

Bundesrealgymnasium Innsbruck
Adolf-Pichler Platz

Der Klimawandel in den Polargebieten

Vorgelegt bei Mag. Christian Mader

Von Laura-Kristin Scholtz
Klasse 8B Jahrgang 2008/09

Seefeld, am 25.2.2009

Diese Arbeit wurde im Rahmen der Forschungsbildungskoooperation (unterstützt durch das bm.wf) im Projekt „BiPolar“ fertiggestellt.

Vorwort

Schon früh wusste ich, dass ich eine Fachbereichsarbeit schreiben würde. Für mich stand fest, dass ich ein naturwissenschaftliches Thema wähle. Ich interessiere mich sehr für andere Länder, da ich durch Reisen mit meinen Eltern bereits die Möglichkeit hatte, verschiedene Kontinente kennen zu lernen.

In der 6. Klasse lebte ich ein halbes Schuljahr in North Vancouver, Kanada und besuchte die Argyle Secondary School als *international student*. Dort belegte ich als eines von vier Fächern Social Studies, in dem die Geschichte und Politik Kanadas vermittelt werden. In diesem Unterricht sah ich das erste Mal den Film von Al Gore „An Inconvenient Truth“ (deutsch: „Eine unbequeme Wahrheit“). Dadurch erwachte mein Interesse für das Thema des Klimawandels. Nun wurde ich auf die häufigen Reportagen, Zeitungsartikel und Nachrichten über dieses Thema aufmerksam.

Ich bemerkte die touristische Bedeutung der Arktis – Verwandte meiner Gasteltern reisten von Australien an, um eine Alaskakreuzfahrt, die immer in Vancouver startet, zu unternehmen.

Als ich mich dann im Sommer für ein Thema entscheiden sollte, kam ich auf den Klimawandel. Ich forschte im Internet nach, ob sich dies für eine Fachbereichsarbeit eignen würde und beriet mich mit meinem Betreuungslehrer, Herrn Mag. Christian Mader, und nahm gerne seine Empfehlung auf, nicht nur über die Arktis, sondern auch über die Antarktis zu schreiben. Besonders erfreut war ich, dass er mir den Kontakt zu Frau Dr. Birgit Sattler, einer Antarktisspezialistin herstellte. Auch für die Arktis konnte er mir einen Interviewpartner, Herrn Dr. Christoph Höbenreich vermitteln.

Als das Thema nun mit dem Titel „Der Klimawandel in den Polargebieten“ fest stand, kontaktierte ich Frau Dr. Sattler, traf mich mit ihr und erhielt einige neue Informationen. Ausgerüstet mit den Ratschlägen meines Begleitlehrers und der Experten konnte ich mit meiner Arbeit beginnen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Definitionen: Eisarten	5
1.2	Arktis	7
1.2.1	Abgrenzung der Arktis	7
1.2.2	Unterteilung	8
1.2.3	Tiere und Vegetation	9
1.2.4	Klima	9
1.2.5	Bevölkerung	10
1.2.6	Wirtschaft	10
1.2.7	Politische Situation	11
1.3	Antarktis	11
1.3.1	Abgrenzung	12
1.3.2	Antarktika	13
1.3.3	Schelfeis	13
1.3.4	Klima	14
1.3.5	Tiere und Vegetation	14
1.3.6	Bevölkerung und Infrastruktur	15
1.3.7	Politische Situation	15
1.3.8	Wirtschaft	16
2	Veränderungen	17
2.1	Klima	17
2.1.1	Temperatur	17
2.1.2	Niederschlag	18
2.1.3	UV-Strahlung	18
2.2	Eis	19
2.2.1	Eis-Albedo-Effekt	19
2.2.2	Gletscher	20
2.2.3	Meereis	21
2.3	Ozean	21

2.3.1	Meeresspiegel	21
2.3.2	Ozeanzirkulation	22
2.4	Land	23
2.4.1	Permafrost	23
3	Folgen	25
3.1	Ökosystem	25
3.1.1	Verschiebung der Vegetationszonen	25
3.1.2	Tierwelt	26
3.2	Ökonomische Folgen	27
3.2.1	Fischerei	27
3.2.2	Schifffahrt	27
3.2.3	Landwirtschaft	28
3.2.4	Schädigung der Infrastruktur	29
3.3	Politische Folgen	29
3.4	Folgen für die indigene Bevölkerung	30
3.4.1	Leben und Kultur	30
3.4.2	Ernährung	31
3.4.3	Gesundheit	31

1 Einleitung

Der zu beobachtende Klimawandel stellt eines der grundlegenden und schwersten Probleme des 21. Jahrhunderts dar. Der Ausgangspunkt ist die Erderwärmung. Dieses hat für Gebiete, die von Eis bedeckt sind, die augenfällige Auswirkung der einsetzenden Eisschmelze. Jedoch führt dies zu globalen Effekten auf Meeresströmung, Wetter, Wirtschaft, Rohstoffgewinnung, Lebensweise und Kultur der Menschen.

Zum bessern Verständnis der Abläufe in den Polargebieten sind als erstes die Definitionen der Eisarten angeführt und es wird auf direkte Effekte, zum Beispiel die Wirkung auf den Meeresspiegel hingewiesen.

1.1 Definitionen: Eisarten

Meereis

Als Meereis bezeichnet man gefrorenes Meerwasser. Es treibt auf der Oberfläche der polaren Ozeane, da Eis eine geringere Dichte als Wasser hat. Bei der Bildung von Meereis wird das Salz in den Ozean und teilweise auch in den Eiskörper selbst abgegeben, da es nicht in die Kristallstruktur eingebaut wird. Wenn Meereis schmilzt, steigt der Meeresspiegel nicht, da das Eis auf der Meeresoberfläche schwimmt. Jedoch sinkt der Salzgehalt des Wassers in den oberflächlichen Schichten, hierdurch entstehen Einflüsse, die die Meeresströmungen destabilisieren.

Packeis

Packeis besteht aus aufeinander geschobenem Meereis und kann dadurch mehrere Meter dick werden. Es treibt auf den polaren Ozeanen und erstreckt sich zusammenhängend über große Gebiete, zum Beispiel die Arktis oder als Packeisgürtel rund um die Antarktis.

Eisschild

Eisschilde sind riesige Gebiete von Landeismassen. Sie werden auch als Inlandeis bezeichnet. Derzeit gibt es nur zwei Eisschilde auf der Erde: auf Grönland und in der Antarktis. Diese Ansammlungen von Gletschern und Eiskappen schwimmen nicht auf dem Meer, sondern befinden sich auf Kontinenten. Wenn Inlandeis schmilzt, kommt es zu einem Anstieg des Meeresspiegels.

Schelfeis

Schelfeis sind Gletscherzungen auf dem Schelf, dem küstennahem Meeresboden, welcher bis zu 200 Meter unter dem Meeresspiegel liegt. Es entsteht dadurch, dass Gletscher langsam fließen und beim Auftreffen auf Wasser nicht abbrechen, sondern Eisplatten bilden. Schelfeis ist durchschnittlich zwischen 200 und 1000 Meter mächtig.

Eisberg

Abgebrochenes Schelfeis bezeichnet man als Eisberg. Seine Bildung wird als „kalben“ bezeichnet. Eisberge schwimmen auf der Meeresoberfläche und gefährden Schiffe.

Treibeis

Treibeis ist Eis, das auf dem Meer driftet. Diese Eismassen sind entweder Eisberge oder Eisschollen, die sich von Packeis abgetrennt haben.

1.2 Arktis

Die Arktis ist der nördlichste Bereich der Erde und ist zum größten Teil von Eis und Schnee bedeckt.

Die Bezeichnung Arktis leitet sich aus dem altgriechischen Wort *arktós*, der Bär ab. Damit ist das Sternbild des Kleinen Bären, Ursa Minor gemeint. In diesem Sternbild befindet sich der Stern Polaris, der Polarstern, der fast exakt über dem Nordpol steht.

