich verteidigt. Auch der Studentin Alba Filella Lopez de Lamadrid, M.Sc. Biologische Ozeanographie, Universität Kiel, hat zu **WP3** Themen ihre Abschlussarbeit (2020) durchgeführt. Des Weiteren wurden Studierende des gemeinsamen M.Sc. Studiengangs Biologische Ozeanographie der Universität Kiel und des GEOMARS und Studierenden der Universität Bremen des AWI aktiv als Studierenden Hilfs-

kräfte in praktische Arbeiten der Biologischen Ozeanographie und der mikrobiellen Biogeochemie im Projekt eingebunden. Sie konnten so einen praktischen Bezug zu ihrem Studium gewinnen.

Frau Vanessa Lampe war als Doktorandin bis einschließlich Juni 2022 in der Forschungseinheit Biogeochemische Modellierung angestellt. Während ihrer Vertragslaufzeit konnte noch keine abschließende Doktorarbeit fertiggestellt werden. Aufgrund der weitgediehenen Modellentwicklungsarbeiten sowie den zahlreichen Vorstudien und Modelltests plant Frau Lampe eine weitere Publikation und beabsichtigt die Fertigstellung einer Doktorarbeit bis Ende 2022.

### **Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit**

Die Ergebnisse des Projektes wurden und werden in internationalen biologisch und chemisch ozeanographischen Fachzeitschriften oder übergreifenden Journalen publiziert. Des Weiteren wurden Ergebnisse auf internationalen Konferenzen (z.B. AGU/ASLO) präsentiert. Die Beobachtungs- und Messdaten des Projektes wurden und werden entsprechend dem Datenmanagementkonzept am GEOMAR sowie in der globalen PANGAEA-Datenbank ([www.pangaea.de](http://www.pangaea.de)) archiviert und stehen damit auch anderen interessierten Wissenschaftler/Innen und der Öffentlichkeit zur Verfügung. Die Veröffentlichung von Ergebnissen in der wissenschaftlichen Literatur hat eine Werbewirkung für die deutsche Meeresforschung, aus der Bedarf an Expertise, Techniken und Geräten entstehen kann. Die messtechnischen Anwendungen von **WP3** tragen dazu bei, die Bedeutung dieser Methoden für Untersuchungen gelöster organischer Substanzen im Ozean hervorzuheben und weiter international zu etablieren. Die in Lampe et al. (2021) analysierten Ergebnisse sowie die zugehörigen Analyseskripte (in R) wurden beim GEOMAR Datenmanagement zur Prüfung eingereicht und eine Persistent Identifier (PID) und Link werden zugeteilt, sobald die Daten und Skripte validiert wurden. Mit der PID werden die Daten und Skripte über den THREDDS Server für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht, mit Verweis auf die entsprechende Publikation. Das in **WP4** entwickelte Modell ist auf GitHub verfügbar (jedoch noch nicht öffentlich). Sowohl die Modellentwicklung als auch die geplante Prozedur zur Parameteroptimierungen am GEOMAR umfassen neue Ansätze, die voraussichtlich in zukünftigen Studien im Bereich der biogeochemischen Modellierung weitere Anwendungsmöglichkeiten finden werden. Das in **WP4/WP5** entwickelte MicroARC Modell lässt sich zukünftig nutzen und kann für weitere Fragestellungen der Biologischen Ozeanographie und Biogeochemie angewandt werden.

In microARC wurden, auch aufgrund der Pandemie-bedingten Verzögerungen, zum Projektende viele Proben gesammelt und analysiert. Diese neuen Daten und Erkenntnisse konnten noch nicht vollständig wissenschaftlich ausgewertet werden. Ebenso könnte eine Synthese der microArc und CAO Verbund Ergebnisse wichtige übergreifende Erkenntnisse zum Klimabedingten Wandel der Arktis liefern. Ähnlich verhält es sich bei der Modellentwicklung; verwertbare und publizierbare Simulationsergebnisse können erst nach Ablauf des Projektes erzielt werden. Eine effektive wissenschaftliche Anschlussfähigkeit bestünde darin, Projektförderungen anzubieten, die auf die wertvollen Arbeiten, wie sie im CAO-Verbund und in microARC erbracht wurden, aufbauen könnten.

