



Die Expedition

Von Herbst 2019 bis Herbst 2020 driftete der deutsche Forschungseisbrecher Polarstern durch das Nordpolarmeer, die meiste Zeit davon eingefroren im Eis. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 37 Nationen untersuchten während der Expedition «Mosaic» die Arktis im Jahresverlauf. Halten Sie Ihre Handy-Kamera auf den QR-Code, und tippen Sie auf den Link, der auf dem Bildschirm erscheint. In einer dreiminütigen Animation sehen Sie den Ablauf der grössten Arktisexpedition aller Zeiten. Geht auch: www.sfvideos.ch/arktis



Der Forschungseisbrecher Polarstern schwimmt auf einer Eisscholle durch die Finsternis der winterlichen Arktis.



DURCH KÄLTE UND FINSTERNIS

Es ist die grösste Arktisexpedition: Festgefroren auf einer Scholle, driftet ein hochmodernes Forschungsschiff durch die Polarnacht und bleibt ein Jahr lang auf dem eisigen Meer. Sieben Schweizer Wissenschaftler sind mit dabei. Ihre Mission: Den Klimawandel verstehen.

— Text Hans-Martin Bürki-Spycher



Ende September 2019, die «Polarstern» frisst sich eine Rinne ins dichter werdende Eis. Ziel des Forschungseisbrechers ist eine mehrere Quadratkilometer grosse Eisscholle in der nahezu unerforschten zentralen Arktis.

Ein Knall. Das Schiff erzittert. Dann knirscht und kracht es. Riesige Bruchstücke von Meereis schieben sich langsam vor dem Bug des Schiffs übereinander. Doch keine Angst! Dieses Schiff geht nicht unter: Die «Polarstern» – Forschungsschiff und Eisbrecher zugleich – ist gebaut für Bedingungen, wie sie nahe des Nordpols herrschen. Innerhalb von Minuten kann sich hier eine Eislandschaft auftürmen, mit fünf Meter hohen Berggipfeln, mit Schluchten und Seen, die in der klirrenden Kälte gleich wieder zufrieren.

Als Laie denkt man vielleicht, der Nordpol und die Arktis seien von einer einzigen starren Schicht aus Eis bedeckt. Doch dem ist nicht so. Vielmehr erstreckt sich, ständig in Bewegung, ein riesiges Mosaik aus Eisschollen, Eisplatten und Bruchstücken über das Nordpolarmeer.

Den Klimawandel untersuchen

«Mosaic», so heisst auch die Expedition, an der von Herbst 2019 bis Herbst 2020 Forscherinnen und Forscher aus 37 Ländern teilnahmen, um Eis, Schnee, Luft

Markus Rex (vorne) leitet die Expedition «Mosaic». Als Atmosphärenphysiker will er in der Arktis mehr erfahren über das Klimasystem der Polargebiete und über die Ozonschicht.



und Wasser dieses wenig erforschten Gebiets zu untersuchen und die so erhaltenen Mosaikstücke zusammenzufügen, um dadurch mehr über den Klimawandel und dessen Auswirkungen zu erfahren, die in der Arktis besonders dramatisch fortschreiten. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verharren insgesamt über ein Jahr lang im kalten Norden, liessen sich mit ihrem Forschungsschiff im Meer eis einfrieren – weitab der Zivilisation

und zeitweise unerreichbar. Viermal wurden die Forschungsteams ausgewechselt, was zum Teil mit grossen Schwierigkeiten verbunden war, wegen Stürmen, dickem Meereis und Corona. Mit dabei waren sieben Forschende aus der Schweiz.

Der wissenschaftliche Leiter der Expedition, Markus Rex, Professor für Atmosphärenphysik an der Universität Potsdam, →

Fortsetzung auf Seite 30



DIE FORSCHUNGSCAMPS

4. Oktober 2019, kaum liegt die «Polarstern» im Eis fest, verlegen die Forscher Stromleitungen und errichten vier kleine Forschungsstationen, sogenannte Citys.



MET CITY
Ein elf Meter hoher Turm misst die Atmosphären-temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und CO₂-Konzentration.



ROV CITY
Forscher bohren ein Loch in die Scholle, damit ein ferngesteuerter Tauchroboter das Eis von unten prüfend besichtigen kann.

OCEAN CITY
 Die Forscher entnehmen eine Wasserprobe, um die Biologie des Eismeeres zu bestimmen. Das Schiff bildet einen sicheren Rückzugsort vor Eisbären.



BALLOON TOWN
 Ein Fesselballon steigt in Höhen von bis zu mehreren hundert Metern auf, um dort die Atmosphäre über der Eisfläche zu messen.





