1 Arktis und Antarktis – Naturräume in Poleposition

> Die heutigen Polargebiete der Erde haben auf den ersten Blick vieles gemeinsam: Eis und Schnee prägen ihre Landschaften und Meeresgebiete, die Hälfte des Jahres herrscht Dunkelheit, und überleben kann nur, wer sich an die extremen Lebensbedingungen anpasst. Trotz aller augenfälligen Parallelen aber unterscheiden sich die Arktis und die Antarktis grundlegend – angefangen von ihrer Geografie und ihrer Vereisungsgeschichte bis hin zur Eroberung durch den Menschen.

Eine kurze Geschichte der Polarregionen

> Die Polargebiete der Erde faszinieren den Menschen heutzutage mehr denn je. Zum einen gelten weite Teile der Arktis und Antarktis noch immer als unerforscht und damit als Neuland. Zum anderen verfügen beide Regionen über eine ganz besonders abwechslungsreiche Entstehungs- und Vereisungsgeschichte. Deren zahlreiche Facetten stellen die Wissenschaft bis heute vor so manches Rätsel.

Die Faszination der hohen Breiten

Das 21. Jahrhundert ist das Jahrhundert der Polargebiete. Kaum ein Naturraum der Erde fasziniert die Menschheit gegenwärtig so sehr wie die fernen Meeres- und Landgebiete der Arktis und Antarktis. Ein immer noch großer Teil der bislang schwer zugänglichen Regionen aus Eis und Schnee gilt bis heute als unerforscht. Auf viele grundlegende wissenschaftliche Fragen gibt es noch keine Antworten – etwa auf jene, was genau sich unter den kilometerdicken Eisschilden Grönlands und der Antarktis verbirgt oder wie der Arktische Ozean entstanden ist.

Gleichzeitig schaut die Welt mit Sorge auf die Polarregionen, denn sie nehmen als Kühlkammern der Erde eine Schlüsselrolle im Klimasystem des Planeten ein und tragen maßgeblich zur globalen Luftmassen- und Ozeanzirkulation bei. Kleine Veränderungen in ihrem komplexen Gefüge können weitreichende Auswirkungen haben. Das gilt vor allem in Bezug auf die großen Eisschilde Grönlands und der Antarktis. Gemeinsam speichern sie 99 Prozent des Eisvorkommens auf der Erde. Schmelzen sie, steigt der globale Meeresspiegel. Ein Abschmelzen beider Eispanzer würde die Pegel weltweit um rund 70 Meter anheben und weite Küstenbereiche der Erde überfluten.

Die Auswirkungen des globalen Klimawandels zeigen sich in den Polargebieten heute schon deutlicher als anderswo, vor allem in der Arktis. Sie erwärmt sich seit der Mitte des 20. Jahrhunderts mehr als doppelt so schnell wie die restliche Erde und gilt deshalb auch als Frühwarnsystem für den Klimawandel. Wetterdienste und Wissenschaftler verfolgen das Geschehen in den hohen Breiten deshalb in Echtzeit – zumindest dort, wo Satelliten und Messnetze Beobachtungen ermöglichen.

Die Faszination der Polargebiete beruht aber auch darauf, dass nirgendwo sonst auf der Welt Eis, Schnee, klirrende Kälte und die Dunkelheit der Polarnacht das Leben vor solche riesigen Herausforderungen stellen. Sowohl in der Arktis als auch in der Antarktis haben Tiere und Pflanzen ausgeklügelte Überlebensstrategien und eine beeindruckende Artenvielfalt entwickelt, die immer

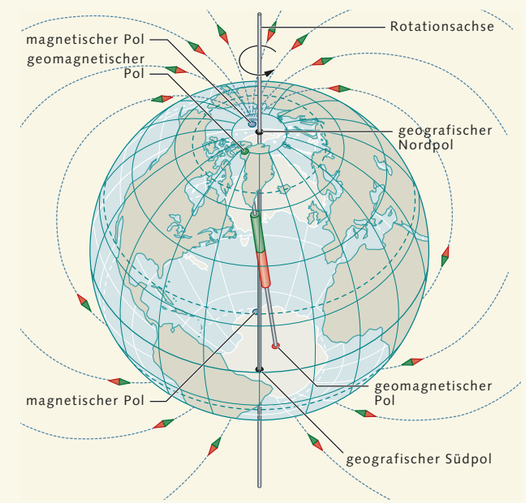
1.1 > Ein Kreuzfahrtschiff an der Küste der Antarktischen Halbinsel. Im antarktischen Sommer 2017/2018 besuchten 42 000 Kreuzfahrttouristen die Antarktis. Das waren 16 Prozent mehr als im Sommer zuvor.

Die wandernden Pole der Erde

Der geografische Nordpol hat eine feste Position. Er entspricht dem Schnittpunkt der Erdachse mit der nördlichen Erdoberfläche. Seine Koordinaten lauten daher: 90 Grad Nord. Mit einem einfachen Taschenkompass ließe er sich allerdings nur schwer finden. Die Kompassnadel richtet sich nämlich am Magnetfeld der Erde aus. Dieses entsteht, weil im äußeren Kern der Erde befindliches flüssiges Eisen aufgrund von Temperaturunterschieden innerhalb der Erde und durch die Erdrotation umgewälzt und verwirbelt wird. Das Magnetfeld reicht mehrere Erdradien weit in den Weltraum. Es schirmt den Planeten vor gefährlicher Strahlung und Teilchen aus dem All ab und besitzt ebenfalls einen Nord- und einen Südpol. Als solche werden jene zwei Punkte bezeichnet, an denen die magnetischen Feldlinien senkrecht zur Erdoberfläche in die Erde eindringen. Einer dieser Punkte befindet sich auf der Nordhalbkugel der Erde, der andere auf der Südhalbkugel, wobei ihre Position zueinander nicht genau entgegengesetzt ist. Für beide lässt sich auch keine feste geografische Position angeben, denn infolge magnetischer Stürme und einer sich ändernden Umwälzung des flüssigen Eisens im äußeren Erdkern verändert sich ihre Lage ständig. Die Pole wandern, wie unregelmäßige Messungen ergeben haben. Als der magnetische Nordpol im Jahr 1831 entdeckt wurde, befand sich dieser gerade in der Nähe der Boothiahalbinsel im hohen Norden Kanadas. Von dort ist er dann nordwestwärts gewandert. Gegenwärtig bewegt er sich mit einer Geschwindigkeit von rund 55 Kilometern pro Jahr. Er liegt derzeit nördlich des 85. Breitengrads, mitten im Arktischen Ozean, und nähert sich Russland.

Interessanterweise kehrt sich das Magnetfeld der Erde in unregelmäßigen Zeitabständen um. Aus dem magnetischen Norden wird dann Süden und umgekehrt. Der Verständlichkeit halber sprechen Experten deshalb auch stets vom arktischen Magnetpol – eine Bezeichnung, die immer den magnetischen Pol auf der Nordhalbkugel meint, auch wenn dieser wie gegenwärtig im physikalischen Sinn ein magnetischer Südpol ist. Warum es zu dieser Polumkehr kommt, ist unbekannt, man weiß aber, dass sie sich über einen Zeitraum von einigen Tausend Jahren vollzieht. Wissenschaftler definieren zusätzlich noch die geomagnetischen Pole, die allerdings nicht gemessen, sondern nur theoretisch berechnet werden können. Ihnen liegt die Annahme zugrunde, dass sich im Erdmittelpunkt ein unendlich kleiner Stabmagnet befindet. Im Schnittpunkt der Achse des Stabmagneten mit der Erdoberfläche liegen die geomagnetischen Pole. Ihnen wird eine große Bedeutung beigemessen, da sie die Grundlage des geomagnetischen Koordinatensystems bilden. Dieses wird für die Navigation unter Wasser, im Erdreich sowie für jede Handy-Kompass-App gebraucht.

1.2 > Der arktische Magnetpol bewegt sich ständig. Wissenschaftler ermitteln seine Position durch Messungen und Berechnungen.



1.3 > In der Nord- und Südhemisphäre der Erde gibt es jeweils drei Pole: einen geografischen, einen magnetischen und einen geomagnetischen.

mehr Menschen mit eigenen Augen sehen wollen. Die Zahl der Touristen in beiden Polargebieten steigt deshalb ebenso wie das Interesse der Wirtschaft an einer Nutzung der polaren Ressourcen. Südlich des 60. Breitengrads Süd setzt der Antarktisvertrag den Akteuren enge Grenzen. In der Arktis dagegen bestimmen die fünf Anrainerstaaten das Geschehen. Dort hat der Wettstreit um Rohstoffe und Schifffahrtsrouten längst begonnen.

So ähnlich und doch so verschieden

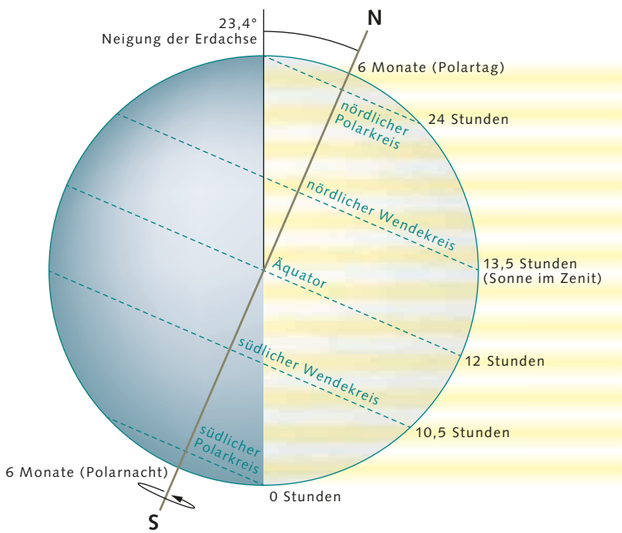
Als Polargebiete werden jene Regionen der Erde bezeichnet, die sich zwischen dem Nord- oder Südpol und dem dazugehörigen Polarkreis befinden. Das Nordpolargebiet, die sogenannte Arktis, umfasst den Arktischen Ozean und einen Teil der ihn umschließenden Landmassen. Das Südpolargebiet, auch Antarktis genannt, enthält den antarktischen Kontinent und Gebiete des ihn umgebenden Südlichen Ozeans. Der Durchmesser beider Regionen beträgt jeweils 5204 Kilometer, denn beide Polarkreise verlaufen in einem Abstand von 2602 Kilometer um ihre geografischen Pole, die jedoch nicht gleichzusetzen sind mit den wandernden magnetischen Polen der Erde.

Auf Weltkarten werden die Polarkreise stets mit gestrichelten Linien in Höhe von 66° 33' nördlicher und südlicher Breite markiert. Für diese Grenzziehung hat man sich einst am Stand der Sonne orientiert. Die Linie des nördlichen Polarkreises definiert nämlich jene geografische Breite, auf der die Sonne zur Sommersonnenwende am 21. Juni eines Jahres genau 24 Stunden lang nicht untergeht. In der südlichen Hemisphäre findet zeitgleich die Wintersonnenwende statt. Die Position des südlichen Polarkreises wird demzufolge durch jenen Breitengrad definiert, auf dem die Sonne 24 Stunden lang vollständig hinter dem Horizont verborgen bleibt.

Die vielen Parallelen zwischen Arktis und Antarktis dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich die zwei Polargebiete fundamental voneinander unterscheiden. Im äußersten Süden erstreckt sich mit Antarktika eine gewaltige Landmasse – ein abgelegener Kontinent, der mit einer Fläche von 14,2 Millionen Quadratkilometern fast zweimal so groß ist wie Australien. 98 Prozent dieser Fläche sind mit bis zu 4700 Meter dickem Eis bedeckt. Der Kontinent ist vollständig vom Südlichen Ozean, auch Südpolarmeer genannt, umgeben, welchen Forscher deshalb auch als Ringozean bezeichnen. Er ermöglicht einen regen Austausch der Wassermassen aus dem Atlantischen, Pazifischen und Indischen Ozean und friert im Winter großflächig zu (saisonale Meereisdecke). Dieser Ozean trennt die Antarktis nicht nur räumlich vom Rest der Welt. Seine im Uhrzeigersinn strömenden Wassermassen isolieren die Antarktis auch klimatisch und sind somit ein Grund, weshalb es hier in großen Teilen deutlich kälter wird als in der Arktis. Ein kurzer Vergleich: Die Jahresdurchschnittstemperatur am Südpol beträgt minus 49,3 Grad Celsius, jene am Nordpol minus 18 Grad Celsius. Darüber hinaus gilt die Antarktis als windigste und trockenste Region der Erde. Das extreme Klima hier sowie die Abgeschiedenheit sind auch der Grund, warum es bis heute nur wenige Tier- und Pflanzenarten geschafft haben, auf dem vereisten Kontinent heimisch zu werden. Der Mensch hingegen kommt immer nur für kurze Zeit zu Besuch. Abgesehen von Forschungsstationen gibt es auf dem antarktischen Kontinent heute keine auf Dauer angelegten Siedlungen.

Im Nordpolargebiet dagegen verhält es sich in mehreren Belangen genau umgekehrt. Hier umzingeln Landmassen einen Ozean in zentraler Pollage. Der Arktische Ozean, auch als Nordpolarmeer bezeichnet, ist nur über wenige Wasserstraßen mit den Weltmeeren verbunden und gilt mit einer Fläche von 14 Millionen Quadratkilometern als kleinster Ozean der Welt. Im Gegensatz zum Südpolarmeer verfügt der Arktische Ozean über eine dauerhafte Meereisdecke, deren Fläche allerdings saisonal schwankt. Ihre größte Ausdehnung erreicht sie zum Ende des Winters, ihre kleinste zum Ende des Sommers, wobei Wissenschaftler einen steten Rückgang des Sommereises beobachten. Seit Beginn der Satellitenmessungen im Jahr 1979 ist die Eisfläche des Arktischen Ozeans im Sommer um rund drei Millionen Quadratkilometer geschrumpft. Diese Fläche entspricht in etwa der achtfachen Größe Deutschlands. Da die Kontinente Europa, Asien und Amerika bis weit in das Nordpolargebiet hineinreichen, ist die Arktis schneller von Pflanzen, Tieren und vom Menschen besiedelt worden als die Antarktis. Historische Spuren lassen vermuten, dass die ersten Ureinwohner bereits vor 45 000 Jahren in den Küstenregionen des Arktischen Ozeans auf die Jagd gingen. Heute leben etwas mehr als vier Millionen Menschen im Nordpolargebiet.

1.4 > Winter im arktischen Fischerdorf Reine auf den westlichen Lofoten, Norwegen. Wegen der Ausläufer des warmen Golfstroms sinkt die Lufttemperatur in diesem Teil der Arktis nicht weit unter den Gefrierpunkt.



1.5 > Am 21. Juni, dem Tag der Sommersonnenwende, erreicht die Sonne ihren höchsten Stand auf der Nordhalbkugel. Am nördlichen Polarkreis geht sie dann 24 Stunden lang nicht unter, am südlichen Polarkreis 24 Stunden lang nicht auf.

Wo beginnen die Arktis und die Antarktis?

Die Bezeichnung „Arktis“ geht auf das griechische Wort *árktos* zurück, was so viel wie „Bär“ bedeutet. Als „Land unter dem Sternbild des Großen Bären“ bezeichneten griechische Seefahrer das Nordpolargebiet, in welches sie vermutlich bereits um das Jahr 325 vor Christus erstmals vorgestoßen waren. Die Seeleute nutzten damals die Sternbilder des Nordhimmels, hier vor allem den Großen Bären und den Kleinen Bären, um sich auf ihren Entdeckungsfahrten zu orientieren.

Ein weiterer Himmelskörper, in diesem Fall die Sonne, gab den Ausschlag, einen nördlichen und später einen südlichen Polarkreis als Grenzen der Polargebiete zu definieren. Beide Linien markieren jene geografische Breite, auf der die Sonne am Tag der jeweiligen Sommersonnenwende gerade nicht mehr untergeht. Auf der Nordhalbkugel fällt die Sommersonnenwende meist auf den 21. Juni; auf der Südhalbkugel auf den 21. oder 22. Dezember. Die genaue Position der Polarkreise wird durch den Neigungswinkel der Erdachse bestimmt. Da das Ausmaß der Erdneigung (Obliquität) in einem Rhythmus von rund 41 000 Jahren leicht schwankt, verlagert sich auch die Position der Polarkreise stetig. Gegenwärtig nähern sie sich den geografischen Polen um etwa 14,4 Meter pro Jahr an.

Als eindeutige Südgrenze der Arktis hat sich der nördliche Polarkreis jedoch nie durchgesetzt. Das liegt vor allem daran, dass es kein Naturmerkmal gibt, welches seine astronomisch bestimmte Linienführung erdumspannend unterstützt und den arktischen Raum klar gegen südliche Gefilde abgrenzt. Im Gegenteil: Wäre die Arktis nur auf die Regionen nördlich des Polarkreises begrenzt, würden die Südspitze Grönlands sowie weite Teile der kanadischen Arktis nicht dazugehören.

Aus diesem Grund definieren Wissenschaftler den Naturraum der Arktis heutzutage meist über Klima- oder Vegetationsmerkmale. Eine häufig verwendete Südgrenze ist die sogenannte 10° C-Juli-Isotherme. Nördlich dieser imaginären Linie liegt die langjährige Mitteltemperatur für den Monat Juli unter zehn Grad Celsius. Zum arktischen Raum gehören demzufolge der Arktische Ozean, Grönland, Spitzbergen, große Teile Islands sowie die nördlichen Küsten und Inseln Russlands, Kanadas und Alaskas. Über dem Europäischen Nordmeer verlagert sich die 10° C-Juli-Isotherme aufgrund der Wärme des **Nordatlantikstroms** Richtung Norden, sodass auf Basis dieser Definition nur die nördlichen Regionen Skandinaviens zur Arktis dazugezählt werden. In Sibirien und Nordamerika hingegen ist kalte arktische Luft dafür verantwortlich, dass die Temperaturgrenze relativ weit südlich verläuft und Regionen wie der nordöstliche Teil Labradors, die kanadische Hudson Bay und große Teile des Beringmeers zur Arktis dazugezählt werden.

Eine zweite natürliche Südgrenze des Nordpolargebietes ist die sogenannte Baumgrenze. Wie der Name schon vermuten lässt, sind die heutigen klimatischen Bedingungen nördlich dieser Linie so harsch, dass Bäume keine Überlebenschance mehr haben. Da jedoch der Übergang von zusammenhängenden Wäldern zu den baumlosen Gras- und Moorlandschaften der Arktis, der Tundra, in Wirklichkeit oft fließend ist, sprechen Forscher im Zusammenhang mit der Baumgrenze eher von einer Zone als von einer klaren Grenzlinie. In Nordamerika beispielsweise ist diese Übergangszone ein schmales Band. Im Norden Europas und Asiens dagegen kann sie bis zu 300 Kilometer breit sein. Der Verlauf der nördlichen Baumgrenze stimmt in großen Teilen mit der 10° C-Juli-Isotherme überein. In manchen Gegenden jedoch liegt sie bis zu 200 Kilometer südlicher als die Temperaturgrenze, sodass dieser Definition zufolge auch Westalaska und die Aleuten zur Arktis dazugehören. Das Nordpolargebiet wäre demnach etwa 20 Millionen Quadratkilometer groß.

Eine dritte natürliche Grenze kann mithilfe der Meeresströmungen definiert werden. Demnach beginnen die arktischen Gewässer dort, wo an der Meeresoberfläche kalte, relativ salzarme Wassermassen aus dem Arktischen Ozean auf wärmeres, salzhaltiges Wasser aus dem Atlantischen oder dem Pazifischen Ozean treffen. Im Gebiet des kanadisch-arktischen Archipels, der Inselgruppe zwischen Nordamerika und Grönland, erstreckt sich diese sogenannte Konvergenzzone auf 63 Grad Nord. Im weiteren Verlauf Richtung Osten zweigt sie dann zwischen der Baffininsel und Grönland Richtung Norden ab. In der Framstraße, dem Meeresgebiet zwischen Ostgrönland und Spitzbergen, verläuft sie sogar auf 80 Grad Nord – also deutlich nördlicher als etwa der Polarkreis. Auf der anderen Seite des Arktischen Ozeans, im Beringmeer, ist die Definition einer Konvergenzzone etwas schwieriger, weil sich hier die Wassermassen aus dem Pazifischen und dem Arktischen Ozean großflächig miteinander vermischen anstatt übereinander hinwegzuströmen. Auf Karten verläuft diese vage Grenzlinie deshalb einmal quer über die schmale Beringstraße.

Neben diesen drei von Naturmerkmalen geprägten Grenzen der Arktis gibt es verschiedene anderweitig definierte Grenzen, deren Verlaufskriterien variieren. So ziehen unter anderem die verschiedenen Arbeitsgruppen des Arktischen Rates zum Teil unterschiedliche Grenzen. Für die Expertengruppe des Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) zum Beispiel gehören in Asien alle Landflächen nördlich des 62. Breitengrads zur Arktis dazu. Auf dem nordamerikanischen Kontinent ziehen sie die Grenze entlang des 60. Breitengrads. Das betrachtete Territorium ist demzufolge deutlich größer als der durch die Baumgrenze definierte Naturraum. Die größte Ausdehnung hat die Arktis im Rahmen des Arctic Human Development Report (AHDR): Hier wurden bei der Gebietsdefinition auch politisch und statistisch relevante Aspekte beachtet, weshalb die Grenze vor allem in Sibirien weiter südlich verläuft als jede andere. Demnach umfasst die Arktis eine Fläche von über 40 Millionen Quadratkilometern, was in etwa insgesamt acht Prozent der Erdoberfläche ausmacht.

In diesem „World Ocean Review“ bezieht sich die Bezeichnung „Arktis“ stets auf jenen Naturraum, der an Land durch die Baumgrenze und über dem Meer durch die Konvergenzzone definiert wird. Sollten im Ausnahmefall andere Definitionen der Arktis von Relevanz sein, so wird dies durch einen Hinweis gekennzeichnet.

Auf der Südhalbkugel fällt die Grenzziehung nicht ganz so schwer, denn die Insellage des antarktischen Kontinents sowie markante Meeresströmungen ermöglichen eine relativ klare Abgrenzung des Südpolargebiets. Dessen Synonym „Antarktis“ geht übrigens auf das griechische Wort *antarktiké* zurück und bedeutet so viel wie „dem Norden entgegengesetzt“. Die Antarktis erstreckt sich über den Kontinent Antarktika und den ihn umgebenden Südlichen Ozean, wobei die Spitze der Antarktischen Halbinsel sowie Küstengebiete der Ostantarktis über den südlichen Polarkreis hinausragen. Als Nordgrenze wird deshalb häufiger der 60. Breitengrad Süd verwendet, auf welchen sich im Jahr 1959 die Unterzeichnerstaaten des Antarktisvertrags geeinigt haben.

Etwas größer noch fällt das Gebiet der Antarktis aus, wenn als dessen Nordgrenze die Zone der antarktischen Konvergenz angegeben wird. Dabei handelt es sich um jene ringförmige Meereszone, in der kaltes, nordwärts strömendes Oberflächenwasser aus der Antarktis auf wärmere, südwärts fließende Wassermassen aus dem Norden trifft. Das kalte, salzhaltige Wasser sinkt infolgedessen ab und schiebt sich unter die wärmeren Wassermassen. Für Polarforscher stellt die 32 bis 48 Kilometer breite Zone der antarktischen Konvergenz den nördlichen Rand des Südlichen Ozeans dar, weil sie sowohl die Wassermassen der Antarktis und der gemäßigten Breiten als auch die Lebensgemeinschaften beider Meereszonen klar voneinander trennt. Im Allgemeinen liegt die Konvergenzzone auf Höhe des 50. südlichen Breitengrads, sodass, folgt man dieser Grenzbestimmung, auch subantarktische Inseln wie Südgeorgien und die Südlichen Sandwichinseln zum antarktischen Naturraum dazugezählt werden. Die genaue Position der Konvergenzzone hängt allerdings vom Längengrad, dem Wetter und der Jahreszeit ab und kann sich dementsprechend regional bis etwa 150 Kilometer nach Norden oder Süden verschieben.

