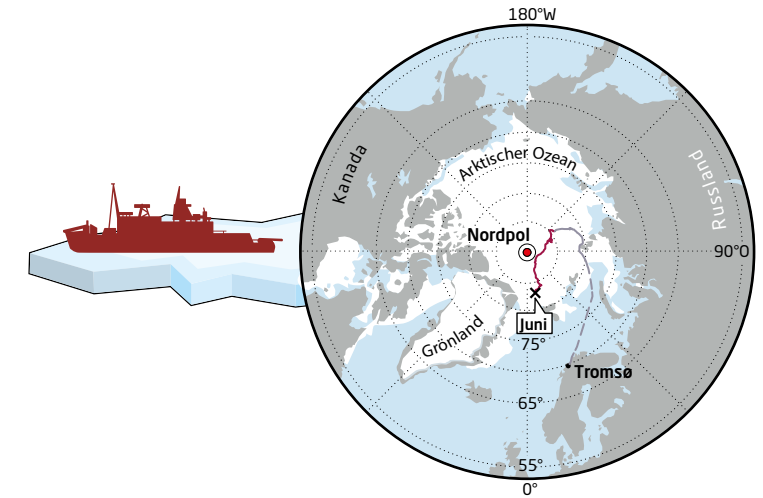


Verschiedene Algenblüten verfärben im Frühjahr das Wasser der arktischen Tschuktschensee. Durch den Zufluss kalten, nährstoffreichen Wassers aus dem Beringmeer findet das Phytoplankton hier beste Voraussetzung, um große Blüten zu bilden.



DriftStory 09

Algen in der Arktis: Nichts scheint unmöglich

Für Algen hält das Leben im Nordpolarmeer zwei Herausforderungen bereit: Die Sonne verschwindet für mehr als 100 Tage pro Jahr, zudem bremst die Schichtung des Wassers die Nährstoffzufuhr aus der Tiefe. Wie aber schaffen es die grünen Winzlinge dennoch, die Polarnacht zu überleben? AWI-Biologin Clara Hoppe und ihr Team haben einige der Überlebensstrategien entschlüsselt.

Gäbe es eine Meisterschaft im Wasser filtrieren, hätte AWI-Biologin Dr. Clara Hoppe durchaus Siegchancen. Als Meeresbiologin mit dem Schwerpunkt pflanzliches Plankton des Arktischen Ozeans trainiert sie diese Disziplin auf Expeditionen nahezu täglich. Denn gerade im Winter ist die Zahl der im Wasser schwebenden Algen (Phytoplankton) so gering, dass die Wissenschaftlerin zum Auftakt ihrer Untersuchungen erst einmal etwa 40 Liter Meerwasser durch eine Gravitationsfiltereinheit laufen und die darin enthalte-

ne Algengemeinschaft auf wenige Milliliter konzentrieren muss, bevor sie überhaupt mit diesen arbeiten kann.

In der winzigen Wasserprobe tummeln sich dann Vertreter einer wahrlich hartgesottenen Organismengruppe. Arktische Algen führen nämlich ein Leben der Extreme: Sonnenlicht, welches sie zur Photosynthese und zum Wachsen benötigen, steht an mehr als 100 Tagen pro Jahr gar nicht zur Verfügung. Und wenn die Sonne doch über den Horizont lugt, schirmt das Meereis den Ozean wie eine Jalousie ab, sodass es zumindest am Anfang nur wenig Licht bis in die Wassersäule schafft.

Begrenzt ist zudem die Versorgung der Algen mit überlebenswichtigen Nährstoffen wie Nitrat und Silikat. Diese sind im Meerwasser gelöst, je nach Wasserschicht allerdings in unterschiedlichen Konzentrationen und Tiefen. Aufgrund der starken temperatur- und salzbedingten Schichtung der Wassermassen im Arktischen Ozean vermischen sich das nährstoffarme Oberflächenwasser und das darunterliegende nährstoffreichere Tiefenwasser jedoch nur selten. Das bedeutet: Sind die Nährstoffe im Oberflächenwasser aufgebraucht, gibt es nur im Ausnahmefall Nachschub aus der Tiefe.



Ihre Suche nach den Überlebenstricks der arktischen Algen hat Clara Hoppe vor sechs Jahren im Wissenschaftsdorf Ny-Ålesund auf Spitzbergen begonnen. Wasserproben kann sie dort direkt im Hafenecken nehmen.