REZA NADERPOUR, 32

**Umweltwissenschaftler und Telekomingenieur
an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee
und Landschaft (WSL) in Birmensdorf ZH.**

Reza Naderpour will Wege finden, Dicke und Beschaffenheit von Meereis und Schnee zu beobachten. Eis und Schnee sind wichtige Ele-

mente, die das Klima kontrollieren. Der Forscher arbeitet mit Radarmessungen, die von Satelliten aus dem Weltall gemacht werden. In der Arktis

erhob er Messdaten und glich sie mit den Satellitendaten ab. Dadurch werden in Zukunft die von Satelliten erhobenen Messdaten präziser.



MATTHIAS JAGGI, 37

**Maschinenbauingenieur und Technischer
Mitarbeiter am WSL-Institut für Schnee- und
Lawinenforschung (SLF) in Davos GR.**

Matthias Jaggi untersuchte die Beschaffenheit und Struktur des Schnees in der Arktis. Er erstellte Schneeprofile, eruierte mechanischen

Widerstand der Schneedecke und untersuchte mit Hohlbohrern gewonnene Schneeproben mit dem Computertomografen. Das gewon-

nene Verständnis über die physikalischen Prozesse in den arktischen Schneedecken dient der Verbesserung von Klimamodellen.

hat ein packendes Tagebuch geschrieben, das im November 2020, kurz nach Ende der Expedition, erschienen ist (siehe Hinweis am Ende des Artikels).

Forschungscamps auf dem Eis

Nach jahrelanger Vorbereitung startete das Schiff am 20. September 2019 im norwegischen Tromsø. Zwei Wochen später hat die «Polarstern» ihr Ziel erreicht, eine mehrere Quadratkilometer grosse Eisscholle inmitten von kleineren Eisschollen. Hier lässt die Crew das Schiff festfrieren, und die Forscher beginnen, auf dem Eis verschiedene Forschungscamps aufzubauen: «Met City» für die Meteorologie- und Atmosphärenforschung, «Ocean City» für die Meeresforschung, «ROV City» für den Unterwasserroboter und «Balloon Town» für die Fesselballone. Die Camps sind verbunden mit einem kilometerweiten Netz von Messstationen. Ein russischer Eisbrecher aus Murmansk liefert weiteres Material und Treibstoff. Obwohl die «Polarstern» in den nächsten Monaten nicht fahren wird, laufen die Motoren im Sparmodus weiter: für die Stromversorgung an Bord und in den Forschungscamps, für Heizung, Licht und Küche.

Für medizinische Notfälle gibt es einen Operationssaal, ein Behandlungszimmer, ein Krankenzimmer und eine Isolierstation sowie eine Ärztin und eine Kranken-

schwester. Zwei Köche und zwei Küchenhilfen sorgen für das leibliche Wohl, und die Bäckerin fängt schon morgens um zwei mit der Arbeit an. In der Speisekammer lagern für die ersten drei Monate unter anderem 14 000 Eier, 1400 Liter Milch, eine Tonne Kartoffeln und 150 Gläser Nuss-Nougat-Creme. «Gutes Essen ist extrem wichtig auf Polarfahrt», sagt Expeditionsleiter Markus Rex, «die Mahlzeiten strukturieren den Tag, und gutes Essen trägt zu guter Stimmung an Bord bei.»



Container mit Messgeräten aus der Schweiz.

Am 6. Oktober sehen die Forscher die Sonne zum letz-



JULIA SCHMALE, 39

Atmosphärenwissenschaftlerin und Professorin am Extreme Environments Research Laboratory in Sitten VS, einer Aussenstation der ETH Lausanne.



Julia Schmale erforscht, inwiefern menschengemachte Luftverschmutzung in Form von Feinstaub einen Einfluss

auf die Energiebilanz in der Arktis hat, welche für das Klima sehr wichtig ist. Vor allem im Winter wird der Feinstaub aus

Europa und Nordamerika in die Arktis getragen. Feinstaubpartikel sind verantwortlich für die Wolkenbildung.

ten Mal hinter dem Horizont untergehen. Sie wird sich monatelang nicht mehr zeigen. Langsam senkt sich die schwarze Polarnacht über die Szenerie. Schwer vorstellbar, wie ein Mensch so seinen Tagesrhythmus beibehält. «Man gewöhnt sich schnell an die Dunkelheit», sagt Matthias Jaggi, 37, Expeditionsteilnehmer und Technischer Mitarbeiter am WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) Davos. «Wenn du von der Arbeit in der Kälte rein ins Schiff kommst, hast du erst mal einen Temperaturschock: von minus 30 auf plus 25 Grad Celsius. Dann hast du Hunger, isst viel und wirst müde. Und nach acht Stunden Schlaf erwachst du wieder und bist voller Tatendrang.»

