



ALLESKÖNNER FÜR DEN STADTVERKEHR

DAS URBAN MODULAR VEHICLE

Weitere Themen:

- ▶ AUF ARKTISCHER DRIFT
- ▶ NACHTFLUG ÜBER FEUERLAND

AUF ARKTISCHER DRIFT

Ein internationales Forschungsteam treibt eingefroren im Meereis durch das Nordpolarmeer, um Arktis und Klimawandel besser zu verstehen

Von Philipp Burtscheidt

Weiße Weite, im arktischen Winter eine schier endlose Nacht, ein Außenposten der Menschheit, abgeschnitten von der Zivilisation – fast wie in einer Raumstation. Am 20. September 2019 hieß es im Hafen von Tromsø in Nordnorwegen „Farewell, Polarstern!“ Der deutsche Forschungseisbrecher des Alfred-Wegener-Instituts (AWI) begab sich auf seine Reise Richtung Arktischer Ozean, um sich dort im Meereis für ein Jahr einfrieren zu lassen. Der Name der größten Expedition in der Geschichte der Arktisforschung ist MOSAiC und steht für „Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate“.

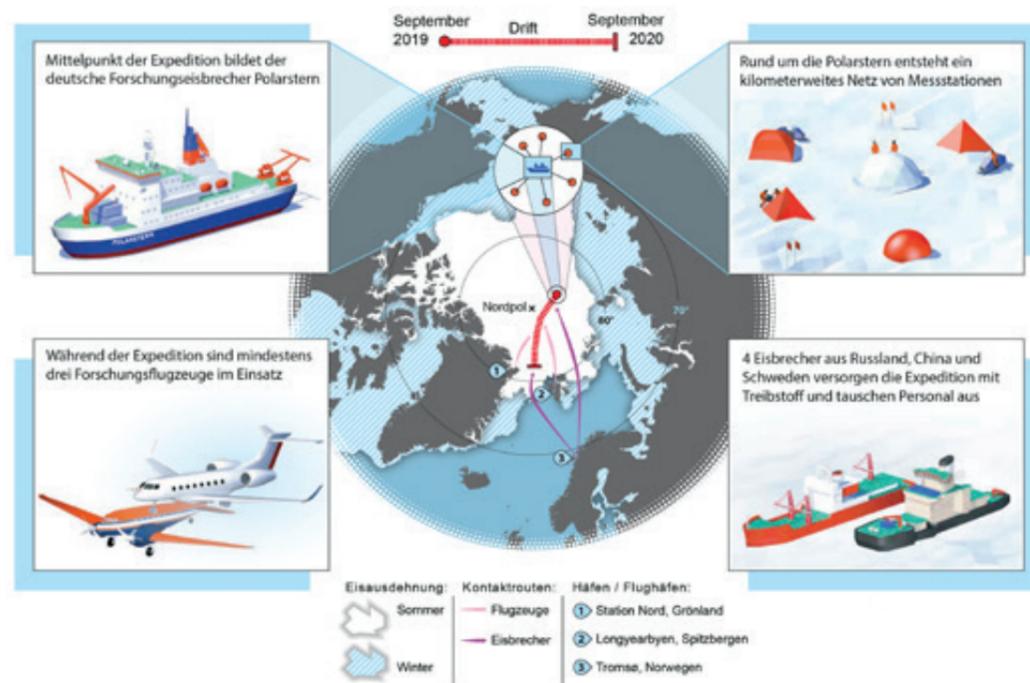
Im Oktober 2019 erreichte die Besatzung ihr Zielgebiet. Als bald war eine für die Drift geeignete Eisscholle gefunden. Der arktische Winter brach herein, die Temperaturen sanken, das Meereis verdichtete sich und die Polarstern frof fest. Seitdem treibt sie ohne eigenen Antrieb, allein durch die Kräfte der Natur, mit der polaren Drift durch das Nordpolarmeer. Die Mission erlaubt erstmals umfangreiche, hochgenaue Messungen und Experimente über vier Jahreszeiten. Für mehr als zwei Monate wird die Polarstern sogar näher als 200 Kilometer an den geografischen Nordpol herankommen. Den Schwerpunkt der Mission bilden Klima- und Umweltforschung. Die Wissenschaftler wollen fundamental neue Daten und Erkenntnisse für das Verständnis des Klimawandels gewinnen. Ziel ist es, die physikalischen und chemischen Wechselwirkungen von Eis, Schnee, Atmosphäre und Ozean in der Arktis besser zu verstehen, um genauere Klimamodelle zu entwickeln. Insgesamt wird das Forschungsschiff etwa 2.500 Kilometer zurücklegen.