Dieser „World Ocean Review“ folgt der 1959 im Antarktisvertrag festgelegten Definition des Südpolargebiets, soweit nicht anders vermerkt. Es erstreckt sich demnach über alle Land- und Meeresgebiete südlich des 60. Breitengrads Süd.

Die Wanderung der Kontinente

Dass heute zur selben Zeit beide Polregionen der Erde vereist sind, ist eine seltene Ausnahmesituation in der 4,6 Milliarden Jahre alten Geschichte unseres Planeten. Nur wenige Mal zuvor hatten sich die Kontinente der Erde so zueinander angeordnet, dass sowohl im Norden als auch im Süden entsprechend kalte Klimabedingungen herrschten. Die Wanderung der Kontinente gab also die Initialzündung für die Vereisung beider Polargebiete.

Dass sich die Kontinente bewegen, wurde erstmals vom deutschen Polarforscher Alfred Wegener wissenschaftlich postuliert. Im Jahr 1912 veröffentlichte er seine Hypothese von der Kontinentalverschiebung, die Geologen bis heute nur ergänzen und verfeinern konnten – so genau waren Wegeners Rekonstruktionen von der Wanderung der Kontinente. Seiner Theorie zufolge ist die bis zu 60 Kilometer dicke äußere Hülle der Erde, die Erdkruste, vor etwa drei bis vier Milliarden Jahren in große Platten zerbrochen. Diese bewegen sich seitdem unabhängig voneinander auf dem Erdmantel, der unter der Kruste liegt und aus geschmolzenem Gestein, dem Magma, besteht. Die Platten legen dabei bis zu zehn Zentimeter pro Jahr zurück. Sie kollidieren miteinander, schieben sich an ihren Rändern übereinander oder driften auseinander, wodurch Gräben und Brüche entstehen, durch die wiederum flüssiges Magma aus dem Erdinnern aufsteigen kann. Auf diese Weise entsteht an diesen Bruchstellen neuer Erd- oder Meeresboden.

Klimaforscher bezeichnen die Kontinentalverschiebung als einen der einflussreichsten Faktoren in der Vereisungsgeschichte der Polregionen. Denn die Lage der Kontinente und Ozeane zueinander bestimmt die Pfade der Luft- und Meeresströmungen und somit die Wärmeverteilung auf dem Planeten. Das gilt vor allem für die zwei Polargebiete, deren geologischer Bau und Untergrund durch ganz unterschiedliche **plattentektonische Prozesse** geprägt wurde.

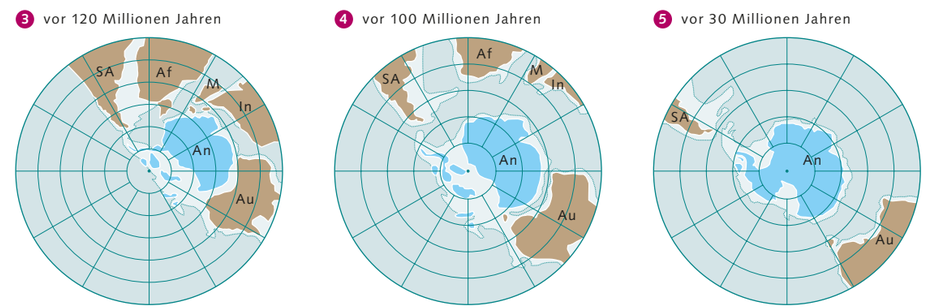
Antarktika – ein uralter Kontinent

Um die Entstehungsgeschichte des Südpolargebiets zu verstehen, muss man wissen, dass der antarktische Kontinent eigentlich aus zwei Teilen besteht: zum einen aus der relativ großen, soliden Landmasse der Ostantarktis, die aus bis zu 3,8 Milliarden Jahre alter und bis zu 40 Kilometer dicker Erdkruste besteht; zum anderen aus der Westantarktis, die sich wiederum aus vier deutlich kleineren und dünneren Krustenblöcken zusammensetzt. Diese vier Krustenfragmente sind bis heute nicht fest miteinander verbunden. Sie verschieben sich stetig.

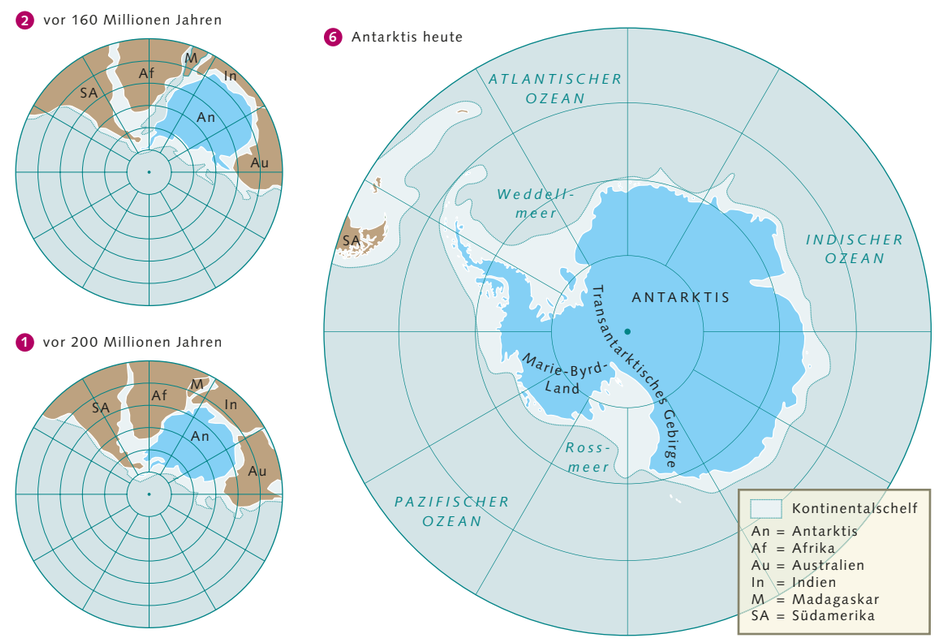
Obwohl die Landmasse der Ostantarktis und die Krustenblöcke der Westantarktis auf einer Kontinentalplatte liegen, trennt ein breiter Graben beide Teile voneinander. Am ostantarktischen Rand dieses Grabens erhebt sich das weit über 4000 Meter hohe und 3500 Kilometer lange Transantarktische Gebirge.

Die geografische Lage und Abgeschiedenheit des antarktischen Kontinents sind erdgeschichtlich betrachtet relativ junge Phänomene. Den größten Teil der Erdgeschichte grenzte die antarktische Kontinentalplatte nämlich unmittelbar an andere Kontinente. Mindestens zweimal befand sie sich sogar fernab des Südpols im Zentrum sogenannter Superkontinente. Das erste Mal vor etwa einer Milliarde Jahre: In diesem Zeitraum hatten sich infolge weltweiter Gebirgsbildungen alle damaligen Kontinente zum Superkontinent Rodinia zusammengeschlossen. Die Landmasse der heutigen Ostantarktis bildete damals dessen Herzstück und lag nördlich des Äquators vermutlich in unmittelbarer Nachbarschaft zur Laurentischen Platte, dem Ur-Nordamerika. Andere Rekonstruktionen platzieren Australien oder Mexiko daneben. Welcher Erklärungsansatz nun der richtige ist, wird bis heute sehr kontrovers diskutiert.

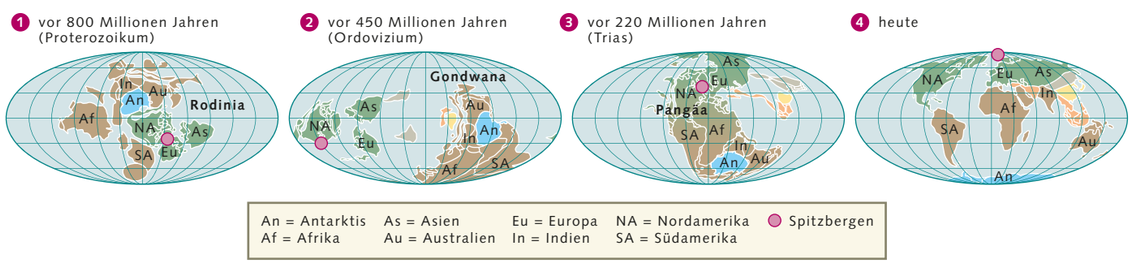
Ungefähr 550 Millionen Jahre später, im Erdzeitalter des Ordoviziums, war die antarktische Kontinentalplatte zum zweiten Mal in das Zentrum eines Großkontinents gerückt. Diesmal formte sie das Kerngebiet des riesigen Gondwana-Kontinents. Dieser vereinte alle heutigen Südkontinente sowie den indischen Subkontinent in sich und lag so, dass sich Antarktika zwischen dem



1.7 > Als der Superkontinent Gondwana vor 200 Millionen Jahren zu zerfallen begann, löste sich die Antarktis allmählich aus dem Plattenverbund und wanderte Richtung Südpol.



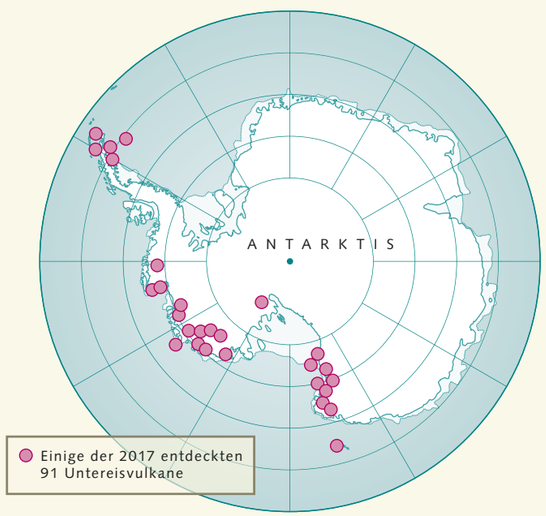
1.6 > Erdgeschichtlich betrachtet ist die aktuelle Lage der Antarktis und Spitzbergens nur eine Momentaufnahme. Zuvor haben Teile beider Regionen auch schon auf der jeweils entgegengesetzten Erdhalbkugel gelegen.



Eine Vulkanlandschaft verborgen unter dem Eis

Die Westantarktis gilt seit Kurzem als Region mit der höchsten Vulkandichte der Welt. 138 Vulkane haben Forscher bislang gezählt. Das Besondere daran ist jedoch, dass 91 davon bis zu 2000 Meter tief unter dem Eispanzer verborgen liegen und erst im Jahr 2017 von Wissenschaftlern der Universität Edinburgh entdeckt wurden. Diese Untereisvulkane sind 100 bis 3850 Meter hoch und haben am Fuß ihres Kegels einen Durchmesser von 4,5 bis 58,5 Kilometern. Besonders häufig ist ihre Zahl in der Nähe des Marie-Byrd-Landes sowie entlang einer Achse, die parallel zum Transantarktischen Gebirge durch das Zentrum des Westantarktischen Riftsystems verläuft.

Die Nachricht von der Entdeckung der Untereisvulkane hat weltweit großes Interesse geweckt. Wissenschaftler befürchten nämlich, dass der Ausbruch eines oder mehrerer Untereisvulkane zu einem schnellen Abschmelzen des Westantarktischen Eisschildes führen könnte. Die unmittelbare Folge wäre ein abrupter Anstieg des globalen Meeresspiegels um mehrere Meter. Beobachtungen aus anderen Teilen der Welt lassen darauf schließen, dass Vulkane aktiv werden, wenn der auf ihnen lastende Eispanzer abschmilzt. Beispiele für Untereisausbrüche gibt es unter anderem auf Island, wo Eruptionen dazu geführt haben, dass Gletscher an ihrer Unterseite schmolzen und infolgedessen ihre Eisfließgeschwindigkeit deutlich zunahm. Ob die Vulkane unter dem Eispanzer der Westantarktis gegenwärtig aktiv sind, lässt sich bislang nicht eindeutig sagen.



1.8 > Die meisten Vulkane der Westantarktis liegen unter dem Eis.

Äquator und dem südlichen Wendekreis befand. Indien und Australien grenzten diesmal im Westen an, Südamerika im Süden.

Gondwana existierte mehr als 300 Millionen Jahre. Seine Landschaften waren geprägt durch weitverzweigte Flusssysteme, Seen, dichte Wälder und zwischenzeitlich sogar durch einen dicken Eispanzer, der den Kontinent am Ende des Erdaltertums vor 300 Millionen Jahren bedeckte. Vor etwa 180 Millionen Jahren begann Gondwana wieder zu zerfallen – begleitet und angetrieben von vielen Vulkanausbrüchen, tiefen Rissen in der Erdkruste und starken Driftbewegungen. Sie gaben der antarktischen Kontinentalplatte den Startschuss für die Wanderung Richtung Süden, die nun möglich wurde, weil sich nach und nach alle Nachbarkontinente abspalteten.

Den Anfang machte vor etwa 160 Millionen Jahren Afrika, dessen Südspitze sich an jener Stelle vom antarktischen Kontinent löste, wo sich heute das Weddellmeer befindet. Anschließend trieben die Landmassen Indiens und Madagaskars Zentimeter für Zentimeter Richtung Norden davon. Als sich dann vor 90 bis 80 Millionen Jahren Neuseeland von der Antarktis trennte, sortierten sich die Krustenblöcke in der Westantarktis neu. Heiße Magmaströme im Erdinnern begannen die Blöcke an ihrer Grenze zur Ostantarktis anzuheben. Infolgedessen entstanden nicht nur das Transantarktische Gebirge und die Bergkette auf dem Marie-Byrd-Land. Es bildete sich auch ein Riss in der Erdkruste, welcher sich bis heute als gewaltiger, von Verwerfungen durchsetzter Graben vom Rossmeer bis zum Weddellmeer zieht. Geologen nennen diesen Grabenbruch entlang des Transantarktischen Gebirges Westantarktisches Riftsystem. Es ist 800 bis 1000 Kilometer breit, mehr als 2500 Kilometer lang und gehört damit zu den größten kontinentalen Grabenbruchsystemen der Erde – in seiner Dimension vergleichbar mit dem ostafrikanischen Great Rift Valley, welches Afrika vom Roten Meer bis nach Mosambik durchzieht.

Entlang dieser aktiven Bruchzone könnte der antarktische Kontinent eines Tages weiter auseinanderbrechen, doch bisher weitet sich der Graben nur um zwei Millimeter pro Jahr oder umgerechnet um einen Meter alle 500 Jahre. Die Bewegungen der beteiligten Platten zueinander sowie das Auseinanderdriften der West- und der Ostantarktis hatten in der jüngeren Erdgeschichte aber zur Folge, dass sich die Erdkruste entlang der Bruchzone stark ausdünnte und tief liegende Becken im Rossmeer entstanden. Auf diese Weise erklärt sich auch, warum in der Westantarktis heutzutage große Teile des Untergrunds ein bis zwei Kilometer unter dem Meeresspiegel liegen und sie ohne ihren verbindenden Eisschild nicht wie eine geschlossene Fläche aussähe, sondern wie eine Ansammlung größerer und kleinerer Inseln.

Die Entstehung der westantarktischen Bruchzone vor rund 80 Millionen Jahren sollte jedoch nicht der letzte tektonische Schlüsselmoment in der Driftgeschichte der antarktischen Kontinentalplatte bleiben. Zwei weitere folgten nahezu zeitgleich, erneut angetrieben von Spreizungsprozessen in der Erdkruste. Die eine Region, in der diese vor 50 Millionen Jahren deutlich zunahmen, war die Grenze zwischen Südamerika und der Antarktischen Halbinsel. Hier öffnete sich vor rund 41 Millionen Jahren die Drake Passage, eine Meeresstraße, die heute rund 800 Kilometer breit ist und den Pazifischen Ozean mit dem Atlantischen Ozean verbindet.

Der zweite entscheidende Spreizungsprozess vollzog sich auf der anderen Seite, in der Ostantarktis. Hier löste sich Australien von der antarktischen Platte. Diese Abspaltung versetzt Forscher bis heute in Erstaunen, denn sie verlief zum Teil in einem geologisch betrachtet atemberaubenden Tempo.

Soweit man heute weiß, trennte sich die australische Platte in zwei Schritten von der Antarktis. Vor 95 bis 60 Millionen Jahren löste sich zunächst nur die Südküste Australiens von der Ostantarktis, während der Teil des heutigen Tasmaniens über eine zeitweise von Flachwasser überflutete Landverbindung noch Kontakt zum antarktischen Viktorialand hielt. Diese Landbrücke begrenzte jedoch bereits einen lang gezogenen flachen Golf, der zwischen beiden Platten entstanden war. Vor etwa 34 Millionen Jahren sackte der Meeresboden im Bereich dieser Landbrücke innerhalb von nur ein bis zwei Millionen Jahren ab – vermutlich, weil sich die Bewegungsrichtung der pazifischen Kontinentalplatte geändert hatte. Eine Meeresstraße entstand daraufhin und machte den Weg frei für kaltes, ozeanisches Tiefenwasser aus dem Südlichen Ozean, welches jetzt ungehindert zwischen Australien und der Antarktis hindurchströmen konnte. Der Wasserring um die Antarktis war geschlossen und damit jener Ring-

Golf
Als „Golf" werden große Meeresbuchten, Binnen- oder Randmeere bezeichnet, die zum Großteil von Landmassen umgeben sind. Bekannte Beispiele sind der Golf von Mexiko, der als Randmeer des Atlantischen Ozeans von den Küsten der USA, Mexikos und Kubas begrenzt wird, sowie der Persische Golf – ein tausend Kilometer langes und bis zu 300 Kilometer breites Binnenmeer zwischen dem Persischen Plateau und der Arabischen Halbinsel.

1.9 > Der Berg Skansen am Eingang zum Billefjord, Spitzbergen. Er weist klar voneinander getrennte Sedimentschichten auf, anhand derer Geowissenschaftler die Entstehungsgeschichte der Inselgruppe nachvollziehen können. Die hier sichtbaren Kalksteinschichten sind 320 bis 290 Millionen Jahre alt und stammen demzufolge aus den Epochen Mittleres Karbon bis Unterperm.

ozean entstanden, dessen Strömungsband den südlichen Kontinent bis heute klimatisch vom Rest der Welt isoliert und maßgeblich dazu beitrug, dass die Antarktis vor 34 Millionen Jahren zu vereisen begann.

Arktis: ein Ozean öffnet sich

Eine noch viel weitere Wanderung als der antarktische Kontinent haben die Landmassen der heutigen Arktis hinter sich. Die Inselgruppe Spitzbergen zum Beispiel lag vor 650 Millionen Jahren noch als Teil einer großen Landmasse in Südpolnähe – dafür sprechen mächtige Eiszeitablagerungen, die Wissenschaftler heute noch auf den Inseln finden. Seitdem ist Spitzbergen 12 000 Kilometer Richtung Norden gewandert – mit einem Durchschnittstempo von weniger als zwei Zentimetern pro Jahr. Belege für diese Wanderung gibt es in den verschiedenen Gesteinsschichten der Inselgruppe.

Rostrote Felshänge sind die Überreste einer Zeit vor 390 Millionen Jahren, als Spitzbergen zu einer großen Wüste gehörte und in der Nähe des Äquators lag. 50 Millionen Jahre später, zum Auftakt des Erdzeitalters Karbon, befand sich die Region in den nördlichen Subtropen. Das Klima war feucht-heiß und auf Spitzbergen wuchsen dichte Regenwälder.

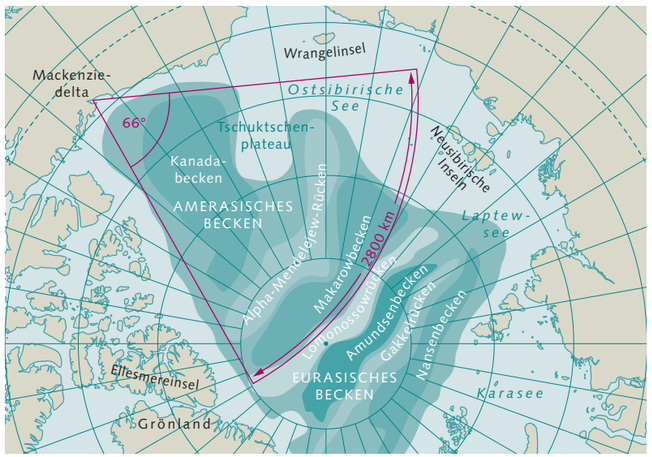
Als vor 225 Millionen Jahren das Zeitalter der Dinosaurier begann, wurde die Landmasse Spitzbergens von

1.11 > Paläontologen auf Spitzbergen vor versteinerten Überresten mariner Reptilien

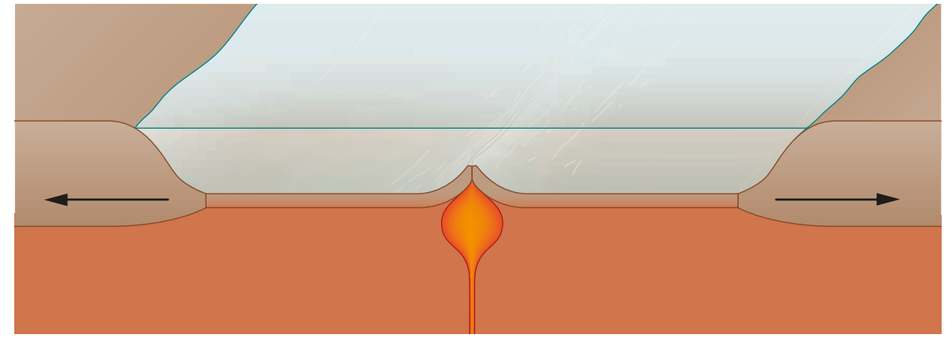
einem Meer bedeckt, in dem zunächst Ichthyosaurier und einige Millionen Jahre später die bis zu 20 Meter langen Plesiosaurier schwimmend auf die Jagd gingen. Skelette beider Arten haben Forscher inzwischen schon häufiger auf der Insel gefunden.

Zur selben Zeit müssen Flüsse, die damals existierten, große Mengen Sedimente und organisches Material in das Meer eingetragen haben. Diese sanken zu Boden und lagerten sich in großen Becken kilometerdick ab. Diese Sedimentschichten spielen heutzutage bei der Suche nach Erdgas- und Erdöllagerstätten eine entscheidende Rolle.

Im Zeitalter des Oberjuras, vor 150 Millionen Jahren, begannen plattentektonische Prozesse, welche zur Bildung des Arktischen Ozeans und zur heutigen Konstellation der Kontinente führten. Der Superkontinent Pangäa brach zu diesem Zeitpunkt in den Südkontinent Gondwana und den Nordkontinent Laurasia auseinander. Letzterer setzte sich aus den Kontinentalplatten des heutigen Nordamerikas, Europas und Asiens zusammen – ein Verbund, der ebenfalls vor 145 Millionen Jahren zu zerfallen begann. Geologen nehmen an, dass sich damals ein kleines Ozeanbecken zwischen Nordamerika und Sibirien bildete, infolgedessen die beiden Platten auseinanderbrachen und scherenförmig auseinanderdrifteten. Welche Verschiebungen dabei genau stattgefunden haben, können die Wissenschaftler bisher nur vermuten. Fest steht, zwischen Kanada und Alaska auf der einen sowie Sibirien auf der anderen Seite öffnete sich mit dem dreiecksförmigen Amerasischen Becken der erste und damit ältere Teil des heutigen Arktischen Ozeans.



