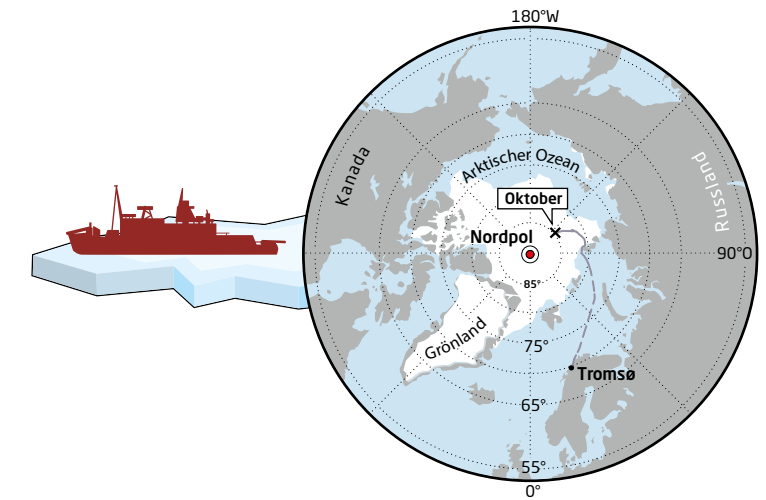


Ein internationales Expertenteam an Bord des russischen Forschungseisbrechers Akademik Federov (r.) unterstützte zum Auftakt der MOSAiC-Expedition die Schollensuche des Forschungsschiffes Polarstern (l.).



DriftStory 01

Ermittlungen auf viel zu dünnem Eis

Wer dem Meereis seine Geheimnisse entlocken will, muss dessen Vorgeschichte kennen. Meereisphysiker Thomas Krumpen hat daher die Spurensuche aufgenommen und die Geschichte der MOSAiC-Eisscholle bis zu ihrem Ursprung zurückverfolgt - und zwar auf den Tag genau.

AWI-Meereisphysiker Dr. Thomas Krumpen ist der „Profilierer“ im Team der **MOSAiC**-Meereisgruppe. Denn wenn auch die bislang aufwendigste Arktis-Expedition aller Zeiten keine Kriminalgeschichte ist, in der ein Täter überführt werden muss, so stellen sich für die meisten Wissenschaftler an Bord der MOSAiC-Expeditionszentrale Polarstern doch zwei grundlegenden Fragen: Woher genau kommt das Meereis, auf dem wir arbeiten? Und mit welchem Eistyp haben wir es eigentlich zu tun? Antworten darauf gilt es möglichst schon am Anfang der Expedition zu finden, bilden sie doch die Grundlage für nahezu alle Modellstudien, Satelliten-Validierungen sowie für Untersuchungen der Stoffkreisläufe und Nahrungsnetze, die im Rahmen des einjährigen Großprojektes durchgeführt werden. Thomas Krumpen ist deshalb im September 2019 als eines der ersten Mitglieder der AWI-Meereisgruppe in die zentrale Arktis aufgebrochen, im Gepäck die klare Aufgabe, ein Tatortprofil zu erstellen - will heißen: Das Meereis in der MOSAiC-Startregion bis in das kleinste Detail zu beschreiben und seine Herkunft nachzuvollziehen. Die dazu notwendigen Ermittlungen führte der 41-jährige von Bord des russischen Forschungs-

Das MOSAiC-Driftexperiment begann am 4. Oktober 2019, als das Forschungsschiff Polarstern an der ausgewählten Eisscholle festmachte. Die Startkoordinaten lauteten: 85° 04,582' Nord / 134° 25,769' Ost.