Im Epizentrum des Klimawandels

Unter der Leitung des AWI, dem Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, arbeiten in MOSAiC Wissenschaftlerteams aus 19 Ländern und von über 70 Institutionen. Über, auf, in und unter dem Polareis führen die Forscher zahlreiche Experimente durch, um das „Arktis-Puzzle“ zu entschlüsseln. Sie wollen herausfinden, wie Atmosphäre, Meereis, Ozean, Ökosystem und biogeochemische Prozesse interagieren. Wie Puzzleteile sollen alle MOSAiC-Projekte zusammen ein genaueres Bild des Gesamtsystems Arktis ergeben.

Die Arktis reagiert um ein Vielfaches stärker auf Klimaveränderungen als Regionen in tieferen Breitengraden. Und sie hat enormen Einfluss auf das gesamte Weltklima. Nirgendwo sonst erwärmt sich die Atmosphäre so rasant. Das „ewige Eis“ wird von Jahr zu Jahr dünner. Der zunehmende Rückgang der Eisfläche verändert stetig das Gesicht der Arktis und den Lebensraum ihrer Bewohner. Im August 2008 waren die arktische Nordost- und die Nordwestpassage zum ersten Mal gleichzeitig eisfrei. „Ewig“ droht auf Dauer zu „zeitweilig“ zu werden.

MOSAİKTEILE DER ARKTISEXPEDITION



© AWI Graphic/Martin Kürsting



© Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks

AWI-Meereisphysiker arbeiten auch bei auffrischendem Wind und zunehmender Schneedrift

Eine Expedition der Superlative

MOSAIC ist wissenschaftlich und logistisch eine Mammut-Mission. Vier Eisbrecher aus China, Russland und Schweden werden die Polarstern im Laufe ihrer Expedition mit Kraftstoff und Vorräten versorgen. Das Personal wechselt regelmäßig, sodass – von den Forscherinnen und Forschern über die Schiffscrew bis zur Eisbärenwache – insgesamt 600 internationale Experten vor Ort sind. Drei Forschungsflugzeuge benötigen auf dem Eis eine eigene Landebahn. Rund um die Polarnoten errich-

ten die Fachleute ein Netzwerk aus Forschungsstationen, die sich um das Schiff als Basisstation gruppieren. Sie bauen diverse Messstationen auf, um das Ökosystem Arktis möglichst umfassend zu untersuchen.

Ein einziger Expeditionstag kostet 200.000 Euro. Das Budget der gesamten Expedition beläuft sich auf 140 Millionen Euro. Gut 50 Prozent der Summe stammen aus Deutschland, überwiegend finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, den Rest tragen die internationalen Partner.

DIE SCHWERPUNKTE DER MOSAIC-FORSCHUNGSTEAMS IM ÜBERBLICK

ATMOSPHÄRE

Nur eine dünne Eisschicht trennt die Atmosphäre vom arktischen Ozean. Bei einer Außentemperatur von bis zu minus 45 Grad Celsius wirkt die Wassertemperatur mit 1,5 Grad wie eine Heizung. Immer häufiger bilden sich Risse im Eis, durch die Wärme in die Atmosphäre entweicht und Wolken entstehen. Deren Eigenschaften und die Auswirkungen auf die globale Temperaturentwicklung untersuchen Atmosphärenforscher bei MOSAIC.

trieren sich auf die Zirkulation in den oberen Schichten der gigantischen Meeresströmungen. Diese transportieren Unmengen an Wasser in die Arktis hinein und aus ihr heraus. Die Temperatur dort beeinflusst die Eisdecke und damit auch die Atmosphäre.