1.10 > Die Entstehungsgeschichte des Arktischen Ozeans ist noch nicht ganz erschlossen. Ein Erklärungsansatz ist, dass die Kontinentalplatten Nordamerikas und Sibiriens scherenartig auseinanderdrifteten und auf diese Weise Platz für das Amerasische Becken schufen.



1.12 > Weil sich zwei Kontinentalplatten voneinander entfernen, ist der Meeresboden aufgerissen. An der Bruchstelle hat sich ein Mittelozeanischer Rücken gebildet, an dem nun Magma aus dem Erdinnern aufsteigt und neuen Meeresboden bildet.

Am Rand dieses Beckens kam es vor allem auf Franz-Josef-Land, auf Spitzbergen, in Nordgrönland sowie in der kanadischen Arktis zu starken vulkanischen Aktivitäten. Flüssiges Magma drang von unten in die Erdkruste und bildete vulkanische Gänge. Teilweise drangen Lavamassen auch bis an die Erdoberfläche und formten Vulkane.

Vor etwa 110 Millionen Jahren kam die Öffnung des Amerasischen Beckens zu einem abrupten Ende, nachdem ein Teilstück Alaskas, der sogenannte Alaska-Tschuktschen-Mikrokontinent, an seinem Westrand mit Sibirien kollidiert war. Spitzbergen hatte zu diesem Zeitpunkt bereits seine Position in den hohen Breiten erreicht, gehörte aber noch zur großen Landmasse Laurasia, welche wie eigentlich alle Gebiete rund um das neue arktische Becken von dichten Wäldern aus Mammutbäumen bewachsen war. Das Klima muss sehr warm, die Vegetation sehr üppig gewesen sein, denn überall bildeten sich mächtige Steinkohleablagerungen. Auf der Ellesmereinsel in der kanadischen Arktis haben Wissenschaftler versteinerte Überreste von Schildkröten und Krokodilen aus dieser Zeit gefunden. Auch sie deuten auf tropische Verhältnisse im hohen Norden hin.

Laurasia begann vollständig zu zerfallen, als vor 95 Millionen Jahren die Erdkruste zwischen Kanada und Grönland aufriss und die Labradorsee sowie die Baffinbucht entstanden. 40 Millionen Jahre später setzte eine neue Phase der Umstrukturierung der Kontinentalplatten ein, in welcher der Nordatlantik entstand. Zur gleichen Zeit, vor 55 Millionen Jahren, löste sich im hohen Norden ein 1800 Kilometer langes Unterwassergebirge, benannt nach dem russischen Naturwissenschaftler Michail Wassiljewitsch Lomonossow, vom eurasischen Kontinentalrand und driftete in seine heutige Position am Nordpol.

Im Zuge dieser Abspaltung öffnete sich zwischen dem Kontinentalrand Eurasiens und dem Lomonossowrücken das Eurasische Becken des Arktischen Ozeans. In seinem Zentrum befindet sich heute noch ein aktiver Mittelozeanischer Rücken, der Gakkelrücken – benannt nach dem russischen Ozeanografen Jakow Jakowlewitsch Gakkel. Dieser Rücken verläuft als Fortsetzung des Nordatlantischen Rückens von der Nordküste Grönlands bis in die Nähe des Mündungsdeltas der Lena und teilt das Eurasische Becken in das nördliche Amundsenbecken und das südliche und damit küstennähere Nansenbecken.

Wie für Mittelozeanische Rücken typisch stellt auch der Gakkelrücken eine tektonische Dehnungszone dar. Das heißt, entlang des 1800 Kilometer langen Rückens spreizt sich der Meeresboden. Magma strömt aus dem Erdinnern empor und lässt im Grabenbruch des Rückens neue Erdkruste entstehen. Am Gakkelrücken laufen diese tektonischen Prozesse langsamer ab als an jedem anderen Mittelozeanischen Rücken der Welt. Der Meeresboden spreizt sich hier mit einem Tempo von gerade mal einem Zentimeter pro Jahr. Dennoch erklärt sich so, warum am Meeresboden heiße Quellen brodeln und das Eurasische Becken bis heute stetig größer wird.

Der Zerfall Laurasias und die Öffnung des Eurasischen Meeresbeckens seit 55 Millionen Jahren lösten sehr komplizierte Plattenbewegungen zwischen Spitzbergen und

1.13 > Um die Öffnung des Arktischen Ozeans und die dazugehörigen Plattenverschiebungen besser zu verstehen, führen Geologen regelmäßige Expeditionen in den hohen Norden Kanadas durch. Hier haben sie ihr Expeditionscamp in einem entlegenen Teil der Ellesmereinsel errichtet.

dem Nordrand Nordamerikas aus. Dort, wo Platten kollidieren, entstehen große Deformations- und Knautschzonen. Gebirge falten sich auf – so zum Beispiel an der Westküste Spitzbergens, im Norden Grönlands und in der kanadischen Arktis. Dort, wo Platten aneinander vorbeigleiten, bilden sich in Küstennähe kilometerlange, kastenförmige Täler, anhand derer Geowissenschaftler seitliche Kontinentalverschiebungen identifizieren. Solche sogenannten Störungszonen gibt es heutzutage unter anderem auf der Banksinsel und der Ellesmereinsel. Forscher nehmen sogar an, dass Plattenverschiebungen den gesamten Kontinentalrand Nordamerikas nachhaltig geformt haben. Dafür spricht auch die Tatsache, dass der Kontinentalrand vom Mackenziedelta im Südwesten bis nach Nordgrönland erstaunlich gerade ist.

Die Ozeanbildung in der Baffinbucht und der Labradorsee endete vor etwa 35 Millionen Jahren. Grönland, das zwischenzeitlich als eigene Kontinentalplatte existiert hatte, wurde nun wieder Teil der nordamerikanischen Platte. Nur zehn Millionen Jahre später aber löste sich Spitzbergen von Nordgrönland und driftete mit dem Rest Eurasiens in seine heutige Lage.

Im Zuge dieser Abspaltung entstand vor 17 bis 15 Millionen Jahren ein bis zu 5600 Meter tiefer Graben zwischen der Inselgruppe und der Ostküste Grönlands. Dieser als Framstraße bezeichnete Tiefseegraben, benannt nach dem Expeditionsschiff „Fram“ des norwegischen Polarforschers Fridtjof Nansen, ist bis heute die einzige Tiefenwasserverbindung des Arktischen Ozeans mit den Weltmeeren und von großer Bedeutung für den Austausch der Wassermassen.

Trotz all dieser geologischen Anhaltspunkte stellt die Entstehungsgeschichte des Arktischen Ozeans noch immer ein plattentektonisches Rätsel dar. Viele Details sind bis heute nicht richtig verstanden. Geologen wissen zum Beispiel nicht, welchen Ursprung der Alpha-Mendelejew-Rücken hat. Der untermeerische Gebirgszug teilt das Amerasische Becken in das nördliche Makarowbecken und das südlich gelegene Kanadabecken. Schiffsexpeditionen in dieses riesige Meeresgebiet sind selten und teuer, weil dieser Teil des Arktischen Ozeans trotz des Klimawandels auch im Sommer noch mit Meereis bedeckt ist und geologische Bohrungen deshalb besonders aufwendig und riskant sind.

Vereisungen in der Erdgeschichte

Klimageschichtlich betrachtet leben wir derzeit in einer Ausnahmesituation. Seit ihrer Entstehung vor etwa 4,6 Milliarden Jahren war es auf der Erde nämlich die meiste Zeit viel zu warm, als dass am Nordpol oder am Südpol große eisbedeckte Gebiete hätten entstehen können. Der Planet war überwiegend eisfrei. Weiträumige Vergletscherungen in den hohen Breiten traten immer nur in sogenannten Eiszeiten auf. Als solche werden jene Zeiträume bezeichnet, in denen Gletscher und Inlandeismassen große Teile der Nord- und Südhalbkugel bedecken. Die Voraussetzungen für dauerhaft eisbedeckte Polarregionen sind nur in sogenannten Eiszeitaltern gegeben.

Das gegenwärtige Eiszeitalter begann mit der Vereisung der Antarktis vor etwa 40 bis 35 Millionen Jahren. Seit etwa einer Million Jahre wechseln sich Kalt- und Warmzeiten in einem Rhythmus von circa 100 000 Jahren ab. Klimaforscher bezeichnen diese Phasen als Glaziale (Eiszeiten) und Interglaziale (Warmzeiten).

Gegenwärtig befindet sich die Erde in einem solchen Interglazial. Das heißt, wir erleben ein Klima mit milden Wintern, gemäßigten Sommertemperaturen und Vergletscherungen in beiden Polargebieten sowie in den Hochgebirgen.

Über die Frage, welche Faktoren eine Eiszeit auslösen, wird viel diskutiert. Fest steht, dass starke Klimaveränderungen immer von Änderungen der Energiebilanz des Planeten begleitet werden. Dafür gibt es in der Regel vier mögliche Auslöser:

- zyklisch ablaufende Schwankungen der Sonnenaktivität;
- Änderungen in der Umlaufbahn der Erde um die Sonne;
- Änderungen der planetarischen Albedo, das heißt des von der Erde in den Weltraum zurückgespiegelten Teils der Sonnenenergie. Dieser Wert hängt im Wesentlichen von der Bewölkung und der Helligkeit der Erdoberfläche ab;
- Änderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre, vor allem der Konzentration von Treibhausgasen wie Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan und Lachgas oder der Menge an Feinstaub in der Luft.

Treten eine oder mehrere dieser Veränderungen ein, verstärken sich die Prozesse teilweise gegenseitig. Ein gutes Beispiel dafür ist die sogenannte Eis-Albedo-Rückkopplung: Entstehen infolge einer Abkühlung des Klimas Eisschilde, Gletscher und Meereis, so vergrößern die weißen Eisflächen die Rückstrahlkraft der Erde, die Albedo. Das bedeutet, ein wachsender Anteil der einfallenden Sonnenenergie wird ins Weltall zurückgestrahlt, wodurch die Lufttemperatur weiter abkühlt und noch mehr Eis entsteht.

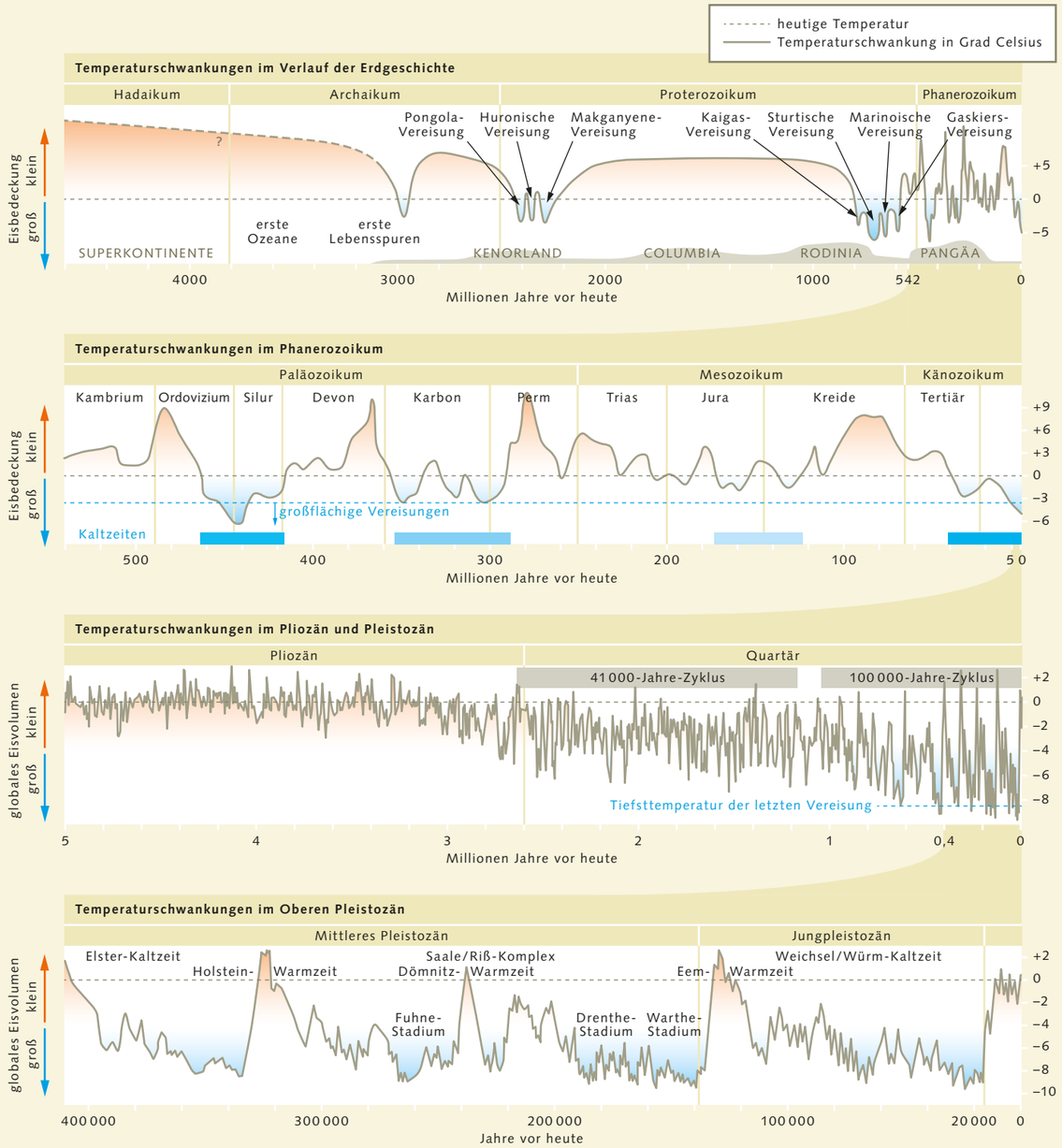
Neben diesen vier Hauptursachen für Klimaveränderungen gibt es allerdings weitere Faktoren, die das Wetter und Klima der Erde und somit auch das Ausmaß der Vereisungen kurz- bis längerfristig beeinflussen. Dazu gehören:

- Meteoriteneinschläge, kurze Vulkanausbrüche und regelmäßig wiederkehrende Meeresströmungsschwankungen wie das El-Niño-Phänomen;
- Jahrzehnte andauernde Vulkanausbrüche sowie Änderungen in der Ozeanzirkulation;
- hunderttausend bis hundert Millionen Jahre andauernde Klimaschwankungen, die vor allem durch plattentektonische Prozesse gesteuert werden – und in deren Folge sich die Ozeanzirkulation und der Kohlenstoffkreislauf verändern.

Alle diese Einflüsse gilt es zu bedenken, wenn man versucht zu ergründen, weshalb es im Lauf der Geschichte wiederholt zu teilweise extremen Vergletscherungen auf der Erde kam und warum die Eismassen zwischendurch auch immer wieder verschwanden.

Klima extrem: die Schneeball-Erde

Die größten Eisflächen bedeckten die Erde im Zeitraum vor 2,5 Milliarden bis 541 Millionen Jahre. In dieser Epoche kam es über Jahrmillionen wiederholt zu anhaltenden Extremvereisungen mit Eisschilden und Gletschern, die so groß waren, dass sie von den Polarregionen bis zum Äquator reichten. Dafür sprechen verschiedene Gesteinsfunde, auf deren Basis Forscher in den 1960er-Jahren erstmals die Vermutung äußerten, dass die Erde einst unter einer geschlossenen Eisdecke gelegen haben muss. Der US-amerikanische Geologe Joseph L. Kirschvink formulierte dann im Jahr 1992 die Hypothese von der „Schnee-



1.14 > Im Lauf der Erdgeschichte kühlte sich das Erdklima wiederholt so weit ab, dass sich ausgedehnte Eismassen bildeten, die, ausgehend von den Landmassen der höheren Breiten, zu einer Vergletscherung großer Teile des Planeten führten. Hauptgründe für die Klimaumschwünge waren vermutlich eine Ab- oder Zunahme der Treibhausgaskonzentration sowie Plattenverschiebungen.

ball-Erde“, der zufolge der Planet damals aus dem Weltall betrachtet wie ein Schneeball ausgesehen haben muss – so großflächig und nahezu vollständig waren Kontinente und Meere mit Eis bedeckt. Nach dieser Theorie betrug die globale Durchschnittstemperatur in diesen extremen Eiszeiten minus 50 Grad Celsius. Am Äquator war es mit einer Jahresmitteltemperatur von minus 20 Grad Celsius so kalt wie heutzutage in der Antarktis.

Kirschvinks Hypothese ist bis heute umstritten. Kritiker werfen zum einen die Frage auf, wie damals bereits existierende Lebewesen unter einer komplett geschlossenen Eisdecke überlebt haben sollen. Zum anderen gibt es noch keine befriedigende Erklärung dafür, welche Prozesse am Ende der Eiszeiten stark genug waren, das Klima von extrem kalt wieder auf normal zu drehen. Dennoch spricht mittlerweile die Mehrzahl der geologischen Hinweise für wenigstens drei solcher Schneeballzustände. Der erste ereignete sich vor 2,3 Milliarden Jahren im Zuge der Makganyene-Vereisung; der zweite, die Sturtische Eiszeit, vor 760 bis 640 Millionen Jahren sowie der dritte, die Marinoische Eiszeit, vor etwa 635 Millionen Jahren.

Als Auslöser dieser extremen Zustände wird eine Kombination aus tektonischen Plattenbewegungen, sinkenden Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre sowie starken Eis-Albedo-Rückkopplungen vermutet. So befanden sich sowohl im Vorfeld der ersten Schneeballeiszeit als auch vor den späteren Schneeballereignissen große Landmassen in den tropischen Breiten. Eine solche Plattenkonzentration um den Äquator herum setzte zwei Prozesse in Gang, die zu einer unmittelbaren Abkühlung führten. Erstens führten in Regionen mit feuchtem Klima Regenfälle dazu, dass junge Felsen und Gebirge, die durch die Plattenbewegungen an die Erdoberfläche gehoben worden waren, verwitterten. Das heißt, wann immer Regenwasser auf das nackte Kalk- oder Silikatgestein fiel, reagierte es mit dem Kohlendioxid aus der Luft zu Kohlensäure, die dann in der Lage war, Minerale aus dem Gestein zu lösen und den Fels auf diese Weise zu zersetzen. Das Treibhausgas Kohlendioxid wurde bei diesem Vorgang gebunden und damit der Atmosphäre entzogen – und zwar für lange Zeit. In Klimamodellierungen konnten Wissenschaftler inzwischen nachweisen, dass eine globale Vergletscherung bei einer Kohlendioxidkonzentration von unter 40 ppm (parts per million, Millionstel) einsetzt.

Zweitens ließ die dichte Ansammlung der Kontinente am Äquator den tropischen Ozean weniger Wärme aufnehmen, weil durch diese Landkonstellation weniger Wasserfläche als Wärmespeicher zur Verfügung stand. Die Meeresströmungen konnten also weniger Wärme auf dem Erdball verteilen. Astrophysiker gehen außerdem davon aus, dass die Sonne seit ihrer Entstehung bis heute immer leuchtstärker geworden ist. Vor 800 Millionen Jahren empfing die Erde beispielsweise etwa sechs Prozent weniger Sonneneinstrahlung als heute.

Unter diesen Voraussetzungen genügte vermutlich ein großer Vulkanausbruch, der Millionen Tonnen Aschepartikel in die Atmosphäre katapultierte und die Sonneneinstrahlung zusätzlich reduzierte, um den Übergang in einen Schneeballzustand auslösen. Dazu mussten nur die ersten Gletscher entstehen. Je größer deren Fläche wurde, desto mehr der einfallenden Sonnenenergie wurde vom Eis reflektiert – und die Erde kühlte sich weiter ab.

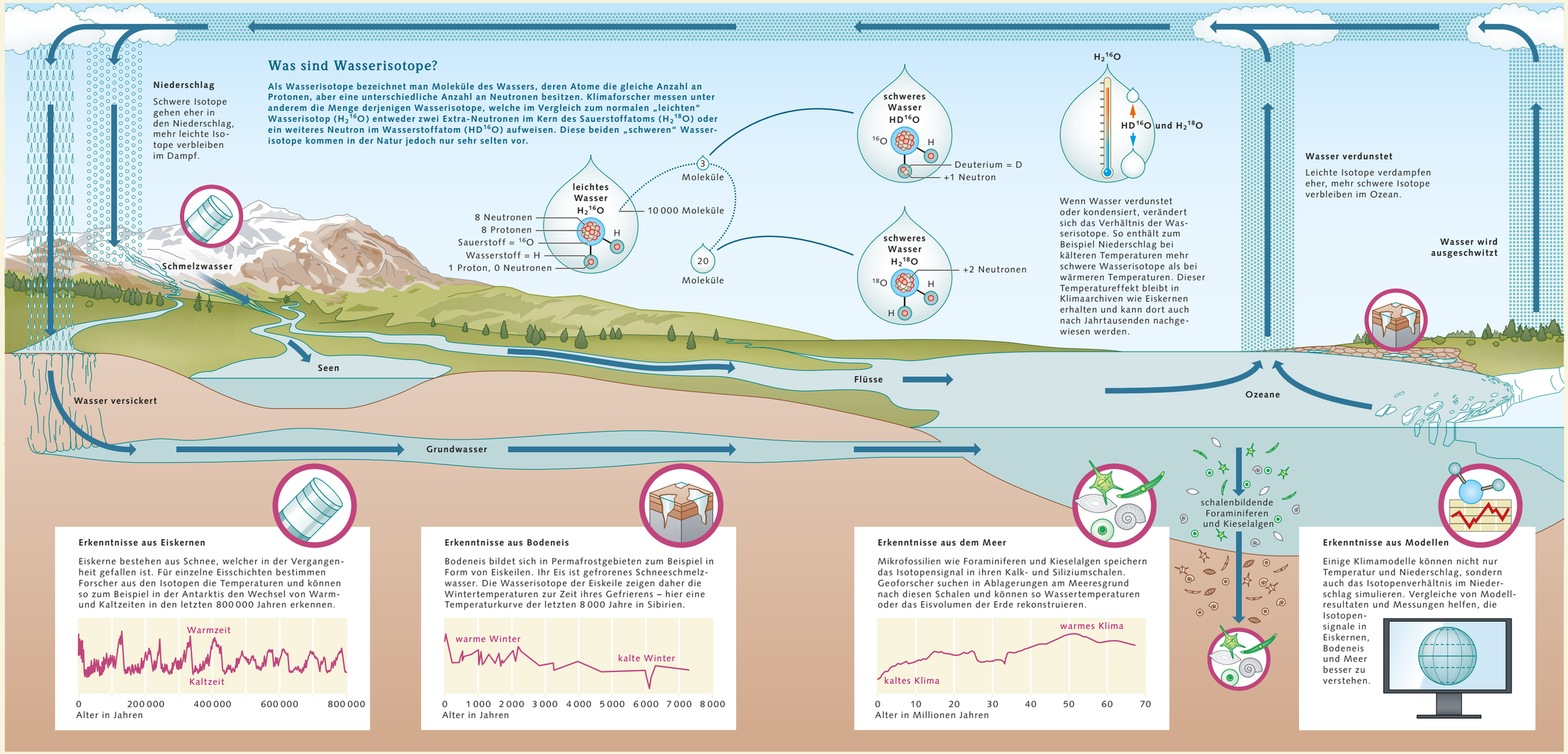
Wer oder was diese Spirale der Eiseskälte irgendwann stoppte, können die Wissenschaftler bislang nur vermuten. Wahrscheinlich waren es erneut plattentektonische Verschiebungen und Vulkanausbrüche, welche die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre über einen Zeitraum von fünf bis zehn Millionen Jahre wieder ansteigen ließen und damit die Rückkehr zu einer Phase mit wärmerem Klima einläuteten. Die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre erreichte am Ende der dritten globalen Vereisung sogar die Zehn-Prozent-Marke und lag damit um ein Vielfaches höher als die heutige Kohlendioxidkonzentration von 0,041 Prozent (entspricht 410 ppm). Die Welt kippte infolgedessen von einem Schneeballklima in ein Supertreibhausklima, dessen Wärme den wahrscheinlich bis zu 4000 Meter dicken Eispanzer der Erde innerhalb weniger Tausend Jahre schmelzen ließ. Für diese These sprechen unter anderem charakteristische Gesteinsablagerungen, die zum Beispiel im Oman oder auch in Australien gefunden wurden, sowie die Ergebnisse verschiedener Klimamodellierungen.