## **Zusammenarbeit mit anderen CAO-Projekten sowie mit anderen nationalen und internationalen Studien des Vereinigten Königreichs und Deutschlands**

Partner/Innen des MicroARC Verbundes arbeiten mit dem **CACOON**-Team zusammen, welches Veränderung des arktischen Kohlenstoffkreislaufs im küstennahen Ozean untersucht. Im Rahmen der gemeinsamen deutsch-britischen **CACOON**-Probenahmekampagne wurden 2019 Proben für mikrobielle Analysen aus den Flüssen Lena und Kolyma entnommen. Im Jahr 2020 wurden die Proben zur MBA gebracht und DNA/RNA aus 81 Proben extrahiert. Im Sommer 2021 werden die DNA/RNA-Proben sequenziert und auf mikrobielle Vielfalt untersucht. Diese Daten werden die geochemischen Analysen des **CACOON**-Teams ergänzen, um ein ganzheitliches Bild der mikrobiellen Biogeochemie der arktischen Flusssysteme und der Auswirkungen auf die angrenzenden marinen Systeme zu erhalten.

Aus dem microARC Projekt wurden Daten zur mikrobiellen Vielfalt für das **PETRA** Projekt bereitgestellt, welches Pfade und Emissionen von klimarelevanten Spurengasen in einem sich verändernden arktischen Ozean bestimmt. Diese zusätzlichen Daten helfen bei der Interpretation von Ergebnissen zu Produktion und zum Verbrauch von Spurengasen des **PETRA** Projekts. Das Team von microARC arbeitet auch mit Dr. Damian Arévalo-Martínez (GEOMAR) zusammen, um Proben zu nehmen und mikrobielle Daten bereitzustellen, um die Untersuchungen der Spurengasproduktion während der bevorstehenden synoptischen Arktisuntersuchung 2021 zu unterstützen.

Die Modellentwicklung in microARC wurde von Dr. Fabian Grosse und Prof. Neil Banas (Universität Strathclyde) unterstützt, die bei der Extraktion der Lagrange-Trajektorien aus den SINMOD Modellsimulationen halfen. Die SINMOD Simulationen wurden für das **Arctic Prize** Projekt genutzt (Arktische Produktivität in der saisonalen Eiszone) und auch in **PEANUTS**, einem CAO Projekt zu Änderungen der Primärproduktion durch die Anreicherung arktische Nährstoffflüsse.

Das MicroARC Projekt konnte sich an dem multidisziplinären driftenden Observatorium für das Studium des arktischen Klimas (**MOSAiC**) beteiligen. Dr. Julia Grosse (GEOMAR) hatte einen Platz auf der **MOSAiC**-Etappe 2, bei der auch Probenahmen für das microARC Projekt durchgeführt wurden. Die Proben der **MOSAiC**-Etappe 2 werden jetzt am GEOMAR und am MBA bearbeitet. Der Hauptteil der **MOSAiC**-Expedition, die molekular-ökologische Sequenzierung, wurde vom Joint Genome Institute unter der Leitung von Prof. Thomas Mock (UEA) mit Unterstützung von microARC mitfinanziert. Das microARC Team des MBA wird Fachwissen beisteuern und an der Auswertung der molekular-ökologischen Zeitserien mitarbeiten.