BIOGEOCHEMIE

In der Arktis findet zwischen Atmosphäre, Eis und Meerwasser ein ständiger Gasaustausch statt. Darunter sind Kohlenstoffdioxid, Stickoxide, Spurengase und Methan – Gase, die klimarelevant sind. Sowohl das Gefrieren und Schmelzen von Eis als auch Mikroorganismen und Algen beeinflussen ihre Wechselwirkungen. Diese kann man bislang noch nicht ausreichend erklären. Bei MOSAIC untersuchen Forscher die Dynamik von Gasen und anderen chemischen Verbindungen.

MEEREIS

Der Klimawandel hat den Arktischen Ozean deutlich verändert: Das Meereis ist dünner und mobiler. Mit MOSAIC haben die Wissenschaftler die Möglichkeit zu beobachten und zu vermessen, wie sich Meereis und Schneedecke in den Jahreszeiten verändern. So untersucht ein Team die Dicke des Eises, seine Beschaffenheit, die Schneeeauflage und wie viel Licht bei unterschiedlichen Verhältnissen in den Ozean dringt.

ÖKOSYSTEM

Trotz harscher Umgebungsbedingungen lebt eine Vielzahl von Tieren und Pflanzen auf und im Meereis, im Arktischen Ozean und an dessen Grund. Biologen entnehmen während der MOSAIC-Mission Proben und führen umfangreiche Experimente durch. Sie wollen die Arten, ihre Lebensräume, Wechselwirkungen sowie Reaktionen auf sich verändernde Jahreszeiten und Umwelteinflüsse besser verstehen.

OZEAN

Während der MOSAIC-Mission haben Ozeanforscher erstmals die Gelegenheit, Temperaturen und Strömungen in unterschiedlichen Tiefen des Nordpolarmeers über einen ganzen Jahreszyklus zu untersuchen. Die Wissenschaftler konzen-

Aktuelle Nachrichten direkt aus der Arktis werden auf den MOSAIC-Kanälen auf Twitter und Instagram unter den Hashtags #MOSAICexpedition, #Arctic und #icedrift veröffentlicht. Weitere Informationen zur Expedition unter:

- 🌐 www.mosaic-expedition.org
- 🐦 [follow.mosaic-expedition.org](https://twitter.com/mosaic-expedition)

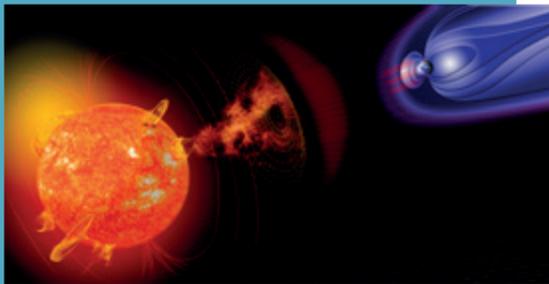


© Alfred-Wegener-Institut/Stefan Hendricks

Der Forschungseisbrecher Polarstern des Alfred-Wegener-Instituts ist seit 1982 in Betrieb, hat bislang über 1,7 Millionen Seemeilen zurückgelegt und ist auch heute noch das modernste und flexibelste Polarforschungsschiff der Welt



Polarlichter machen den Effekt von Sonnenwinden sichtbar. Unter anderem stören sie die Satellitennavigation.



Sonnenaktivitäten beeinflussen die gesamte Erdatmosphäre. In den Polgebieten ist ihre Wirkung besonders ausgeprägt.



Montage der Empfangsantenne auf dem Peildeck. Für die see- und kältefeste Installation sorgen Dr. Simon Plass und die Expertin für Satellitennavigation im DLR-MOSAiC-Team, Friederike Fohlmeister.



DLR-Projektleiter Dr. Simon Plass nutzt eine freie Stunde und sammelt auf der Bergstation Fjellheisen Schiffssignale aus den Gewässern vor Tromsø, sogenannte AIS-Signale (Automatic Identification System).



Der Szintillationsrekorder des DLR-Teams, das Herzstück der Messanlage an Bord der Polarstern

E-MAIL AUS DEM EIS

Satellitensignale sind an den Polen besonders störanfällig. Das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation forscht an einer widerstandsfähigen Positionsbestimmung.