1.2.1 Abgrenzung der Arktis

In Abhängigkeit, ob die geographische oder die klimatische Begrenzung gewählt wird, unterscheiden sich die Gebiete der Arktis (Abb. 1).

Die Arktis wird meist als die Region bezeichnet, die vom nördlichen Polarkreis begrenzt wird. Dieser Breitenkreis liegt auf 66°33' nördlicher Breite und ab dieser Grenze setzt das Phänomen von Polartag und Polarnacht ein. Am Tag der Sonnenwende geht hier die Sonne für 24 Stunden lang nicht auf bzw. unter. Je nördlicher man sich befindet, desto stärker tritt das Phänomen auf, bis man am Nordpol ist, wo die Sonne 6 Monate lang scheint bzw. 6 Monate lang nicht aufgeht.

Die Treibeisgrenze ist der Bereich, bis zu welchem Eis am weitesten entfernt von den Polen vorkommt. Diese Linie ist wichtig für die Schifffahrt, da Treibeis eine Gefährdung für Schiffe darstellt.

Eine andere Möglichkeit zur Abgrenzung der Arktis stellt die 10 °C-Juli-Isotherme dar. Dies ist eine klimatische Linie, die die Orte mit der gleichen mittleren Julitemperatur von 10 °C verbindet.¹

Außerdem kann man die Arktis mit Hilfe der polaren Baumgrenze definieren. Diese Linie ist gleichzeitig die Grenze zwischen zwei Klimazonen. Nördlich befindet sich die Tundra, südlich liegt der Boreale Nadelwald.

Die Abgrenzung mit Hilfe des Polarkreises ist eine eher schlechte Variante, da sie wichtige Gebiete, wie den Süden Grönlands und wichtige Teile Kanadas und Alaskas ausschließt, aber

¹ lexikon

stattdessen Teile des borealen Nadelwalds in Sibirien, die man nicht zur Arktis zählen kann, mit einbezieht. Die Treibeisgrenze ist stark veränderlich.

Die klimatische Grenze und die Baumgrenze stellen in etwa die gleiche Linie dar und sind zur Abgrenzung der Arktis geeigneter, da sie die Gebiete besser unterteilen.

1.2.2 Unterteilung

Man unterteilt die Arktis in drei Bereiche. Den größten Teil der Arktis bildet der Arktische Ozean. Der zweite Bereich ist die Insel Grönland und der dritte Bereich umfasst die arktischen Regionen der zwei Kontinente Nordamerika und Eurasien.

1.2.2.1 Arktischer Ozean

Der geographische Nordpol befindet sich im Nordpolarmeer, dort liegt der Meeresboden in einer Tiefe von 4087 Metern (Abb. 2).

Das Nordpolarmeer ist der größte Bereich der Arktis. Die Arktische Eiskappe ist eine bis zu vier Meter dicke Packeiszone. Die Eisdicke der Packeiszone schwankt jahreszeitenabhängig. Durchschnittlich ist sie drei Meter mächtig und sie ist vor allem in den nördlichsten Bereichen ganzjährig vorhanden. Sie ist nicht ortsfest, sondern driftet auf dem darunter liegendem Arktischen Ozean. Im Süden schließt sich eine saisonal stark veränderliche Treibeiszone an.

1.2.2.2 Grönland

Grönland ist die größte Insel der Erde, hat eine Ausdehnung von 1,71 Millionen Quadratkilometern und ist zu 80 % von Eis bedeckt. Der Grönländische Eisschild hat eine Mächtigkeit von bis zu 3000 Metern. Mit 2,5 Millionen Kubikkilometern Eis liegt über Grönland der zweitgrößte Eispanzer der Welt und macht rund ein Zehntel der globalen Eismassen aus. Nur wenige große Gletscherzungen reichen bis zum Rand Grönlands, wo sie kalben und Eisberge erzeugen. Der Grönländische Eisschild ist mehr als 100 000 Jahre alt.

1.2.2.3 Kontinente

Die Arktische Region umfasst auch Teile der zwei Kontinente Nordamerika und Eurasien, dazu gehören Teile von Russland, Alaska (USA), Kanada und Lappland (Norwegen, Finnland, Schweden). Diese Bereiche befinden sich in der Tundra, der subpolaren Klimazone. Dort besteht keine ganzjährige Schneedecke, sondern ein Permafrostboden, der im Sommer nur oberflächlich auftaut.

1.2.3 Tiere und Vegetation

Die Tier- und Pflanzenarten der Arktis haben sich an die extremen Lebensbedingungen angepasst. Auf der Arktischen Eiskappe gibt es keine Pflanzen und nur vereinzelt Tiere. Lediglich die Tundra weist eine größere Artenvielfalt auf.

Die Arktis weist eine Vielfalt an Vogelarten auf. Die meisten dieser Vögel sind Zugvögel, die im Sommer zum Brüten in die polaren Randgebiete fliegen. Fische und Säugetieren kommen nur in beschränkter Anzahl vor, Reptilien und Amphibien gibt es gar keine in der Arktis. Die meisten Tiere leben in den Küstengebieten, da sie sich vor allem von Fischen ernähren.

Der Eisbär ist der bekannteste und größte Vertreter dieser Tiere. Der zweitgrößte Landsäuger ist der Moschusochse. Andere Säugetiere der Tundra sind: Rentiere, Polarfüchse, Schneehasen. Viele Meeressäuger, wie Wale und Robben, leben in den Meeren der Arktis.

Pflanzen wachsen überwiegend in der Tundra. Diese beschränken sich auf einige Gräser, Moose und Flechten. In manchen Bereich gibt es höhere Pflanzen und Zwergsträucher.

1.2.4 Klima

Das Klima, das so genannte Polarklima, ist gekennzeichnet von eisigen Temperaturen. Die Polarwinter sind sehr lang und kalt. Die Sonne geht oft wochen- oder tagelang nicht auf. Die Polarsommer sind geprägt von nebelreichen und kühlen Tagen, an denen die Sonne nur knapp über den Horizont steigt und den Boden nur oberflächlich auftauen lässt.

Die Durchschnittstemperatur des wärmsten Monats beträgt weniger als 10 °C. Die Durchschnittstemperatur am Pol beträgt -18 °C (Abb. 3).

1.2.5 Bevölkerung

In der Arktis leben derzeit rund 4 Millionen Menschen in etwa 30 verschiedenen indigenen Volksgruppen. Die 150 000 Inuit haben sich in den nördlichsten Regionen Nordamerikas, Asiens und Grönlands angesiedelt. Die 40 000 Nenzen, 330 000 Jakuten, 35 000 Ewenken, Tschuktschen und Samojuden leben in den arktischen Gebieten Sibiriens. Die 70 000 Samen bewohnen Lappland in Nordskandinavien (Abb. 4).

Diese Völker haben unterschiedliche Traditionen und Kulturen. Die größten Städte der Arktis befinden sich in Nordsibirien. Innerhalb der Arktis leben aber nicht nur indigene Völker, sondern auch Russen, Skandinavier und Nordamerikaner.

1.2.6 Wirtschaft

Die Wirtschaft ist wegen der mangelnden Infrastruktur kaum ausgeprägt. Der größte Wirtschaftszweig ist derzeit die Fischerei, die Dänemark, Kanada, Russland und die USA betreiben. Die indigenen Völker in Kanada, Skandinavien und Russland betreiben vor allem Pelztierjagd und Rentierhaltung.

In der Arktis kommen viele Rohstoffe vor. Laut Geologen befinden sich ein Viertel der weltweiten Erdöl- und Erdgasvorkommen unter dem Nordpolarmeer. Zu den Rohstoffen, die sich auf den Kontinenten befinden und die jetzt schon abgetragen werden, zählen: Erdöl in den USA, Russland und Kanada; Erdgas in Russland und Kanada; Silber und Gold in Kanada; Zink, Blei und Molybdän in Dänemark; Kohle in Norwegen und Russland; Eisenerz in Norwegen, Schweden und Kanada sowie Apatit, Nickel, Buntmetalle, Gold und Diamanten in Russland.