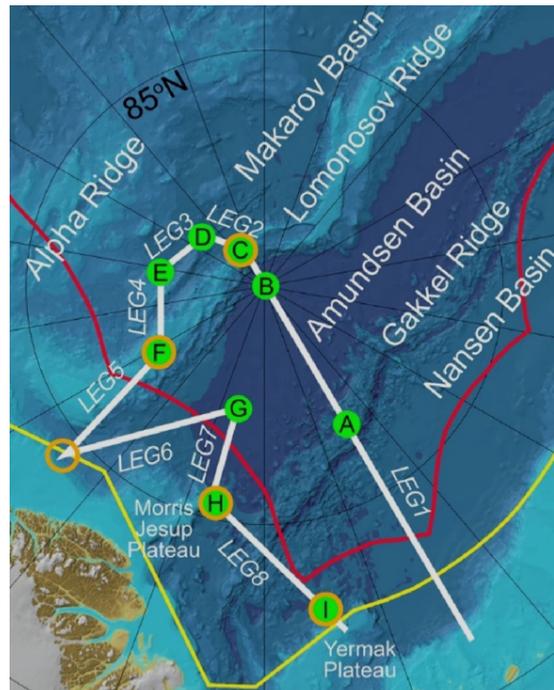
Die **Synoptic Arctic Survey Expedition** mit dem schwedischen Eisbrecher Oden ist Teil des internationalen Synoptic Arctic Survey (**SAS**). Im Rahmen des EU-Programms **ARICE** (Arctic Research Icebreaker Consortium) hat sich das microARC Team einen Platz auf der Oden-Forschungsfahrt 2021 gesichert (die ursprünglich für 2020 geplant war, aber wegen COVID verschoben wurde). Diese Fahrt wird das Spektrum der vom microARC Team untersuchten arktischen Ökosysteme erweitern, einschließlich der Beprobung des Meereises unter verschiedenen Bedingungen (mehrjährig, einjährig, usw.). Die Oden-Forschungsfahrt ermöglichte auch neue internationale Kooperationsbeziehungen aufbauen.

## **Aufgetretene Probleme und/oder Abweichungen vom ursprünglichen Projektplan und Kosten**

Die Projektarbeiten wurden ab dem Winter 2019/2020 stark von der Covid-19 Pandemie beeinflusst. Dies führte zu Verzögerungen in der Transportlogistik, den Laborarbeiten und in der Betreuung der Nachwuchswissenschaftler. Die meisten Verzögerungen konnten mit Hilfe einer 6-monatigen Laufzeitverlängerung des Projektes aufgefangen werden. Ein Teil der Synthesearbeiten, die im Verbund geleistet werden, dauern noch an und werden, abhängig von finanzieller Unterstützung, innerhalb der nächsten zwei bis drei Jahre fortgeführt.

Die im Antrag angegebene strikte Arbeitsteilung zwischen **WP4** und **WP5** wurde angepasst, um eine bessere Zusammenarbeit bei der Datenanalyse und der Modellentwicklung zu ermöglichen. Diese Änderung der praktischen Arbeitsteilung war auch bedingt durch die Reiseeinschränkungen, die seit März 2020 gelten. Ursprünglich waren gemeinsame Besuche geplant, bei denen separate Programmieraufgaben zwischen den Arbeitsgruppen zusammengeführt werden sollten. In der Praxis haben sich die Arbeiten in **WP4** und **WP5** letztendlich aneinander angleichen können, was durch eine Online-Zusammenarbeit in kleinerem Umfang erleichtert wurde. Im ursprünglichen Vorschlag sollte **WP4** die "Modellentwicklung und Modell-Datensynthese" abdecken, während **WP5** auf die "Modellierung der Flüsse organischer Stoffe" abzielte. In der Praxis haben die beiden Arbeitspläne zu einer wesentlich stärkeren Zusammenarbeit geführt. Taxonomische und geochemische Daten, die von Dr. Eva-Maria Nöthig (AWI) aus **WP2** zur Verfügung gestellt wurden, wurden von Vanessa Lampe (GEOMAR) und Dr. Aidan Hunter (Southampton) bearbeitet und ausgewertet. Vanessa Lampe (GEOMAR) war in erster Linie für die Herleitung der Plankton-Größenspektren verantwortlich, während Dr. Aidan Hunter (Southampton) eine strenge Normalisierung der biogeochemischen Daten vornahm. Es gab eine bedeutende Zusammenarbeit zwischen **WP4** und **WP5** bei der Entwicklung einer Kostenfunktion zur Quantifizierung der Fehlanpassung von Modelldaten. Was die Modellentwicklung betrifft, so hat Dr. Aidan Hunter (Southampton) das vorgeschlagene "vertikal aufgelöste (1D) Modell" auf der Grundlage der oben beschriebenen Planktonspektren und biogeochemischen Beobachtungen entwickelt. Vanessa Lampe (GEOMAR) nutzt diesen Rahmen, um die Gültigkeit der in **WP4** und **WP5** entwickelten Metriken für eine Parameteroptimierung zu untersuchen. Der Vertrag von Dr. Aidan Hunter (Southampton) wurde bis zum 31.08.2021 verlängert. Dies geschah, um die durch die COVID-Pandemie verursachten Unterbrechungen des Fortschritts, auszugleichen (und wurde durch eine Verlängerung des MicroARC Projektes unterstützt).