FÜR DAS MENSCHLICHE AUGE KAUM WAHRNEHMBAR

Trotz dieser Widrigkeiten überleben mehrere hundert Algenarten den Winter in der zentralen Arktis – und viele von ihnen können wachsen und sich teilen, noch bevor die Sonne tatsächlich über den Horizont steigt. Wie genau aber die Algen die Zeit der Dunkelheit überstehen und woher sie am Ende der langen Polarnacht die Energie zur Zellteilung nehmen, ist noch nicht genau bekannt und der Grund, warum Clara Hoppe unbedingt an der MOSAiC-Expedition teilnehmen wollte. „Wir erforschen seit mehreren Jahren die Algengemeinschaft im arktischen Kongsfjord auf Spitzbergen und wissen daher, dass den Algen in der Wassersäule winzige Mengen Licht genügen, um ihren Stoffwechsel anzuwerfen. Wir sprechen hierbei von Lichtveränderungen, die so klein sind, dass wir Menschen sie gar nicht richtig wahrnehmen“, erzählt die Wissenschaftlerin. Viele der untersuchten Algenarten sind sogar den gesamten Winter über aktiv. Wie ihnen das gelingt und ob das Meereis dabei eine Rolle spielt, sind zwei der vielen offene Fragen.

Allerdings gibt es rund um Spitzbergen kaum noch Meereis, sodass Clara Hoppe dessen Einfluss auf die Überlebenschancen der Algen noch nicht ausgiebig untersuchen konnte. Zudem kann sie sich bei Probenahmen in Spitzbergen nie ganz sicher sein, ob die untersuchten Algen wirklich den gesamten Winter in der Arktis verbracht haben. Vor der Westküste Spitzbergens fließt nämlich der gleichnamige Westspitzbergenstrom. Er transportiert relativ warmes Wasser aus dem Nordatlantik Richtung Norden. Es wäre demzufolge gut möglich, dass ein Teil der Algengemeinschaft im Kongsfjord aus dem Nordatlantik stammt und die Polarnacht gar nicht in voller Länge erlebt hat. Auf der MOSAiC-Expedition aber waren solche Unsicherheitsfaktoren so gut wie ausgeschlossen. Die Drift bot der Meeresbiologin die einmalige Chance, das Überwintern und Aufwachen des arktischen Phytoplanktons über Monate hinweg zu beobachten und dabei auf Methoden und zusätzliche Messungen zurückzugreifen, die ohne das interdisziplinäre Forscherteam an Bord des Eisbrechers Polarsterns nicht zur Verfügung gestanden hätten.

DREI HYPOTHESEN - ABER WELCHE STIMMT?

Die Frage, wie die arktischen Algen Kälte und Dunkelheit überstehen, treibt Polarbiologen bereits seit mehr als einem Jahrhundert um. Als sogenannte Primärproduzenten bilden Algen nämlich das Fundament der Nahrungsnetze im Arktischen Ozean. Ohne das pflanzliche Plankton fänden weder Ruderfußkrebse noch Polardorsche, Ringelrobbe oder Eisbären Nahrung. Bis heute haben sich drei verschiedene Erklärungsansätze herauskristallisiert: Zuerst nahmen die Forscher lange an, dass nicht nur die bekannten Eisalgen sich im Meereis einfrieren lassen und darin überwintern, sondern die gesamte Algengemeinschaft und damit auch jene Algen, die hauptsächlich in der Wassersäule zu finden sind. Im Frühjahr, wenn die Luft- und Wassertemperaturen dann steigen, so die Hypothese, werden die Algen aus dem Eis herausgeschmolzen, besiedeln die Wassersäule und starten große Algenblüten. „Diese Samenbank-Hypothese gilt mittlerweile als überholt, weil sich das Artenspektrum in der Wassersäule deutlich von der Algengemeinschaft des Meereseises unterscheidet. Es gibt zwar durchaus Arten, die in beiden Lebensräumen vorkommen, ihr Anteil ist aber gering“, kommentiert Clara Hoppe.

Kieselalgen sind mikroskopisch kleine einzellige Algen, deren Zellhülle überwiegend aus Siliziumdioxid besteht. Fachleute unterscheiden etwa 6000 verschiedene Arten und bezeichnen die Kieselalgen auch als Diatomeen.

Die zweite Hypothese setzt darauf, dass die Algen den Winter dank besonderer Vorkehrungen überleben. „Viele arktische **Kieselalgen** bauen sich vor Beginn der Polarnacht richtig dicke, harte Schalen, die sie davor schützen, von Ruderfußkrebsen und anderem Zooplankton gefressen zu werden“, erklärt die Meeresbiologin. In den Küstengewässern sinken die Winzlinge dann auf den Meeresboden. Dort überwintern sie und steigen mit der Rückkehr des Lichts wieder in die Wassersäule auf. „Aus anderen Regionen des tiefen Ozeans wissen wir, dass sich die für den Winter gewappneten Algen auf der Sprungschicht ansammeln, also in jener Wassertiefe, wo die Dichteunterschiede in der Wassersäule besonders hoch sind. Im Zuge von Winter- und Frühjahrsstürmen werden sie dann wieder Richtung Meeresoberfläche hochgewirbelt“, so die Wissenschaftlerin. Für die zentrale Arktis allerdings konnten Algenansammlungen an der Sprungschicht noch nicht nachgewiesen werden. „Ich hatte die Hoffnung, dass wir auf MOSAiC entsprechende Proben nehmen können. Bei unseren Untersuchungen aber stellte sich heraus, dass unter unserer Scholle eine solche Schicht nicht auffindbar war“, erzählt sie.