Die Polkappen vereisen

Das Bild der jüngeren Klimageschichte der Polargebiete gleicht noch einem Puzzle, in dem viele Teile fehlen. Ziemlich sicher weiß man, dass die gegenwärtige Verei-

Wasserisotope: Einblicke in das Klima der Vergangenheit

Unserer Erde die Geheimnisse ihrer Klimageschichte zu entlocken, gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Forschung. Verlässliche Thermometer gibt es nämlich erst seit rund 300 Jahren. Forscher nutzen deshalb Wasserisotope als Klimaanzeiger. Ihr Vorkommen erlaubt Rückschlüsse auf Temperatur, Niederschlag und Eisvolumen für viele Millionen Jahre.



Was sind Wasserisotope?

Als Wasserisotope bezeichnet man Moleküle des Wassers, deren Atome die gleiche Anzahl an Protonen, aber eine unterschiedliche Anzahl an Neutronen besitzen. Klimaforscher messen unter anderem die Menge derjenigen Wasserisotope, welche im Vergleich zum normalen „leichten" Wasserisotop ($H_2{}^{16}O$) entweder zwei Extra-Neutronen im Kern des Sauerstoffatoms ($H_2{}^{18}O$) oder ein weiteres Neutron im Wasserstoffatom ($HD^{16}O$) aufweisen. Diese beiden „schweren" Wasserisotope kommen in der Natur jedoch nur sehr selten vor.

sung der Antarktis vor circa 40 bis 35 Millionen Jahren einsetzte. In dieser Zeit veränderte sich das Klima der Erde grundlegend. Zum einen nahm die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre deutlich ab, wodurch auch die Luft- und Wassertemperaturen sanken. Zum anderen öffneten sich auf der Südhalbkugel zunächst die Tasmanian Passage, der Seeweg zwischen Tasmanien und der Ostantarktis, später die Drake Passage. Der antarktische Kontinent ist seitdem vollständig von einer tiefen Meeresstraße umgeben, auf der die Wassermassen des Zirkumpolarstroms fließen. Sie verhindern bis heute, dass warme Meeresströmungen aus dem Norden die Antarktis erreichen.

Die ersten Gletscher bildeten sich vermutlich in den Gebirgslagen der Ostantarktis – genauer gesagt in den Bergen der Region Königin-Maud-Land, im Transantarktischen Gebirge sowie im heute völlig unter dem Eispanzer verborgenen Gamburzewgebirge, benannt nach dem sowjetischen Geophysiker Grigori Alexandrowitsch Gamburzew. Weil es damals kalt genug war und ausreichend Schnee fiel, müssen diese Gletscher sehr schnell gewachsen sein. Darauf lassen Klimadaten aus Tiefseesedimenten schließen, denen zufolge die Antarktis bereits vor 34 Millionen Jahren einen oder mehrere Eisschilde besaß, die etwa halb so viel Eis speicherten wie zum gegenwärtigen Zeitpunkt.

In der Folgezeit wuchsen und schrumpften die Eismassen der Antarktis, je nachdem, wie sich das globale Klima entwickelte und wie viel Sonnenenergie das Südpolargebiet erreichte. Sie verschwanden allerdings nie vollständig. Ihre größte Ausdehnung erreichten die beiden heute noch existierenden Eisschilde der Ost- und Westantarktis zum Höhepunkt des Letzten Glazialen Maximums vor etwa 19 000 Jahren. Ihre Eiszungen erstreckten sich damals bis zum äußeren Rand des Kontinentalsockels, was zu einer Absenkung des Meeresspiegels um etwa fünf bis 15 Meter führte. Zum Vergleich: Die westantarktischen Gletscher ragten damals etwa 450 Kilometer weiter auf das Südpolarmeer hinaus als heutzutage und transportierten so viel Eis, dass die Eiszungen nicht mehr schwammen (Schelfeis), sondern auf dem Meeresboden auflagen (Eisschild). Gleiches galt für die Gletscher in der Rossmeer- und Weddellmeerregion. Insgesamt lag der globale Meeresspiegel zum Höhepunkt der letzten Eiszeit etwa 120 Meter niedriger als heute.

Die Frage nach der ersten Vergletscherung in der Arktis ist seit dem Jahr 2004 nicht mehr so klar zu beantworten. Bis dahin hatte man angenommen, dass die großflächige Gletscherbildung im Nordpolargebiet erst vor 2,7 Millionen Jahren einsetzte – das heißt mehr als 30 Millionen Jahre später als in der Antarktis. Im Sommer 2004 aber fanden Wissenschaftler bei Bohrungen im Sedimentkern am Lomonossowrücken in mehr als 44 Millionen Jahre alten Ablagerungen grobe Gesteinspartikel, die weder vom Wind noch vom Wasser in den Ozean eingetragen worden sein konnten. Einige Forscher schlussfolgerten daraufhin, dass schon damals Eisberge auf dem Arktischen Ozean getrieben sein müssen, welche dieses Geröll mit sich trugen. Diese Annahme wiederum würde bedeuten, dass es auch damals schon Gletscher in Meeresnähe gab, von denen diese Eisberge gekalbt waren.

Ob diese Interpretation stimmt und die Arktis wirklich früher vergletscherte als die Antarktis, wird seitdem kontrovers diskutiert. Gegen die Eisbergthese sprechen unter anderem Überreste von Wäldern, die zu dieser Zeit in der Arktis wuchsen und auf ein Klima hinweisen, das für Gletscher deutlich zu warm war. Andere Forscher argumentieren, dass auch Meereis die Gesteinspartikel transportiert haben könnte. Wie weiterführende Analysen der Bohrkerne vom Lomonossowrücken ergaben, könnte der Arktische Ozean von einer ersten dauerhaften Meereisdecke überzogen worden sein, lange bevor sich in der Ostantarktis die ersten Eisschilde bildeten.

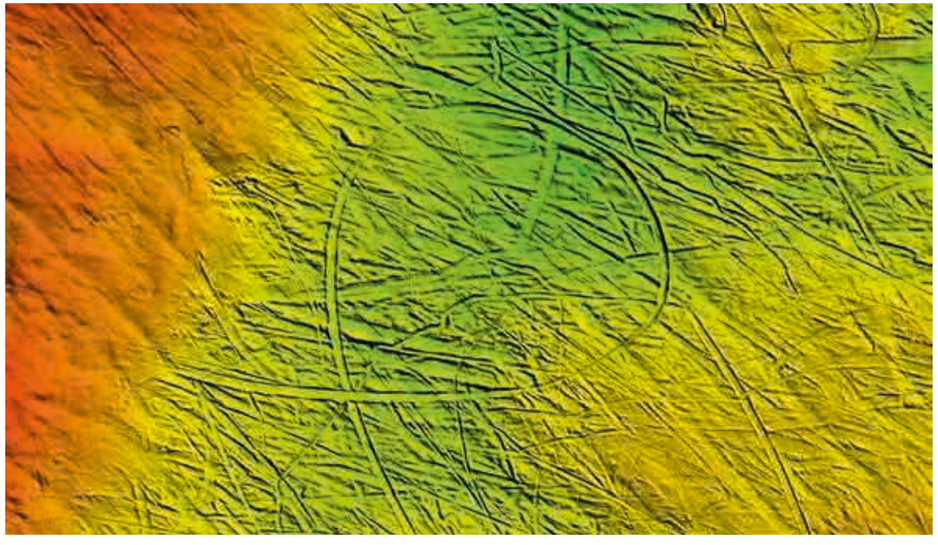
Die ersten Gletscher auf der Nordhalbkugel entstanden im Zuge einer deutlichen Abkühlung des Klimas vor 3,2 bis 2,5 Millionen Jahren. Damals sank die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre von etwa 400 auf rund 300 ppm. Gleichzeitig schloss sich aufgrund plattentektonischer Verschiebungen die Meeresstraße von Panama, sodass der bis dahin stete Wasseraustausch zwischen dem Pazifischen und dem Atlantischen Ozean gestoppt wurde.

Welchen Einfluss diese Veränderung auf das Klima in der Arktis hatte, wird in der Wissenschaft kontrovers diskutiert. Mehr und mehr Studien deuten jedoch darauf hin, dass sich infolge des unterbrochenen Wasseraustauschs zwischen Pazifik und Atlantik die Meeresströmungen in beiden Ozeanen veränderten. Im Atlantischen Ozean verstärkte sich der Golfstrom. Er und seine Ausläufer transportierten nun mehr salzhaltiges Wasser, Wärme und Feuchtigkeit in den hohen Norden. Das Wasser kühlte in der Framstraße an der Meeresoberfläche ab und sank kalt und schwer Richtung Meeresboden. Dort angekommen, wanderte es dem globalen Förderband der Meeresströmungen folgend Richtung Süden. Die Wärme und Feuchtigkeit über dem Meer dagegen wurden von den Westwinden Richtung Europa und Sibirien getragen. Dort regnete und schneite es nun häufiger, sodass die Flüsse deutlich mehr Süßwasser in den Arktischen Ozean transportierten. Meerwasser mit einem hohen Süßwasseranteil wiederum gefriert im Winter schneller zu Meereis.

Die Klimaforscher gehen nun davon aus, dass sich damals mehr Eisschollen auf dem Arktischen Ozean bildeten. Die wachsende Eisdecke wiederum reflektierte einen zunehmenden Teil der einfallenden Sonnenstrahlung ins Weltall und verhinderte so, dass der Ozean die Wärme speicherte. Gleichzeitig veränderte sich vor 3,1 bis 2,5 Millionen Jahren der Neigungswinkel der Erde zur Sonne. Der Planet neigte sich ein Stück von der Sonne weg, sodass die Nordhalbkugel deutlich weniger Sonneneinstrahlung abbekam, als dies heutzutage der Fall ist. Die Jahreszeiten wurden kälter, im Sommer schmolz vor allem in den Hochlagen weniger Schnee. Die übrig gebliebenen Schneemassen verdichteten sich mit der Zeit zu Firn. Später entstand daraus das Eis der ersten Gletscher.

Während der anschließenden Eiszeiten bedeckten zeitweise kilometerdicke Eispanzer große Teile Nordamerikas, Europas und Sibiriens. Tiefe, parallel verlaufende Furchen am Meeresboden der Ostsibirischen See deuten sogar darauf hin, dass sich innerhalb der vergangenen 800 000 Jahre selbst direkt im Arktischen Ozean Eisschilde gebildet haben, die im Gegensatz zum Packeis nicht auf der Wasseroberfläche schwammen, sondern auf dem Meeresboden auflagen. Diese Eismassen waren mindestens 1200 Meter mächtig und erstreckten sich vermutlich über eine Fläche so groß wie Skandinavien.

Das Wissen von der Existenz solcher marinen Eisschilde stellt viele der bisherigen Vorstellungen zur Vereisungsgeschichte der Arktis infrage. Belegen die Furchen doch, dass Großvereisungen nicht nur von Hochlagen auf den Kontinenten ausgehen, wie dies etwa in Grönland, Nordamerika und im Norden Europas und Asiens der Fall war. Eisschilde können auch im Meer entstehen. Eine Antwort auf die Frage, welche Umweltbedingungen dazu jedoch erforderlich sind, gehört zu den vielen fehlenden Teilen im Vereisungspuzzle der Polargebiete.



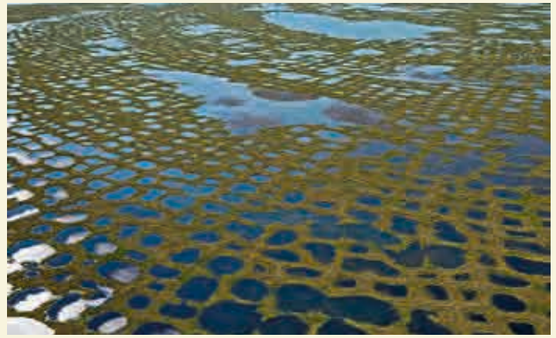
1.15 > Wo Eisberge oder Schelfeise auf dem Meeresboden aufliegen, hinterlassen sie bei ihrer Wanderung Spuren. Diese nahezu kreisrunde Furche hat ein Eisberg vor der Küste Spitzbergens in den Untergrund gezogen.

Die vielen Gesichter des Eises

Eis entsteht, wenn Wasser gefriert. Es bildet sich in den Polargebieten auf ganz unterschiedliche Weise. Aufgrund der verschiedenen Ausprägungen lassen sich folgende Eisformen voneinander unterscheiden:

Permafrost

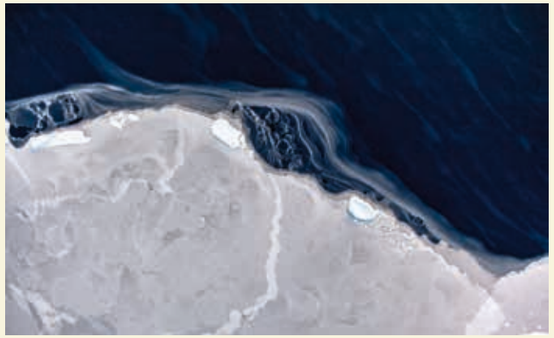
Von Permafrost, Dauerfrostboden oder Bodeneis sprechen Forscher, sobald die Temperatur des Bodens in mindestens zwei aufeinanderfolgenden Jahren unter null Grad Celsius liegt und das im Boden enthaltene Wasser gefroren ist. Der Untergrund kann dabei aus Gestein, Sedimenten oder Erde bestehen und unterschiedlich große Eismengen enthalten. In der Arktis gibt es Gebiete, in denen 70 Prozent des Untergrunds aus Eis bestehen – beispielsweise im nordöstlichen Sibirien. Das Bodeneis kann bis in eine Tiefe von 1,5 Kilometern reichen. Zurzeit findet man Permafrost in bis zu 25 Prozent der freiliegenden Landoberflächen der nördlichen Hemisphäre.



1.16 > Die meisten Permafrostgebiete sind an der polygonalen Musterung zu erkennen. Sie entsteht durch wiederholtes Gefrieren des Bodens.

Gletscher

Ein Gletscher ist eine große, aus Schnee gebildete Eismasse, die aufgrund ihres großen Gewichts eigenständig und langsam talwärts strömt und in ihrem unteren Bereich durch Abschmelzen des Eises aufgezehrt wird. Manche Gletscher sind kaum größer als ein Fußballfeld, andere wiederum können Hunderte Kilometer lang sein. Gegenwärtig sind die meisten Gletscher in der Antarktis, Grönland und der kanadischen Arktis zu finden – es gibt sie aber auch in Hochgebirgen wie den Alpen, den Anden oder dem Himalaja, wo sie eine wichtige Trinkwasserquelle für die umliegenden Regionen darstellen. Der größte Gletscher der Welt ist der Lambertgletscher in der Ostantarktis. Er ist 400 Kilometer lang, hundert Kilometer breit und transportiert allein acht Prozent der Eismassen des antarktischen Eisschilds Richtung Meer. Ein Gletscher kann wie ein Eisschild wachsen oder schrumpfen, abhängig davon, wie viel Schnee im Winter auf seine Oberfläche fällt und wie viel Schnee und Eis im Sommer schmelzen.



1.17 > Eisbildung im Weddellmeer. Die weißen Schlieren entstehen, wenn lose Eiskristalle verweht werden.

Meereis

Meereis entsteht durch das Gefrieren von Meerwasser, wobei sich dieses aufgrund seines Salzgehalts auf minus 1,8 Grad Celsius abgekühlt haben muss, damit es gefrieren kann. Süßwasser dagegen gefriert schon bei null Grad Celsius. Junges Meereis enthält noch jede Menge Salzlake, die sich in Tropfenform zwischen den Eiskristallen oder in kleinen Solekanälen ansammelt. Im Lauf der Zeit sickert diese Lake zur Eisunterseite und geht dort ins Wasser über. Auf diese Weise erklärt sich auch, warum mehrjähriges Meereis kaum noch Salz enthält.

Wenn Meereis gefriert, formen sich zunächst drei bis vier Millimeter große Eiskristalle, die sogenannten Eisnadeln. Diese sammeln sich an der Wasseroberfläche und bleiben mit zunehmender Dichte aneinanderhaften. Bei Windstille entsteht so eine dünne, zusammenhängende Eisfläche, die Nilas genannt wird. Bei Wellengang dagegen formen die Eisnadeln nach einiger Zeit pfannkuchenförmige Eisplättchen, die ständig aneinanderstoßen und deshalb an ihren Rändern etwas hochgebogen sind. Diese typische Form des Meereises wird Pfannkucheneis genannt.

Sowohl Nilas als auch Pfannkucheneis werden im Lauf der Zeit dicker und bilden Eisschollen, die im ersten Jahr bis auf 90 Zentimeter Dicke anwachsen können. Wind und Wellen türmen diese Schollen häufig übereinander, sodass sogenannte Packeisrücken mit einer Mächtigkeit von zehn bis 20 Metern entstehen. Sie stellen auch für Eisbrecher ein unüberwindbares Hindernis dar und sind nur kaum oder gar nicht zu durchbrechen.

Meereis entsteht vor allem in den Polarregionen. Es gefriert im Winter und schmilzt zu großen Teilen im Sommer. Das Südpolarmeer verliert im Sommer bis zu 80 Prozent seines Meereises. Die Eisfläche schrumpft dann von 18,5 Millionen Quadratkilometern (September, Winterende) auf 3,1 Millionen Quadratkilometer (Februar, Sommerende). Im Vergleich dazu büßt der Arktische Ozean nur rund die Hälfte seiner Eismassen ein. Seine Meereisfläche beträgt im Winter durchschnittlich 14 bis 16 Millionen Quadratkilometer, im Sommer sind es sieben bis neun Millionen Quadratkilometer, Trend stark abnehmend.

1.18 > Pfannkucheneis vor der Küste Spitzbergens. Die Eisplättchen mit den aufgebogenen Rändern bilden sich durch Wellenbewegungen.

Eisschild

Als Eisschild, Eiskalotte oder auch Inlandeis bezeichnet man einen ausgedehnten, aus Schnee hervorgegangenen Eispanzer, der auf einer Landfläche aufliegt, dabei das gesamte Terrain bis auf wenige Gipfel bedeckt und eine Fläche von mehr als 50 000 Quadratkilometern aufweist. Derzeit gibt es auf der Erde zwei Eisschilde – das Antarktische Inlandeis mit einer Fläche von 11,9 Millionen Quadratkilometern (ohne Schelfeise) und das Grönländische Inlandeis mit einer Ausdehnung von 1,71 Millionen Quadratkilometern. Der Antarktische Eisschild ist bis zu 4897 Meter dick und speichert so viel Wasser, dass der globale Meeresspiegel im Fall des vollständigen Abschmelzens des Eisschilds um rund 60 Meter steigen würde. Der Grönländische Eisschild weist eine Mächtigkeit von bis zu 3200 Metern auf und könnte den Meeresspiegel global um etwa sieben Meter ansteigen lassen.

Eisschilde entstehen in Regionen, in denen der im Winter gefallene Schnee im Sommer nicht vollständig schmilzt. Im Lauf der Zeit wächst die verbleibende Schneemenge Schicht für Schicht und verdichtet sich zunächst zu Firn und dann zu Eis, da das Gewicht der aufliegenden Massen mit jedem neuen Schneefall steigt. Ein Eisschild hat die Form einer Kuppel, das heißt, er ist im Zentrum dicker als an seinen Rändern. Seine Eismassen muss man sich wie einen zähflüssigen, ungebackenen Kuchenteig vorstellen. Sie fließen aufgrund ihres Eigengewichts aus der Mitte des Eispanzers zu den Rändern – wie es auch der Kuchenteig macht, wenn man diesen als Klumpen aus der Backschüssel nimmt und auf eine Arbeitsplatte legt.

An den Rändern des Eisschilds münden die Eismassen in der Regel in Gletscher, Eisströme oder Schelfeise und werden Richtung Meer abtransportiert. Es gibt allerdings auch Randbereiche, in denen sich das Eis nicht bewegt und der Eisschild abrupt endet.

Solange sich auf der Oberfläche eines Eisschilds mehr oder gleich viel Schnee ablagert, als an seinen Rändern verloren geht, gilt ein Eisschild als stabil. Bleibt weniger Schnee liegen, als der Eisschild an Eis an das Meer verliert, schrumpft der Eispanzer.

Schelfeis

Schelfeis nennt man den auf dem Meer schwimmenden Fortsatz eines Eisschilds oder Gletschers – also jenen Teil, der nicht mehr auf dem Land oder dem Meeresgrund aufliegt. Die weltweit bekanntesten Schelfeise gibt es in der Antarktis, wo mit dem Filchner-Ronne-Schelfeis (rund 422 000 Quadratkilometer Fläche) und dem Rossschelfeis (rund 473 000 Quadratkilometer Fläche) auch die zwei größten ihrer Art zu finden sind.

Die Dicke der Eisplatten kann sich von Schelfeis zu Schelfeis unterscheiden – die Spanne reicht von 50 Metern im Kantenbereich bis zu 1500 Metern im Übergangsbereich vom Inlandeis zum Schelfeis, Aufsetzlinie (grounding line) genannt. Am äußersten Rand eines Schelfeises brechen immer wieder Eisberge ab. Dieser Prozess wird als Kalben bezeichnet.

1.19 > Blick auf die Kalbungsfront des Rossschelfeises in der Antarktis. Es ist das größte Schelfeis der Welt.

Der Mensch erobert die Polargebiete

> Angesichts des extremen Klimas bedurfte es seit jeher guter Gründe, sich in die Polarregionen vorzuwagen. Vor 45 000 Jahren lockte die Aussicht auf Beute die ersten Jäger in die Arktis. Später folgten Abenteurer und Entdecker auf der Suche nach neuen Handelswegen, dann war die Hoffnung auf Ruhm und Ehre der Haupttreiber. Heute sind – trotz handfester wirtschaftlicher und politischer Interessen – Forscherdrang und Wissensdurst ein wichtiges Motiv und entfalten eine friedensstiftende Wirkung. Denn selbst in politisch schwierigen Zeiten arbeiten in Polargebieten Wissenschaftler aus verschiedenen Nationen Hand in Hand.

Die große Wanderung

Die ältesten Spuren des Menschen in den Polarregionen wurden in der Arktis gefunden – eine Tatsache, die kaum jemanden überraschen dürfte, ist die Arktis doch bis heute aufgrund ihrer Lage und Landverbindung deutlich leichter für Mensch und Tier zu erreichen als die vom Südpolarmeer umgebene Antarktis.