Der Tourismus ist ein weiterer großer Wirtschaftszweig. Einige Regionen, wie Island, Skandinavien und Nordsibirien konnte man schon immer selbstständig erkunden. Seereisen und Kreuzfahrten in der Arktis Nordamerikas und Ostsibiriens werden immer populärer.

1.2.7 Politische Situation

Die Landgebiete der Arktis sind durch die Staatsgrenzen eingeteilt. Doch die Frage, wie die Meeresgebiete bis zum Nordpol zugeordnet sind, ist noch ungeklärt.

1994 trat das Internationale Seerechtsabkommen der UNO in Kraft. Danach dürfen die fünf Anrainerstaaten des Nordpolarmeeres Norwegen, Dänemark, Russland, Kanada und die USA das Gebiet bis 200 Seemeilen vor der Küste zu ihrem Territorium zählen und die dort lagernden Ressourcen in Anspruch nehmen. Durch geologische Beweise der Ausdehnung des Kontinentalschelfs können diese Staaten ihr Territorium ausweiten.

Kanada und Russland bevorzugen die Sektorenaufteilung, die ein Fortführen der Längengrade der Ländergrenzen bis zum Nordpol darstellt (Abb. 5). Die USA halten sich aus den Verhandlungen heraus, da sie nur ein kleines Gebiet erhalten würden. Sie hoffen aber auf eine internationale Nutzung der Nordwest- und der Nordostpassage, was aber Kanada und Russland blockieren. Norwegen interessiert sich nur für den Barentssee und für Spitzbergen.

Der Wettlauf um die Gebiete der Arktis spitzte sich damit zu, dass Russland am 1.8.2007 mit Hilfe eines U-Boots eine russische Flagge auf dem Meeresboden des geographischen Nordpols absetzte.

Derzeit wird der kanadisch-arktische Archipel von anderen Staaten nicht als kanadisches Territorium, sondern als internationales Gewässer angesehen und benutzt. Dies versucht Kanada nun mit dem zusätzlichen Bau von Überwachungsschiffen zu verhindern.

Bis 2014 haben die Anrainerstaaten noch Zeit, ihre Hoheitsansprüche durch geologische Befunde vor der UNO zu beweisen. Was danach passieren wird, ist noch unklar.

1.3 Antarktis

Die Antarktis ist ein eigener Kontinent im Bereich des Südpols, der eigentlich *Antarktika* heißt und fast vollständig von einem Eispanzer bedeckt ist. Der Begriff Antarktis kommt aus dem Griechischen und heißt *der Arktis gegenüber*.

Doch die Antarktis umfasst nicht nur den Kontinent Antarktika, sondern auch das Südpolarmeer, von dem der Kontinent umschlossen ist. Antarktika hat eine Größe von 13,2 Millionen Quadratkilometern.

Der Antarktische Eisschild, der sich über den Kontinent Antarktika erstreckt, hat eine Mächtigkeit von bis zu 4500 Metern.

1.3.1 Abgrenzung

Da die Antarktis nicht nur aus dem Kontinent besteht, sondern auch aus vorgelagerten Inseln und dem Südpolarmeer, gibt es mehrere Möglichkeiten der Abgrenzung.

Der Polarkreis auf 66°33' südlicher Breite umfasst fast den gesamten Kontinent, aber Teile der antarktischen Halbinsel und der Ostantarktis werden von dieser Grenze ausgeschlossen. Außerdem befindet sich der größte Bereich des Südpolarmeeres nicht innerhalb dieser Linie.

Die Packeisgrenze, die den Bereich einschließt, bis zu dem im Winter Packeis auftritt und die Eisgrenze, die das äußerste Vorkommen von Eisbergen bezeichnet, sind beides sehr instabile Linien und deswegen zur Abgrenzung unbrauchbar.

Die Klimagrenze, die 10 °C-Isotherme des wärmsten Monats, gilt zwar in der Arktis, aber schließt auf der Südhalbkugel ein zu großes Gebiet ein und kann deswegen auch nicht verwendet werden.

Zur Abgrenzung der Antarktis wird meist die antarktische Konvergenz verwendet. Sie wird auch häufig Meinardus-Linie genannt. Sie stellt auf die Grenze des Südpolarmeeres dar und befindet sich stabil etwa bei 50° südlicher Breite. Dort verändern sich abrupt die Oberflächenwassertemperatur und die Tierwelt, weil zwei unterschiedliche Wassermassen, warmes nach Süden fließendes Wasser und kaltes nordwärts fließendes Wasser, aufeinander treffen.

1.3.2 Antarktika

Man kann Antarktika in zwei Bereiche unterteilen, die Westantarktis und die Ostantarktis, die vom Meridian von Greenwich und vom 180. Längengrad voneinander abgegrenzt werden. Geographisch werden diese zwei Regionen durch das Transantarktische Gebirge getrennt.

1.3.2.1 Westantarktis

Die Westantarktis stellt den kleineren, in der westlichen Hemisphäre gelegenen Teil des Kontinents Antarktika dar. Westantarktika ist 50 bis 200 Millionen Jahre alt. Sie umfasst die antarktische Halbinsel und einige vorgelagerte Inseln. Die Westantarktis ist sowohl horizontal als auch vertikal stark gegliedert. Hier findet man auch die höchsten Erhebungen des Kontinents. Der höchste Berg ist der Mount Vinson mit 4897 Metern. Die Gebirge der antarktischen Halbinsel sind die Fortsetzung der Anden und bis zu 4200 Meter hoch. In dieser Gegend gibt es heute noch einige aktive Vulkane. Auch der tiefste Punkt liegt in der Westantarktis, der Bentleygraben mit -2555 Metern.

In den meisten Bereichen außer den Gebirgen befindet sich der Untergrund, auf dem der Eisschild liegt, bis zu 2500 Metern unter dem Meeresspiegel.

In der Westantarktis gibt es viele eisfreie Gebiete, da die Temperaturen stark vom Meer beeinflusst werden.

1.3.2.2 Ostantarktis

Ostantarktika oder auch Tafelantarktika ist eine Kontinentalplatte und 300 Millionen Jahre alt. Fünfmal größer als die Westantarktis liegt sie östlich des Meridians von Greenwich. Der größte Teil des Eispanzers befindet sich in dieser Region auf Festland.

Da die Temperaturen in der Ostantarktis kälter als in der Westantarktis sind, gibt es kaum eisfreie Stellen.

1.3.3 Schelfeis

40% der über 30000km langen Küste bestehen aus Schelfeis. Die zwei größten Schelfeistafeln sind das Ross-Schelfeis mit 487.800 Quadratkilometern und das Filchner-

Ronne-Schelfeis mit 449.000 Quadratkilometern. An der Aufsetzlinie, der Grenze zum Land, kann das Schelfeis eine Mächtigkeit von bis zu 1500 Metern haben.

1.3.4 Klima

Die Antarktis ist die kälteste Region der Erde. Die kälteste Temperatur, die jemals auf der Erde aufgezeichnet wurde, war $-89,2^{\circ}$ Celsius und wurde am 21. Juli 1983 bei der ehemals sowjetischen Station Wostok gemessen.

Die Durchschnittstemperatur der Antarktis beträgt -55°C .²

Im Allgemeinen sind die Temperaturen stark abhängig von der Entfernung zum Meer. Auf dem Polarplateau in der Mitte des Kontinents liegen die Temperaturen im Sommer bei -40°C und im Winter bei bis zu -70°C . An der Küste werden lediglich -20° bis -30°C im Winter und im Sommer manchmal die Nullgradgrenze erreicht.

Niederschlag fällt in der Antarktis relativ wenig und nur als Schnee. Im Landesinneren sind es jährlich 75-180 mm, an der Küste 200-600 mm und auf den vorgelagerten Inseln 1000-3000 mm (Abb. 7).

Im Landesinneren werden extreme, über 250 km/h starke Winde an durchschnittlich 340 Tage im Jahr gemessen. Diese Winde sind auch der Grund dafür, dass manche Regionen eisfrei sind.³

Durchschnittlich beträgt der Niederschlag 40 l/m^2 im Jahr. Regionen mit solchen Werten werden als Wüsten definiert. Die Antarktis wird deswegen als Eiswüste bezeichnet. Sie ist somit auch die größte Wüste der Erde.