Die Synoptic Arctic Survey (SAS)-Forschungsfahrt (**Abbildung 7**) an Bord des Eisbrechers Oden war für den Sommer 2020 geplant, an der Dr. Birthe Zäncker (MBA) teilnehmen sollte. Leider wurde die SAS-Forschungsfahrt 2020 wegen der COVID-Pandemie abgesagt. Glücklicherweise konnte die SAS-Forschungsfahrt auf Juli-September 2021 verschoben werden. Der Vertrag von Dr. Birthe Zäncker (MBA) wurde im Rahmen der NERC-Verlängerung für microARC bis zum 31.12.2021 verlängert, so dass sie an der SAS-Fahrt 2021 teilnehmen konnte.



**Abbildung 7:** Karte mit dem Untersuchungsgebiet und den acht Expeditionsabschnitten (Abschnitte 1-8; weiße Linie). Die grünen Punkte zeigen die ungefähren Positionen der neun 24-Stunden-Eisstationen (Stationen A-I). Die gelbe Linie kennzeichnet das vom Arktischen Rat definierte große marine Ökosystem des zentralen Arktischen Ozeans, das durch tiefe Becken und permanente Eisbedeckung gekennzeichnet ist. Die rote Linie umfasst das Gebiet außerhalb der ausschließlichen Wirtschaftszonen (AWZ) der Küstenstaaten, die sich 200 Seemeilen vor den Küsten erstreckt.

### **Maßnahmen und Ergebnisse des Engagements für politische Entscheidungsträger**

Im Rahmen von microARC konnte eine politische Zusammenfassung erstellt werden, die Teil des Dokuments zur politischen Ausrichtung von Changing Arctic Ocean (CAO) in UK war. Das Dokument enthielt eine Einführung in das Programm "Changing Arctic Ocean", seine Ziele, die Projekte und ihre politikrelevanten Ergebnisse. Potenzielle Nutzer wurden in dem Dokument genannt, darunter DEFRA, der Arktische Rat und IPCC.

### **Maßnahmen und Ergebnisse für öffentliche MINT (engl. STEM) Lehrbeiträge**

Die Marine Biological Association (MBA) ist eine 1884 gegründete und 2013 durch eine königliche Charta eingetragene wissenschaftliche Gesellschaft mit internationalen Mitgliedern in 46 Ländern, darunter Studenten, die breite Öffentlichkeit und junge Mitglieder unter 18 Jahren. Dr. Michael Cunliffe (MBA) schrieb einen populärwissenschaftlichen Artikel über das MicroARC-Projekt für die Zeitschrift *Marine Biologist*, die von der MBA produziert und weltweit an alle Mitglieder verschickt wurde.

Michael Cunliffe (2019) Das verlorene Paradies? Der Arktische Ozean im Wandel. *The Marine Biologist* pp 29-30. Link zum Artikel: <https://www.mba.ac.uk/issue-13>

Frontiers for Young Minds ist eine gemeinnützige, frei zugängliche wissenschaftliche Online-Zeitschrift, die MINT-Artikel "von Kindern für Kinder" veröffentlicht. Dr. Michael Cunliffe und Dr. Birthe Zäncker (MicroARC) haben zusammen mit Dr. Rowena Stern (MBA) und Elliot

Price (Universität Liverpool) vom NERC CAO ARICE Projekt einen Artikel über das mikrobielle Leben im Meer in der Arktis geschrieben.