Russische Experten waren dennoch verblüfft, als sie im Sommer 2012 am Steilufer der sibirischen Taimyrhalbinsel zwischen Kara- und Laptewsee den im Permafrost konservierten Kadaver eines jungen Mammutbullen fanden und feststellten, dass dieses Tier schon vor rund 45 000 Jahren von Menschenhand erlegt worden war, 10 000 Jahre früher, als bis zu diesem Zeitpunkt angenommen. Den Rekonstruktionen zufolge hatten die Urzeitjäger das Mammut mit Speerstichen an der Schulter, in der Magengegend, im Bereich des Brustkorbs und am Rüsselansatz so schwer verletzt, dass es gestorben war. Die Technik, mit dem Speer auf den Rüsselansatz zu zielen, benutzen noch heute Elefantenjäger in einigen Teilen Afrikas. Sie erweist sich als besonders wirkungsvoll, weil an dieser Stelle des Kopfes wichtige Arterien und Venen verlaufen. Sind diese verletzt, verbluten die Tiere.

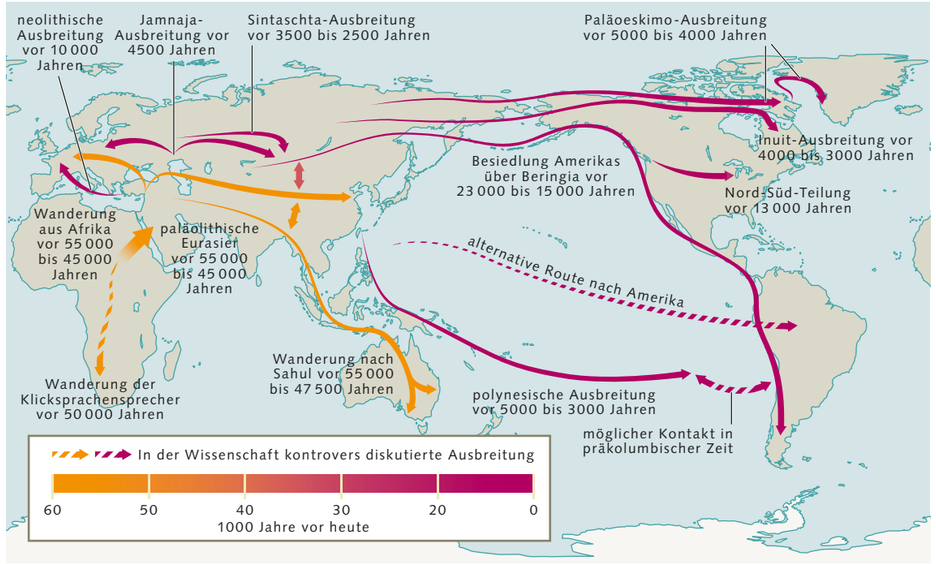
Die arktischen Urzeitjäger stellten damals jedoch nicht nur Mammuts nach. Am Fluss Jana rund 1700 Kilometer weiter östlich fanden die Wissenschaftler Überreste mehrerer Bisons und Wollnashörner. Darüber hinaus entdeckten sie die Knochen eines Wolfes. Diese Tiere waren vor etwa 29 000 Jahren von Menschen erlegt worden. Beide Ausgrabungen belegen somit, dass moderne Menschen die sibirische Arktis schon lange vor der letzten Eiszeit weiträumig durchstreift haben müssen.

Diese Erkenntnis rückt auch das Wissen über die Evolution und Ausbreitung des modernen Menschen *Homo sapiens* in ein neues Licht: Wenn man davon ausgeht, wie es einige Forscher tun, dass er erst vor 65 000 bis 50 000 Jahren seinen Ursprungskontinent Afrika verlassen hat, blieben ihm nur wenige Tausend Jahre für den langen Weg Richtung Norden. Eine beachtliche Leistung.

Wie groß die ersten Jagdgemeinschaften in der sibirischen Arktis waren, können die Forscher heute nicht mit Sicherheit sagen. Vermutlich lebten die Jäger damals in kleinen, beweglichen Gruppen, die im Sommer in Gebiete nördlich des Polarkreises vorstießen, sich dann mit Einbruch der kalten Jahreszeit aber wieder Richtung Süden zurückzogen. Klimadaten aus jener Zeit deuten darauf hin, dass die Durchschnittstemperaturen in der Arktis damals weniger harsch waren als heute. Dennoch müssen die Menschen in der Lage gewesen sein, sich warme Kleidung zu nähen, schützende Unterstände zu errichten und in der Gruppe zusammenzuarbeiten. Anderenfalls hätten sie unter den klimatischen Bedingungen kaum überlebt.

Auf ihren Streifzügen orientierten sich die Urzeitjäger vermutlich an den Flussläufen, denen auch die Steppentiere auf ihren Wanderungen Richtung Norden folgten. In den Flusstälern fanden die Tiere ausreichend Weideflächen und Wasser. Lieblingsbeutetiere der ersten Arktisbewohner waren Mammuts, Rentiere und Pferde. Experten gehen davon aus, dass die Fähigkeit der Jäger, den großen Säugern nachzustellen, den Vorstoß der Menschen in die sibirische Arktis überhaupt erst möglich machte.

Nach dem Ende der letzten Eiszeit lernten die Bewohner der sibirischen Arktisregion dann, ausgefeiltere Werkzeuge und Waffen herzustellen. Sie begannen, in den Seen und Flüssen zu fischen, Vögel zu fangen sowie vor der Küste nach Walen und Robben zu jagen. Auf diese Weise mit ausreichend Nahrung versorgt, konnten sie sesshaft werden, Siedlungen anlegen und ihre Familienverbände vergrößern.



1.20 > Die Hauptmigrationsrouten des modernen Menschen, als er von Nordafrika aus die Erde besiedelte. Die Wanderungen hinterließen Spuren im Erbgut des Menschen, anhand derer Forscher heute die Bewegungen rekonstruieren. Demnach wurde Nordamerika von Sibirien aus in drei Wellen besiedelt – das erste Mal vor 23 000 Jahren.

Die ersten Amerikaner

Wer die heutige Küste Sibiriens mit der Küstenlinie aus der Zeit der ersten Arktisjäger vergleicht, wird deutliche Unterschiede feststellen. Zum Höhepunkt der letzten Eiszeit vor rund 21 000 Jahren lag der globale Meeresspiegel nämlich 123 Meter niedriger als heute. Infolgedessen waren damals sowohl weite Teile der sibirischen Schelfmeere als auch das Gebiet des heutigen Beringmeers trockengefallen. Die arktische Küstenlinie Sibiriens und Nordamerikas verlief also nördlicher, als dies heutzutage der Fall ist. Außerdem verband ein breiter Streifen Land, die sogenannte Beringbrücke, Ostsibirien und Alaska miteinander.

Diese Landbrücke besaß eine Fläche etwa doppelt so groß wie der US-Bundesstaat Texas. Sie erstreckte sich vom Lenadelta im Westen bis zum Delta des Mackenzie Rivers im Osten und ging damit weit über das Gebiet der heute bekannten Meerenge zwischen Sibirien und Alaska hinaus. Die Region war vermutlich kalt, trocken und eisfrei – ganz im Gegensatz zu Nordamerika und Nordeuropa, die zu dieser Zeit von zwei bis vier Kilometer dicken Eispanzern bedeckt wurden.

Von Sedimentkernbohrungen im Beringmeer weiß man, dass die Vegetation der Beringbrücke eine überraschend hohe Vielfalt aufwies. In der Region wuchsen damals Sträucher, wie man sie heute in der Tundra Alaskas findet, sowie nahrhafte, an kühle Temperaturen angepasste Gräser und Wildblumen – ideale Bedingungen für Weidetiere wie Mammuts, Bisons, arktische Kamele oder Rentiere. Die Frage, was auf der Landbrücke wuchs und welche Wildtiere dort heimisch waren, ist vor allem aus einem Grund von Interesse: Die Brücke diente Tieren und Menschen als Transitroute nach Nordamerika.

Wann und wie genau die ersten Menschen über die Landbrücke nach Nordamerika einwanderten, wird in der Wissenschaft kontrovers diskutiert und auf verschiedene Weise erforscht. Archäologen suchen nach Siedlungsspuren; Paläogenetiker rekonstruieren die Wanderung der Menschen anhand ihres Erbguts; Biologen, Geologen und Klimaforscher untersuchen die damaligen Umweltbedingungen und Landschaftsformen. Umstritten ist beispielsweise die These, dass die ersten Jäger und Sammler nicht in einem Zug über die Landbrücke wanderten, sondern zunächst für mehrere Tausend Jahre auf der Beringbrücke verweilten, weil ihnen Gletscher und Eisschilde den

1.21 > Das Foto einer Inuitfamilie, abgedruckt in der Zeitschrift „National Geographic“, Juni 1917. Der Begleittext lobt „die Zärtlichkeit und das Verantwortungsbewusstsein“, die die Ureinwohner der Arktis im Umgang mit ihren Kindern hätten.

Weg in die neue Welt versperrten. Ungeklärt ist auch, ob sich die ersten Einwanderer ihren Weg entlang der Küste bahnten oder aber einen eisfreien Korridor zwischen den Eisschilden nutzten. Dieser Landweg soll sich aktuellen Studien zufolge bereits vor 15 000 Jahren geöffnet haben.

Konsens herrscht darüber, dass die ersten Nordamerikaner sibirische Vorfahren hatten, die wahrscheinlich – und hier beginnt die Diskussion erneut – vor etwa 24 900 bis 18 400 Jahren in das Gebiet der Beringbrücke vorstießen. Vor etwa 16 000 Jahren begannen die Einwanderer dann, den nordamerikanischen Kontinent nach und nach zu besiedeln. Ein Teil von ihnen wanderte entlang der Westküste Richtung Süden und begründete unter anderem die berühmte Cloviskultur. Der andere Teil besiedelte die eisfreien Regionen weiter landeinwärts. Keiner dieser ersten Amerikaner aber wagte es, sich nördlich des Polarkreises niederzulassen.

Die ersten Bewohner der nordamerikanischen Arktis wanderten erst vor 5000 Jahren im Zuge einer zweiten Migrationswelle über die Beringbrücke ein – also lange nachdem die großen nordamerikanischen Eisschilde geschmolzen waren. Die sogenannten Paläoeskimos breiteten sich innerhalb weniger Hundert Jahre bis nach Grönland aus. Sie lebten in kleinen Zeltcamps, jagten Rentiere, Moschusochsen, Robben und Walrosse mit Steinspeeren oder -messern und hatten gelernt, einen Teil ihrer Jagdbeute gefrieren zu lassen und in Vorratskellern oder -gruben einzulagern.

Vor etwa 700 Jahren aber verlieren sich die Spuren der Paläoeskimos. Die Bevölkerungsgruppe stirbt flächendeckend aus. Neue Einwanderer aus Sibirien, die sogenannten Neoeskimos und Vorfahren der modernen Inuit, waren vor etwa 1000 Jahren im Zuge einer dritten Migrationswelle mit dem Boot nach Nordamerika gekommen und hatten die alteingesessenen Rentierjäger allmählich verdrängt. Die Neulinge lebten in großen, gut organisierten Dorfgemeinschaften. Sie nutzten Hundeschlitten, Pfeil und Bogen und wussten, wie man Boote aus Walknochen und Robbenfellen baute. In diesen fuhren sie dann auf den Arktischen Ozean hinaus und stellten Walen nach – eine Jagdmethode, die ihnen neue, reichhaltige Nahrungsgründe erschloss und ihr Überleben im hohen Norden garantierte.

Den Moschusochsen hinterher

Vermutlich war es die Aussicht auf bessere Jagdausbeute, die die Paläoeskimos vor etwa 4500 Jahren motivierte, die 30 Kilometer breite Naresstraße, eine Wasserstraße zwischen der kanadischen Ellesmereinsel und Grönland, zu überqueren. Der Grönländische Eisschild war zum damaligen Zeitpunkt etwas kleiner als heute, sodass es an seinen Nord- und Osträndern ausreichend eisfreie Weideflächen für Moschusochsen und Rentiere gab. Außerdem lebten in den Fjorden an der grönländischen Küste viele Ringel- und Sattelrobben. Paläoeskimos standen aber nach ihrer Landung an der wenig einladenden Nordwestküste Grönlands zunächst einmal vor einer schwierigen Entscheidung. Entweder wanderten sie die Küste entlang Richtung Süden, wo in der Melvillebucht ein 300 Kilometer langer, von einem Gletscher bedeckter Küstenabschnitt überwunden werden musste, bevor die klimatisch milderen, begrünten Gebiete Westgrönlands begannen. Oder aber sie folgten den Moschusochsen Richtung Norden – in eine Region, so kalt, dass das Meereis vor der Küste das ganze Jahr hindurch nicht wegschmolz, und in der fünf Monate lang die Sonne hinter dem Horizont verborgen blieb.

Die Einwanderer entschieden sich für beide Optionen: Ein Teil von ihnen zog Richtung Süden und begründete in der Diskobucht das Volk der Saqqaq. Dessen Population wuchs in den ersten Jahrhunderten schnell. Die Saqqaq lebten in vergleichsweise großen Familienverbänden, besiedelten zügig alle größeren Fjordsysteme und Inseln Westgrönlands und stellten in erster Linie den Karibus, Sattelrobben, Ringelrobben und Vögeln der Westküste nach. Bei archäologischen Grabungen in ehemaligen Saqqaqsiedlungen fanden Forscher die Knochen von 42 verschiedenen Tierarten. Überdies steht fest, dass das Volk der Saqqaq Fleisch oder Fisch trocknete, um Vorräte anzulegen.

Der zweite Teil der Einwanderer wählte den Weg in den Norden. Diese als Independence 1 bezeichnete Gruppe der Paläoeskimos besiedelte die Halbinsel Pearyland und stieß dort auf deutlich schwierigere Lebensbedingungen als ihre Verwandten in Westgrönland. Zeitgleich mit dem Eintreffen der ersten Einwanderer begann sich nämlich das Klima Grönlands abzukühlen. Die tundrenhaften Küstengebiete im Norden verwandelten sich nach und nach in polare Wüsten. In den Sommermonaten lebten die 100 bis 200 Pioniere in kleinen Familienclans und errichteten ihre Zeltcamps weit verstreut, um die wenigen Nahrungsquellen, welche die karge Landschaft und das Meereis boten, nicht innerhalb kürzester Zeit auszubeuten. Sie jagten hauptsächlich Moschusochsen, Karibus, Robben und Polarfüchse. Im Winter dagegen zogen die Menschen zusammen und überwinterten in einem gemeinsamen Camp.

Die Zelte der Paläoeskimos waren rund oder oval und maßen drei bis vier Meter im Durchmesser. Etwa jedes dritte Zelt verfügte über eine Feuerstelle, gebaut aus aufgeschichteten Steinen. Dieser „Herd“ in der Mitte des Zeltes diente vor allem in den kalten und dunklen Wintermonaten als Kochstelle, wärmender Ofen und einzige Lichtquelle. Die Bewohner des hohen Nordens heizten mit dem wenigen Treibholz, das angespült wurde, sowie mit Knochen und dem Fett erlegter Land- und Meeressäuger. Die Saqqaq im Westen dagegen verfügten über ausreichend Treibholz, was sie in die Lage versetzte, deutlich öfter und ausgiebiger Feuer zu machen und darin faustgroße Steine zu erhitzen. Mit den heißen Steinen heizten sie nicht nur Räume abseits der Feuerstelle. Auf ihnen garten die Jäger auch ihr Fleisch und ihren Fisch, denn Töpfe oder anderes Kochgeschirr kannten die Paläoeskimos noch nicht.

Die Saqqaq besiedelten Westgrönland über einen Zeitraum von nahezu 2000 Jahren (etwa 2400 bis 800 Jahre vor Christus). Ihre Nachbarn auf der Halbinsel Pearyland dagegen müssen schon nach wenigen Generationen aufgegeben haben. Ihre Spuren verlieren sich vor etwa 3750 Jahren.

Die Wikinger kommen

Den Startpunkt für die Besiedelung Nordeuropas gab vermutlich das Ende der letzten Eiszeit. Erst nachdem die großen Eisschilde vor 13 000 bis 14 000 Jahren abgeschmolzen waren, konnte der Mensch Richtung Norden vorstoßen. So wanderten die Jäger und Sammler vor etwa 10 000 Jahren aus Mitteleuropa kommend entlang der Küstenlinie Skandinaviens in die Arktis ein. Weiter im Landesinnern siedelten die Steinzeitmenschen jedoch erst, nachdem dort

Cloviskultur
Als Cloviskultur wird die älteste bekannte Kultur Nordamerikas bezeichnet. Sie existierte vor etwa 13 000 bis 12 600 Jahren in weiten Teilen Nordamerikas. Ihre Mitglieder nutzten steinerne Werkzeuge, darunter Speerspitzen aus Feuerstein mit doppelseitigen Schneiden. Einige dieser Spitzen wurden erstmals bei einer Ausgrabung in Clovis im US-Bundesstaat New Mexico gefunden. Von dieser Fundstelle leitet sich auch der Name ab.

Wälder gewachsen waren, die ausreichend Holz und Nahrung boten. Im heutigen Finnland waren dies die Birkenwälder; in Norwegen vor allem Nadelwälder.

Von Skandinavien und den Britischen Inseln aus eroberten nordische Seefahrer Tausende Jahre später auch Island. Historischen Quellen zufolge landeten die Wikinger im Zeitraum zwischen 870 und 930 auf der nordischen Insel und veränderten ihr Antlitz nachhaltig: zum einen durch Pflanzen und Tiere, welche die Seefahrer aus ihrer alten Heimat mitbrachten; zum anderen indem sie nach nur wenigen Jahrzehnten begannen, die Wälder Islands abzuholzen und Schafe auf den Hochlandflächen weiden zu lassen.

Von Island aus erkundete Anfang der 980er-Jahre der Wikinger Erik der Rote die Südküste Grönlands. Im Jahr 985 stach er mit einer Flotte von 25 Schiffen in See, diesmal mit dem Ziel, sich in Grönland niederzulassen. Die Seefahrer gingen im südlichen Westgrönland an Land und errichteten drei Siedlungen, in denen sie hauptsächlich Vieh- und Milchwirtschaft betrieben. Das Klima Grönlands hatte zu dieser Zeit sein mittelalterliches Wärmeoptimum erreicht. Die Temperaturen entsprachen den Bedingungen von heute, sodass Landwirtschaft in einem gewissen Rahmen möglich war. Die Siedler verließen sich aber nicht nur auf ihre Rinder. Im Frühsommer fischten sie Kabeljau, den sie als Stockfisch konservierten; im Herbst jagten sie Rentiere und Vögel. Außerdem handelten die Wikinger mit Walross- und Narwalelfenbein und führten Erkundungsfahrten Richtung Nordamerika durch – mit dem Ziel, dort Holz zu beschaffen, das es in Grönland nicht in ausreichendem Maß gab.

1.22 > Der Wikinger Erik Thorvaldsson, genannt Erik der Rote, segelte im Jahr 982 mit einem kleinen Gefolge von Island nach Grönland und gründete drei Jahre später als erster Europäer eine Siedlung auf der Insel. Er nannte das Land „Grönland" (grünes Land), in der Hoffnung, die attraktive Bezeichnung würde Siedler anlocken.

Zur Hochzeit der wikingisch-grönländischen Besiedlung (1300–1350 nach Christus) lebten auf schätzungsweise 200 Bauernhöfen insgesamt rund 5000 Menschen, wobei diese Zahl umstritten ist. Es können durchaus auch weniger Siedler gewesen sein.

Ab Beginn des 14. Jahrhunderts verschlechterten sich die Klimabedingungen. Die Durchschnittstemperatur sank um ein Grad Celsius. Meereis und Stürme erschwerten fortan die Schiffsreisen nach Island und über den Nordatlantik. Die sommerliche Wachstumsphase verkürzte sich und Wärme liebende Tierarten wanderten in den Süden ab. Anstelle von Rindern hielten die grönländischen Bauern nun Schafe und Ziegen. Da sie jedoch nicht ausreichend Fleisch abwarfen, machten die Wikinger verstärkt Jagd auf Meeressäuger. Im offenen Wasser stellten sie Bart- und Sattelrobben, Klappmützen und dem Gemeinen Seehund nach. Sie waren dabei jedoch weit weniger erfolgreich, als die Inuit der Thule-Kultur, die seit etwa 900 nach Christus die Ellesmereinsel und Nordgrönland bevölkerten und gelernt hatten, Ringelrobben auf dem Packeis aufzulauern und mit einer ausgefeilten Harpunentechnik zu erlegen. Als wenig später noch der Elfenbeinhandel mit Europa einbrach, gaben die Nachkommen der Wikinger auf. Die letzte Familie verließ Grönland im Jahr 1411.

Das Zeitalter der Entdeckungen

Kurz nachdem sich die Wikinger aus Grönland zurückgezogen hatten, begann in Europa das Zeitalter der Entdeckungsreisen in den hohen Norden. Einige dieser Expeditionen verfolgten das Ziel, neue Gebiete für den Walfang und die Robbenjagd zu erschließen. Die meisten Fahrten aber dienten nur einem Zweck: der Suche nach einem freien Seeweg nach Asien. Gegen Ende des 15. Jahrhunderts durfte nämlich kein Handelsschiff ohne spanische oder portugiesische Erlaubnis den südlichen Seeweg nach Indien oder China benutzen. Die beiden Großmächte hatten 1494 im Vertrag von Tordesillas die Welt unter sich aufgeteilt und kontrollierten die Schifffahrtsrouten über den Atlantischen und Indischen Ozean. Anderen aufstrebenden Seefahrernationen wie England und Holland blieb nur der Seeweg durch die Arktis, wenn sie unbehelligt Handel mit China und Indien treiben wollten. Die Ausgangssituation für die Suche nach einer schiffbaren Route durch die Nordostpassage oder aber die Nordwestpassage hätte ungünstiger jedoch kaum sein können – denn die wenigen Karten, die es von der Arktis gab, enthielten grobe Fehler.

Erste Karten der Polargebiete

Viele Küstengebiete der Nordpolarregion waren zwar seit Jahrtausenden bekannt und besiedelt. Darüber hinaus aber wusste man um das Jahr 1450 in Europa kaum etwas über die Landschaften nördlich Skandinaviens – Spitzbergen beispielsweise war zu diesem Zeitpunkt noch unentdeckt. Welche Überraschungen aber hielt der hohe Norden bereit? Warteten dort vielleicht noch unbekannte Kontinente auf ihre Entdeckung? Reichte das Packeis wirklich bis über den Horizont hinaus oder gab es, wie hier und da spekuliert, doch ein eisfreies Nordpolarmeer?

Eine der ersten Kartendarstellungen des Nordpolargebiets, gezeichnet vom Kartografen Gerhard Mercator (1512–1594) und nach seinem Tod im Jahr 1595 veröffentlicht, zeigt vier große, nur durch schmale Wasserstraßen voneinander getrennte Inseln im arktischen Becken. Ihre Existenz wurde bereits zwei Jahre später vom holländischen Seefahrer und Spitzbergen-Entdecker Willem Barents angezweifelt. Die Vorstellung von einem eisfreien Polarmeer aber hielt sich deutlich länger. Noch im Jahr 1773 versuchten zwei britische Schiffe unter der Leitung von Constantine J. Phipps und Skeffington Lutwidge, über Spitzbergen zum Nordpol zu segeln – in der festen Überzeugung, dass das Nordpolarmeer schiffbar sein müsste. Packeis stoppte die Entdecker auf Höhe des 81. Breitengrads Nord.

1.23 > Der Kartograf Gerhard Mercator zeichnete kurz vor seinem Tod den Arktischen Ozean als Meer, in dessen Mitte vier große Inseln liegen. Die Richtigkeit dieser Darstellung wurde jedoch schon kurz nach der Veröffentlichung der Karte im Jahr 1595 angezweifelt.

Im Gegensatz zur Arktis stellte die Antarktis im Altertum nur eine Idee, ein theoretisches Gebilde dar, von dessen Existenz die Griechen überzeugt waren, weil sich ihrer Vorstellung nach die Welt anderenfalls in einem Ungleichgewicht befände. In ihrem klassischen Klimazonenmodell gingen sie nämlich davon aus, dass es nicht nur im Norden eine kalte, unbewohnbare Zone geben könne, sondern sich wegen des Massengleichgewichts auf der Erde eine solche auch im Süden befinden müsse.

Im Mittelalter verbot die christliche Kirche die Vorstellung einer kugelförmigen Erde und eines vereisten Gegengewichts am Südpol. Stattdessen wurde die Erde nun als Scheibe angesehen. Eine kreisrunde Karte aus der damaligen Zeit zeigt die bekannten Kontinente Asien, Europa und Afrika umgeben von einem ringförmigen Ozean. Außerhalb dieses Ozeans führte der spanische Benediktinermönch Beatus von Liébana (um 730–798) im Süden einen weiteren unbekannten Kontinent auf – mit dem Vermerk: „Desertta tterra … incognita nobis".

Auf einer Weltkarte tauchte der südliche Kontinent erstmals im Jahr 1508 auf. Der Italiener Francesco Rosselli hatte ihn in seine Darstellung der Erde gezeichnet. Erste

1.24 > Die Seekarte des türkischen Admirals Piri Reis aus dem Jahr 1513. Umstritten ist, ob sie die Küstenlinie Südamerikas oder auch Teile der Antarktis zeigt.

geografische Informationen über die Antarktis könnte außerdem die berühmte osmanische Piri-Reis-Karte aus dem Jahr 1513 enthalten, auch wenn bislang unbekannt ist, woher diese Informationen stammen. Die Karte zeigt nach Meinung einiger Experten unter anderem die subantarktischen Inseln südlich Feuerlands und Inseln eines eisfreien westlichen Teils des Königin-Maud-Landes.

In den folgenden zwei Jahrhunderten wurde das immer noch hypothetische Südland fester Bestandteil von Karten – größtenteils unter dem Namen Terra Australis Incognita, der damals bei vielen Europäern den Traum von Reichtum und Glückseligkeit weckte. Legenden zufolge versprach der geheimnisvolle Südkontinent seinen Entdeckern nämlich Gold und andere Gewinne. Dieser Mythos verblasste erst, als der englische Entdecker und Seefahrer James Cook (1728–1779) auf seiner zweiten Weltreise (1772–1775) die Antarktis erstmals umsegelte und dabei den Südpolarkreis an drei Stellen überquerte, ohne dass Land gesichtet wurde. Auf Höhe des 71. Breitengrads Süd musste er wegen starken Eisgangs umkehren. Der Entdecker schlussfolgerte, dass der angenommene Kontinent noch weiter südlich liegen musste und vermutlich menschenfeindlich und nutzlos war. Mit seinem lateinischen Ausspruch „nec plus ultra“ (bis hierher und nicht weiter) zerstörte Cook die Saga vom reichen Südland.

Neue Wege nach Indien und China

In der Arktis war derweil der Wettlauf um die Durchquerung der Nordost- und Nordwestpassage in vollem Gange. Die erste Erkundungsreise auf der Suche nach einem Weg entlang der Nordküste Amerikas leitete der Italiener Giovanni Caboto (englischer Name: John Cabot). Er war überzeugt davon, dass die kürzeste Verbindung zwischen Indien und Europa im hohen Norden zu finden ist, und entdeckte auf seiner von England finanzierten Expedition im Jahr 1497 den nordamerikanischen Kontinent auf der Höhe Labradors. Sein Sohn Sebastiano Caboto gründete im Jahr 1551 gemeinsam mit seinen zwei Weggefährten Hugh Willoughby und Richard Chancellor die englische Aktiengesellschaft Company of Merchant Adventurers to New Lands, um Gelder für die Suche nach einer Nordostpassage zu generieren. Dabei interessierte die drei Unternehmer jedoch in erster Linie die Aussicht auf neue Handelsbeziehungen mit Russland und China, weniger die mögliche Entdeckung bis dato unbekannter Regionen.

Auf der ersten Arktisexpedition 1553 mit drei Schiffen erfroren Hugh Willoughby und seine Mannschaft, Richard Chancellor dagegen erreichte das Weiße Meer und wurde vom russischen Zaren zu einer Audienz nach Moskau geladen. Dort erhielt der Brite besondere Handelserleichterungen. Alle weiteren Versuche der Handelsgesellschaft, über den Seeweg weiter Richtung Osten vorzustoßen, endeten aber stets an der arktischen Insel Nowaja Semlja, welche eine Expedition der Gesellschaft im Jahr 1553 erstmals betrat. Über diesen geografischen Punkt hinaus gelangen später erst der Niederländer Willem Barents, nach dem heute die Barentssee benannt ist.

Bering, der „Kolumbus des Zaren“

Vitus Bering (1681–1741) war schon acht Jahre lang als Schiffsjunge zur See gefahren, bevor er im Jahr 1703 als Unterleutnant in den Dienst der russischen Kriegsflotte trat. Dort machte er schnell Karriere und erhielt Ende des Jahres 1724 von Peter dem Großen den Auftrag, den Osten des russischen Reiches zu erkunden. Sibirien war zum damaligen Zeitpunkt noch nahezu unerschlossen, und der Zar wollte wissen, welche Bodenschätze es in der Region gab, welche Ureinwohner dort lebten, wo die Grenzen des russischen Reiches verliefen und ob eine Landverbindung zwischen Sibirien und Nordamerika existierte. Außerdem waren Gerüchte aufgetaucht, wonach der Kosakenführer Semjon Iwanowitsch Deschnjow bereits im Jahr 1648 die sibirische Ostspitze umschifft und somit als Erster die später nach Bering benannte Seestraße durchfahren hatte. Ob diese Berichte jedoch stimmten, war damals zweifelhaft. Deshalb wollte der Zar Gewissheit.

Vitus Bering und sein 33 Mann starkes Expeditionsteam brachen im Jahr 1725 zur Ersten Kamtschatkaexpedition auf, die sie jedoch nicht über das Meer, sondern über Land führte. Der strapaziöse Marsch über Berge und Flüsse, durch endlose Steppen und Sumpfgebiete endete nach zwei Jahren in Ochotsk, wo die Männer ein kleines Schiff bauten. Mit diesem setzte Bering nach Kamtschatka über. Er durchquerte die Halbinsel, um zur Ostküste zu gelangen, und ließ dort im Jahr 1728 ein weiteres Schiff bauen. Damit stach er am 14. Juli 1728 in See und segelte

die sibirische Ostküste entlang Richtung Norden. Fast vier Wochen später, am 13. August 1728, durchfuhr er die heute nach ihm benannte Meerenge zwischen Amerika und Asien. Von einer Landverbindung zwischen Asien und Amerika fand sich dagegen keine Spur. Als das Schiff bei 67 Grad Nord über den Polarkreis hinaus war, gab Bering den Befehl zur Rückkehr. Für ihn stand fest, dass Amerika und Asien zwei voneinander getrennte Kontinente waren.

Da Bering die amerikanische Küste jedoch wegen dichten Nebels nicht mit eigenen Augen gesehen hatte, bezweifelte man in Sankt Petersburg seine Berichte. Das Zarenhaus wollte mehr wissenschaftliche Fakten und gab Bering eine zweite Chance. Die Zweite Kamtschatkaexpedition (Große Nordische Expedition, 1733–1743), deren Leitung man ihm übertrug, sollte alle vorhergehenden Entdeckungsreisen in den Schatten stellen. Bering befehligte einen Expeditionstrupp von 10 000 Mann, der in eine Reihe von Einzelexpeditionen unterteilt war, die die nördlichen Küsten Sibiriens und des Pazifiks vermessen sowie die Weiten Sibiriens wissenschaftlich untersuchen sollten. Bering selbst erhielt den Auftrag, die Westküste Nordamerikas zu finden und zu kartieren.

Nach jahrelangen Forschungsarbeiten auf dem Weg durch Sibirien, stach Bering im Jahr 1741 mit zwei Schiffen von Kamtschatka aus Richtung Südosten in See. Er hielt Kurs bis zum 46. Breitengrad, weil dort das sagenumwobene Gamaland mit Straßen aus Gold vermutet wurde, das er finden wollte.

Bering und Alexej Iljitsch Tschirikow, der Kapitän des zweiten Schiffes, bewiesen jetzt, dass die Insel nur in der Fantasie von Seefahrern existierte. Anschließend änderten die Schiffe den Kurs auf Nordost, um Nordamerika zu erreichen. Während eines Sturmes verloren sie allerdings den Kontakt zueinander. Während Tschirikow in der Folgezeit mehrere Aleuteninseln entdeckte und anschließend wegen Trinkwassermangels den Heimweg antrat, segelte Vitus Bering mit seiner „St. Peter“ in den Golf von Alaska. Dort traf er im Juli 1741 auf Land. Er hatte Nordamerika gefunden, was ihm den Beinamen „Kolumbus des Zaren“ eintrug, und blieb in Küstennähe, um ihren Verlauf zu kartieren.

Danach trat das Schiff die Rückreise nach Kamtschatka an. Diese verlief aufgrund schlechten Wetters, fehlender Nahrung und Navigationsfehlern jedoch anders als geplant. Das Schiff strandete auf einer unbewohnten Insel, der heutigen Beringinsel, wo der an Skorbut erkrankte und völlig geschwächte Expeditionsleiter am 19. Dezember 1741 im Alter von 60 Jahren starb. 46 Mitglieder seiner Mannschaft überlebten den Winter. Sie bauten im Frühling aus den Wrackteilen der „St. Peter“ ein kleines Segelschiff und schafften es zurück nach Kamtschatka, wo in der Zwischenzeit schon ein Suchtrupp, angeführt von Alexej Tschirikow, losgesegelt war.

Die Erkundung der Nordwestküste Nordamerikas schloss 1778 der englische Weltumsegler James Cook ab. Auf seiner dritten und letzten großen Reise erreichte er die Beringstraße und kartierte die Küsten Alaskas bis 70 Grad Nord sowie die Tschuktschenhalbinsel. Die letzten großen weißen Flecken auf der Karte der sibirischen Arktisküste füllte der baltendeutsche Offizier der russischen Marine Ferdinand von Wrangel. Im Jahr 1820 begannen er und seine Begleiter von Land aus, die Nordküste Ostsibiriens mit Hundeschlitten zu erkunden und alle Küstenmerkmale zu kartieren. Auf diese Weise schloss Wrangel im Lauf seiner vierjährigen Expedition die noch verbleibende kartografische Lücke zwischen der Mündung der Kolyma, einem Fluss in Ostsibirien, und der Beringstraße.

Die erste Durchfahrt der Nordostpassage aber gelang erst dem Schweden Adolf Erik Nordenskiöld (1832–1901) in den Jahren 1878 bis 1879. Der Polarforscher hatte sich zuvor durch die Erkundung Spitzbergens und Grönlands einen Namen gemacht und brauchte insgesamt drei Anläufe, um seinen Traum von der erfolgreichen Durchfahrt zu verwirklichen. Bei den ersten zwei Versuchen schaffte er es immerhin bis zur Mündung des Jenisseiflusses und transportierte auf dem Rückweg der zweiten Reise als erster Reisender Handelsgüter aus Asien über den nördlichen Seeweg nach Europa. Bei seiner dritten Reise, die am 4. Juli 1878 in Göteborg begann, steuerte er den Jenissei mit vier Schiffen an. An der Mündung angekommen, fuhr er mit zwei Schiffen weiter Richtung Osten und kartierte die Küste bis zum Kap Tscheljuskin auf der Halbinsel Taimyr, dem nördlichsten Festlandpunkt Asiens. Anschließend schickte er das Begleitschiff „Lena“ mit der Erfolgsmeldung zurück, hielt aber selbst mit seinem Dampfsegler „Vega“ weiter Kurs Richtung Osten und passierte noch vor dem Wintereinbruch die Nordküste Sibiriens. Nur 115 Seemeilen vor seinem Ziel, der Beringstraße, aber fror das Schiff ein. Nordenskiöld und seine Mannschaft saßen an der Tschuktschenhalbinsel im Eis fest und mussten dort überwintern. Erst rund 300 Tage später, am 18. Juli 1879, gab das Eis die „Vega“ wieder frei.

Nordenskiöld segelte durch die Beringstraße nach Japan und trat anschließend eine triumphale Heimreise über den damals erst zehn Jahre alten Sueskanal an, denn die Nachricht von der erfolgreichen Reise hatte sich wie ein Lauffeuer über die ganze Welt verbreitet.

Ein kürzerer Weg nach Australien?

Das Gegenstück der Nordostpassage, die rund 5780 Kilometer lange Nordwestpassage, wurde erst 26 Jahre nach Nordenskiölds Triumph vollständig durchfahren. Nach den ersten Erkundungsfahrten von Engländern und Portugiesen im 16. und 17. Jahrhundert gingen nämlich fast 200 Jahre lang keine Schiffsexpeditionen mehr in dieses Gebiet. Das mangelnde Interesse lag unter anderem daran, dass bei vorhergehenden Fahrten der Lancaster Sound und die Hudsonbucht entdeckt wurden – Regionen, die aufgrund ihres Artenreichtums enorme Profite im Pelztierhandel versprachen. Andere Entdecker brachte der Goldrausch in Nordamerika von ihren Expeditionsplänen ab.

Der Wunsch, einen Seeweg entlang der nordamerikanischen Arktisküste zu finden, lebte erst wieder auf, nachdem bekannt wurde, dass sich der Arktische Ozean tatsächlich im Norden des Kontinents fortsetzte. Jäger und Pelztierhändler hatten diese Gewissheit gewonnen, als sie dem Mackenzie River und dem Coppermine River bis zur Mündung gefolgt waren. Bevor ein Schiff jedoch die gefährliche Reise antreten konnte, mussten drei Dinge geklärt werden. Erstens kannte man noch keinen Ausgang aus der Baffinbucht, der Richtung Westen führte. Zweitens war noch unbekannt, ob und wie man vom Pazifik aus in die Nordwestpassage einfahren konnte. Der Engländer James Cook war auf seiner dritten Weltreise im Jahr 1778 in der Beringstraße bis auf 70° 44' Nord vorgestoßen, bevor ihm nördlich des Eisigen Kaps (Icy Cape) nach eigenen Worten „eine 12 Fuß hohe Wand aus Eis“ den Weg versperrte. Wie der Küstenverlauf darüber hinaus aber weiterging, war völlig unklar. Drittens wusste niemand, ob es überhaupt einen befahrbaren Seeweg durch das Insellabyrinth des kanadisch-arktischen Archipels im Osten geben würde.

Um diese weißen Flecken auf der Landkarte mit Inhalt zu füllen, fanden in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts

1.25 > Der dänische Entdecker Vitus Bering zeichnete diese Karte auf seiner Ersten Kamtschatkaexpedition (1725–1730). Nach seiner Rückkehr forderte der russische Zarenhof von Bering weitere wissenschaftliche Fakten, die belegen, dass Asien und Nordamerika getrennte Kontinente sind. Deshalb unternahm Bering die Zweite Kamtschatkaexpedition (1733–1743).

1.26 > Der englische Seefahrer James Clark Ross entdeckte im Alter von 31 Jahren den magnetischen Pol auf der Nordhalbkugel. Zehn Jahre später erkundete er die Antarktis und stieß als erster Mensch in jene Region vor, die heute als Rossmeer seinen Namen trägt.

verschiedene Schiffs- und Landexpeditionen in die nordamerikanische Arktis statt. Der britische Kapitän Frederick William Beechey erforschte die Nordküste Alaskas von Icy Cape bis Point Barrow; der Brite John Franklin (1786–1847) kartierte während seiner ersten Expedition (1825–1827) von Land aus die Küste des Mackenzie- und des Coppermine-River-Deltas.

Die Expedition unter der Leitung von John Ross wollte das noch fehlende Stück zwischen der Melvilleinsel im Osten und Franklins Kartierungen im Westen erkunden. Dabei entdeckte Ross' Neffe James Clark Ross 1831 den Magnetpol der Nordhemisphäre.

Tod im Insellabyrinth

Für die dritte und letzte Teilaufgabe, die Suche nach einem Weg durch die Inselwelt des kanadisch-arktischen Archipels, setzte die britische Admiralität auf einen arktiserfahrenen Mann. Im Februar 1845 beauftragte sie den inzwischen zum Konteradmiral aufgestiegenen Polarforscher John Franklin, die Nordwestpassage zu finden. Er sollte mit zwei Schiffen an Grönland vorbei durch die bekannte Baffinbucht fahren und einen Abzweig Richtung Westen finden, von dem man damals überzeugt war, dass es ihn gäbe. Die Armee stattete den Expeditionsleiter mit den zwei eistauglichsten Schiffen ihrer Zeit aus: die HMS „Erebus" und die HMS „Terror", zwei umgerüstete Kriegsschiffe, deren Buge mit Kupfer und Eisen verstärkt wurden, um die hölzernen Rümpfe zu schützen. Beide Dreimaster wurden außerdem jeweils mit einer Dampfmaschine mit einer Leistung von 25 PS ausgestattet, die eine Schiffsschraube antrieb, sodass die Expedition auch in windarmen Zeiten vorankommen konnte. Außerdem wurden in beiden Schiffen Rohre verlegt, durch die warmes Wasser geleitet werden konnte, um Räume an Bord zu beheizen. Bestückt mit insgesamt 134 Mann Besatzung und Proviant für drei Jahre, stachen die Schiffe am 19. Mai 1845 von London aus in See.

In der westgrönländischen Diskobucht verteilten die Besatzungen die Vorräte eines dritten Begleitschiffs auf die beiden Expeditionsschiffe und nahmen Kurs Richtung Lancaster Sound, eine Meerenge zwischen der Baffininsel und der Devoninsel. Zweimal wurden sie noch von Walfängern gesichtet. Danach verschwanden John Franklin und seine Männer in dem menschenfeindlichen, damals noch weitgehend unbekannten Labyrinth aus Inseln, Packeis und Felsküsten.

Mehr als 40 Suchexpeditionen wurden in den Folgejahren ausgesandt, um das Schicksal der zwei Expeditionsschiffe und ihrer Besatzungen zu ergründen. Die Suchmannschaften machten dabei wichtige geografische Entdeckungen und vollendeten Franklins Auftrag. Im April 1853 schließlich trafen zwei aus unterschiedlicher Richtung kommende Suchexpeditionen – die eine unter Leitung von Robert McClure, die andere unter Henry Kellett – in der Mercy Bay, im Norden der Banksinsel, aufeinander und bewiesen erstmals, dass es die Nordwestpassage überhaupt gibt.

Erste Spuren der Franklin-Expedition fanden die Suchtrupps aber schon im August 1850. Es waren Kleiderfetzen, die auf der Devoninsel entdeckt wurden, sowie drei Gräber auf der Beecheyinsel. Vier Jahre später berichteten Inuit dem Arktisforscher und Arzt John Rae in Pelly Bay auf der Boothiahalbinsel von weißen Seefahrern, die in einiger Entfernung westwärts verhungert seien. Im Mai 1859 entdeckte eine weitere Suchmannschaft an der Westküste der King-William-Insel ein Steinmal und darin versteckt einen Bericht der Schiffsmannschaft zum Expeditionsverlauf.

Die Wracks der beiden Schiffe wurden in den Jahren 2014 und 2016 entdeckt. Die HMS „Terror" lag in 24 Meter Tiefe in einer Bucht der King-William-Insel. Berichten zufolge ist der Dreimaster so gut erhalten, dass er schwimmfähig wäre, würde man ihn heben und leer pumpen.

Nach Franklins Verschwinden vergingen mehr als 50 Jahre, bis es dem Norweger Roald Amundsen (1872 geboren, 1928 verschollen) als Erstem gelang, die Nordwestpassage vollständig mit einem Schiff zu durchfahren. Doch auch er schaffte die Passage nicht in einem Jahr. Amundsen benötigte insgesamt drei Jahre für die Fahrt auf seiner Yacht „Gjøa" (1903–1906) und war aufgrund der Eisverhältnisse gezwungen, mehrfach zu überwintern. Die starke Wintervereisung der Nordwestpassage war auch der Grund, warum diese Schifffahrtsroute nicht als zeitsparende Alternative zum Seeweg über den Sueskanal und den Indischen Ozean betrachtet wurde. Beim damaligen Stand der Schiffstechnik konnte die Route durch das Eis nämlich nicht ohne Überwinterung befahren werden.

Wissensdrang statt Handelsinteressen

Nachdem bewiesen war, dass es wenig Sinn machte, Handelsschiffe über die Nordost- oder die Nordwestpassage nach Asien und Australien zu schicken, schwand die Motivation der Wirtschaft an einer weiteren Exploration des Nordpolargebiets. Stattdessen stieg jedoch das Interesse der Wissenschaft. Getrieben vom Wunsch einer vollständigen Kenntnis aller irdischen Räume, verstärkten die Nationen ihre Forschungsbemühungen in den Polargebieten.

In Deutschland forcierte der Geograf und Kartograf August Heinrich Petermann (1822–1878) die Forschung, indem er zum einen im Jahr 1855 die Zeitschrift „Petermanns Geographische Mitteilungen“ gründete. In ihr veröffentlichte er viele Artikel und Karten zur Polarforschung und verlieh den Wissenschaftlern somit ein Sprachrohr. Zum anderen vertrat Petermann Hypothesen, die der damaligen Nordpolarforschung eine neue Richtung gaben. Er argumentierte, dass das Nordpolarmeer aufgrund einer warmen Meeresströmung aus dem Süden, einem Ausläufer des Golfstroms, auch im Winter nicht vollständig zufrieren könnte und man nördlich des Treibeisgürtels auf ein eisfreies und somit schiffbares Nordpolarmeer stoßen würde. Außerdem postulierte er, dass das damals noch weitestgehend unerforschte Grönland über den Pol hinaus bis hin zur Wrangelinsel reichen würde.

Petermann gelang es 1868, die erste deutsche Nordpolar-Expedition unter der Leitung von Carl Christian Koldewey (1837–1908) zu initiieren. An Bord des Schiffes „Grönland“ sollte das Expeditionsteam die Ostküste Grönlands bis 75 Grad nördliche Breite vermessen. Der Plan aber ging nicht auf. Packeis versperrte dem Schiff den Weg, sodass Koldewey und seine Mannschaft nach Spitzbergen auswichen. Dort führten sie meteorologische und hydrografische Messungen durch, die bestätigten, dass ein Ausläufer des Golfstroms atlantische Wassermassen entlang der Westküste Spitzbergens Richtung Arktis führte.

Eine zweite, von Petermann geplante deutsche Nordpolar-Expedition (1869–1870) scheiterte teilweise – unter anderem, weil eines der Schiffe vom Eis zerdrückt wurde. Und es sollte nicht die einzige Entdeckungsfahrt bleiben, die ihr Ziel nicht ganz erreichte. Außerplanmäßig überwintern und später das Schiff aufgeben musste zum Beispiel die Österreichisch-Ungarische Nordpolarexpedition (1872–1874) unter der Leitung von Carl Weyprecht (1838–1881), welche das Arktische Meer nördlich Sibiriens untersuchen wollte und dabei Franz-Josef-Land entdeckte. Weyprecht allerdings zog seine Lehren aus der Fahrt und entwickelte auf Basis dieser Erfahrungen seine Grundprinzipien der arktischen Forschung. Polarforschung war nach seiner Auffassung nur dann sinnvoll, wenn sie sich an seinen sechs Thesen orientierte:

1. Die arktische Forschung ist für die Kenntnis von Naturgesetzen von höchster Wichtigkeit.
2. Die geografische Entdeckung in jenen Gegenden ist nur insofern von höherem Wert, als durch sie das Feld für die wissenschaftliche Forschung in engerem Sinne vorbereitet wird.
3. Die arktische Detailtopografie ist nebensächlich.
4. Der geografische Pol besitzt für die Wissenschaft keinen höheren Wert als jeder andere in höheren Breiten gelegene Punkt.
5. Die Beobachtungsstationen sind, abgesehen von der Breite, um so günstiger, je intensiver die Erscheinungen, deren Studium angestrebt wird, auf ihnen auftreten.
6. Vereinzelte Beobachtungsreihen haben mehr relativen Wert.

Weyprechts Denkansatz fand auf Anhieb großen Anklang in der Forschergemeinde. Weitere kostspielige und wenig Erfolg versprechende Expeditionen konnten so vermieden werden. Auch setzte er sich gemeinsam mit Georg von Neumayer (1826–1909), dem Leiter der Deutschen Seewarte in Hamburg, für eine erste internationale Messkampagne in der Arktis ein. Deren Grundidee „Forschungswarten statt Forschungsfahrten“ gehört auch heute noch zu den Pfeilern der modernen Polarforschung – betont sie doch die Wichtigkeit kontinuierlicher Langzeitmessungen im Vergleich zu kurzen Detailstudien.

Der Werbefeldzug Neumayers und Weyprechts mündete in die Gründung einer ersten Internationalen Polarkommission im Jahr 1879, deren Vorsitz Neumayer übernahm. Die Kommission organisierte das Erste Internationale Polarjahr (Sommer 1882 bis Sommer 1883), in dessen Zuge elf Nationen ein meteorologisches und erdmagnetisches Messnetz aus zwölf Stationen in der Arktis errichteten – Russland betrieb zwei Stationen. Zwei weitere Stationen wurden in der Antarktis erbaut. Zum Leidwesen der Wissenschaft veröffentlichten alle beteiligten Nationen jedoch nur ihre Einzelergebnisse. Eine Gesamtschau, in der alle Wetterdaten in Monatskarten des Luftdrucks und der Lufttemperatur zusammengefasst wurden, erschien erst im Jahr 1902 – dann jedoch nur als wenig beachtete Dissertation und nicht als Fachartikel in einer viel gelesenen wissenschaftlichen Zeitschrift.

1.27 > Während des Ersten Internationalen Polarjahrs (August 1882 bis August 1883) führten Wissenschaftler an zwölf Forschungsstationen in der Arktis regelmäßige Wetterbeobachtungen und Messungen des Erdmagnetfelds durch. Insgesamt beteiligten sich elf Nationen.

Drift Richtung Nordpol

Im Anschluss an das Erste Internationale Polarjahr begann eine neue Ära der Polarforschung, in der Eigeninitiative und Wissensdrang zum treibenden Motiv für wissenschaftliche Erkundungen wurden. Der norwegische Zoologe Fridtjof Nansen (1861–1930) durchquerte im Jahr 1888 als Erster Grönland und bewies auf diese Weise, dass es von der Ost- bis zur Westküste von einem durchgängigen Eisschild bedeckt war. Der deutsche Geograf und Gletscherforscher Erich von Drygalski (1865–1949) überwinterte kurz darauf an der grönländischen Westküste, um dort neben meteorologischen Messungen und biologischen Sammlungen vor allem die Bewegung kleiner lokaler Gletscher und der großen Inlandeisabflüsse zu untersuchen.

Um den nächsten wissenschaftlichen Meilenstein zu erreichen, erforderte es dann detektivischen Spürsinn und jede Menge Abenteuerlust. Im Jahr 1884 hatte Grönland-

Zwei Leben im Bann des Eises

Ehrgeizig, akribisch, polarversessen: Mit diesen Charaktereigenschaften lassen sich sowohl der Norweger Roald Amundsen als auch der Deutsche Erich von Drygalski beschreiben – beides Pioniere der Polarforschung, die trotzdem unterschiedlicher kaum sein konnten. Denn während der eine Rekorde jagte, versuchte der andere das große Ganze zu verstehen.

Roald Amundsen (1872–1928) – der Titeljäger

Der Südpolbezwinger Roald Amundsen kannte seit seinem 15. Lebensjahr nur ein Ziel – das Wissen über die Polarregionen der Welt zu erweitern. Mit dem Wort „Wissen“ verband er dabei in erster Linie jedoch geografische Kenntnisse und weniger ein tiefergehendes Verständnis für Natur und Klima der Polarregionen. Wissenschaftliche Beobachtungen überließ der Norweger auf seinen Expeditionen meist Spezialisten, obwohl er bestimmte Messmethoden selbst beherrschte. Vor seiner Expedition in die Nordwestpassage etwa war Amundsen mehrere Monate beim damaligen Experten für Erdmagnetik, dem Deutschen Georg von Neumayer, in die Lehre gegangen. Er wollte lernen, wie man das Magnetfeld der Erde misst. Bei einer Testfahrt für dieselbe Expedition sammelte er außerdem ozeanografische Daten für seinen Mentor Fridtjof Nansen.

Die Wissenschaft aber fesselte ihn nicht. Amundsen interessierte sich vielmehr dafür, welche Techniken und Methoden zum Erfolg seiner Expeditionspläne beitragen konnten. Wie entscheidend Details bei der Planung einer Entdeckungsfahrt sein konnten, hatte Amundsen als Zweiter Offizier auf der „Belgica“-Expedition (1897–1899) in die Antarktis gelernt. Die Mannschaft hatte damals die Vitamin-C-Mangelkrankheit Skorbut überlebt, weil sie, dem Rat des Schiffsarztes Frederick A. Cook folgend, während der Überwinterung frisches Pinguinfleisch gegessen hatte anstelle der gebunkerten Konserven.

Pragmatische Lösungen begeisterten Amundsen. Während seiner Fahrt durch die Nordwestpassage (1903–1906) ließ er sich von Eskimos zeigen, wie sie Iglus bauten und Hunde vor den Schlitten spannten. Er schwärmte von ihrer winddichten Kleidung aus Rentierfell und trug sie fortan selbst. Für seinen Marsch zum Südpol setzte er erfolgreich auf Hundeschlitten und Skier als Fortbewegungsmittel, und für seinen Luftschiffflug Richtung Nordpol ließ er in Berlin einen Sonnenkompass bauen, mit dessen Hilfe der Pilot punktgenau nordwärts navigieren konnte.

Amundsen war ein geborener Anführer und legte auch bei der Auswahl seiner Mannschaft höchste Maßstäbe an. Seine Besatzung war stets durchtrainiert und handverlesen und zählte nur so viele Mitglieder, wie für das Gelingen wirklich notwendig war. Jedermann an Bord hatte mehrere Aufgaben. Auf diese Weise verhinderte Amundsen, dass Langeweile aufkam, und stärkte das Verantwortungsgefühl seines Teams.

Wenn es um seinen Ruf und seine Ehre als Entdecker ging, traf der Expeditionsleiter aber auch Entscheidungen über die Köpfe seiner Begleiter hinweg – so etwa im Jahr 1910, als er den Großteil der Besatzung seines Forschungsschiffs „Fram“ erst einige Zeit nach dem Auslaufen in Oslo darüber informierte, dass er nicht, wie alle Welt glaubte, Richtung Nordpol segeln wolle, sondern stattdessen Kurs Richtung Antarktis nehmen würde, um dort als erster Mensch den Südpol zu erreichen. Nachdem angeblich bereits Frederick A. Cook im Jahr 1908 und Robert Peary im Jahr 1909 am Nordpol gewesen waren – zwei Meldungen, die sich später als falsch herausstellten, weil beide nur in Nordpolnähe gelangten –, wollte Amundsen zumindest den Erfolg im Süden für sich verbuchen. Nur seinen Bruder Leon, der die geschäftliche Seite seiner Expeditionen betreute, den Kapitän Thorvald Nilsen und die beiden Steuermänner hatte er vor der Abreise in das wahre Ziel eingeweiht.

Grenzen überschreiten und als erster Mensch, das Undenkbare zu schaffen, war zeitlebens Amundsens Antrieb. Für diesen Traum verschuldete er sich nicht nur hoch. Er trainierte auch wie ein Besessener, nahm persönliche Einsamkeit in Kauf und verstand es wie kein anderer, seine Projekte medial zu inszenieren. Seine größte Stärke sei sein fester Glaube an sich selbst gewesen, schreiben Historiker. Mit dieser Einstellung erweiterte Roald Amundsen nicht nur das Wissen über die Polarregionen, er ging auch wie seine Vorbilder Nansen und Franklin in die Geschichtsbücher ein.

Erich von Drygalski (1865–1949) – der Datenjäger

Erich von Drygalski konnte dem Medienhype um den Wettlauf zum Südpol nicht viel abgewinnen. „Für die Polarforschung ist es unerheblich, wer als Erster am Pol steht“, kommentierte der Ostpreuße und wissenschaftliche Senkrechtstarter das Rennen zwischen Amundsen und Scott. Drygalski hatte im Jahr 1882 im Alter von 17 Jahren begonnen, Mathematik und Physik zu studieren. Wenig später entdeckte er seine Leidenschaft für die Geografie und das Eis, wanderte acht Wochen lang durch die größten Gletschergebiete der Alpen und schrieb bereits im Alter von 22 Jahren seine Doktorarbeit über die Verformung der Erdkugel durch die Eisbedeckung. Eis war nun zum Leitmotiv seines Lebens geworden. Er wollte die Vereisung der Norddeutschen Tiefebene erklären und dafür die Struktur, Bewegung und Wirkung des Eises verstehen sowie die Bewegung großer Eismassen mathematisch beschreiben. Eine Aufgabe, für deren Lösung er die Gletscherbewegung in der Natur messen wollte, im Idealfall an einem großen Eisschild.

Die größte, nächstgelegene Eismasse war das Grönländische Inlandeis. Die Gesellschaft für Erdkunde in Berlin finanzierte ihm eine Vor- und eine Hauptexpedition (1890, 1892–93) zum Uummannaqfjord am Westrand dieses Eispanzers. Dort errichtete Drygalski nicht nur eine Forschungsstation, in der er und seine zwei Begleiter auf Grönland überwinterten. Er trug dem Team auch ein modern anmutendes Forschungsprogramm auf, dessen umfangreiche Aufgaben die Tage füllten.

Zwölf Monate lang kartierten und vermaßen die Wissenschaftler verschiedene Gletscher der Region. Anhand von Markierungen verfolgte Drygalski das Fließen, Heben und Senken des Eises. Auf Schlittentouren untersuchte er, wie sich das Eis bildete. Gleichzeitig sammelten die Forscher über die gesamte Zeit meteorologische Daten wie Temperatur, Sonnenscheindauer, Luftdruck, Feuchte und Wind, um die Wirkung des Eises auf das Klima zu verstehen. Der Biologe im Team dokumentierte Flora und Fauna, um nachzuvollziehen, wie die Eismassen die Tier- und Pflanzenwelt des Fjordes prägten. Hinzu kamen außerdem erdmagnetische Messungen sowie Versuche zur Schwerkraft. Der gesammelte Datensatz war am Ende so groß, dass Drygalski vier Jahre für seine Auswertung benötigte. Er veröffentlichte die Ergebnisse in zwei Bänden, erweiterte einen grundlegenden Denkansatz zur Eisbewegung und stieg als Professor in die erste Riege der Polarforscher auf.

Aufgrund seiner großen Erfahrung wurde er drei Tage nach seiner Habilitation zum Leiter der ersten deutschen Antarktisexpedition (1901–1903) gewählt. Dass er dabei keine Rekorde für sich verbuchen konnte, enttäuschte zwar den deutschen Kaiser und die Öffentlichkeit, aber die gesammelten wissenschaftlichen Daten waren von allerhöchster Qualität, und Drygalski vergrub sich aufs Neue in die Analyse dieses riesigen Zahlenwerks. Persönliche Angelegenheiten wie beispielsweise seine Familienplanung mussten zurückstehen und konnten erst in Angriff genommen werden, als die Auswertung unter den Wissenschaftlern aufgeteilt war und er sich nur noch um die geografischen und ozeanografischen Ergebnisse kümmern musste. Ein einmal angefangenes Projekt nicht zu vollenden, war für ihn undenkbar. Geradlinig und zielstrebig trug er die Expeditionsergebnisse zusammen und gab sie Stück für Stück heraus – eine Arbeit, die am Ende insgesamt 30 Jahre in Anspruch nahm. Was ihre Wertigkeit betraf, so sollte Roald Amundsen recht behalten. Er hatte noch zu Lebzeiten sinngemäß gesagt: Deutschland habe allen Grund, auf die grundlegenden wissenschaftlichen Ergebnisse der Antarktisexpedition stolz zu sein.

Durchquerer Fridtjof Nansen aus der Zeitung erfahren, dass Inuit an der Südwestküste Grönlands Gegenstände eines Schiffes gefunden hatten, welches drei Jahre zuvor nördlich der sibirischen Inseln, also in 2900 Seemeilen Entfernung, untergegangen war. Dieser Fund gab Nansen zu denken. Er ließ ein Forschungsschiff bauen, welches eine Rumpfform besaß, die vom Packeis nicht zerdrückt werden konnte, nannte es „Fram“ und ließ sich an Bord dieses Schiffes am 22. September 1893 vor den Neusibirischen Inseln vom Meereis gefangen nehmen. Eingeschlossen im Eis trieben Schiff und Besatzung monatelang und über Hunderte Seemeilen zwischen der sibirischen Küste und dem Nordpol. Das Eis änderte immer wieder seine Richtung, bewegte sich mal nach Norden, dann wieder nach Süden, sodass die Männer, die viele Tiefenmessungen des Arktischen Ozeans vornahmen, zwischenzeitlich befürchteten, nicht vorwärts zu kommen. Außerdem trug das Eis sie nicht so weit nördlich, wie Nansen gehofft hatte. Dicke Packeisrücken blockierten ihnen den Weg.

Ihre nördlichste Position (85° 57' Nord) erreichte die „Fram“ am 16. Oktober 1895. Nansen und sein Begleiter Hjalmar Johansen hatten das Schiff zu dieser Zeit jedoch schon verlassen und waren mit Schlitten, Skiern und Kajaks Richtung Nordpol aufgebrochen. Weit kamen sie bei diesem Alleingang nicht. Das sich stetig bewegende Packeis zwang die beiden schließlich zur Rückkehr nach Franz-Josef-Land, wo sie in einer aus Steinen errichteten Hütte überwinterten. Im darauffolgenden Frühjahr sahen die beiden Entdecker keinen anderen Ausweg aus ihrer misslichen Lage, als im Kajak den Heimweg Richtung Spitzbergen anzutreten. Ihre Paddeltour endete glücklicherweise jedoch schon an der ebenfalls zum Franz-Josef-Land gehörenden Northbrookinsel. Dort trafen Nansen und Johansen zufällig auf eine Expedition des Briten Frederick George Jackson, der die beiden aufnahm und nach Norwegen zurückbrachte. Zeitgleich gab das Meereis Nansens Schiff nordwestlich Spitzbergens wieder frei. Am 9. September 1886 steuerte Kapitän Otto Sverdrup die „Fram“ in ihren Heimathafen Oslo – im Gepäck wertvolle Messergebnisse aus einer Region, die vor ihnen kein Mensch betreten hatte.

Auch wenn Nansen sein Ziel, den Nordpol, verfehlt hatte, so waren seine wissenschaftlichen Erkenntnisse umso bedeutender. Erstens setzte Nansens Expedition der lange verfochtenen These eines eisfreien Polarmeers ein Ende. Zweitens bestätigten seine Driftdaten die Existenz der Transpolardrift. Drittens belegten die Messdaten, wie tief das arktische Becken war und dass die vorgelagerten Inseln jeweils zu den Kontinenten gehörten. Außerdem hatte der Norweger festgestellt, dass die Driftrichtung des Eises nie parallel zur Windrichtung verlief, sondern die Schollen in ihrer Bewegung leicht nach rechts abgelenkt werden – ein Phänomen, welches seiner Meinung nach auf die Rotationsbewegung der Erde (Corioliskraft) zurückzuführen war. Wie man heute weiß, lag er auch mit dieser Annahme richtig.

Transpolardrift
Als Transpolardrift wird eine vom Wind angetriebene Eisdrift und Oberflächenströmung im eurasischen Teil des Arktischen Ozeans bezeichnet. Sie transportiert große Mengen arktischen Meereises aus den Schelfmeeren vor der sibirischen Küste über den Nordpol Richtung grönländische Ostküste, wo die Eisschollen in der Regel nach ein bis zwei Jahren den Nordatlantik erreichen und schmelzen.

Auf zur Robbenjagd in den Süden

Während das Nordpolargebiet zum Ende des 19. Jahrhunderts weitestgehend entdeckt war, blieb das Südpolargebiet lange Zeit noch ein weißer Fleck auf der Landkarte. Der Grund dafür war mangelndes Interesse. Nachdem James Cook frustriert umgekehrt war, vergingen 40 Jahre bis sich wieder eine Expedition weit nach Süden vorwagte. Der baltendeutsche Kapitän Fabian Gottlieb von Bellingshausen umfuhr in den Jahren 1819 bis 1821 auf einer von Russland ausgesandten wissenschaftlichen Antarktisexpedition den südlichen Kontinent und stieß an zwei Stellen auf Land. Er entdeckte die heutige Prinzessin-Martha-Küste, welche an das Weddellmeer grenzt, sowie zwei Inseln in der nach ihm benannten Bellingshausensee.

Seiner Auffassung nach handelte es sich beim sagenumwobenen Südland um einen großen Kontinent, der einzig und allein von Walen, Seehunden und Pinguinen bewohnt und deshalb geostrategisch nutzlos ist. Britische Wal- und Robbenfänger, die von den Berichten Bellingshausens hörten, witterten dagegen gute Geschäfte und starteten in den 20er- und 30er-Jahren des 19. Jahrhunderts erste Fangexpeditionen Richtung Süden. Berichten zufolge löschten sie innerhalb weniger Jahre große Robbenbestände aus. Einer dieser Männer war der Seefahrer und Robbenjäger James Weddell, der insgesamt dreimal in das Südpolargebiet segelte. Auf seiner dritten Reise hatte er zwar wenig Jagderfolg, dafür waren die Eisverhältnisse so gut, dass sein Schiff bis auf 74° 15' Süd und 34° 17' West in eben jenes Meeresgebiet vordringen konnte, das heute seinen Namen trägt: das Weddellmeer.

Die Besatzungen der Fangschiffe wussten aber nicht nur zu jagen und zu fischen, sie betrieben auch geografische Studien und kartierten neu entdeckte Inseln oder Küstenabschnitte. Ab Anfang der 1890er-Jahre begleiteten Wundärzte die Walfänger und führten zusätzlich biologische und hydrografische Untersuchungen durch. Alle diese Kartierungen und Beobachtungen lieferten allerdings nur Einzelergebnisse, denn solange die Walfänger und Robbenjäger ihre Schiffsbunker an der Antarktischen Halbinsel und in anderen Regionen nördlich des südlichen Polarkreises mit Pelzen, Speck und Tran füllen konnten, besaßen sie keinen Grund, für Forschungszwecke weiter Richtung Süden zu fahren.

Die Suche nach dem magnetischen Südpol

Im Gegensatz zu den Wal- und Robbenfängern wollte die Wissenschaft schon früh weit über den Polarkreis hinaus. Bereits im Jahr 1836 hatte der deutsche Naturforscher Alexander von Humboldt (1769–1859) der Antarktisforschung einen neuen Impuls gegeben, indem er dem Präsidenten der Royal Society in London vorschlug, gemeinschaftlich mit gleichen Instrumenten simultane Messungen des Erdmagnetfelds auf der Nord- und der Südhalbkugel vorzunehmen – und zwar vom Äquator bis zu den Polen. Humboldt hatte die Gründung des Göttinger Magnetischen Vereins unterstützt, eine Arbeitsgemeinschaft, die sich zum Ziel gesetzt hatte, weltweit gleichzeitige erdmagnetische Beobachtungen durchzuführen, und der schon bald 50 Observatorien angehörten.

Humboldts Vorschlag löste einen internationalen Wettlauf zum magnetischen Südpol aus, der als Magnetischer Kreuzzug in die Geschichtsbücher einging und in dessen Zuge viele neue Landstriche der Ostantarktis entdeckt wurden. Der französische Polarforscher Jules Dumont d'Urville beispielsweise fand unweit des vermuteten Magnetpols das Adélieland, in dem heute die nach ihm benannte französische Forschungsstation Dumont d'Urville steht. Der Amerikaner Charles Wilkes folgte 1840 mit seinem Schiff dem Verlauf der 2000 Kilometer langen Küste des heutigen Wilkeslands. Nur wenige Monate später stellte dann der Engländer James Clark Ross einen neuen Rekord auf, indem er auf seiner Suche nach dem magnetischen Pol in ein unbekanntes Seegebiet fuhr, das heutige Rossmeer, und dabei den 78. Breitengrad überquerte.

Auf dieser Reise (1839–1843) bestimmte Ross nicht nur die Position des Magnetpols in der Südhemisphäre, der seinen Messungen zufolge auf 75° 05' Süd und 154° 08' Ost lag. Der Engländer entdeckte außerdem die Abbruchkante des riesigen, später nach ihm benannten Rossschelfeises, das Viktorialand sowie eine Insel mit zwei majestätischen Vulkanen, denen er die Namen seiner zwei Schiffe gab: Erebus und Terror. Die Insel heißt heute übrigens – wen überrascht es – Rossinsel.

Eine nationale Angelegenheit

Nach Ross' Erfolgsfahrten sank das Interesse der Wissenschaft an der Antarktis. Es mangelte an Motivation und finanziellen Mitteln, weitere der teuren Forschungsreisen in das Südpolargebiet zu organisieren. Zwei Ausnahmen gibt es allerdings. Als sich für das Jahr 1874 der Durchgang der Venus vor der Sonne ankündigte und sich somit die Gelegenheit bot, den Abstand von der Erde zur Sonne (astronomische Einheit) zu bestimmen, richteten England, Deutschland und die USA auf den Kerguelen, einer Inselgruppe im südlichen Indischen Ozean, astronomische Observatorien ein. Acht Jahre später ließ Georg von Neumayer aus Anlass des Ersten Internationalen Polarjahrs auch auf Südgeorgien ein Observatorium bauen, um den zweiten Venustransit des 19. Jahrhunderts zu beobachten. In erster Linie aber diente die Station der Wetterbeobachtung und der Messung des Erdmagnetfelds.

Der Ehrgeiz der Polarforscher erwachte erst wieder kurz vor der Jahrhundertwende. Die Initialzündung gab im Jahr 1895 der sechste Internationale Geografenkongress, der in London stattfand. Dort empfahlen führende Wissenschaftler die Erforschung der noch unbekannten Antarktis als letzte Herausforderung des ausgehenden 19. Jahrhunderts. Bis zu diesem Zeitpunkt konnte nämlich noch niemand mit Gewissheit sagen, ob die Antarktis nun ein zusammenhängender eisbedeckter Kontinent war oder nicht doch ein gigantisches Atoll, in dessen Zentrum sich ein mit Eis bedecktes Meer befand, welches man – wie in der Arktis – sogar befahren könnte.