Kommt deshalb eher der dritte Erklärungsansatz in Frage? Er hat in den zurückliegenden Jahren viele neue Unterstützer gefunden und besagt, dass Algen gar keine reinen Pflanzen sind, die sich ausschließlich durch Photosynthese ernähren. Stattdessen nehmen Algen wie Tiere auch organisches Material auf, indem sie teilweise wirklich aktiv Bakterien fressen oder im Wasser gelöste organische Verbindungen veratmen. „Diese als Mixotrophie bezeichnete Überlebensstrategie sehen wir in allen Gruppen. Egal, welche Algen wir uns anschauen, sie können es irgendwie alle. Es scheint daher unter den arktischen Algen



Die Versuchsanordnung aus dem Forschungslabor auf Spitzbergen (l.) hat Clara Hoppe an Bord des Forschungsschiffes Polarstern nachgebaut. Bevor die vielen Algenexperimente jedoch beginnen konnten ...

kaum reine Pflanzen zu geben, die nur auf die Photosynthese angewiesen sind“, erzählt Clara Hoppe.

WIE VIELE ALGEN FRESSEN RUDERFUSSKREBSE UND CO?

Um bei der Suche nach neuen Erkenntnissen keinen Anhaltspunkt zu übersehen, geht das Biologenteam auf der MOSAiC-Scholle bis an seine Belastungsgrenze. Clara Hoppe: „Wir haben unglaublich viele Parameter gemessen – angefangen bei den Nährstoffen und der Karbonatchemie über den Chlorophyllgehalt, die Pigmentzusammensetzung, die Primär- und Bakterienproduktion, die Artenzusammensetzung, DNA- und RNA-Analysen, um nur einige zu nennen. Hinzukamen dann noch Mikroskopie-Arbeiten, Experimente an Bord, Nahrungsnetzstudien vom Zooplankton bis zum Fisch und Beprobungen vieler chemischer Parameter, die wir für andere Arbeitsgruppen mitgemacht haben. Alles in allem war es eine echte Herausforderung, den Überblick zu behalten.“

Um zum Beispiel herauszufinden, in welchem Ausmaß hungrige Ruderfußkrebse die Zahl der Algen dezimieren, setzten die Wissenschaftler ein paar ausgewählte Kriebstierchen in Flaschen gefüllt mit Algen und Wasser und zählten, wie viel Phytoplankton nach einem Tag noch übrig war. In einem zweiten Experiment füllten sie Meereis sowie Wasser von der Meeresoberfläche und aus größerer Tiefe in Flaschen ab, bestrahlten diese über Wochen mit zunehmendem Licht und beobachteten, welche Lebensformen sich darin entwickelten. „Teilweise hat es bis zu zweieinhalb Monate gedauert, bis wir eine echte

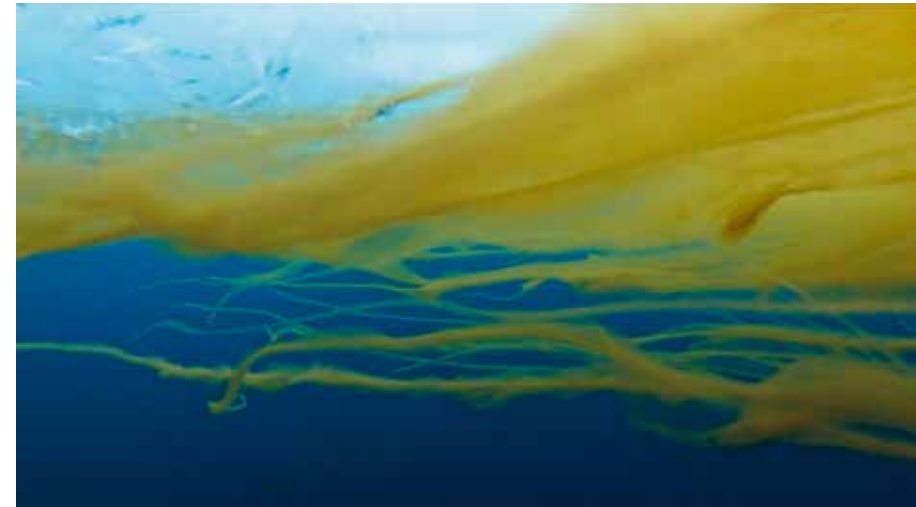


... mussten die Meeresbiologin (r.) und ihr Kollege Dr. Anders Torstensson (l.) ein Loch durch die MOSAiC-Scholle bohren und jede Menge Wasser samt Algen in ihre drei Probenkanister pumpen.