Zäncker B, Stern R, Price E und Cunliffe M (2020) Reduce, Reuse, Recycle in the Arctic Ocean With the Power of Microbes. *Front. Young Minds.* 8: 90. doi: 10.3389/frym.2020.00090 Link zum Artikel: <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2020.00090>

Mitarbeit (Dr. Eva-Maria Nöthig) beim Artikel im AWI Meereisportal: Meereisschmelze: ‚Ein ungeahnter Dominoeffekt‘ <https://www.meereisportal.de/de/archiv/2021-kurzmeldungen-gesamt-texte/meereisschmelze-ein-ungeahnter-dominoeffekt/>

Beitrag (Dr. Eva-Maria Nöthig) zum Artikel im AWI Meereisportal: ‚3.1.1 Veränderungen in der Arktis‘ im Kapitel Meereisökosysteme und Klimawandel' <https://www.meereisportal.de/de/meereiswissen/meereisbiologie/3-meereisoekosysteme-und-klimawandel/31-klimatisch-bedingte-veraenderung-der-produktionsraten-im-und-um-das-meer-eis/311-veraenderungen-in-der-arktis/>

Vortrag (Anabel von Jackowski), 22. Mai 2019 Das microARC-Projekt und der Klimawandel in der Arktis, Pint of Science in Basel, Schweiz.

## II.5 Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Untersuchungen zu Biomasse und Artenzusammensetzung wurden im Rahmen des CAO NERC/BMBF Verbund Projektes von britischen Kollegen in DIAPOD und PEANUTS durchgeführt. Diese Studien konzentrierten sich überwiegend auf die Barentsee. Die britischen Studien erfassten keine Details in der Planktonzusammensetzung hinsichtlich der Größenhäufigkeitsstrukturen im Größenbereich des kleinen Phytoplanktons und des Mikrozooplanktons. Höher trophische Level (z.B. Copepoden) wurden hingegen genauer untersucht, insbesondere die Bedeutung der großen Phytoplanktonzellen (z.B. große Diatomeen) als Nahrung vor der Diapause der Copepoden (Überwinterungszeit). Die Ergebnisse dieser und unserer Studien sind komplementär. Ein zu MicroARC vergleichbares Modell existiert nicht und ein Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens ist uns nicht bekannt.

## II.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen

### Begutachtete Publikationen:

Engel, A., Bracher, A., Dinter, A., Endres, A., Grosse, J., Metfies, K., Peeken, I., Piontek, J., Salter, I, und Nöthig, E.-M. (2019) Inter-Annual Variability of Organic Carbon Concentration in the Eastern Fram Strait During Summer (2009–2017) *Front. in Mar. Sci.*, 6 . Art.Nr. 187. DOI 10.3389/fmars.2019.00187.

von Jackowski, A., Grosse, J., Nöthig, E. M. und Engel, A. (2020) Dynamics of Organic Matter and Bacterial Activity in the Fram Strait during Summer and Autumn. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378 (2181). Art.Nr. 20190366. DOI 10.1098/rsta.2019.0366.