Aus dem DLR unterstützen mehrere Expertenteams die Mission MOSAiC. Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum versorgt die Polarstern mit Meereiskarten. Die Forschungsstelle für Maritime Sicherheit des DLR Bremen entwickelt neue Methoden zur Unterscheidung von Eistypen. Dafür erhält sie im Missionsverlauf Eisproben von der Polarstern. Das DLR-Institut für Kommunikation und Navigation forscht an einer besseren Positionsbestimmung und Navigation in polnahen Gebieten. Dazu installierte ein Forscherteam auf dem Eisbrecher eine Empfangsstation für Satellitennavigationsignale. Diese sammelt auf der Mission erstmals in Polnähe Signale und schafft damit eine wertvolle Datenbasis. Die Anlage arbeitet autark, vom Team des DLR ist niemand an Bord.

Über das DLR-Projekt auf der Polarstern sprach Philipp Burtscheidt mit dem DLR-Projektleiter für MOSAiC, Dr. Simon Plass, im norwegischen Tromsø. Mit seinem Team installierte Plass die Anlage in den Tagen vor dem Start des Eisbrechers am 20. September 2019.

Warum ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt an der Mission MOSAiC, einer Expedition mit Schwerpunkt auf polarer Klimaforschung, beteiligt?

Bei der MOSAiC-Expedition geht es ganz allgemein um ein besseres Verständnis des Gesamtsystems Arktis. Genauso wie Messungen und Experimente zum arktischen Meer, zum Eis und zu den unteren Atmosphärenschichten gehören auch Forschungsfragen zu Phänomenen in höheren Atmosphärenschichten. In der Ionosphäre treten durch Sonnenwinde in den Regionen um Nord- und Südpol besonders starke Effekte auf. Bekanntestes Beispiel sind die Polarlichter. Sie machen die Wechselwirkung zwischen Sonne und Erde fürs Auge sichtbar, stören aber auch Satellitensignale. Im Fall von Navigationssignalen führt das zu falschen Positionsdaten an den Empfängern. Die Sicherheit in polnahen Regionen zu verbessern, ist ebenso ein Teil des ganzheitlichen Ansatzes von MOSAiC.

Sie messen die atmosphärischen Störungen?

Zunächst: Diese Störung ist ein natürliches Phänomen und nennt sich Szintillation. Sie findet in der Ionosphäre statt. In den Polarregionen ist sie stärker, weil hier das Erdmagnetfeld schwächer ist, als in den mittleren Breitengraden. Deshalb können hier die Energiepartikel der Sonnenwinde leichter in die Atmosphäre eindringen. Unsere Geräte messen nicht die Störung in der Ionosphäre selbst, sondern die Satellitensignale. Wir können mit unserer Messanlage Veränderungen der Signale durch Szintillationen detektieren. Findet gerade eine Störung in der Atmosphäre statt, zeichnet die Anlage die Rohsignale der Systeme Galileo, GPS und GLONASS so lange auf, bis die Szintillation vorbei ist. Die Rohdaten der Satelliten werden benötigt, um Muster zu erkennen und robustere Navigationsempfänger zu entwickeln. Vor MOSAiC gab es die dazu nötigen Rohdaten aus polnahen Regionen noch nicht in ausreichender Menge. Wir hoffen, dass in dem Jahr in der Arktis genügend Szintillationen auftreten und uns nach der Rückkehr der Polarstern ein großer Datenschatz für die Analyse vorliegt.

Wie geht es weiter, wenn Sie die typischen Muster in den gestörten Satellitensignalen erkannt haben?

Zusammen mit dem DLR-Institut für Solar-Terrestrische Physik werten wir die gesammelten Daten aus und entwickeln Algorithmen für Gegenmaßnahmen, um mit den atmosphärischen Störungen auf Empfängerseite umgehen zu können. Ein heutiger Standardnavigationsempfänger „merkt“ nicht, ob er ein gestörtes oder ungestörtes Signal empfängt. Er wertet jedes Signal aus und berechnet eine Position. Ist das Signal gestört, gibt der Empfänger falsche Positionsinformationen aus oder gar keine. Dieser Fehler kann während einer Szintillation erheblich sein. Besonders bei den widrigen Bedingungen an den Polen ist es wichtig, genau zu wissen,

