

8750 Judenburg, Lindfeldgasse 10

Klimaerwärmung in der Arktis – ökologische, geopolitische und soziale Folgen



Vorwissenschaftliche Arbeit

verfasst von

Jana Katharina Tiffner

Klasse: 8BR

Betreuer: Prof. Mag. Andreas Brugger

12. März 2021

Abstract

In der Vorwissenschaftlichen Arbeit "Klimaerwärmung in der Arktis – ökologische, geopolitische und soziale Folgen" werden die Auswirkungen, die die Erderwärmung auf die Regionen nördlich des Polarkreises hat, näher beleuchtet.

Der erste Teil beschäftigt sich mit der Frage, wie es zu der extremen Erwärmung in der Arktis kommt. Durch die steigenden Temperaturen der Atmosphäre und Ozeane schmilzt dort im Sommer zunehmend die Meereisdecke. Verkleinert sich die Fläche von Meereseis, begünstigt das die Absorption von Sonneneinstrahlung, wodurch es zu einer weiteren Erwärmung kommt. Diese Kettenreaktionen führen dazu, dass der Klimawandel in der Arktis stärker ausgeprägt ist als sonst wo auf der Erde.

Im zweiten Teil der Arbeit wird auf die Frage eingegangen, welche Folgen der Klimawandel in der Arktis für Flora und Fauna, Geopolitik sowie die Bewohner*innen hat. Viele dort beheimateten Lebewesen müssen aufgrund der veränderten arktischen Klimabedingungen auf der Suche nach Nahrung und einem neuen Lebensraum Richtung Norden wandern. Andererseits zieht es Arten aus den südlicheren Breiten in die arktische Region. Während indigene Völker um ihre Kultur und Gesundheit fürchten, bringt der Klimawandel wirtschaftlich sowohl für die Anrainerstaaten als auch auf internationaler Ebene diverse Vorteile mit sich. Enorme Rohstoffquellen werden durch die Eisschmelze erschließbar, Möglichkeiten für neue Schiffsrouten tun sich auf.

Vorwort

Der Klimawandel ist heute ein so aktuelles Thema wie noch nie zuvor. Kaum ein Jahr vergeht, in dem nicht Schlagzeilen zu neuen Klimarekordwerten die öffentlichen Medien in Beschlag nehmen. Seit einigen Jahren wird auch die Arktis immer präsenter und so habe ich Ende 2019 erstmals einen ausführlichen Bericht über die Bedeutung der Klimaerwärmung für die Arktis und die damit verbundenen Folgen gelesen. Diese Darstellung hat mich zutiefst erschüttert: Noch nie zuvor hatte ich mir Gedanken darüber gemacht, was in der nördlichsten Region der Erde derzeit vor sich geht.

Meine Eltern haben mir von Kind an stets versucht bewusst zu machen, was die menschengemachte Umweltverschmutzung für unseren Planeten bedeutet und was jede*r Einzelne von uns tun kann, um die Auswirkungen der drohenden (und zum Teil schon eingetretenen) Katastrophe so weit wie möglich zu minimieren. Aus diesem Antrieb heraus und weil es mir persönlich ein großes Anliegen ist, habe ich mich dazu entschlossen, meine Vorwissenschaftliche Arbeit "Klimaerwärmung in der Arktis – ökologische, geopolitische und soziale Folgen" zu verfassen.

An dieser Stelle möchte ich ein großes Dankeschön an meine Eltern richten, die meine Aufmerksamkeit für umweltbewusstes Denken erweckt haben und beim Verfassen der Arbeit stets hinter mir standen. Vor allem aber möchte ich dem Betreuer meiner VWA, Prof. Mag. Andreas Brugger, danken, der mich bei der Schreib- und Recherchearbeit von Anfang bis Ende unterstützt hat!

Inhaltsverzeichnis

Αl	ostract.		2				
V	orwort .		3				
1.	Einleitung						
	1.1.	Problemstellung und Zielsetzung	5				
	1.2.	Arbeitsgrundlagen und Methodik	6				
	1.3.	Geographische Grunddaten zur Lage der Arktis	6				
2.	Glok	pale Klimaerwärmung	8				
3.	Die .	Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Arktis	10				
	3.1.	Auswirkungen auf das arktische Klima	10				
	3.2.	Auswirkungen des Klimawandels auf das Meereis	13				
	3.3.	Auswirkungen des Klimawandels auf Permafrostböden	15				
4.	Öko	logische Folgen	17				
	4.1.	Auswirkungen auf die arktische Flora	17				
	4.2.	Auswirkungen auf die arktische Fauna	21				
	4.2.	1. Lebensgrundlage Meereis	21				
	4.2.	2. Lebensgrundlage Meer	22				
	4.2.	3. Lebensgrundlage Festland	24				
5.	Geo	politische und wirtschaftliche Folgen	26				
	5.1.	Geopolitische Aufteilung der Arktis	26				
	5.2.	Rohstoffe	27				
	5.3.	Schifffahrt	28				
	5.4.	Geopolitische Spannungen	30				
6.	Folg	en für die Arktisbewohner*innen	33				
	6.1.	Einwohner*innen der Arktis	33				
	6.2.	Auswirkungen auf Kultur und Lebensumstände	33				
	6.3.	Auswirkungen auf die Gesundheit	35				
7.	Resi	imee	36				
Li	iteraturverzeichnis37						
Αl	Abbildungsverzeichnis39						
Αı	Anhang41						
	Begriffserklärungen41						
Se	Selbstständigkeitserklärung42						