NANSEN UND DIE BEWEGUNG DES MEEREISES

1884 wurden an der Küste Grönlands Trümmerteile einer Expedition gefunden, die Jahre zuvor im Eis der Ostsibirischen See gescheitert war. Wie kamen die Trümmer dorthin? Der norwegische Meteorologe Henrik Mohn hatte einen Verdacht: Der arktische Ozean und mit ihm das darauf schwimmende Eis unterliegt einer Driftströmung. Mohns tollkühner Landsmann Fridtjof Nan-



Fridtjof Nansen, Forscher.

sen wollte die Theorie überprüfen und liess sich mit seiner Besatzung auf dem hölzernen Schiff Fram, das sowohl über

Segel wie auch eine Dampfmaschine verfügte, einfrieren und vom Eis transportieren. Der Schiffsrumpf war abgerundet, damit die «Fram» vom Eis nicht zerdrückt, sondern emporgehoben wurde. Unter unglaublichen Strapazen und ohne Kontaktmöglichkeiten zur Aussenwelt dauerte die Expedition von 1893 bis 1896, ehe die Helden nach Norwegen zurückkehrten.





Durch elektrisch geladene Sonnenstürme entstehen am Himmel über der «Polarstern» Nordlichter.

Das Schiff ist zwar im Eis festgefroren, doch es bewegt sich trotzdem, mitsamt dem Eis, das sich wie ein gigantischer Strudel langsam um den Nordpol dreht. Das arktische Meereis bildet sich vor der Küste Sibiriens. Von dort driftet es langsam über die Zentralarktis und wird nach einem Jahr östlich von Grönland nach Süden zum Atlantik transportiert, wo es schliesslich schmilzt. Dieses Phänomen wird «Transpolar Drift» genannt, erstmals nachgewiesen vor über 120 Jahren vom Norweger Fridtjof Nansen (siehe Box Seite 31).

Daten von 50 Millionen Büchern

Die «Mosaic»-Expedition driftet also mit dem Eis Richtung Nordpol. Es ist die einzige Möglichkeit, während des Winters dorthin zu gelangen. Die Wissenschaftler untersuchen über hundert verschiedene Dinge wie Eisdicke, Schneebeschaffenheit, Temperatur von Luft, Schnee, Eis und Wasser, Feinstaub oder Strahlung – und deren Veränderung im Laufe eines Jahres. 135 Terabyte an Daten werden bis am Schluss zusammenkommen und müssen ausgewertet werden. Die Datenmenge

ALLTAG UNTER EXTREMBEDINGUNGEN

Während der über einjährigen Expedition arbeiteten die Forscherinnen und Forscher tagsüber auf dem Eis; gegessen und geschlafen wurde aber an Bord des Forschungsschiffes Polarstern. Eine Kommunikation mit der Aussenwelt war nur möglich, wenn jeweils ein Kommunikationssatellit vorbeiflog. Die Arbeit draussen war hart, die Atemluft gefror zu Eiskristallen, die nach kurzer Zeit Wimpern, Bärte und Mützen bedeckten. Während Monaten war es stockfinster, nach einer Übergangszeit im Frühling monatelang taghell.

Auf seiner Reise passierte das Schiff den Nordpol, wo die Kompassnadeln



Zwei russische Eisbrecher versorgen die Expedition mit Material und Sprit.

verrückt spielten und jede Himmelsrichtung nach Süden lag.

In der Freizeit wurde auf dem Eis Fussball gespielt. An Geburtstagen wurde gefeiert mit Musik und Tanz, den Glühwein trank man draussen an der Eisbar bei minus 30 °C. Der erste Schluck war warm, der zweite kalt und der dritte gefroren. Die

intensive Zeit zusammen ergab Freundschaften, es bildeten sich auch Paare, die später heirateten. Viermal gab es einen Schichtwechsel. Die Forschungsteams wurden ausgewechselt mit Hilfe von russischen Eisbrechern, die auch Nachschub lieferten und zum Teil drei Wochen brauchten, um zur «Polarstern» vorzudringen.



Ein Fitnessraum mit Laufband, Rudermaschine, Fahrrad und anderen Geräten hält die Forscher bei guter Gesundheit. Nach einem Tag auf dem Eis suchen viele am liebsten die Sauna auf.



Auf der «Polarstern» gibt es vor allem Tiefkühlkost. Und Rituale: Täglich frische Brötchen, freitags Fisch, samstags Eintopf und sonntags zum Dessert ein Glace.



Der Schweizer Schneeforscher Matthias Jaggi (1. v. r.) hilft mit, das Labor in Ordnung und sauber zu halten.

entspricht etwa 50 Millionen Büchern oder 90 000 Filmen.

Eisbären kommen gefährlich nah

Reza Naderpour, 32, Umweltwissenschaftler und Telekomingenieur von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf ZH, interessiert sich für die Dicke und die Temperatur von Schnee und Eis. «Zwar überwachen bereits Satelliten aus dem Weltraum das Meereis, doch die Satellitendaten müssen mit vor Ort gemessenen Daten abgeglichen werden», erklärt Reza Naderpour seinen Auftrag bei der Expedition.

Die Expedition ist sehr auf Sicherheit bedacht. Wer das Schiff verlässt, meldet

sich beim Pförtner an der Gangway ab und meldet sich dort wieder, sobald man zurück ist. Vergisst man das Zurückmelden, wird Alarm ausgelöst. Die Leute sind stets in Teams unterwegs, wobei eine Person die Aufgabe der Bärenwache hat. Immer wieder kommen neugierige Eisbären vorbei. Die grössten Landraubtiere können dem Menschen gefährlich werden. Zuerst auf dem Schiff ist zwar eine rotierende Wärmebildkamera installiert, die permanent rundum nach Eisbären Ausschau hält – auch in der völligen Dunkelheit der Polarnacht. Doch die Kamera geht schon nach wenigen Wochen kaputt. Umso wichtiger ist es, dass in jedem Team eine bewaffnete Bärenwache dabei ist – für alle Fälle.

Mehrmals inspizieren Eisbären die Camps, spielen mit den Instrumenten. Vermutlich sind sie fasziniert von den leuchtenden LEDs oder von den Pieps-tönen, welche einige Geräte ab und zu von sich geben. WSL-Forscher Reza Naderpour hat noch eine andere Erklärung für das Interesse der Tiere: «Wir benutzten Holzschlitten, sogenannte Nansenschlitten, traditionell gebaut im Stil der Inuit und mit Robbenöl imprägniert, um sie vor dem aggressiven Salzwasser zu schützen. Das Robbenöl riecht für die Eisbären nach einer leckeren Mahlzeit.» Taucht ein zotziger Besucher auf, wird er mit Leuchtraketen verschreckt, damit er nicht zu zahm wird und es zu gefährlichen Begegnungen kommt.

→



In der Nähe des Forschungsschiffs hat sich ein Polarfuchs im Schnee eingegraben.

Der Besuch von Eisbären ist eher die Regel als die Ausnahme. Sichtbar macht sie während der monatelangen Polarnacht ein Wärmebildsichtgerät und das Licht der Stirnlampe.



«Wir sollten uns bewusst sein, dass alles, was wir machen, eine Wirkung auf den ganzen Planeten hat.»

Reza Naderpour, Umweltwissenschaftler

Auch andere Tiere besuchen die Forschungscamps. Eines Morgens sind Datenkabel angeknabbert und durchgebissen. Der Täter ist ein Polarfuchs. SLF-Forscher Matthias Jaggi: «Der Polarfuchs konnte überführt werden, weil er sich zum Ausruhen neben dem Schiff hingelegt hatte und wir in seinem Fell blaue und orange Plastikspäne sahen.»

Matthias Jaggi ist auch dabei, als durch ein Loch im Eis ein kamerabestückter Unterwasserroboter hinabgelassen wird, um die Eisunterseite aufzunehmen. Während der Roboter unter dem Eis seine Runden dreht, taucht plötzlich eine Robbe auf und streckt ihren Kopf durch das Loch. «Ich weiss nicht, wer mehr erschrocken ist, die Robbe oder ich», sagt Matthias Jaggi.

Wer in der Arktis arbeitet, erlebt Überraschungen. «Die Eislandschaft verändert sich ständig», sagt Julia Schmale, Atmosphärenwissenschaftlerin und Professorin am Extreme Environments Research Laboratory in Sitten VS, einer Aussenstation der ETH Lausanne. Spalten tun sich auf, und die entstehende Wasserfläche wird innert kurzer Zeit grösser und grösser. «Wir mussten stets achtgeben, dass nicht plötzlich der Rückweg zum Schiff abgeschnitten war.» Eisplatten können sich aber auch parallel verschieben, zum Teil mehrere hundert Meter weit. «Wenn ich am Abend zu Bett ging, stand das Messgerät an einer Stelle, und wenn ich aufwachte, stand es ganz woanders», erzählt Julia Schmale. Es sei wie in einem Spiel

gewesen, in dem man eine Welt aufbaue; dann würfle jemand eine Zahl, und das verändere die geschaffene Welt komplett.

Luftverschmutzung sammelt sich

Julia Schmale untersucht während der Expedition den Feinstaub in der arktischen Luft. «Im Winter sitzen die kalten Luftmassen über der Arktis fest wie unter einer Käseglocke», erklärt die Forscherin. Dieser sogenannte arktische Dom reicht bis nach Nordeuropa und Nordamerika und erstreckt sich über einen grossen Teil von Sibirien: Alles, was innerhalb dieses Doms an Abgasen und Feinstaub in die Luft abgelassen wird, bleibt dort drin. «Die ganze Luftverschmutzung sammelt sich darin. Daher hat es in der arktischen



Ein Forscher schaut nach Eisbären und Rissen im Eis. Die Temperatur liegt in der Polarnacht oft bei minus 30 Grad.

Luft im Winter bis zu 300-mal mehr Feinstaub als im Sommer.» Das hat Folgen. Feinstaub regt die Wolkenbildung an. Wolken wiederum sorgen dafür, dass die Polargegend weniger abkühlt – das arktische Eis schmilzt schneller.

«Das Eis wirkt wie ein Spiegel», sagt Umweltwissenschaftler Reza Naderpour. «Dieser Spiegel reflektiert die Energie, welche die Sonne auf die Erde strahlt, zurück in den Weltraum.» Über die Jahre konnten die Forscher sehen, wie dieser gigantische Spiegel kleiner und kleiner wurde. So dringt immer mehr Strahlung auf die Erde ein, und unser Planet wird wärmer. «Wir sollten uns bewusst sein», sagt der Forscher, «dass alles, was wir machen, eine Wirkung auf den ganzen Planeten hat. Wenn ich etwas tue, hat das einen Einfluss auf die Arktis, und die Arktis hat einen Einfluss auf mich.»

Expeditionsleiter Markus Rex hält in seinem Bericht fest, dass sich das Eis in den Sommern 2019 und 2020 schneller zurückzog als jemals zuvor. Und die Eisschicht war nur noch halb so dick wie zu Zeiten des norwegischen Abenteurers

Fridtjof Nansen, der sich Ende des 19. Jahrhunderts mit seinem Schiff Fram in der Arktis einfrieren liess. «Während des Winters hat die «Mosaic»-Expedition fast 10 Grad Celsius höhere Temperaturen gemessen als damals die «Fram»-Expedition», sagt Markus Rex.

Früher oder später wird die Arktis im Sommer wohl gänzlich eisfrei sein. Das freut die Schifffahrt, da sich so neue und kürzere Routen zwischen Nordeuropa, Nordasien und Nordamerika ergeben. Doch der Preis ist hoch. Indigene Völker wie die Inuit, die Nenzen oder die Samen werden ihrer angestammten Heimat beraubt, und Tiere wie Eisbär und Polarfuchs verlieren ihren Lebensraum. Das Schmelzen des Polareises wird sich auf die Meeresströmungen und damit auch auf das Klima in unseren Breiten auswirken.

Ende Juli letzten Jahres nähert sich das Schiff mitsamt dem Eis, in dem es festgefroren ist, dem offenen Meer. Das Eis beginnt sich im Takt der Wellen sachte zu heben und zu senken. Am 30. Juli werden die Forschungscamps geräumt. Das ist kein Tag zu früh, denn bereits am nächs-

ten Tag zerbricht das Eis in viele kleine Bruchstücke. Der Kapitän setzt das «befreite» Schiff in Bewegung und steuert Richtung Nordpol, wo das Forschungsteam weitere Messdaten erhebt.

Nach einer dreiwöchigen Rückfahrt läuft das Forschungsschiff am 12. Oktober 2020 in Bremerhaven ein. Expeditionsleiter Markus Rex ist erleichtert: Alle Expeditionsteilnehmer sind wohlauf – und verändert. «Wir haben mit unseren eigenen Augen gesehen, wie es um die Arktis steht», sagt Markus Rex, «das Jahr hat uns verändert, und es wird die Wissenschaft verändern, die sich mit dem Klimawandel der Arktis beschäftigt.» ■

FORSCHER IM EIS

Buch von Markus Rex: «Eingefroren am Nordpol. Das Logbuch von der «Polarstern»», C. Bertelsmann Verlag, 38.90 Fr.



Websites der Expedition:
follow.mosaic-expedition.org,
eerl.epfl.ch, wsl.ch