Dr. Simon Plass

Der studierte Elektrotechniker arbeitet am DLR-Institut für Kommunikation und Navigation in Oberpfaffenhofen. Neben der Leitung der Abteilung Institutprojektmanagement und -administration koordiniert er maritime Aktivitäten des Instituts vom bayerischen Standort aus. 2015 wurde er erstmals als Experte in eine Task Force des Arktischen Rats eingeladen. Ein Jahr zuvor war Plass in den Wissenschaftlich-Technischen Rat des DLR berufen worden, einem Beratungsorgan gegenüber dem DLR-Vorstand, dem er seit 2019 vorsitzt. Dies ist für ihn ein faszinierendes Arbeitsspektrum aus Forschungsarbeit, Projektleitung, Abteilungsleitung, der Durchführung von Messkampagnen sowie Technologietransfer der Ergebnisse in die Wirtschaft – das alles im Spannungsfeld von Forschung, Industrie, Politik und internationaler Diplomatie. Simon Plass ist 42 Jahre alt und Vater von zwei Kindern.



wo man sich befindet. Das ist vor allem relevant für Rettungsaktionen. Die Sicherheit, gerade im maritimen Bereich, muss gewährleistet sein. Navigationsempfänger der Zukunft werden dahingehend „intelligenter“ sein; wir sagen resilienter. Sie können Signalstörungen kompensieren und so auch in den Polregionen zuverlässige und präzise Positionen anzeigen. Von heute aus gesehen werden wir in zwei bis drei Jahren handfeste Ergebnisse und passende Algorithmen entwickelt haben, die mit Szintillationen umgehen können. Bis zum fertigen Produkt ist es dann natürlich noch ein weiter Weg.

Was kann während der langen Reise schiefgehen?

Unsere Technik an Bord besteht aus einer Außeneinheit, der Antenne auf dem Peildeck und dem Herzstück der Anlage im Innern der Polarstern. Die Recheneinheit empfängt, verarbeitet und speichert die eingehenden Rohsignale. Die Geräte müssen das Jahr über vollkommen autark arbeiten. Aus unserem Team ist niemand an Bord. Anfällig ist die Hardware, besonders die Antenne und das Antennenkabel außen. Sie sind der Kälte von bis zu minus 45 Grad, dem Eis, Salzwasser oder Stürmen mit hohen Wellen direkt ausgesetzt. Das Kabel, mit dem die Antenne verbunden ist, kann brechen oder sich bei einem Sturm aufschueuern. Die Hardware im Innenraum ist fest verzurrt und die Temperatur konstant. Dennoch: Die Vibrationen des Schiffs könnten Steckverbindungen oder Lötstellen lösen. Oberflächen oxidieren. Bei hohem Seegang könnte es passieren, dass sich ein Crewmitglied festhalten muss und die Vertauung reißt. Das sind natürlich Worst-Case-Szenarien, aber sowas kann passieren. Außerdem haben wir eine eigene Software programmiert und da könnten Fehler zutage treten. Wir haben die Software zwar vorab drei Monate im Dauerbetrieb fehlerfrei getestet – aber man weiß ja nie.

Wie merken Sie, ob es ein Problem gibt, wenn Sie nicht an Bord sind?

Wir haben eine Routine geschrieben, die regelmäßig alle Komponenten überprüft. Alle Daten werden lokal auf unseren Festplatten und zusätzlich auf dem Bordserver der Polarstern gespeichert. Wöchentlich schickt unser System uns automatisch eine E-Mail mit dem Status des Geräts. Werden Daten empfangen? Läuft die Stromversorgung? Bei Problemen können wir die Polarstern anschreiben. Das Datenvolumen ist allerdings sehr gering: Wir dürfen einmal pro Woche 50 Kilobyte von der Polarstern aus verschicken, mehr nicht. Eine rudimentäre Kommunikation ist möglich, aber natürlich kein Livestream oder eine längere telefonische Anleitung zur Behebung von Fehlern. Die Kommunikationsabdeckung ist im Polarkreis einfach sehr schlecht.

Wie können Sie bei Problemen reagieren?

Wir haben uns viele Gedanken darüber gemacht, wie wir aus der Ferne überhaupt reagieren können. Dies ist sehr schwierig. Daher muss das System von jeder Person an Bord gewartet und möglicherweise repariert werden können. Wir haben ein detailliertes Handbuch geschrieben, um bei Fehlern in der Soft- oder Hardware agieren zu können. Und wir haben Reservekabel für alle verbauten Kabel neben dem Aufbau befestigt.