1.3.5 Tiere und Vegetation

Höher entwickeltes Leben kann man nur in den Randgebieten der Antarktis, an den Küsten und auf den Inseln finden. Das Landesinnere ist abgesehen von Mikroorganismen, wirbellosen Tieren, Moosen und Flechten leer. Es gibt nur zwei Blütenpflanzen in der

² Klimarevolution s.42

³ © Antarktis Online 1997-2007, <http://www.antarktis.ch/17.htm>

Antarktis und das größte, dauerhaft an Land lebende Tier ist ein Insekt, eine 10 mm große Zuckmückenart.

In der gesamten Antarktis kommen keine Landsäugetiere vor, nur Meeressäuger wie Wale und Robben.

Die bekanntesten Tiere dieser Region sind die Pinguine, die auf dem Packeis brüten. Auch 19 andere Zugvogelarten brüten in dieser Gegend.

In den Meeren leben riesige Schwärme Krill, die den Anfang der Nahrungskette bilden. Am Meeresgrund findet man eine riesige Artenvielfalt.

1.3.6 Bevölkerung und Infrastruktur

Die Antarktis war unbesiedelt, bis Forschungsstationen dort gegründet wurden. Die Anzahl der in den 80 Stationen Lebenden variiert stark, im Sommer sind es rund 4000, im Winter 1000. Die größte Station ist McMurdo, welche den Vereinigten Staaten zugeteilt ist (Abb. 8 und 9).

Es gab auch schon Geburten auf der Antarktis. Zum Teil wollten Staaten dadurch ihre Besitzansprüche untermauern.

Trotz der geringen Bevölkerung ist die Infrastruktur relativ gut. 27 Stationen haben Flughäfen oder Hubschrauberlandeplätze. Von der amerikanischen Marine werden 2 Seehäfen unterhalten. Derzeit wird ein Glasfaserkabel zu einer Station am Südpol für die Internetanbindung gelegt.

1.3.7 Politische Situation

1959 wurde der *Antarktis-Vertrag* von den 12 Konsultativstaaten, die auf der Antarktis ganzjährige Forschungsstationen unterhalten, unterschrieben und trat 1961 in Kraft. Dieser Vertrag verbietet Militär und Waffen südlich des 60. Breitengrades. Inzwischen sind 46 Staaten diesem Vertrag beigetreten. 1977 beschlossen diese Staaten vorläufig den Verzicht von Rohstoffausbeutung. Nachdem sich prominente Naturschützer dafür einsetzten, die Antarktis vor Raubbau zu bewahren und sich Hunderttausende anschlossen, wurde 1991 das *Protokoll zum umfassenden Schutz der antarktischen Umwelt und seiner abhängigen und*

angeschlossenen Ökosysteme verfasst. Damit erklären Politiker den Verzicht auf Rohstoffabbau für weitere 50 Jahre und den Erhalt der ursprünglichen Natur.

Mit dem Antarktisvertrag wurden auch die nationalen Hoheitsansprüche vorläufig zurückgestellt. Diese Territorien, die sich auf 80 % des Gebietes südlich des 60. bzw. des 50. Breitengrades befinden, wurden nie völkerrechtlich anerkannt und überlappen sich teilweise. Die sieben Staaten mit Hoheitsansprüchen, die auf historischen Ereignissen beruhen, sind Chile, Argentinien, Großbritannien, Norwegen, Australien, Frankreich und Neuseeland (Abb. 10).

1.3.8 Wirtschaft

Der wichtigste Wirtschaftszweig ist die Forschung, die fast alle Arbeitsplätze stellt (Abb. 10). Die sonstige Wirtschaft wird durch den Antarktisvertrag stark eingeschränkt.

Die Antarktis besitzt große Rohstoffvorkommen, dazu zählen rund 45 Milliarden Barrel Erdöl und 115 Milliarden Kubikmeter Erdgas, des weitern gibt es Eisen, Titan, Chrom, Kupfer, Kohle, Uran, Platin und Gold.

Auch die Fischerei ist durch den Vertrag eingeschränkt. 1998 wurden offiziell 120.000 Tonnen Fisch vor allem von Japan gefangen. Doch illegal wurde schätzungsweise das Fünffache gefischt.

Derzeit ist der Wirtschaftszweig des Tourismus stark im Kommen. Die meisten Touristen kommen per Schiff, nur wenige fliegen auf die Antarktis. „In den 1990er Jahren stieg die Zahl der Gäste von 7000 auf 10 000 pro Jahr, in der Saison 2001/2002 waren es 11 588.“⁴ Inzwischen besuchen schon rund 30 000 Touristen pro Jahr die Antarktis (Abb. 11).⁵ Würde dies zum Massentourismus mit dem Bau von Landebahnen, Häfen und Hotels führen, dann wäre es eine Bedrohung des empfindlichen antarktischen Ökosystems. Doch zum Schutz der Umwelt wurde die IAATO (International Association of Antarctica Tour Operators) gegründet, in der sich inzwischen fast alle Antarktis-Reiseanbieter zusammengeschlossen haben und verpflichtet sind, bestimmte Standards einzuhalten.

⁴ geo 138

⁵ weltalmanach

2 Veränderungen

2.1 Klima

Änderungen im Klima wie Wärme- und Kälteperioden gab es schon immer im Laufe der Erdgeschichte.

Derzeit befinden wir uns in einer Periode der Klimaerwärmung, die so stark ist, dass sie nicht von der Natur ausgelöst worden sein kann, sondern dass der Mensch der Verursacher dieses Phänomens sein muss.

Diese Änderungen des Klimas kann man an Temperatur und Niederschlag erkennen und messen. Besonders starke Änderungen sind in den Polargebieten zu erfassen. Dieses hat regionale und globale Auswirkungen.

2.1.1 Temperatur

Veränderungen der Temperatur der Arktis gab es in abwechselnden Perioden immer wieder. Doch die Geschwindigkeit, mit der die Temperatur ansteigt, hat sich beschleunigt.

„Seit 1990 liegt die durchschnittliche Temperatur der Arktis - mit steigendem Trend - immer über dem Temperaturmittelwert des letzten Jahrhunderts.“⁶

Die Durchschnittstemperatur der letzten 50 Jahre ist um 4 °C gestiegen und es wird erwartet, dass sie sich weiter erwärmt, am Land um 3 – 5 °C und am Meer um 4 – 7 °C bis zum Ende des Jahrhunderts.⁷

„Für ein eher optimistisches Emissionsszenario („IPCC-B2-Szenario“) sagen Klimamodelle eine Erwärmung der Arktis um vier bis sechs Grad bis zum Ende dieses Jahrhunderts voraus, wobei für den Winter in manchen Regionen eine Erwärmung von über zehn Grad prognostiziert wird.“ (Abb. 12)⁸

„Innerhalb der letzten 40 Jahre ist die Temperatur in der westkanadischen Arktis im Jahresmittel um 1,5 Grad Celsius gestiegen.“⁹

⁶ (1)

⁷ Germanwatch s.7

⁸ (1) [15]

⁹ Alexandra Rigos, GEO, s.87

Auf der Antarktis ist die Situation anders. Der größte Teil des Kontinents kühlt sich derzeit ab. Nur auf der antarktischen Halbinsel stiegen die Temperaturen und zwar um 2,5 °C in den letzten 50 Jahren.¹⁰

2.1.2 Niederschlag

Auf Grund der ansteigenden Temperaturen erhöhen sich die Verdunstung und die Niederschlagsmenge. Während der letzten 100 Jahre hat die Niederschlagsmenge in der Arktis um 8 % zugenommen. Nicht nur die Menge, sondern auch die Charakteristika des Niederschlags haben sich geändert. Der größte Teil fällt im Winter. Außerdem fällt der meiste Niederschlag jetzt in Form von Regen und nicht mehr als Schnee. Laut Berechnungen wird die Niederschlagsmenge bis zum Ende des Jahrhunderts um 20 % steigen.¹¹ (Abb. 13)

2.1.3 UV-Strahlung

Eine weitere Folge des Klimawandels ist auch die verstärkte Zerstörung der Ozonschicht. Obwohl verschiedene Mechanismen diese Phänomene auslösen, werden sie häufig fälschlicherweise gleichgesetzt. Der Ozonabbau wird von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und anderen Chemikalien verursacht. Der Klimawandel resultiert aus den Emissionen von Treibhausgasen. Beide Phänomene wurden zwar von Menschen ausgelöst, haben aber unterschiedliche Ursachen und Folgen.