**DR. THOMAS
KRUMPEN**

forscht als Meereisphysiker am Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven. Der 41-jährige ist Experte für die Eisbildung in den Schelfmeeren und hat eine Methode entwickelt, mit der sich die Route des Treibeises zuverlässig zurückverfolgen lässt.

eisbrechers Akademik Federov durch, welcher FS Polarstern dabei unterstützt hat, das Meeresgebiet etwa 950 Kilometer nördlich der Neusibirischen Inseln zu erkunden. Um einen ersten Überblick zu gewinnen, begaben sich beide Schiffe in aufeinander abgestimmte Suchregionen und gingen dort jeweils ähnlich vor: Von der Akademik Federov dokumentierte Thomas Krumpen, wie viele Eisschollen in der Zielregion trieben, wie alt und dick das Eis in etwa war, an welchen Stellen sich Risse im Packeis bildeten, ob die Eisdecke von Schmelztümpeln bedeckt wurden oder aber ob sich die Schollen zu sogenannten Presseisrücken auftürmten. Anschließend flogen die Wissenschaftler mit dem Bordhubschrauber fünf größere Schollen in einem Umkreis von 40 Kilometern an und vermaßen vor Ort die Eisdicke und die Höhe der aufliegenden Schneedecke. Thomas Krumpen stellt dann diese Vorort-Ergebnisse einer Vielzahl von Wetter- und Eissatellitendaten aus der russischen Arktis gegenüber, die er bereits im Vorfeld der Expedition aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragen hatte. Die Wetterdaten stammten dabei von einer Wetterstation auf der Kotelnj-Insel, der größten Insel im Verbund der Neusibirischen Inseln.

EINE VERGANGENHEIT DER EXTREME

Die erste Analyse in beiden Suchregionen fiel ernüchternd aus. Das Eis in der MOSAiC-Startregion war nicht einmal ein Jahr alt, im Mittel nur 30 Zentimeter dick, im Laufe des Sommers großflächig angeschmolzen und infolgedessen stark verwittert und von Schmelztümpeln überzogen. Die Eckdaten seiner Lebensgeschichte lasen sich wie die Aneinanderreihung von Negativrekorden. „Der Sommer 2019 war der wärmste Sommer in der russischen Arktis seit Beginn der Wetterbeobachtungen auf der Kotelnj-Insel im Jahr 1935. Die Lufttemperaturen über der Laptewsee und der Ostsibirischen See übertrafen den bisherigen Spitzenwert um zwei bis vier Grad Celsius“, berichtet Thomas Krumpen. Weil auch der vorhergehende Winter im Durchschnitt um bis zu drei Grad Celsius wärmer war als im Vergleichszeitraum 1981 bis 2010, hatte sich im sogenannten „Kindergarten“ des arktischen Meereises – der Laptewsee und der benachbarten Ostsibirischen See – deutlich dünneres Eis gebildet als dies in der Vergangenheit der Fall war. Starke, ablandige Winde schoben es anschließend mit Spitzengeschwindigkeit auf das offene Meer hinaus. Als im Frühjahr 2019 die Lufttemperatur anstieg, schmolz dieses überproportional dünne Eis so schnell und großflächig, dass der früheste Zerfall der Eisdecke seit dem Jahr 1992 beobachtet wurde, und sich die Eisrandzone auf unvorhergesehene Weise Richtung Norden zurückzog. Im Herbst 2019 dauerte es dann länger als jemals zuvor, bis sich das von der Sommersonne aufgeheizte Wasser an der Meeresoberfläche so weit abkühlte, dass neues Eis entstehen konnte. „Am Anfang unserer Expedition bestanden rund 80 Prozent des Meereises in der MOSAiC-Startregion aus Eis, welches sich erst wenige Tage zuvor gebildet hatte. Schollen, die den Sommer überlebt hatten und somit dick genug waren, dass wir darauf hätten forschen können, waren fast schon die Ausnahme und nur schwer zu finden“, erzählt der Meereisphysiker. Schließlich wurden die Wissenschaftler aber in der Suchregion des FS Polarstern fündig: Dort wählte die Expeditionsleitung eine der stabilsten Schollen in diesem Sektor der Arktis als Heimat für die Expedition aus.