- Grosse, J., Endres, S. und Engel, A. (2020) Ocean Acidification Modifies Biomolecule Composition in Organic Matter Through Complex Interactions. *Scientific Reports*, 10 (1). Art.Nr. 20599. DOI 10.1038/s41598-020-77645-3.
- Engel, A., Endres, S., Galgani, L. and Schartau, M. (2020) Marvelous Marine Microgels: On the Distribution and Impact of Gel-Like Particles in the Oceanic Water-Column. *Front. in Mar. Sci.* 7. Art.Nr. 405. DOI 10.3389/fmars.2020.00405
- Nöthig, E.-M. et al. (2020a). Summertime Chlorophyll a and Particulate Organic Carbon Standing Stocks in Surface Waters of the Fram Strait and the Arctic Ocean (1991–2015). *Front. Mar. Sci.* 7:350. doi: 10.3389/fmars.2020.00350
- Nöthig, E.-M. et al. (2020b). Annual cycle of downward particle fluxes on each side of the Gakkel Ridge in the central Arctic Ocean. *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 378 (2181), doi: 10.1098/rsta.2019.0368
- Fadeev, E., Wietz, M., von Appen, W., Iversen, M. H., Nöthig, E.-M., Engel, A., Grosse, J., Graeve, M. und Boetius, A. (2021) Submesoscale Physicochemical Dynamics Directly Shape Bacterioplankton Community Structure in Space and Time. *Limnology and Oceanography*. DOI 10.1002/lno.11799.
- Grosse, J., Nöthig, E.-M., Torres-Valdés, S., und Engel, A., (2021) Summertime Amino Acid and Carbohydrate Patterns in Particulate and Dissolved Organic Carbon Across Fram Strait. *Front. Mar. Sci.* 8:684675. doi: 10.3389/fmars.2021.684675
- Lampe, V., Nöthig, E.-M., und Schartau, M. (2021) Spatio-Temporal Variations in Community Size Structure of Arctic Protist Plankton in the Fram Strait. *Front. Mar. Sci.* 7, DOI=10.3389/fmars.2020.579880
- Piontek, J., Galgani, L., Nöthig, E., Peeken, I. und Engel, A. (2021) Organic Matter Composition and Heterotrophic Bacterial Activity at Declining Summer Sea Ice in the Central Arctic Ocean. *Limnology and Oceanography*, 66 (S1). S343-S362. DOI 10.1002/lno.11639.
- Prowe, A. E. F., Su, B., Nejstgaard, J. C., und Schartau, M. (2022) Food web structure and intraguild predation affect ecosystem functioning in an established plankton model. *Limnology and Oceanography*, pp. 843-855, DOI 10.1002/lno.12039.
- Von Jackowski, A., Becker, K.W., Wietz, M., Bienhold, C., Zäncker, B., Nöthig E.-M. und Engel, A. (2022) Variations of Microbial Communities and Substrate Regimes in the Eastern Fram Strait Between Summer and Fall. *Environmental Microbiology*. DOI 10.1111/1462-2920.16036.

### **Geplante Publikationen:**

- Lampe, V., Hunter, A., Ward, B.A., and Schartau, M. Assimilation of plankton size spectra and biogeochemical tracer data into a plankton ecosystem model, using multiple objective functions. In Vorbereitung für *Ecological Modelling*.
- Von Jackowski, A., Filella, A., Hopwood, M. J., Gu, Y. and Engel, A. Uncoupled Formation of Transparent Exopolymer Particles and Coomassie Stainable Particles (TEP and CSP) along East Greenland. In Vorbereitung für *Geophys. Res. Lett.*
- Menge, M., Nöthig, E. M. et al. Phytoplankton succession in the eastern Fram Strait (August

2017 - July 2018) - Microscopic analysis of autonomously collected water samples

Nöthig et al. Phytoplankton succession in the eastern Fram Strait during summer (2009 - 2019) and during 2 entire years (August 2017 - July 2019) - Microscopic analysis -

### **Wissenschaftliche Vorträge:**

Vorträge (Vanessa Lampe, Ben Ward und Markus Schartau) zu den Arbeiten in WP4 und WP5, 14.-17. Mai 2019, Jahrestreffen der MicroARC Projektpartner in Plymouth, UK.