Blüte sehen konnten. Aber in allen Proben fanden wir genügend Organismen, die alle auch in einer klassischen Frühjahrsblüte vorkommen. Das heißt, sowohl das Meereis als auch das Oberflächen- und Tiefenwasser sind mögliche Quellen einer Algenblüte in der Wassersäule. Welche jedoch am Ende das Rennen macht, hängt vermutlich von ganz vielen unterschiedlichen Parametern ab“, erklärt die Wissenschaftlerin.

Eine sogenannte Lichttarfe, entwickelt vom Hamburger Meereisexperten Prof. Dirk Notz, nutzte das MOSAiC-Team, um das Lichtspektrum im Meereis in hoher Auflösung zu vermessen. Wenn die Wissenschaftler nun diese Daten mit den Unter-Eis-Lichtmessungen des AWI-Unterwasserroboters und des Wasserkransschöpfers kombinieren, lässt sich nachverfolgen, wie sich die Lichtfelder unter der MOSAiC-Eisscholle im Laufe der Zeit verändert haben. „Ich werde diese verschiedenen Lichtdaten mit meinen Primärproduktionsdaten abgleichen – in der Hoffnung, dass ich anschließend sagen kann, ob die Algen wirklich so stark gewachsen sind, wie sie es dem Lichtniveau nach hätten tun sollen oder nicht. Lautet die Antwort nein, könnte das zum Beispiel am Zooplankton liegen“, sagt die Meeresbiologin und fügt hinzu: „Ich glaube mittlerweile, dass die Algen der Wassersäule keine wirkliche Überwinterungsstrategie verfolgen. Sie sind einfach da und weil es



Ein Forscher setzt die neu entwickelte Lichttarfe (l.) in ein Loch, welches in den älteren Teil der MOSAiC-Scholle gebohrt wurde. Das Gerät misst die Lichtmenge im Eis. Seine Daten helfen Meeresbiologen wie Clara Hoppe zu verstehen, wieviel Licht den Algen im Eis und darunter zu welchem Zeitpunkt zur Verfügung steht. Die arktische Kieselalge *Melosira arctica* (o.) kann man sogar mit bloßem Auge erkennen. Die nur 30 Mikrometer kleinen Einzeller bilden bis zu mehrere Meter lange Ketten und Matten, die Vorhängen gleich an der Unterseite des Meereises herabhängen.

kalt und dunkel ist, nimmt ihr Chlorophyll auch keinen Schaden. Wenn die Algen es dann irgendwie schaffen, nicht gefressen zu werden, sind sie am Ende der Polarnacht da und bereit für die neue Saison.“

Was aber bedeuten diese neuen Einblicke für die große Frage nach der Produktivität arktischer Algen? Clara Hoppe: „Ich schlussfolgere daraus, dass wir bei unseren Analysen und Berechnungen Prozesse wie das Abweiden der Algen durch das **Zooplankton** oder aber das Recycling von Nährstoffen viel stärker mitberücksichtigen müssen.“ Detailwissen und genaues Prozessverständnis seien dabei nicht nur bei großen, weithin sichtbaren Frühjahrsblüten wichtig, sondern auch schon zu einem viel früheren Zeitpunkt. „Es gibt in der Wissenschaft eine lange Debatte darüber, was man eigentlich als Algenblüte definiert und wann diese losgeht. Ich persönlich spreche von einer Algenblüte, wenn ich einen konstanten Biomasseanstieg sehe, selbst wenn die Gesamtmenge der Algen noch unglaublich niedrig ist. Für das Nahrungsnetz und die Nährstoffkreisläufe im Arktischen Ozean kann sie durchaus schon relevant sein“, erklärt die Wissenschaftlerin.

Dies macht ihre Forschung nicht unbedingt leichter, vor allem weil Chlorophyll-Sensoren auf Satelliten, an Bojen oder aber in den sogenannten ARGO-Gleitern (autonome Treibbojen zur Erfassung von Temperatur, Salzgehalt, Strömungen und zunehmend auch chemischer und biologischer Komponenten) noch nicht in der Lage sind, diese gerade beginnenden Algenblüten zu detektieren. Clara Hoppe: „Aus diesem Grund stellen wir uns an jedem Tag aufs Neue hin und filtern Wasser – Liter für Liter für Liter!“ ■

Als Zooplankton werden alle tierischen Organismen bezeichnet, die frei schwebend im Meer leben. Zu den bekanntesten Vertretern gehören Kammerlinge, Flügelschnecken, Rädertierchen, Fischlarven, Strahlen-, Wimper- und Moostierchen sowie verschiedene Kleinkrebse wie Ruderfußkrebse, Krill, Flohkrebse und viele andere.