Die Ozonschicht schützt die Erde vor der gefährlichen UV-Strahlung. Vor allem UV-B wird absorbiert. Die auf Grund der Zerstörung und vor allem über den Polargebieten dünnere Ozonschicht lässt die UV-Strahlung fast ungehindert durch.

Über der Arktis bildet sich saisonal ein Ozonloch. Über der Antarktis ist dies weiter fortgeschritten, hier besteht permanent ein Ozonloch.

Das UN-Umweltprogramm (UNEP) und die World Meteorological Organisation (WMO) beobachten die Veränderungen des Ozons. Die Ozonschicht wird jährlich immer dünner. Seit

¹⁰ Alexandra Rigos, GEO s.88

¹¹ ACIA, s.22 + 29

1979 hat die Menge des Ozons über der Arktis um durchschnittlich 7 % pro Jahr abgenommen.¹²

Der Klimawandel hat einen verstärkenden Einfluss auf den Abbau der Ozonschicht. Nur in der erdnächsten Schicht der Atmosphäre, der Troposphäre, kommt es zur Erwärmung. In der höher gelegenen Stratosphäre führen die Treibhausgase zur Abkühlung. Dadurch kommt es über den Polen zur Verstärkung des Polarwirbel oder Vortex und der Entstehung von polaren Stratosphärenwolken. Auf den Eispartikeln der Wolkenoberfläche bilden sich durch chemische Reaktionen Radikale, die das Ozon zerstören. Außerdem isoliert der Vortex die Stratosphäre über den Polargebieten, so dass Ozon aus anderen Regionen nicht nachströmen kann. Dadurch wird in der Arktis die UV-Strahlung im Frühling zwischen 2010 und 2020 um 90 % stärker ansteigen als zwischen 1972 und 1992.^{13 14}

2.2 Eis

2.2.1 Eis-Albedo-Effekt

Der Eis-Albedo-Effekt ist ein natürlicher Prozess und hat einen wichtigen Einfluss auf den Klimahaushalt der Erde. Ohne ihn würde die Erde überhitzen und es gäbe keine geeigneten Lebensbedingungen für die Menschheit.

Die Albedo ist das Reflexionsvermögen von Strahlung, das jede Oberfläche in einem bestimmten Maß hat. Die Polargebiete reflektieren dank ihrer weißen Oberfläche bis zu 90 % der Sonnenenergie ins Weltall. Dies führt zur Abkühlung der Erde und vor allem der Polargebiete. Dieser Effekt vermindert das Schmelzen der Eis- und Schneeflächen.

Wegen der Klimaerwärmung schmilzt das Eis und die darunter liegenden Land- bzw. Wasserflächen kommen zum Vorschein. Diese Gebiete haben eine dunklere Oberfläche und somit auch eine niedrigere Albedo. Landmassen reflektieren nur 20 %, Wasser spiegelt sogar nur 10 % der einfallenden Strahlung. Der Rest dieser Sonnenenergie, 80 – 90 %, wird absorbiert und in Wärme umgewandelt, die wiederum das Eis schneller schmelzen lässt.

¹² acia 98

¹³ acia 100-101

¹⁴ germanwatch 11

Es besteht eine positive Rückkopplung. Je mehr Eis schmilzt, desto mehr Strahlung wird absorbiert und in Wärme umgewandelt, welche erneut mehr Eis schmelzen lässt.

2.2.2 Gletscher

Eine Folge des Klimawandels ist, dass Gletscher instabil werden und ins Meer rutschen. Auf Grund der Erwärmung schmilzt die Oberfläche der Eismassen. Es entsteht Schmelzwasser, das durch Spalten und Risse in tiefere Schichten fließt und sich an den Stellen sammelt, an denen die Gletscher auf dem Untergrund liegen. Dort weicht es den Boden auf, wirkt wie ein Schmierstoff und bringt die unteren Schichten des Eises ins Rutschen. Dadurch wird der gesamte Gletscher instabil und fließt schneller Richtung Meer. Dabei kommt es zu massiven Gletscherbeben und Einbrüchen.

Ein zweiter Effekt ist, dass der Teil des Schmelzwassers, der an der Oberfläche bleibt, sich in Schmelztümpeln sammelt. Dieses Wasser wird durch die Sonnenstrahlung aufgeheizt und beschleunigt die Eisschmelze.

Auch diese zwei Prozesse führen zu einer positiven Rückkopplung. Je mehr Eis schmilzt, desto mehr Schmelzwasser entsteht, welches wiederum mehr Eis schmelzen lässt.

„Im Jahr 2007 hat das Abschmelzen nach Angaben der NASA in Höhen über 1600 Metern einen neuen Rekord erreicht: Die Zahl der Schmelztage hat im Vergleich zum Vorjahr um mehr als 150 Prozent zugenommen. Unterhalb 1600 Metern registrierte die NASA-Forscher einen geringeren, aber immer noch um 30 Prozent erhöhten Schmelzindex.“¹⁵

Die Grönlandgletscher haben ein Volumen von 2,5 Millionen Kubikkilometer. Davon flossen 2006 235 Kubikkilometer Eis ins Meer – dreimal mehr als in den Jahren 1997 bis 2003. Bisher kam es pro Jahr zu durchschnittlich 6 Gletscherbeben, 2004 waren es 24, 2005 sogar 32.¹⁶

Bis 2006 nahmen die Wissenschaftler an, dass die Ostantarktis stabil sei und die Eismassen sogar zunähmen. Doch dann wurden zwei Studien veröffentlicht, die besagen, dass zwar mehr Schnee auf die Oberfläche fällt, aber auch mehr Eis verschwindet, weil die Fließgeschwindigkeit der Gletscher um 85 % zugenommen hat.¹⁷

¹⁵ (2) 37

¹⁶ Klimarevolution s.46

¹⁷ Klimarevolution s.44

2.2.3 Meereis

Auf Satellitenbildern der Arktis kann man erkennen, dass sich die Meereisfläche zwischen 1978 und 1998 um 5 % verringerte. „Im September 2002 war die Eisdecke noch 5,2 Millionen Quadratkilometer groß, fast eine halbe Million weniger als im langjährigen Durchschnitt zum Sommerende.“ Nicht nur die Fläche sondern auch die Mächtigkeit des arktischen Packeises nimmt ab. Zwischen 1991 und 2001 verkleinerte sich die durchschnittliche Mächtigkeit um 20 %.¹⁸ 1990 bedeckten 10,1 Millionen Quadratkilometer Eis die Arktis, 2006 waren es nur noch 9 Millionen und die Eisdecke ist nur noch 2,5 Meter mächtig, 40 % weniger als 1950.¹⁹ (Abb. 18 und 19)

Jedes Jahr schmilzt ein großer Teil des Packeises der Arktis im Sommer ab. Während der letzten 30 Jahre verlor das arktische Packeis pro Jahrzehnt 7,4 % seines Volumens. Laut Prognosen wird das Eis bis zum Ende des 21. Jahrhunderts im Sommer vollständig abschmelzen.²⁰

In letzter Zeit häufen sich in der Antarktis die Ereignisse, dass gigantische Eisberge abbrechen und dass Teile der Schelfeisflächen kollabieren. Im März 2000 riss der 11000 Quadratmeter große Eisberg B-15 vom Ross-Schelfeis ab. 2002 brach ein 3250 Quadratkilometer großes Teil des Larsen-Schelfeises in sich ein und zersplitterte in verschieden große Eisberge.²¹ (Abb. 21 und 22) Dies war nicht das erste, aber das größte Schelfeis das brach. Sechs Platten, jeweils größer als 4000 Quadratkilometer, kollabierten zwischen 1995 und 2005.²² (Abb. 20)