Nöthig, E. M., Bauerfeind, E., Bergmann, M., Bracher, A., Bienhold, C., Engel, A. et al. (18.10. - 23.10.2019) Long-Term Summertime Investigations of Pelagic and Benthic Realms with Continuous Observations of Vertical Particle Flux in the Fram Strait and the Central Arctic Ocean, Goldschmidt Barcelona 2019, Barcelona, Spain,

Schartau, M., Lampe, V., Nöthig, E. M. (eingeladener Vortrag, 25.09.2019) Why should we and how can we identify structural details in size-spectra of marine microplankton? Seminar des Dept. of Mathematics and Statistics at Strathclyde University, Glasgow, UK (eingeladen von Prof. Dr. Neil Banas).

von Jackowski, A., Grosse, J., Nöthig, E. M. und Engel, A. (16-21.2.2020) Seasonal Dynamics of Microbial Activity and Organic Matter in the Arctic Gateway. Vortrag bei dem Ocean Science Meeting of American Geophysical Union in San Diego, Vereinigte Staaten von Amerika

Lampe, V., Nöthig, M.E., und Schartau, M. (11.08.2020) Spatio-temporal variations in community size structure of Arctic protist plankton in the Fram Strait. Online-Präsentation, Biogeochemical Modelling Seminar, Kiel

Lampe, V., Nöthig, M.E., und Schartau, M. 30.10.2020) Spatio-temporal variations in community size structure of Arctic protist plankton in the Fram Strait. Online-Präsentation, MicroARC Projekt Jahrestreffen.

Prowe, A. E. F., Su, B., Nejstgaard, J. C. und Schartau, M., (20.01.2021). Can plankton biomass tell us about the food web? Food web structure in a mesocosm model. Online-Präsentation, Gulf of Maine Research Institute (GMRI) Science Seminar Series

Grosse, J., Nöthig, E.-M., und Engel, A. (01.02. - 04.02.2021) Distribution of amino acids and carbohydrates in different water masses in Fram Strait. Arctic Frontiers 2021, Tromsø-Online

von Jackowski, A., Piontek, J., Lampe, V. und Engel, A. (22-27.06.2021) The composition of semi-labile dissolved organic matter across the Fram Strait throughout the summer phytoplankton bloom. Vortrag bei dem ASLO 2021 Aquatic Sciences Meeting, Online Konferenz

von Jackowski, A., Filella, A., Hopwood M., Gu, Y. und Engel A. (01-06.05.2022) Gel Particle Distribution and Dynamics Along the East Coast of Greenland. Vortrag bei der 28. International Polartagung in Potsdam, Deutschland

### **Poster Präsentationen:**

Von Jackowski, A., Grosse, J. und Engel, A. (15-17.01.2019) The Arctic Ocean - A Bacterial Perspective. Poster bei dem BMBF NERC Changing Arctic Ocean Annual Science Meeting 2019 in Birmingham, England

- Lampe, V., Nöthig, E. M., und Schartau, M. (15.-17.01.2019) Resolving phytoplankton size spectra in a Changing Arctic Ocean. Jahrestreffen BMBF/NERC CAO Annual Meeting 2019 in Birmingham, England.
- Engel, A., Bracher, A., Dinter, A., Endres, A., Grosse, J., Metfies, K., Peeken, I., Piontek, J., Salter, I., und Nöthig, E. M. (2019) Inter-Annual Variability of Organic Carbon Concentration in the Eastern Fram Strait During Summer (2009-2017). Poster HWK Workshop "Marine Organic Biogeochemistry" Hanse Kolleg Delmenhorst.
- von Jackowski, A., Piontek, J., Lampe, V. und Engel, A. (01-17.12.2020) Dissolved Organic Matter and Microbial Abundances in the eastern Fram Strait between 2009-2018. Poster bei dem American Geophysical Union Fall Meeting, Online Konferenz
- Lampe, V., Nöthig, E.M., und Schartau, M. (14.-16.01.2020) Resolving the community size structure of Arctic protist plankton, BMBF/NERC Changing Arctic Ocean Annual Science Meeting 2020 in Potsdam, Deutschland
- Menge, M. und Nöthig, E. M. (14.-16.01.2020) Phytoplankton succession in the eastern Fram Strait (August 2017 - July 2018) Microscopic analysis of autonomously collected water samples, BMBF/NERC Changing Arctic Ocean Annual Science Meeting 2020, Potsdam, Deutschland
- von Jackowski, A., Grosse, J., Nöthig, E. M. und Engel, A. (13-16.01.2020) Seasonal Dynamics of Bacterial Activity and Organic Matter in the Arctic Gateway, BMBF/NERC Changing Arctic Ocean Annual Science Meeting 2020 in Potsdam, Deutschland
- Lampe, V., Nöthig, E. M., und Schartau, M. (16.-21.02.2020) Resolving the community size structure of Arctic protist plankton, Ocean Sciences Meeting of American Geophysical Union in San Diego, Vereinigte Staaten von Amerika
- Nöthig, E. M., Iversen, M., Lalande, C., Ramondenc, S., Salter, I. und Bauerfeind, E. (16.-21.02.2020) Seasonal and Interannual Variability in Sedimentation Patterns of Carbonate Shell Bearing Organisms in the Fram Strait and the Central Arctic Ocean. Ocean Sciences Meeting, San Diego, Vereinigte Staaten von Amerika