FÄHRTENSUCHE MIT EISSATELLITEN

Basierend auf dieser Ausgangslage begann für Thomas Krumpen nun die eigentliche Detektivarbeit. Es galt, die Wanderung des Packeises aus dem MOSAiC-Startgebiet bis zu seinem Ursprungsort zurückzuverfolgen. Dazu benutzte der Experte für Meereis-Fernerkundung eine Zeitreihe hochauflösender Satellitendaten, auf denen er die MOSAiC-Schollen identifizieren und somit ihre Reise aus den **Randmeeren** des Arktischen Ozeans in die zentrale Arktis rekonstruieren konnte – und das auf den Tag genau. „Die Eisschollen, auf denen wir unser MOSAiC-Messnetzwerk aufgebaut haben, haben sich am 5. Dezember 2018 an der Nordküste der Neusibirischen Inseln gebildet, in einem Flachwasserbereich mit einer Wassertiefe von weniger als zehn Metern. Als FS Polarstern dann am 4. Oktober 2019 an einer dieser Schollen anlegte, war dieses Eis genau 318 Tage alt und hatte auf seinem vom Wind bestimmten Zickzackkurs bereits eine Strecke von insgesamt 2240 Kilometern zurückgelegt“, berichtet Thomas Krumpen.

Untermauert werden diese neuen Erkenntnisse zur Herkunft des Eises unter anderem durch Sediment- und Partikelablagerungen, welche die Forschenden im Meereis gefunden haben. Zu solchen Einschlüssen kommt es nur, wenn das Meereis in Küstenabschnitten mit einer Wassertiefe von weniger als 30 Metern entsteht. In Flachwasserbereichen wirbelt der starke Winterwind nämlich jede Menge Sedimente vom Meeresboden auf, die

Als Rand- oder Schelfmeere werden folgende flachen Meeresgebiete im östlichen Teil des Arktischen Ozeans bezeichnet: Barentssee, Karasee, Laptewsee und Ost-sibirische See.



Schollensuche: Ein russischer Transporthubschrauber setzt Wissenschaftler für Vorerkundungen auf dem Meereis ab.

dann beim Gefrieren des Wassers im Eis eingeschlossen werden. Oder aber die Partikel lagern sich an, wenn das noch junge Eis im Brandungsbereich den Meeresboden berührt. Von welchem Küstenabschnitt genau die Einlagerungen stammen, sollen chemische Untersuchungen ergeben, die allerdings noch nicht abgeschlossen sind.

EIN LETZTER BLICK AUF DIE ALTE ARKTIS

Die unerwartet vielen Einschlüsse geben den Teilnehmenden der MOSAiC-Expedition nun die Chance, die Rolle des arktischen Meereises als Transportmittel für Sedimente, Nährstoffe, klimarelevanten Gase und Giftstoffe nochmals gründlich zu untersuchen. Eine Gelegenheit, die sich nach Meinung von Thomas Krumpen künftig immer seltener bieten wird: „Als Folge des Klimawandels schmilzt mittlerweile das meiste in den Randmeeren gebildete Meereis, bevor es die zentrale Arktis erreicht. Das bedeutet, wichtige Transportprozesse reißen ab und verändern die Stoffkreisläufe im Arktischen Ozean. In MOSAiC schauen wir jetzt ein letztes Mal auf die Arktis, wie wir sie bisher kannten und in den zurückliegenden Jahrzehnten erforscht haben. Gleichzeitig aber bekommen wir auch einen ersten Eindruck davon, wie die Dinge vermutlich in Zukunft sein werden.“ Die Tage der alten Arktis, da ist sich der Meereis-Profiler sicher, sind gezählt. ■



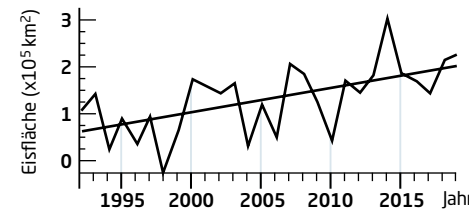
Aus Sicherheitsgründen arbeiten die Wissenschaftler immer im Team. Es gilt nämlich auch, nach Eisbären Ausschau zu halten.