2.3 Ozean

2.3.1 Meeresspiegel

Während der letzten 15 Jahre stieg der Meeresspiegel um 3 Millimeter pro Jahr, davon werden 10 % auf die Schmelze in Grönland und der Antarktis zurückgeführt. Laut dem Weltklimarat wird der Meeresspiegel bis 2100 um 30 bis 50 Zentimeter ansteigen.²³

¹⁸ Alexandra Rigos, GEO s. 87-88

¹⁹ Klimarevolution s.46-47

²⁰ (2)37

²¹ Alexandra Rigos GEO s.88

²² Klimarevolution s.41

²³ (2) s.36

Würden die Gletscher Grönlands vollständig abschmelzen, dann käme es zu einem Anstieg des Meeresspiegels um 7 Meter, ein Abschmelzen des antarktischen Inlandeises hätte sogar eine Erhöhung um 57 Meter zur Folge.²⁴

Noch ausgeprägter ist der Effekt der Volumenzunahme des Wassers, da sich mit der Luft auch das Wasser erwärmt. Die thermische Ausdehnung bewirkt einen Meeresspiegelanstieg um 20 bis 40 cm pro Grad Celsius Erwärmung.²⁵ Dieser Prozess macht den größten Anteil am Anstieg des Ozeanpegels aus.

2.3.2 Ozeanzirkulation

Die Ozeanzirkulation ist einer der wichtigsten Faktoren für den Klimahaushalt der Erde. Durch das Schmelzen der Eismassen kann es zu Veränderungen der Meeresströmungen kommen, was wieder zu einem abrupten und verstärkten Klimawandel führen würde.

Der Golfstrom verbindet die Weltmeere miteinander zu einem komplexen System. Ein Ausläufer dieses Systems, der Nordatlantikstrom, trägt wesentlich zum warmen Klima Europas bei.

Diese Ozeanzirkulation befindet sich in einer wichtigen Wechselwirkung mit der Arktis und beschreibt eine thermohaline Zirkulation. *Thermo* steht für Wärme und *halin* für Salz, diese Faktoren rufen die Meeresströmungen hervor. Unterschiede in der Temperatur und im Salzgehalt des Wassers sind der Grund für Bewegungen der Wassermassen. Im Nordatlantik, in dem das Wasser Richtung Arktis fließt, kommt es auf Grund der kalten Luft zu einer starken Abkühlung der höheren Ozeanschichten. Dadurch wird das oberflächennahe Wasser schwerer als das darunter liegende und es sinkt ab, außerdem gefriert ein Teil zu Meereis. Dabei wird Salz in die höheren Wasserschichten abgegeben, wodurch dieses Wasser noch schwerer wird und noch schneller in die Tiefen des Ozeans sinkt. Am Ozeanboden bewegt sich dieses Tiefenwasser in Richtung Süden. Diese komplexe Zirkulation zieht warmes Wasser aus den Tropen in Richtung Norden nach (Abb. 25).

Im Zuge des Klimawandels würde der Golfstrom aufhören zu fließen. Durch das Abschmelzen von Gletschern und Meereisflächen wird eine erhebliche Menge Süßwasser in

²⁴ (1)

²⁵ • ↑ Knutti, Reto und Thomas F. Stocker (2000): *Influence of the Thermohaline Circulation on Projected Sea Level Rise*, in: *Journal of Climate*, Vol. 13, S. 1997-2001, [online \(PDF\)](#)

das Meer fließen und den Salzgehalt des Wassers stark verringern. Gleichzeitig wird sich auf Grund der globalen Klimaerwärmung auch der Ozean erwärmen. Das Oberflächenwasser wird zu leicht werden und nicht in tiefere Schichten sinken können. Dadurch wird es keinen Austausch zwischen den Ozeanschichten mehr geben. Das salzarme, leichte Wasser wird auf der salzhaltigen, darunter liegenden Wasserschicht treiben, ohne sich zu vermischen. Dieser Vorgang könnte die gesamte thermohaline Zirkulation, somit auch den Golfstrom stoppen und es käme zu einer Abkühlung Europas.

Mit der Verlangsamung der Meeresströmungen würde sich auch der Wärmetransport nach Norden verringern und es könnte zu einer regionalen Abkühlung im Nordatlantik und in Europa kommen.

Dieser Prozess hätte auch Auswirkungen auf den Kohlendioxidkreislauf. Ein großer Teil des vom Menschen emittierten Kohlenstoffes wird derzeit noch in den Ozeanen aufgenommen und gespeichert, indem er in Wasser gelöst ist und in die Tiefen der Ozeane sinkt. Mit einer Verlangsamung der Ozeanzirkulation würde weniger Kohlendioxid in die Tiefsee befördert werden und es käme zu einem Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre. Dies würde den Treibhauseffekt und die globale Erwärmung beschleunigen.

2.4 Land

2.4.1 Permafrost

Die arktische Tundra, die sich auf den Kontinenten Amerika und Eurasien ausbreitet, ist nicht ganzjährig von Eis bedeckt. Die Böden dieser Region sind durchgehend gefroren. Die so genannten Permafrostböden können bis in eine Tiefe von 1500 Metern reichen und tauen nur im Sommer oberflächlich auf. In diesen Dauerfrostböden sind große Mengen an Kohlenstoff gebunden. Beim Auftauen dieser Böden wird Kohlenstoff in Form von Methan und Kohlendioxid freigesetzt. Die Treibhausgase werden in die Atmosphäre abgegeben und verstärken die Erderwärmung, so dass die Schmelztiefe des Permafrostbodens zunimmt.

²⁶ Alexandra rigos GEO s.89

Methan hat als Treibhausgas eine 20-fach stärkere Wirkung als Kohlendioxid. Allein Westsibirien speichert rund 79 Milliarden Tonnen dieses Gases.²⁷

Auch dieser Prozess führt zu einer positiven Rückkopplung. Je wärmer es wird, desto tiefer taut der Permafrostboden auf und desto mehr Treibhausgase werden freigesetzt, welche die Erwärmung fördern.

Seit 1990 sind die Gebiete der Permafrostböden um 15 % kleiner geworden²⁸ und während der letzten 30 Jahre wurde eine Erwärmung dieser Böden in 20 Metern Tiefe um 1 bis 2 °C gemessen.²⁹

²⁷ Klimarevolution s.141

²⁸ (2)s37

²⁹ (1)[11]

3 Folgen

3.1 Ökosystem

3.1.1 Verschiebung der Vegetationszonen

In der Arktis kommt es auf Grund der Klimaerwärmung und der daraus resultierenden Veränderungen der Permafrostgebiete zu Verschiebungen der Vegetationszonen. Dies wird besonders in der Tundra erkennbar sein. Da es in der Antarktis keine Tundra gibt, ist dieser Prozess dort nicht relevant.

Die Vegetationszonen werden sich nach Norden verschieben. Doch die Tundra ist in diese Richtung durch den Arktischen Ozean begrenzt und kann sich deswegen nicht verlagern. Da aber die nächste Vegetationszone, die Taiga oder auch der boreale Nadelwald, nach Norden rücken wird, wird sich das Gebiet der Tundra verkleinern.

Die in der Tundra lebenden Pflanzen und Tiere haben sich im Laufe der Zeit an diese extremen Lebensbedingungen angepasst. Sie können sich aber wegen ihrer Spezialisierung nur sehr langsam verändern und neu anpassen, außerdem sind sie aus demselben Grund nicht konkurrenzfähig. Derzeit war ein Ansiedeln von höher entwickelten Pflanzen in der Tundra wegen der niedrigen Temperaturen und der gefrorenen Böden nicht möglich. Doch mit der Erwärmung des Klimas und dem Auftauen der Böden werden sich die ersten Pionierarten höher entwickelter Pflanzen in diesen Bereichen ansiedeln und die alte Vegetation verdrängen. Mit diesem Prozess könnte das gesamte Ökosystem mit 600 Moos- und 2000 Flechtenarten verschwinden. Aus Satellitenbildern kann man erkennen, dass die Tundra während der letzten 20 Jahre *grüner* geworden ist, was eine größere Verbreitung von Buschwerk erkennen lässt.³⁰

Nicht nur die Tundra wird sich verändern, auch alle anderen Vegetationszonen werden sich wandeln. Eine Vegetationswanderung ist zwar möglich, aber eher mit Veränderungen der Ökosysteme zu erwarten. Die unterschiedlichen Arten haben auch verschiedene

³⁰ (1)

Verhaltensformen und passen sich verschieden an die neuen Bedingungen an. Somit werden die ursprünglichen Ökosysteme auseinander brechen und neue Vegetationsformen entstehen.

Die Verschiebung der Taiga in die subpolaren Gebiete hat sowohl positive als auch negative Folgen. Eine größere Waldfläche bindet mehr Kohlendioxid und könnte somit die Klimaerwärmung abschwächen. Dieser Effekt wird aber nicht so stark in Erscheinung treten, da sich die Landoberfläche verdunkeln wird, somit die Albedo sinkt und mehr Wärme absorbiert wird. Außerdem steigt mit der Verbreitung der Waldgebiete und den Temperaturen auch die Waldbrandgefahr, was wiederum zum Freisetzen von erheblichen Mengen an Kohlendioxid führen wird.

3.1.2 Tierwelt

Mit der Verschiebung der Vegetationszonen wird die Lebensgrundlage der in den Polargebieten lebenden Tiere zerstört. Die Brutgebiete der Zugvögel reduzieren sich. Bis zum Ende des Jahrhunderts sollen die Vogelarten bis zu 50 % ihrer Brutstätten verlieren, was zu einer drastischen Verringerung der Individuenzahl führen würde.³¹

Das Leben, das sich vor allem an den Küsten und auf dem Meereis ausgebildet hat, ist vom Bestand des Eises abhängig. Der Rückgang des Eises erschwert vor allem den Säugetieren, wie den Eisbären und den Robben, die Aufzucht der Jungen und die Suche nach Nahrung.

Besonders drastisch hat sich das Leben der Eisbären verändert. Ohne Packeis können sie nicht jagen und müssen hungern. Laut Untersuchungen in Alaska wiegen die Eisbären 50 % weniger als vor einigen Jahrzehnten. Die wenigen Jungtiere, die überhaupt geboren werden, überleben die ersten Monate oft nicht. Viele Eisbären ertrinken beim Versuch, weite Distanzen des Ozeans zu überwinden. Laut Zählungen müssen allein im September 2004 rund 40 Bären ertrunken sein. Von 1987 bis 2007 ist die Population in Alaska um 25 % auf 900 Tiere gesunken. Nur noch 31 % der Eisbären leben auf Packeis, der Rest ist an die Strände ausgewichen. Der Hunger führt die Eisbären zum Kannibalismus, vor allem die größeren Männchen fressen ihre Artgenossinnen. Insgesamt gibt es zurzeit noch rund 25.000 Eisbären auf der Erde.³²

³¹ germanwatch s. 10

³² klimarevoluion 48-49

3.2 Ökonomische Folgen

3.2.1 Fischerei

Mit der Verschiebung des Klimas ändert sich auch das Vorkommen der Fische. Da sie sich nicht so schnell an die wärmeren Bedingungen anpassen können, ziehen die Fischarten Richtung Norden. Für die Fischerei hat dies negative Folgen, da in den polaren Gewässern der Fischfang schwerer möglich ist als in den früheren Verbreitungsgebieten der Fische. Die Fangmengen im Beringmeer und im Nordatlantik haben stark abgenommen.

In Norwegen und um die Färöer Insel werden Fische in Aquakulturen gezüchtet. In diesen hochmodernen Anlagen leben die Fische, vor allem Lachse und Forellen, auf engstem Raum. Bei einer weiteren Temperaturerhöhung des Wassers könnte man eine Erhöhung der Wachstumsrate erwarten, doch wahrscheinlicher ist ein Überschreiten der Temperaturtoleranz, welches ein Fischsterben zur Folge hätte. Ein weiterer Nachteil der Wassererwärmung wäre die Ausbreitung von Krankheiten. Um dies zu verhindern, müssten diese Aquakulturen unter hohem Geldaufwand weiter nach Norden verschoben werden.

Bis 2003 stieg die Fischproduktion der Färöer Inseln stetig an. In diesem Jahr wurde ein Rekordertrag von 53 000 Tonnen Lachs erzielt. Doch dann bestanden finanzielle Probleme auf Grund von Fischkrankheiten und toxischer Algenblüten. Seit dem nahm die Produktion rasant ab bis 2006 nur noch 10 000 Tonnen Lachs erwirtschaftet wurden.³³

3.2.2 Schifffahrt

In den letzten Jahrzehnten nahm das Packeis in der Arktis stark ab. Seine Fläche verringerte sich um 5 – 10 % und die Eisschicht wurde um 10 – 15 % dünner. Dieser Prozess hat einen Vorteil für die Schifffahrt, da er neue, kürzere Seewege zwischen Europa und Ostasien eröffnet.

Der Nördliche Seeweg ist der offizielle Name des Schifffahrtswegs im Norden Eurasiens. Seit 1991 darf er von internationalen Schiffen verwendet werden. Derzeit beträgt die Schifffahrtsaison, die Anzahl der Tage im Jahr, an denen diese Route schiffbar ist, 20 – 30

³³ acia 67

Tage. 2080 könnte sich das bei den derzeitigen Trends bis auf über 100 Tage im Jahr ausweiten.

Die Nordwestpassage ist der Seeweg im Norden Amerikas. Bisher war die Nutzung dieses Seewegs zu gefährlich und für Transportschiffe unpassierbar. Im September 2007 zeigten Satellitenbilder der ESA die erstmals völlig eisfreie Nordwestpassage. Dies bedeutet, dass dieser Seeweg schiffbar ist und in Zukunft häufiger genutzt werden wird, da man große Ersparnisse an Zeit und Weg erhält.³⁴

Die Öffnung der nördlichen Seewege bringt aber auch Nachteile mit sich. Es wird zu politischen Streitigkeiten und Hoheitsansprüchen kommen. Außerdem wird die Nutzung dieser Seewege ökologische Folgen mit sich führen. Das Risiko von Unfällen wächst, da die nördlichen Seewege vor allem wegen Eisbergen schwieriger passierbar sind. Ölteppiche würden die Umwelt zerstören.

3.2.3 Landwirtschaft

Derzeit ist Landwirtschaft in den Polargebieten auf Grund der eisigen Temperaturen kaum möglich. Kurze Wachstumsperioden, wenig Wärme und lange Winter schränken den Anbau von Pflanzen ein. Vor allem Viehzucht wird betrieben. Rinder, Schafe, Schweine und Geflügel werden gezüchtet. Außerdem werden Futterpflanzen für die Tiere sowie Winter-Gemüse und kleinere Getreidesorten angebaut.³⁵

Doch mit der Klimaerwärmung und der daraus resultierenden Verschiebung der Klimazonen könnten diese kalten Regionen bald landwirtschaftlich nutzbar sein. Wenn die Sommer länger und die Winter wärmer werden, würden Pflanzen, die derzeit nur in der Gemäßigten Zone angebaut werden, auch in den Polargebieten überleben.

Die Faktoren, die die Landwirtschaft jetzt und in den nächsten Jahrzehnten einschränken werden, sind geringe Bevölkerungsdichte und mangelnde Infrastruktur.