Wie kam das DLR eigentlich auf die Polarstern?

Wie es im Leben so ist: durch ein paar Zufälle und weil wir zur richtigen Zeit am richtigen Ort waren. Bei meiner Arbeit im Arktischen Rat war ich ab 2015 als Experte für Nachrichtentechnik Teil der deutschen Delegation des Auswärtigen Amts. Hierbei stellten wir 2016 die deutschen Arktis-Forschungsarbeiten auf einer Konferenz, dem Arctic Circle Assembly, in Reykjavik vor. Dort waren auch Vertreter des AWI, unter anderem Markus Rex. Er ist der Expeditionsleiter der MOSAiC-Mission. Wir haben uns gleich gut verstanden. Ein Jahr später trafen wir uns erneut bei einer Netzwerkveranstaltung der Helmholtz-Gemeinschaft. Daraufhin habe ich ihn direkt gefragt: „Wie ist das, ihr habt dieses tolle Projekt MOSAiC, gibt es da die Möglichkeit mitzumachen?“ Da wir kein Personal mitschicken wollten, unsere Anlage klein ist, autark läuft und bei 230 Volt Bordspannung betrieben werden kann, sah er keine Schwierigkeiten und antwortete: „Das ist kein Problem, ihr könnt dabei sein!“

MOSAiC ist für das DLR ja mehr als reine Forschung. Was hat Sie darüber hinaus angetrieben?

MOSAiC ist ein großartiges Beispiel für die Schnittstellen zwischen Forschung, Politik, Industrie und Diplomatie. Zum Beispiel muss die Politik nachvollziehen können, was wir machen und dass dies notwendig ist. Das DLR leistet hier einen bedeutenden Beitrag für Klimaforschung und Umweltmonitoring. Es liefert die Expertise, Werkzeuge und auch die Daten – und das nicht nur für Deutschland, sondern weltweit. Beim Arktischen Rat geht es um Diplomatie auf der internationalen politischen Bühne. Es geht um Fragestellungen, wie man über Ländergrenzen hinaus arbeitet. Besonders in der Arktis ist es wichtig, „pan-arktisch“ zu denken, also über die nationalen Hoheitsgebiete der Anrainerstaaten hinweg Gesamtlösungen zu erarbeiten. Dies ist jedoch oftmals nicht ganz einfach. Gerade das Bedienen all dieser Schnittstellen ist auch eine meiner Aufgaben innerhalb des DLR. Ich unterstütze sie und pflege zugleich die Kontakte zu allen Seiten. So wird ein direkter und intensiver Austausch möglich. Das ist ein wunderschöner Gesichtspunkt meiner Arbeit. Jede Schnittstelle hat einen eigenen Aspekt, eigene Anforderungen. Und das ist natürlich sehr vielfältig und macht viel Spaß.

Wie haben Sie sich gefühlt, in Tromsø die Technik zu installieren und danach von Bord zu gehen?

Ich habe die Polarstern glücklich und ein wenig müde verlassen. Wir hatten intensive Arbeitstage. Mit der Abreise aus Tromsø habe ich eine tolle Erfahrung und viele besondere Eindrücke nach Hause mitgenommen. Ich beneide die Mitfahrenden etwas für die einmalige Chance, bei solch einer Expedition dabei zu sein. Gerade, wenn für die Forschung Messungen und Proben vor Ort benötigt werden. Jedoch ist man währenddessen total isoliert, fast wie auf einer Raumstation, und in einer unwirtlichen Umgebung. Nur dass die Gefahr, in der Arktis auf Eisbären zu treffen, deutlich größer ist, als bei einem Außeneinsatz im All auf Aliens (lacht).

Titelbild

Stadtfahrzeuge sollen Personen ebenso wie Güter sicher, komfortabel und umweltschonend von A nach B bringen. Im Urban Modular Vehicle vereint das DLR verschiedene Fahrzeugtypen auf einer Plattform. Die Variante „Peplemover“ kann als Shuttle den Personennahverkehr ergänzen und spart individuelle Parkplätze.



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt