

**WAS  
IST  
WAS**

# POLARSTERN

Forschen im Eis



TESSLOFF



Dr. Tim Kalvelage

# POLARSTERN

Forschen im Eis



TESSLOFF

# Die Polarregionen

## Gefrorene Welten

Die Arktis und Antarktis sind die kältesten Regionen der Erde. Ein Großteil der Landmassen und Ozeane ist hier das ganze Jahr über von Eis und Schnee bedeckt. Deshalb konnte der Mensch erst spät in die letzten Winkel der Polargebiete vordringen.

## Nord und Süd

In der Arktis liegt der Nordpol, inmitten eines gefrorenen Ozeans. Der Südpol liegt dagegen in der Antarktis. Er befindet sich in knapp drei Kilometern Höhe auf dem antarktischen Eisschild, der gewaltigsten Eismasse unseres Planeten. Eisberge so groß wie Millionenstädte brechen davon ab und treiben rings um den Kontinent Antarktika. Mit ihrem Eis bilden die beiden Polargebiete einen riesigen Sonnenreflektor. Sie sind daher die Kühlkammern des Planeten und regulieren unser Klima und Wetter.

### Es wird wärmer

In den letzten 150 Jahren hat sich unser Planet um gut ein Grad aufgeheizt. Schuld daran ist die starke Zunahme von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre. Für den Anstieg der Gase sorgen wir, indem wir Öl, Gas und Kohle verbrennen, intensive Landwirtschaft betreiben und Wälder abholzen. Man spricht deshalb auch vom menschengemachten Klimawandel.

### Das große Schmelzen

Besonders sichtbar sind die Folgen des Klimawandels in der sogenannten Kryosphäre – das sind die mit Schnee und Eis bedeckten Gebiete der Erde sowie die gefrorenen Böden. Von 1994 bis 2017 sind weltweit 28 Billionen Tonnen Eis verloren gegangen. 28 000 000 000 000! Das entspricht 28 Eiswürfeln mit einer Kantenlänge von je zehn Kilometern. Knapp 80 Prozent davon sind in den Polargebieten verschwunden. Das arktische Meereis geht zurück, die Permafrostböden tauen, Grönlands Gletscher schmelzen und in der Antarktis schrumpfen die Schelfeise. Die Eisverluste lassen den Meeresspiegel ansteigen und verändern die polaren Ökosysteme rasant, vor allem in der Arktis.

# Tauwetter an den Polen

# Grönland – der Meeresspiegel steigt

Östlich von Kanada liegt die größte Insel der Erde: Grönland, das im Norden an den Arktischen Ozean grenzt. 80 Prozent der Insel sind von Eis bedeckt, stellenweise drei Kilometer dick. Der Grönländische Eisschild hält rund zehn Prozent des weltweiten Gletschereises. Doch dieses Eis schmilzt und viele der rund 14 000 Gletscher, die auf Grönland gezählt wurden, schrumpfen. Unmengen an Süßwasser gelangen so in den Ozean.

## Aus dem Gleichgewicht

Grönlands Eismassen fließen vom zentralen Hochland über große Eisströme zur Küste hin. Dort kalben die Gletscher – es brechen also riesige Eisberge ab, die im Wasser treiben.



**Eisinsel**  
Grönland ist sechsmal so groß wie Deutschland und überwiegend von Gletschereis bedeckt. Große Eisströme fließen vom Zentrum der Insel ins Meer. Zur Küste hin wird das Eis schneller. An den roten Stellen erreicht es eine Geschwindigkeit von mehreren Kilometern pro Jahr.

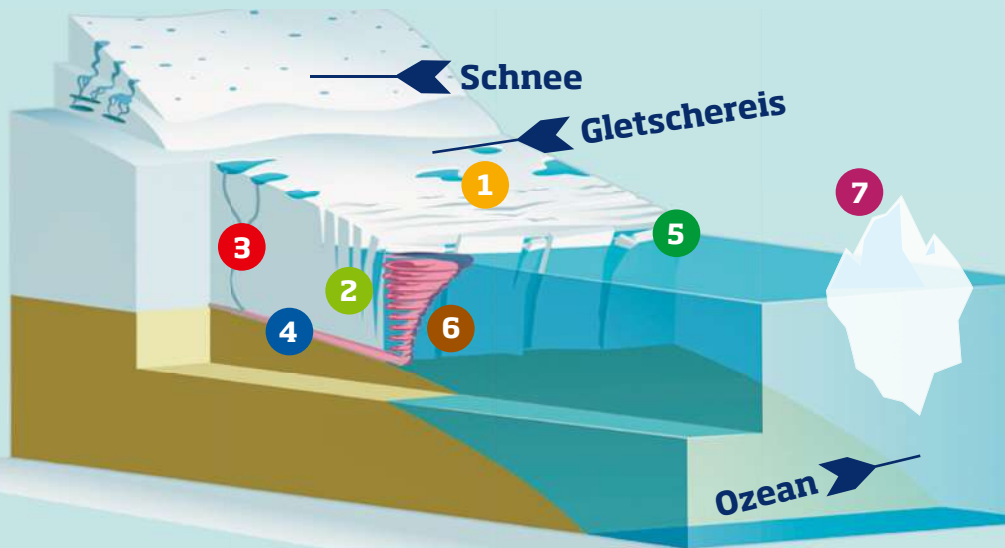
Im Sommer rauscht zudem Schmelzwasser die Eishänge hinab ins Meer. Zugleich verdichtet sich der Schnee auf dem Eisschild zu Gletschereis und sorgt für Nachschub. Früher glichen sich die Eisverluste und -gewinne aus. Aber sowohl das Kalben der Gletscher als auch die Menge an Schmelzwasser haben durch den Klimawandel extrem zugenommen. Dadurch steigt der Meeresspiegel. In den letzten 30 Jahren hat Grönland fünf Billionen Tonnen Eis verloren. Auf der Fläche Deutschlands würde es sich 14 Meter hoch türmen!

## Wärmer, dunkler, schneller

Die Eisverluste sind zum einen das Ergebnis steigender Temperaturen in der Atmosphäre, besonders im Sommer. Warme Luft führt dann zum Schmelzen der Gletscheroberfläche und die Gletscher verlieren an Höhe. Weil es weiter unten wärmer ist als in höheren Lagen, sind sie immer wärmerer Luft ausgesetzt und schmelzen umso schneller. Ein weiterer Grund ist die Verdunklung des Eisschildes. Neben Staub und Ruß – aus Fabriken in Europa oder von Waldbränden in Kanada – stecken dahinter vor allem Eisalgen. Sie wachsen massenhaft an den Rändern des Eisschildes und verleihen den Gletschern eine graue Farbe. Dank der Algen nehmen diese mehr Sonnenenergie auf und schmelzen rascher. Über Spalten und Löcher im Eis versickert das Schmelzwasser bis zur Gletscherunterseite. Dort bildet es einen Gleitfilm, der das Eis leichter bergab rutschen lässt. Außerdem sorgt die Ozeanerwärmung für eine höhere Fließgeschwindigkeit der Gletscher, die ins Meer münden. In Grönlands Fjorde schwappt immer wärmeres Wasser und nagt an den schwimmenden Gletscherzungen.

## Ein Riese schrumpft

In der Schmelzsaison entstehen auf den Gletschern Flüsse und Seen (1). Das Schmelzwasser dringt über Spalten (2) und sogenannte Gletschermühlen (3) bis zum Grundgestein. Dort bildet es einen Gleitfilm (4), der das Eis schneller Richtung Meer rutschen lässt. An der Gletscherfront (5) steigt süßes Schmelzwasser auf (6), weil es leichter ist als Salzwasser. Dabei gelangen Nährstoffe an die Meeresoberfläche, die für starkes Planktonwachstum sorgen. Durch den Klimawandel brechen heute mehr Eisberge ab (7). Sie verdrängen Meerwasser, sodass der Meeresspiegel ansteigt.



Eisalgen, Staub und Ruß verdunkeln die Gletscher. Dadurch nimmt das Eis mehr Sonnenstrahlung auf und schmilzt schneller.

**Unglaublich!**  
99 Prozent der Eisfläche Grönlands fingen im Sommer 2012 an zu schmelzen. Eine Hitzewelle sorgte selbst auf dem 3 200 Meter hohen Gipfel der Insel für Plusgrade. Das kommt eigentlich nur alle 250 Jahre vor. Aber schon 2019 und 2021 herrschte dort erneut Tauwetter.



## Was lässt den Pegel steigen?

In den letzten 50 Jahren hat der Meeresspiegel um zehn Zentimeter zugelegt. Derzeit steigt er jedes Jahr um vier Millimeter an. Küstenstädte und Inseln sind davon bedroht. Ein Drittel des Anstiegs beruht auf der Ozeanerwärmung. Denn Wasser dehnt sich aus, wenn es sich aufheizt. Das Schmelzwasser von Inlandeis und schneller fließende Gletscher – zum Beispiel auf Grönland – machen knapp 60 Prozent aus. Schmilzt Eis, das bereits im Ozean treibt – Eisberge, Meer- oder Schelfeis –, bleibt der Meeresspiegel allerdings nahezu unverändert. So wie ein schmelzender Eiswürfel im Wasserglas den Wasserstand nicht erhöht. Grönland trägt ein Fünftel zum globalen Meeresspiegelanstieg bei. Forschende warnen: Teile des Eisschildes könnten komplett abschmelzen. Das dürfte zwar viele Jahrhunderte dauern. Aber auf Grönland lastet genügend Eis, um den Meeresspiegel um 7,4 Meter zu erhöhen! Große Küstengebiete würden dadurch überflutet. Zudem könnte das süße Schmelzwasser den Salzgehalt im Nordatlantik senken. So würde das Meerwasser leichter und könnte weniger gut in die Tiefsee absinken. Der Motor der globalen Ozeanzirkulation würde gebremst – und damit auch der Golfstrom, der Westeuropa milde Winter beschert.



Wo Gletscher ins Meer münden, gibt es reichlich Plankton und Fisch. Das lockt Buckelwale an. Ziehen sich Gletscher aufs Festland zurück, verschwindet der Nahrungsreichtum.

Vor einigen Jahren waren diese Felsen noch von Gletschereis bedeckt.

# Den Klimawandel erforschen

## Spurensuche in Eis und Ozean

Dem Klimawandel auf die Schliche zu kommen, ist eine komplizierte Sache, besonders in den Polarregionen. Das liegt zum einen daran, dass weite Teile der Arktis und Antarktis nur mit Eisbrechern oder Polarflugzeugen zu erreichen sind. Entsprechend aufwendig sind Messungen dort. Zum anderen benötigen Forschende meist Daten über sehr lange Zeiträume, um eindeutige Klimatrends herauslesen zu können. Der Ozean etwa erwärmt sich sehr viel langsamer als die Atmosphäre und seine Bedeckung mit Meereis unterliegt natürlichen Schwankungen.

## Von Bojen bis Eisbohrkernen

Daher werden verschiedene Technologien genutzt, um die Veränderungen in den Polarregionen zu erforschen: von Umweltsatelliten über Bojen bis hin zu Messgeräten, die mit tonnenschweren Gewichten am Meeresgrund verankert werden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler lassen auch unbemannte Unterwasserfahrzeuge im Ozean umherfahren. Außerdem befestigen sie Sender an Walen und Robben, die Daten unter dem Meereis sammeln. Und wie blicken Forschende in die Vergangenheit? Dazu nutzen sie Bohrkerne aus Gletschern und dem Meeresboden. Mit großen Bohrern werden diese Proben entnommen. Sie verraten, welches Klima in den Polarregionen vor vielen Jahrtausenden herrschte. Das ist wichtig, um zu verstehen, wie es dort in Zukunft aussehen könnte.



SDL 200 kN  
SWL 12,5 t - 18,73

# Schnee-Expertin Stefanie Arndt



Stefanie Arndt

## Schneesturm

Auf dem Eis kann es auch mal richtig ungemütlich werden. Bei einem Schneesturm kann es zum sogenannten Whiteout kommen. Dabei verschwinden alle Kontraste und Schatten, sodass Himmel und Erde verschmelzen. Man verliert das Gefühl für oben und unten.

Als Studentin war Meereis-Physikerin Stefanie Arndt zum ersten Mal mit der »Polarstern« in der Antarktis. Damals wurde sie vom Polarvirus infiziert, der Forschende immer wieder in die Polargebiete zurückkehren lässt. Seither hat die junge Wissenschaftlerin neun Expeditionen der »Polarstern« ins Nord- und Südpolarmeer begleitet und insgesamt über eineinhalb Jahre auf See verbracht. Das Schiff ist ihr zweites Zuhause. Immer wenn sie an Bord geht, freut sie sich, gute Bekannte wiederzusehen. Aber am wenigsten kann sie es bei einer neuen Expedition erwarten, die ersten Eisschollen zu erblicken.

## Flockige Isolierschicht

Stefanie Arndt arbeitet am Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven. Ihr Spezialgebiet: die Schneedecke des antarktischen Meereises. Die weißen Flocken spielen eine

wichtige Rolle für das Schicksal der Eisschollen. Wenn der Ozean im Winter gefriert, gibt er Wärme an die kalte Polarluft ab. Der Schnee auf dem Meereis bremst jedoch den Wärmeverlust des Ozeans und damit den Gefrierprozess. Je dicker die Schneeschicht ist, desto dünner bleiben die Schollen. Im Sommer wiederum reflektiert der Schnee bis zu 90 Prozent des Sonnenlichts. Dadurch schmilzt das Eis langsamer.

## Schnee ist nicht gleich Schnee

Schnee ist also entscheidend für die Dicke und Lebensdauer des antarktischen Meereises. Aber Schnee ist kompliziert. Er kann fluffig oder kompakt sein, trocken oder feucht, weiß oder eher grau. Und er kann tauen und auf den Schollen wieder zu Eis gefrieren. All diese Faktoren machen es Forschenden schwer, die Schneedecke und das Meereis darunter mithilfe von Satelliten zu vermessen. So lässt sich etwa nicht genau sagen, ob die Schollen im Südpolarmeer heute dünner sind als früher. Das zu wissen, wäre jedoch sehr wichtig. Denn am Schicksal des Meereises hängt ein ganzes Ökosystem mit Eisalgen, Plankton und größeren Meerestieren. Meereis-Physikerin Stefanie Arndt will die Fernerkundung des Südpolarmeers verbessern. Genaue Satellitendaten sind nämlich die Voraussetzung für verlässliche Computermodelle dazu, wie sich das Klima entwickeln wird. Deshalb reist sie regelmäßig in die Antarktis und erforscht die Schneedecke auf dem Meereis. Dabei bringt sie unter anderem Schneebojen aus. Diese messen, wie viel Schnee sich im Laufe des Jahres auf dem Meereis ansammelt, und übermitteln die Daten stündlich per Satellit.

Eisproben untersuchen Stefanie Arndt und ihre Kollegen an Bord der »Polarstern« im Gefriercontainer.



Wenn keine ausreichend große Eisscholle in unmittelbarer Nähe der »Polarstern« treibt, fliegen die Forschenden mit dem Helikopter auf das Meereis.

## Per Helikopter aufs Eis

Bevor es aufs Eis geht, suchen Stefanie Arndt und ihr Team mithilfe von Satellitenbildern nach einer großen Scholle, auf der sie Messungen durchführen und Eis- und Schneeproben nehmen wollen. Manchmal legt die »Polarstern« direkt an der Eisscholle an. Häufig aber fliegen die Forscherinnen und Forscher aufs Eis. Dann laden sie ihre Ausrüstung in den schiffseigenen Helikopter und ziehen sich orangefarbene Überlebensanzüge an. Heiß begehrt ist der Sitz neben dem Piloten. Dort hat man eine tolle Aussicht über den Ozean und kann nach Tieren Ausschau halten.



Mit dieser Sonde läuft Stefanie Arndt eine Runde auf der Scholle und bestimmt die Schneetiefe. Auf dem Rücken trägt sie eine GPS-Antenne, um die genaue Position ihrer Messung zu speichern.

## Tierischer Besuch

Oft begegnen Stefanie Arndt und ihrem Team bei der Arbeit Robben oder Pinguine. Vor allem Kaiserpinguine können sehr neugierig sein. Unter lautem Geschnatter schauen sich die Tiere gern aus der Nähe an, was die Fremdlinge auf ihrer Eisscholle treiben.



Ohne Scheu: Kaiserpinguine nähern sich den Forschenden auf dem Meereis.

## Schicht für Schicht

Auf der Eisscholle angekommen, buddelt Stefanie Arndt eine kleine Grube und untersucht die einzelnen Schichten der Schneedecke: Sie misst die Schneetiefe und die Temperatur, schaut sich die Schneekristalle unter der Lupe an und prüft, wie weich der Schnee ist. Und sie macht den Schneeballtest: Wenn der Schnee feucht ist, lässt sich gut ein Schneeball formen. All diese Informationen verraten ihr, wie stark die Schneedecke das Meereis isoliert und Sonnenlicht reflektiert. Ein anderes Teammitglied bohrt Löcher in die Scholle und bestimmt die Eisdicke. Schnee- und Eisproben werden später im Labor auf dem Schiff oder an Land untersucht.



Hier untersucht Stefanie Arndt die Schneedecke auf einer Eisscholle im Weddellmeer.

# Die Zukunft der Polarregionen

## Ungewisse Aussichten

Die MOSAiC-Expedition der »Polarstern« hat es eindrücklich belegt: Der Arktische Ozean verändert sich rasant. Auch die Landgebiete der Arktis und die Antarktis spüren den Klimawandel. Die Erde wird sich in den kommenden Jahrzehnten weiter aufheizen. Wie stark, ist unklar. Aber Forscherinnen und Forscher warnen: Wir müssen den Ausstoß von Kohlendioxid massiv reduzieren. Sonst werden Meereis und Gletscher noch schneller schmelzen. Den Tieren an Nord- und Südpol droht der Verlust von Lebensraum – und uns ein steigender Meeresspiegel und mehr Extremwetter. Die gute Nachricht ist: Es ist nicht zu spät, die Erderwärmung einzudämmen und die schlimmsten Folgen zu verhindern. Jeder kann mit kleinen Dingen im Alltag dazu beitragen.

## Schutz für Arktis und Antarktis

Der Klimawandel stellt die größte Bedrohung für die zum Teil noch unberührte Natur in den Polarregionen dar. Auch, weil diese durch den Eisrückgang leichter zugänglich werden. Neue Fischereigebiete und Rohstoffe im Meeresboden wie Erdöl und Gas gelangen so in Reichweite des Menschen. Daneben sind die Lebewesen in den Polargebieten noch anderen Gefahren ausgesetzt, etwa Plastikmüll und Unterwasserlärm. Doch es gibt kleine Hoffnungsschimmer: Grönland will vor seiner Küste nicht nach Öl bohren, rund um den Nordpol darf vorerst niemand fischen und in der Antarktis kämpfen Menschen für große Meeresschutzgebiete.