### **Abschlussarbeiten:**

- Filella Lopez de Lamadrid, A. (2020) Microbial Responses to the Release of DOC by Sea Ice and Glacier Melting in the East Greenland System. (Masterarbeit), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Germany, 75 pp.
- Menge, M. (2019). Phytoplankton succession at AWI LTER HAUSGRATEN (HG-IV, 25m) July 2017- July 2018. BA-thesis, Universität Bremen, pp. 87.
- Von Jackowski, A. (2022) Seasonal Dynamics of Organic Matter Turnover in the Arctic Ocean. (Doktorarbeit), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel, Germany, 157 pp.

### **Andere Publikationen/ Fahrtberichte:**

- 2021 - Hoppmann, McPherson, Lochthofen, Ludszuweit, Frommhold, von Jackowski, von Appen, Tippenhauer, Engel. The Expedition PS126 of the Research Vessel POLARSTERN to the Fram Strait in 2021, Section: Physical Oceanography. DOI: 10.48433/BzPM\_0757\_2021

- 2021 - Metfies, Golde, Hohe, von Jackowski, Kim, Klüver, Knüppel, Kraberg, Nicolaus, Strickmann, Weiss, Xi, Bracher, Nöthig, Niehoff, Peeken, Engel. The Expedition PS126 of the Research Vessel POLARSTERN to the Fram Strait in 2021, Section: PEBCAO - Plankton Ecology And Biogeochemistry In A Changing Arctic Ocean. DOI: 10.48433/BzPM\_0757\_2021
- 2019 - von Appen, von Jackowski, Veronique Merten. The Expedition PS121 of the Research Vessel POLARSTERN to the Fram Strait in 2019, Section: Physical Oceanography. DOI: 10.2312/BzPM\_0738\_2020
- 2019 - Bracher, Metfies, Rogge, Strack von Schijndel, Murawski, Wiegmann, Grosse, Leßke, von Jackowski, Niehoff, Engel, Nöthig, Peeken. The Expedition PS121 of the Research Vessel POLARSTERN to the Fram Strait in 2019, Section: Plankton Ecology And Biogeochemistry In The Changing Arctic Ocean (PEBCAO Group). DOI: 10.2312/BzPM\_0738\_2020
- 2018 - von Jackowski, Barz, Klüver, Nöthig, Engel, Metfies, Bienhold. LTER HAUSGARTEN 2018 - Long-Term Ecological Research in the Fram Strait, Cruise No. MSM77, Section: Biogeochemical and Ecological Studies in the Water Column. DOI: 10.2312/cr\_msm77
- 2018 - Hildebrandt, Goldbach, Grosse, Knüppel, Staufenbiel, Töller, von Jackowski, Metfies, Niehoff, Nöthig, Peeken, Engel, Bäger, Wulf, Bienhold, Fuchs. The Expedition PS114 of the Research Vessel POLARSTERN to the Fram Strait in 2018, Section: Plankton Ecology And Biogeochemistry In The Changing Arctic Ocean (PEBCAO, Fram Microbial Observatory). DOI: 10.2312/BzPM\_0723\_2018