Bei der dadurch motivierten „Belgica“-Expedition (1897–1899) unter Leitung des noch unerfahrenen bel-

gischen Polarforschers Adrien de Gerlache de Gomery überwinterten erstmals Menschen im Packeis der Antarktis, wenn auch unfreiwillig, weil das Schiff nicht rechtzeitig wieder freikam. Englische und deutsche Polarforscher planten derweil mehrere große Expeditionen und teilten die Antarktis in vier gleich große Quadranten ein. Das deutsche Arbeitsgebiet lag im Weddellmeer und in der Enderby-Region; die Engländer wollten sich auf die Viktoria- und die Ross-Quadranten konzentrieren. Außerdem verabredeten die Polarforscher, zeitgleiche meteorologische und magnetische Messungen vorzunehmen, um die Daten vergleichen und die Antarktis somit im Sinn Weyprechts systematisch erforschen zu können.

Diese enge wissenschaftliche Kooperation zwischen Deutschland und England war zu diesem Zeitpunkt bemerkenswert, befanden sich doch beide Länder in großer wirtschaftspolitischer Konkurrenz zueinander. Die Ära des kolonialen Imperialismus hatte begonnen, der internationale Wettbewerb um Märkte und Rohstoffe zugenommen. Deutschland, als aufstrebende Seemacht, gierte geradezu nach mehr Einfluss und Bedeutung; das Vereinigte Königreich wollte beides auf keinen Fall verlieren. Aus diesem Grund unterstützten beide Regierungen die jeweiligen Pläne ihrer Wissenschaftler. Die Antarktisforschung wurde als nationale Pflicht und Kulturaufgabe betrachtet, deren Erfüllung Ehre und Vorteile versprach. Deshalb stellten beide Staaten unabhängig voneinander nach langem Bitten und Betteln der Wissenschaftler auch Steuergelder bereit – allerdings nur für die jeweils eigene Expedition.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse der fünf Forschungsfahrten, an denen sich am Ende auch Schiffe aus Schweden, Schottland und Frankreich beteiligten, konnten sich sehen lassen: Alle Expeditionen stießen auf Neuland. Zudem stand nun fest, dass die Antarktis ein Kontinent ist – und kein Atoll. Anhand von Luftdruckmessungen konnten die Forscher nun auch Rückschlüsse auf die Höhe der eisbedeckten Landmasse ziehen. Demnach ragt Antarktika im Durchschnitt 2000 ± 200 Meter in die Höhe.

1.28 > Das deutsche Polarforschungsschiff „Gauß“ blieb im März 1902 bei der ersten deutschen Südpolarexpedition im Meereis stecken. Expeditionsleiter Erich von Drygalski ließ daraufhin Zelte und Messinstrumente auf dem Eis aufbauen, sodass täglich Forschung betrieben werden konnte.

Ruhm und Ehre wurden nach Rückkehr der Wissenschaftler allerdings nur den Engländern zuteil. In Deutschland beurteilten Kaiser und Öffentlichkeit die Ergebnisse der ersten deutschen Antarktisexpedition (1901–1903) als schmähliches Abschneiden, weil das Schiff unter wissenschaftlicher Leitung Erich von Drygalskis schon am Südpolarkreis vom Eis festgesetzt worden war und die Wissenschaftler nicht so weit in den Süden vorgestoßen waren wie die britische Expedition unter Robert Falcon Scott. Im politischen Berlin herrschte damals noch die altmodische Auffassung, dass der Sinn geografischer Forschung einzig und allein darin bestand, weiße Flecken von der Landkarte zu entfernen oder den Pol zu erreichen. Welche wertvollen meteorologischen, magnetischen, ozeanografischen und biologischen Daten Drygalski während seiner Expedition gesammelt hatte, konnte man zu diesem Zeitpunkt noch nicht absehen. Zwar zog sich ihre Auswertung über drei Jahrzehnte hin, lieferte aber weitreichende Erkenntnisse. Allein die Ergebnisse der biologischen Sammlungen füllten am Schluss statt der vorgesehenen drei insgesamt 13 Bände, die heutzutage im Rahmen der modernen Biodiversitätsforschung immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Der tragische Wettlauf zu den Polen

Mit der Jahrhundertwende begann auch jene Phase der Polarforschung, über die bislang wohl die meisten Bücher geschrieben worden sind – die Zeit der Helden und tragischen Verlierer im sportlichen Wettkampf um die schlagzeilenträchtigste Expedition oder aber den Titel „Erster Mensch am Nord- oder Südpol“. Im Gegensatz zu den national organisierten Antarktisreisen der Jahre 1901 bis 1905, spielten nun wieder Individualisten die Hauptrolle. Diese Generation der Entdecker, Forscher und Abenteurer verlangte sich und ihren Begleitern höchsten körperlichen Einsatz ab, war nicht immer bestens auf ihre Reisen vorbereitet, dafür aber bereit, für Ruhm und Ehre enorme Risiken einzugehen. Eine heroische Einstellung, die am Ende zum Tod vieler Menschen führte und erfahrene Polarforscher an der Sinnhaftigkeit solcher Unternehmungen zweifeln ließ.

Fridtjof Nansen beispielsweise bedauerte nach der gescheiterten Spitzbergenexpedition des deutschen Offiziers Herbert Schröder-Stranz im Jahr 1912 zutiefst, dass er die Tragödie nicht hatte verhindern können. Er wird mit den Worten zitiert: „Hätten diese Leute ein klein wenig Erfahrung in Eis und Schnee gehabt, so hätte sich all dieses Elend leicht vermeiden lassen! Reisen in jene Gegenden können wahrhaftig genug Schwierigkeiten bieten, ohne dass man diese durch leichtsinnige Ausrüstung und Überfluss an Unkenntnis noch zu vergrößern braucht.“

Der Ostpreuße Herbert Schröder-Stranz war im August 1912 nach Spitzbergen gesegelt, um dort Polarerfahrung für eine von ihm geplante Durchquerung der Nordostpassage zu sammeln. Auf Spitzbergen, genauer gesagt auf Nordostland, der zweitgrößten Insel im Nordosten des Archipels, aber verschwanden er und drei seiner Begleiter, als sie versuchten, die Insel mit dem Hundeschlitten zu durchqueren. Schröder-Stranz’ Schiff wurde wenige Tage später in der Sorgebai vom Packeis umschlossen, sodass sich Teile der Besatzung entschlossen, zu Fuß zur nächsten Siedlung aufzubrechen. Auch diese Entscheidung erwies sich als Fehler. Am Ende überlebten nur sieben von 15 Expeditionsmitgliedern.

Ebenso tragisch endete der Wettlauf zum Südpol, den der Norweger Roald Amundsen und der Brite Robert Falcon Scott austrugen. Amundsen, der auf Fridtjof Nansens Schiff „Fram“ in die Antarktis gesegelt war, gewann das Rennen. Er und vier seiner Männer, allesamt trainierte Skiläufer, stießen auf Hundeschlitten in das Innere des eisigen Kontinents vor und erreichten am 14. Dezember 1911 als Erste den Südpol – 34 Tage vor ihren Rivalen. Im Anschluss kehrten sie unversehrt in ihre Heimat zurück. Ihre Konkurrenten dagegen hatten nicht so viel Glück. Wegen schlechten Wetters erreichten Scott und seine vier Begleiter auf ihrem Rückweg über das Rossschelfeis das rettende Lebensmitteldepot nicht mehr. Der antarktische Winter hatte sie eingeholt, die Männer starben an Erfrierungen und Erschöpfung.

In Deutschland wurden der Erfolg beziehungsweise der Misserfolg deutscher Polarexpeditionen in Wissenschaftskreisen ausführlich analysiert. Die Experten kamen zu dem Schluss, dass künftige Forschungsreisen in das Nord- oder Südpolargebiet grundlegende Anforderungen

erfüllen müssten. So sollten sie eine feste Organisation haben, die gemeinsam mit Institutionen und Behörden die notwendigen Geldmittel einwerben und Richtlinien für die Expeditionsausrüstung aufstellen würde. Außerdem forderten die Wissenschaftler eine regelmäßig erscheinende Fachzeitschrift für die Polarforschung. Bis dato waren die meisten Publikationen zum Thema Arktis- und Antarktisforschung in verschiedenen Periodika erschienen, sodass es für viele interessierte Leser schwierig war, Zugang zu den verstreuten Artikeln und Berichten zu erhalten.

Einigen dieser Wünsche kamen neue Vereinigungen nach, die sich nach dem Ersten Weltkrieg gründeten. Dazu gehörten unter anderem die „Internationale Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff“, später Aeroarctic genannt, sowie das Archiv für Polarforschung, der heutigen Deutschen Gesellschaft für Polarforschung. Beide Institutionen gaben Fachzeitschriften heraus. Im Archiv wurde zudem auch Material für die Vorbereitung von Expeditionen gesammelt.

1.29 > Ein Propellerschlitten, hergestellt von der Staatlichen Finnischen Flugzeugfabrik. Der deutsche Polarforscher Alfred Wegener ließ sich zwei Exemplare für seine Grönlandexpedition fertigen. Doch die beiden Mobile „Schneespatz“ und „Eisbär“ versagten im Einsatz.

Mit Zeppelin und Flugzeug ins Eis

Nach dem Ersten Weltkrieg hielten moderne Technologien, Kommunikations- und Transportmittel wie Radiosonden, Funkgeräte, Luftschiffe, Flugzeuge und Motorschlitten Einzug in die Polarforschung. Einer der Ersten, der sich diese Neuerungen zunutze machte, war Südpolentdecker Roald Amundsen. Er ließ sich bereits im Jahr 1914 in Norwegen zum Flugzeugpiloten ausbilden und hob mit seiner Crew im Mai 1925 mit zwei Dornier-Flugbooten auf Spitzbergen Richtung Nordpol ab. Sein Ziel erreichte der Abenteurer jedoch nicht. Als beide Maschinen bei 88 Grad Nord auf dem Meereis landeten, weil Amundsen eine genaue Ortsbestimmung mit einem Sextanten durchführen wollte, kam eines der Flugzeuge zu Schaden. Die verbleibende Maschine wieder abheben zu lassen, wurde für die sechs Expeditionsteilnehmer zum Überlebenskampf. Rund drei Wochen vergingen, bis es ihnen gelang, auf einer großen, stabilen Eisscholle eine Startbahn anzulegen. Am Ende mussten sie den Neuschnee darauf vier Tage lang mit den Füßen festtreten. Als schließlich der sechste Startversuch glückte, konnte das Expeditionsteam nach Spitzbergen zurückkehren.

Diese Beinahekatastrophe war für Amundsen jedoch kein Grund, seinen Plan vom Flug zum Nordpol aufzugeben. Bereits ein Jahr später gelang ihm gemeinsam mit seinem Geldgeber Lincoln Ellsworth und dem italienischen General und Luftfahrtpionier Umberto Nobile die Sensation. Im Luftschiff „Norge“ flogen sie nicht nur bis zum Nordpol, sondern überquerten als erste Menschen den Arktischen Ozean gleich ganz, und landeten nach 70 Stunden Flugzeit in Alaska.

Zwei Jahre später steuerte Umberto Nobile erneut ein von ihm selbst konstruiertes Luftschiff Richtung Nordpol, um während des Fluges umfangreiche wissenschaftliche Untersuchungen durchzuführen. Die „Italia“ aber stürzte ab – ein Unfall mit weitreichenden Folgen. Bei der anschließenden Suchaktion nach Überlebenden des Absturzes fand unter anderem auch Roald Amundsen den Tod.

Nicht alle technischen Neuentwicklungen dieser Zeit erwiesen sich als polartauglich, so zum Beispiel die Propellerschlitten, die der deutsche Polarforscher Alfred Wegener (1880–1930) für den Lastentransport auf seiner Grönlandexpedition (1930–1931) eingeplant hatte. Im frisch gefallenen Neuschnee versagten die schweren Gefährte, was durch eine Verkettung unglücklicher Umstände zu Wegeners Tod auf dem Grönländischen Inlandeis führte.

1.30 > Das Luftschiff „Norge“, mit dem Roald Amundsen und sein Gefolge im Mai 1926 von Spitzbergen aus den Nordpol überflogen. Es war 109 Meter lang und erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von 85 Kilometern pro Stunde.

Allerdings wurde in dieser Periode der technischen Neuerungen auch ein weiterer Grundstock für die moderne Polarforschung gelegt. Als Beispiel dafür kann ebenfalls Wegeners Grönlandexpedition gelten. Für sie hatten die Wissenschaftler drei Expeditionspläne zu einem übergeordneten Plan zusammengefasst, sodass die Teilnehmer der Expedition ein Thema – in diesem Fall das Inlandeis beziehungsweise das Wetter auf dem Grönländischen Eisschild – aus jeweils unterschiedlichen wissenschaftlichen Perspektiven bearbeiteten.

Je häufiger Luftschiffe nun lange Strecken zurücklegten, desto offensichtlicher wurde, dass man beispielsweise für Transatlantikflüge von Europa nach Nordamerika zuverlässige Wetterdaten aus dem Nordpolargebiet benötigte. Diese wurden damals aber nur an einigen wenigen Stationen gesammelt und konnten lokale Wetterphänomene über den großen arktischen Inseln und über dem Grönländischen Inlandeis nicht ausreichend vorhersagen. Wissenschaftler und Industrie forderten deshalb den Ausbau des Wetterbeobachtungsnetzwerks sowie Messungen in höheren Luftschichten der Arktis.

Dieser Forderung kam man im Zuge des Zweiten Internationalen Polarjahres (August 1932 bis August 1933) nach, als ein dichtes Messnetz über die Arktis gelegt wurde. Die Wissenschaftler ließen Wetterballone mit Radiosonden im Schlepptau steigen. Parallel dazu gab es Flugzeugmessungen in den oberen Luftschichten, deren Ergebnisse helfen sollten, den Einfluss des Polarwetters auf die Wetterabläufe in den mittleren Breiten besser zu verstehen.

Die neuen technischen Möglichkeiten sowie die verbesserten Wettervorhersagen ermöglichten im Lauf der Zeit eine zunehmend erfolgreichere Polarforschung. Expeditionen in beide Polargebiete wurden fortan gut ausgerüstet, Technik und Teilnehmer auf Vorexpeditionen getestet und auf den Einsatz im Polargebiet gründlich vorbereitet. Die Verwendung von Flugzeugen erlaubte es, die Eis- oder Landoberfläche zu verlassen und große Gebiete aus der Luft zu erkunden. Die Expeditionsergebnisse, so die Erfahrung, sollten möglichst von staatlichen Stellen oder ähnlich übergeordneten Institutionen veröffentlicht werden. Außerdem begann man, von einer oder mehreren Basisstationen aus, Feldforschung in den Polargebieten zu betreiben, so zum Beispiel auf Spitzbergen und auf der Antarktischen Halbinsel.

Ein Kontinent für die Forschung

Mit der Zahl der Forschungsstationen und Überwinterungen in der Antarktis wuchsen nach dem Zweiten Weltkrieg allerdings auch die Besitzansprüche auf Gebiete in der Südpolarregion. Anrainer- und Nachbarstaaten wie Argentinien, Chile, Australien und Neuseeland meldeten Forderungen auf bestimmte Regionen an; Norwegen, Großbritannien und Frankreich wollten ebenfalls ein Stück vom Kuchen für sich.

In dieser durch den Kalten Krieg politisch sehr angespannten Situation führten norwegische, britische und schwedische Wissenschaftler im Zeitraum von 1949 bis 1952 gemeinsam seismische Messungen im Königin-Maud-Land östlich des Weddellmeers durch, um die Dicke des Antarktischen Eisschilds in diesem Randgebiet zu vermessen. Diese Expedition gilt bis heute als Vorbild für die internationale Zusammenarbeit in der Polarforschung.

Nur wenig später, von 1957 bis 1958, gelang es der internationalen Wissenschaftsgemeinde, das Internationale Geophysikalische Jahr durchzuführen, welches als Drittes Internationales Polarjahr in die Geschichte einging. Es war zum damaligen Zeitpunkt das größte meteorologische und geophysikalische Experiment, das durchgeführt wurde. Erstmals errichteten zwölf Staaten insgesamt 55 Stationen in der Antarktis – und das nicht nur am Rand des arktischen Kontinents, sondern auch am Südpol selbst und an anderen Stellen des Eisplateaus. Mithilfe damals modernster Methoden, darunter dem Einsatz der ersten russischen und amerikanischen Satelliten, wurden nun die Antarktis und die Atmosphäre darüber umfassend erforscht.

Auf diese Weise gaben die Wissenschaftler den Anstoß für eine friedliche und rein wissenschaftliche Nutzung des Kontinents und legten den Grundstein für den Antarktisvertrag, der im Jahr 1959 von zwölf Staaten unterzeichnet wurde und 1961 in Kraft trat. Darin stellten alle Unterzeichner nicht nur ihre Besitzansprüche zurück. Sie stimmten außerdem zu, dass:

- die Antarktis nur friedlich genutzt werden darf;
- sie eine internationale Zusammenarbeit in der Forschung mit ungehindertem Informationsaustausch unterstützen;
- militärische Aktivitäten in der Antarktis untersagt sind;
- radioaktive Abfälle hier weder eingeführt noch entsorgt werden dürfen.

Bis heute haben 54 Staaten den Antarktisvertrag unterschrieben und sich dazu verpflichtet, die Antarktis dauerhaft zu schützen und das Gebiet südlich des 60. Breitengrads ausschließlich friedlich zu nutzen. Unter den Unterzeichnerstaaten befinden sich 29 sogenannte Konsultativstaaten. Diese führen Forschungen in der Antarktis durch und sind bei ihren Treffen (Antarctic Treaty Consultative Meetings), zu denen auch die anderen Unterzeichner eingeladen sind, stimmberechtigt. Auf den jährlichen Konferenzen werden Grundsätze und Ziele des Vertrags nach dem Einstimmigkeitsprinzip überarbeitet und ergänzt.

Die Forschungsaktivitäten im Südpolargebiet werden seit dem Inkrafttreten des Antarktisvertrags durch das damals gegründete Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) koordiniert. Eine ähnliche Rolle nimmt das International Arctic Science Committee (IASC) im Nordpolargebiet ein. Dabei setzt es jedoch auf die freiwillige Mitarbeit aller in der Arktis forschenden Nationen. Ein Regelwerk wie den Antarktisvertrag gibt es für die Arktis nicht. Dazu liegen die politischen und wirtschaftlichen Interessen zu weit auseinander.

Im Gegensatz zu den Anfängen der Polarforschung sind wissenschaftliche Expeditionen heutzutage keine Abenteuerreisen ins Ungewisse mehr. Satellitendaten legen das Ausmaß der Meereisbedeckung offen und ermöglichen eine Routenplanung mit Weitsicht. Wetterdienste warnen in der Regel rechtzeitig vor aufziehenden Unwettern, und aus so mancher wissenschaftlich spannenden Region senden automatisierte Messsysteme wie ARGO-Gleiter, Untereisverankerungen, Wetterstationen und Meereisbojen via Funk die Daten direkt an die Forschungsinstitutionen.

Allen technischen Errungenschaften zum Trotz aber erschweren nach wie vor die Eisbedeckung, das extreme Klima und die geografische Abgeschiedenheit vieler polarer Gebiete die wissenschaftliche Arbeit, sodass Polarforschung auch heute nur dank internationaler Zusammenarbeit gelingen kann.

Conclusio

Arktis und Antarktis – zwei grundverschiedene Polargebiete

Die Nord- und Südpolargebiete gehören zu den entlegensten und extremsten Lebensräumen der Erde. In beiden Regionen erschweren Kälte, Eis, Schnee und die lang anhaltende Dunkelheit der Polarnacht das Überleben von Pflanzen, Tieren und Menschen. Beide Polargebiete unterscheiden sich aber auch grundsätzlich voneinander.

Die Antarktis im Süden besteht aus einem riesigen Kontinent, der vollständig vom Südpolarmeer umgeben wird. In der Arktis, dem Nordpolargebiet, dagegen verhält es sich genau umgekehrt: Hier umschließen die Landmassen dreier Kontinente einen Ozean in zentraler Lage. Der einzige Eisschild der Arktis bedeckt große Teile Grönlands, ist aber trotzdem deutlich kleiner als die Inlandeismassen der Antarktis, die 98 Prozent des Kontinents bedecken. Im Gegenzug verfügt der Arktische Ozean über eine dauerhafte Meereisdecke. Deren Fläche wächst und schrumpft zwar im Rhythmus der Jahreszeiten, nimmt bislang aber nie so weit ab wie die Meereisfläche des Südpolarmeers, welche im Sommer nahezu vollständig schmilzt.

Die weiträumige, gleichzeitige Vereisung beider Polargebiete stellt erdgeschichtlich betrachtet fast schon eine Ausnahmesituation dar. Nur wenige Mal zuvor hatten sich die wandernden Kontinente der Erde derart angeordnet, dass sowohl im Norden als auch im Süden polare Klimabedingungen entstehen und beide Gebiete vereisen konnten. Während die Klimageschichte der Antarktis inzwischen ziemlich gut verstanden ist, gibt es in Bezug auf die Vereisungsgeschichte der arktischen Land- und Meeresgebiete noch immer viele offenen Fragen.

Die geografischen Gegensätze der Polargebiete erklären auch ihre unterschiedliche Besiedlungsgeschichte. Die meisten Gebiete der Arktis konnte sich der Mensch zu Fuß erschließen. Er besiedelte aus Nordafrika kommend vor etwa 45 000 Jahren Sibirien und wanderte später von dort über eine Landbrücke nach Nordamerika ein. In Grönland und dem hohen Norden Europas konnten Menschen allerdings erst heimisch werden, nachdem die großen Eisschilde der jüngsten Eiszeit geschmolzen waren. Sie hatten den Jägern und Sammlern bis dato in Nordamerika und Europa den Weg Richtung Norden versperrt. Heute leben rund vier Millionen Menschen in der Arktis.

Um die entlegene Antarktis zu erreichen, brauchte der Mensch hochseetaugliche Schiffe und furchtlose Seefahrer, die sich weit Richtung Süden vorwagten. Der südliche Kontinent wurde deshalb erst im 19. Jahrhundert entdeckt und diente zunächst den Robben- und Walfängern als Jagdgebiet. Ab dem 20. Jahrhundert erkundeten Abenteurer und Polarforscher den eisigen Kontinent, wobei in der öffentlichen Wahrnehmung Vorstöße in unbekannte Regionen oft mehr zählten als wissenschaftlich wertvolle Daten und Beobachtungen.

Nach dem Ersten Weltkrieg hielt moderne Technik Einzug in die Polarforschung. Sowohl das Nord- als auch das Südpolargebiet wurden fortan auch aus der Luft erkundet. Forschungsstationen ermöglichten Langzeitbeobachtungen, wodurch sich die Wettervorhersage für die Polarregionen verbesserte. Außerdem erkannte man die Bedeutung beider Gebiete für das Klima der Erde. Internationale wissenschaftliche Zusammenarbeit legte dann den Grundstein für den Antarktisvertrag, welcher im Jahr 1961 in Kraft trat und bis heute den Schutz sowie eine friedliche, rein wissenschaftliche Nutzung des Kontinents vorschreibt. Für die Arktis gibt es kein vergleichbares Vertragswerk. Trotz teilweise unterschiedlicher politischer Interessen arbeiten in beiden Polarregionen Forschende verschiedener Nationen Hand in Hand. Das extreme Klima und die Abgeschiedenheit der Arktis und Antarktis stellen den Menschen vor besondere logistische und technische Herausforderungen, die sich oft nur gemeinsam meistern lassen.