MOSAIC-Eisscholle: Ein viel zu warmes erstes Jahr

Folgende Umweltprozesse haben dazu beigetragen, dass die MOSAiC-Eisscholle im Alter von einem Jahr deutlich dünner und instabiler war, als es die Wissenschaftler erwartet hatten.

Windgetriebener Eisexport (März-April, 1992-2019)

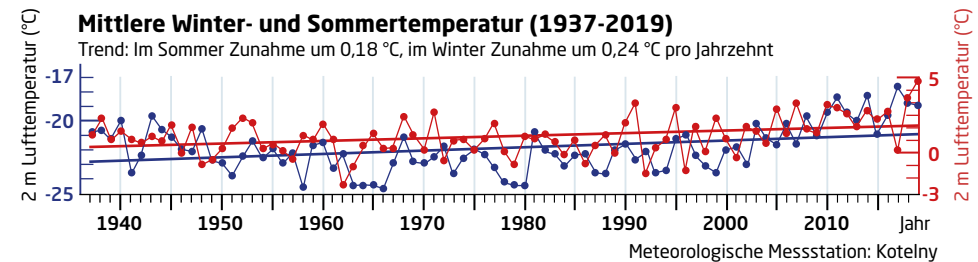
Trend: Zunahme von 53.000 km² pro Jahrzehnt



Starke ablandige Winde haben am Ende des Winters 2018/2019 kurzfristig große Eisflächen aus den russischen Schelfmeeren Richtung zentrale Arktis geschoben (Eisexport). Dadurch entstanden in Küstennähe neue offene Wasserflächen - sogenannte Polynjen - in denen sich neues Eis bilden konnte.

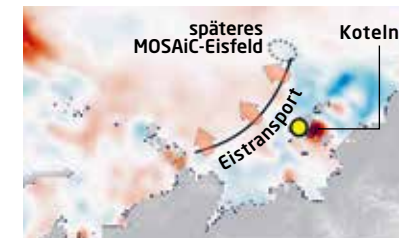
Mittlere Winter- und Sommertemperatur (1937-2019)

Trend: Im Sommer Zunahme um 0,18 °C, im Winter Zunahme um 0,24 °C pro Jahrzehnt

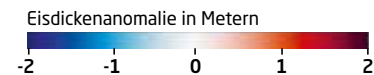


Eisdickenunterschiede

(CryoSat/SMOS-Messung; Differenz zwischen April 2019 und April 2010-2018)

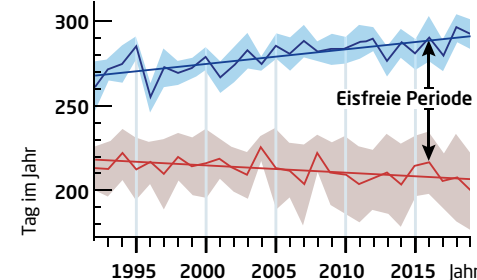


Bedingt durch den warmen Winter in 2018/2019 (o. blau) fiel die Neueisbildung allerdings deutlich geringer aus. Deshalb war das Packeis am Ende des Winters (April 2019) deutlich dünner (l.) als in den vorangegangenen Jahren. Rekordtemperaturen im darauffolgenden Sommer (o., rot), gemessen an der Wetterstation Kotelny (l., gelber Punkt) ...



Zeitpunkt des Eisaufruchs und des Zufrierens der Schelfmeere

Trend: 8,5 Tage späteres Zufrieren (blau) und 3,8 Tage früheres Aufbrechen (rot) pro Jahrzehnt



... haben das verbleibende dünne Eis dann schnell schmelzen lassen. Satelliten verzeichneten im Jahr 2019 den wohl frühesten Eisaufruch in der Lapteewsee seit Beginn der Aufzeichnungen. Infolge der anhaltend hohen Sommertemperaturen dokumentierten Wissenschaftler auch Rekord-Wassertemperaturen. Diese Wärme im Meer verzögerte im September 2019 das Zufrieren der Schelfmeere.