In einigen Randgebieten der Arktis wird schon jetzt Landwirtschaft betrieben. So werden in Südgrönland die ersten Kartoffeln angebaut.³⁶ In dieser Region denken die Bauern auch schon darüber nach, Rinderzucht zu betreiben und Brokkoli und Chinakohl anzubauen.³⁷

³⁴ <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,505951,00.html>

³⁵ acia 57

³⁶ 2

³⁷ klimarevolution 46

3.2.4 Schädigung der Infrastruktur

Wenn die Permafrostböden schmelzen, hat dies Folgen auf die Wirtschaft in der arktischen Tundra. Ein großer Bereich der Arktis ist nur im Winter zugänglich, da in dieser Zeit die Böden gefroren sind. Die Zahl von Straßen und Brücken, die im Sommer nicht befahrbar sind, steigen. Viele Ortschaften sind für den Transport von Lebensmitteln und anderen Dingen von diesen Eiswegen abhängig.

Auf Grund der Klimaerwärmung bildet sich das Eis später und schmilzt früher, als es noch vor einigen Jahren der Fall war. Die Tage an denen man die Straßen problemlos befahren konnte, haben sich in Alaska von 200 auf 100 während der letzten 30 Jahre verringert. Die Qualität der Fahrbahnen wird immer schlechter. Aufbrüche wegen Frost und Schwächungen wegen der Schmelze beeinträchtigen die Straßen und hindern die Suche nach neuem Erdöl.

Viele Städte, Orte und Industrieanlagen wurden auf Permafrostboden gebaut. Da sich der Boden senkt, folgen Risse und Schäden an Häusern. Reparaturen, Wartungen und neue Bautechniken sind sehr teuer.

Im Norden Russlands entstehen durch die Beschädigung von Bahnstrecken und Flughäfen Probleme. Außerdem sind einige Öl- und Gasleitungen gebrochen, was zur Verunreinigung von Landstrichen und zur Öl- und Gasknappheit in einigen Siedlungen führt. In der sibirischen Stadt Jakutsk wurden über 300 Häuser wegen des Tauens des Permafrostbodens beschädigt.³⁸

Ein weiteres Problem für die Infrastruktur der Arktis stellen Überschwemmungen, Stein-, Schlamm- und Schneelawinen dar. Ausgelöst von starken Niederschlägen und hohen Temperaturen zerstören sie Straßen und Häuser.

3.3 Politische Folgen

Die ökonomischen Folgen der Erderwärmung beeinflussen das politische Weltgeschehen. Die bessere Zugänglichkeit zu den Ressourcen in den Polargebieten verursachen einige Spannungen zwischen den Staaten. Die Frage der Aufteilung der Arktis ist ungeklärt. Auch was 2041, wenn der Antarktisvertrag ausläuft, auf dem Südkontinent passieren wird, ist nicht vorhersehbar.

³⁸ acia 86-89

In nächster Zeit könnte es wegen der Nordwest- und der Nordostpassage zu politischen Streitigkeiten kommen. Die Fragen, zu wessen Territorien diese Seewege gehören und wer für ein Schiffsunglück haften würde, bestehen. Zwischen Russland, den USA und Japan könnte sich schon bald ein Fischereikrieg an der russischen Polarmeergrenze entwickeln.³⁹

3.4 Folgen für die indigene Bevölkerung

In der Arktis leben zahlreiche indigene Völker. Sie haben sich im Laufe von Jahrtausenden an die schweren Bedingungen angepasst. Sie lebten im Einklang mit der Natur und lernten sie richtig und bescheiden zu nutzen. Davon ist auch ihre Kultur und Sozialsystem geprägt.

Doch mit dem Klimawandel verändert sich ihr gesamtes Leben. Nicht nur ihre Kultur, sondern ihre gesamte Existenz ist in Gefahr.

3.4.1 Leben und Kultur

Weil die Lebensweise der indigenen Völker der Arktis an die Natur gebunden war, spüren sie die Veränderungen durch den Klimawandel direkt. Sie haben ihr Wissen über die Natur und ihre Kultur über Generationen weiter gegeben. Ihre Kultur besteht aus reichen Mythologien, mündlichen Überlieferungen, sowie Festen und Tierzeremonien. Die Jagd ist ein zentrales Thema.

Doch mit dem Klimawandel ist auch die Jagd schwieriger geworden. Das Wetter ist nicht mehr vorhersagbar und unbeständig, es verändert sich ungewohnt schnell. Es gibt mehr Stürme, Winde und Schneeverwehungen. Das Wetter verhält sich nicht den Jahreszeiten entsprechend, so regnet es im Winter gehäuft. Die Qualität des Schnees wandelt sich. Der Schnee wird härter und fester, so dass keine Iglus zum Schutz vor Sturm gebaut werden können. Im Sommer werden die Temperaturen unverhältnismäßig warm.

Auch eine sichere Fortbewegung ist nicht mehr möglich. Stellenweise sind der Permafrostboden, der Schnee und das Packeis nicht fest. Sogar geübte Jäger brechen im Eis ein (Abb. 31).

³⁹ geo 87

Die sonst so vertraute Umwelt verändert sich und wirkt auf die Völker der Arktis gefährlich und fremd. Dies kann sogar dazu führen, dass ganze Ortschaften übersiedelt werden müssen. So mussten die Bewohner von Shishmaref, einer Kleinstadt in Alaska, ins Landesinnere flüchten. Sie zählen zu den ersten Klimaflüchtlingen der Erde. Die neuen Umweltbedingungen machen ein Leben am Meer unmöglich.⁴⁰

3.4.2 Ernährung

Die Jagd wird nicht nur auf Grund der Veränderung der Umwelt erschwert, sondern auch wegen dem Verschwinden vieler Tiere. Dadurch ist die traditionelle Ernährung der indigenen Völker in Gefahr. Mit dem Rückgang des Packeises verschwinden auch die Robben und Seevögel und damit zwei wichtige Nahrungsquellen. Da die Robben weniger Junge bekommen und sie die Hauptnahrung der Eisbären sind, vermindern auch die Eisbären als Jagdtier der Polarvölker.

3.4.3 Gesundheit

Der Klimawandel wird auch die Gesundheit der Arktis-Bewohner beeinflussen. Welche Auswirkungen er haben wird, kann sehr unterschiedlich sein und hängt von den Personen selbst, deren Lebensweise und Umfeld ab.

Die Klimaerwärmung wird auch positive Folgen auf die Gesundheit haben. Die Verletzungs- und Sterberaten sind in der Arktis im Winter auf Grund der niedrigen Temperaturen höher. Kältebedingte Verletzungen wie Unterkühlungen, Erfrierungen, bis hin zum Kältetod würden seltener werden.

Doch die Wärme bringt unberechenbare Umweltphänomene. Unvorhersehbare Ereignisse wie Fluten, Stürme, Felsstürze und Lawinen werden die Gesundheit gefährden. Schon jetzt sind die Menschen von der aufkommenden Anzahl an Mücken und anderen beißenden Insekten, die es früher in dieser Region nie gegeben hat, beeinträchtigt. Die Ausbreitung von krankheitserregenden Viren und Bakterien wird zunehmen. Die Trinkwasserqualität wird wegen des tauenden Permafrostbodens, der Küstenerosion und Schäden an Kanälen

⁴⁰ klimarevolution 55-56

abnehmen und die Übertragung von Krankheiten fördern. Auf Grund des Verschwindens der traditionellen Nahrungsquellen und der daraus resultierenden Veränderung der Ernährung erhöht sich das Risiko von Fettleibigkeit, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs.

Ein weiterer gesundheitsschädigender Faktor der Klimaerwärmung ist die erhöhte UV-Strahlung. Obwohl die Sonneneinstrahlung in der Arktis nicht so hoch ist, gefährdet sie die Menschen, da der Schnee die Strahlung reflektiert. Messungen haben bestätigt, dass die derzeitige junge Generation einer 30 % stärkeren UV-Strahlung ausgesetzt ist als frühere Generationen.⁴¹ UV-Strahlung kann zu Hautalterung, Hautkrebs, Augenschädigungen und einer Schwächung des Immunsystems führen.

⁴¹ acia 102

Zusammenfassung

Literaturverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Protokoll

Nachwort

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Gebrauch unerlaubter Hilfsmittel verfasst habe.

Datum

Unterschrift