1. Einleitung

1.1. Problemstellung und Zielsetzung

Die Vorwissenschaftlichen Arbeit "Klimaerwärmung in der Arktis – ökologische, geopolitische und soziale Folgen" behandelt die Thematik rund um die Auswirkungen der Klimaerwärmung in der Arktis. Die Folgen werden sowohl im globalen als auch lokalen Kontext beleuchtet. Meine Intention ist, die Aufmerksamkeit auf eine nicht mehr aufhaltbare Entwicklung zu richten, die jeden Einzelnen von uns in Zukunft direkt und indirekt betreffen wird. Das Bewusstsein vieler Menschen bezüglich dieses Themas ist teils noch nicht ausreichend vorhanden: Medien berichten zwar über die steigenden Temperaturen und das schmelzende Eis, aber eine wirkliche Vorstellung darüber, was diese Vorkommnisse bedeuten, bekommt man dadurch kaum.

Im Mittelpunkt der Ausarbeitung stehen folgende zwei Leitfragen:

- Wie kommt es zu dieser extremen Erwärmung in der Arktis?
- Wie wirkt sich die Klimaerwärmung in der Arktis im lokalen, wie im globalen Kontext auf Ökologie, Geopolitik und Betroffene aus?

Die vorliegende Arbeit besteht aus sechs Hauptkapiteln. Im ersten Kapitel "Globale Erwärmung" wird ein komprimierter Überblick sowohl über den derzeitigen weltweiten Stand bezüglich des Klimawandels sowie dessen Ursache(n) gegeben. Das zweite Kapitel "Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Arktis" behandelt die Veränderungen der arktischen "Eiswelt" bedingt durch den Klimawandel. Das folgende Kapitel "Ökologische Folgen" gibt einen Überblick über Folgen für die Tier- und Pflanzenwelt der Arktis. Was der Klimawandel für Rohstoffe, Schifffahrt und Geopolitik bedeutet wird im vierten Kapitel "Geopolitische und wirtschaftliche Folgen" näher beleuchtet. Die kulturellen und gesundheitlichen Folgen werden im anschließenden Kapitel "Folgen die Arktisbewohner*innen" thematisiert. "Resümee" Das gibt abschließend eine Zusammenfassung über die Auswirkungen des Klimawandels in der Arktis.

1.2. Arbeitsgrundlagen und Methodik

Beim Verfassen der Arbeit habe ich mich vor allem auf schriftliche Quellen gestützt. Dazu zählen sowohl wissenschaftliche Berichte als auch Artikel aus Zeitschriften und von Webseiten. Aufgrund COVID-19 konnte ich mein im Vorerhebungsbogen angegebenes Interview mit einem Experten der Medizinischen Universität Wien leider nicht durchführen. Im Rahmen eines Online-Vortrags des Wiener Umweltmediziners DI Dr. Hans-Peter Hutter, in dem er über die gesundheitlichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Menschen sprach, konnte ich mir einige Hintergrundinformationen zu den Kapiteln "Globale Erwärmung" und "Folgen für die Arktisbewohner" zunutze machen.

1.3. Geographische Grunddaten zur Lage der Arktis

Die Arktis lässt sich als Region nicht eindeutig abgrenzen. Die älteste und am weitesten verbreitete Methode ist die Begrenzung durch den Polarkreis in 66° 33' nördlicher Breite, der den Arktischen Ozean und die nördlichen Landesteile der fünf Küstenstaaten Dänemark, Kanada, Russland, Norwegen und USA umfasst. Da sich der Polarkreis weitgehend nicht mit der arktischen Klimazone deckt und subpolare Gebiete, wie das Beringmeer, die Hudson Bay und der Süden Grönlands, die den polaren Kernzonen ähneln, nicht inkludiert, ist diese Methodik umstritten. Alternativ kann die Arktis durch für die Region typische Merkmale bemessen werden: So wird die Arktis vegetationsgraphisch durch die nördliche Baumgrenze definiert, also durch jene Gebiete, in denen nur noch die baumlose Tundra existiert. Eine weitere mögliche Abgrenzung erfolgt durch die 10-Grad-Celsius-Juli-Isotherme - einer imaginären Linie, nördlich derer die monatliche Mitteltemperatur im mehrjährigen Durchschnitt auch im wärmsten Monat unter 10 Grad liegt. Zwar deckt sich diese mit der Baumgrenze (demnach würde die Arktis ein Gebiet von 20 Millionen Quadratkilometern umfassen), doch aufgrund der globalen Erwärmung steht auch diese Bemessung in der Kritik. Das Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP: siehe Anhang) definiert die Arktis nach Salz- und Süßwassergebieten. Laut dieser Definition sind die Hudson Bay und das südlich der Barentssee gelegene Weiße Meer wesentliche Bestandteile der Region. Alle acht Arktisstaaten (neben den direkten Anrainerstaaten auch Island, Schweden und Finnland) sind

in dieser großflächigen Abzirkelung inkludiert. In Abbildung 1 sind alle der genannten Abgrenzungsmöglichkeiten ersichtlich. ^{1, 2}

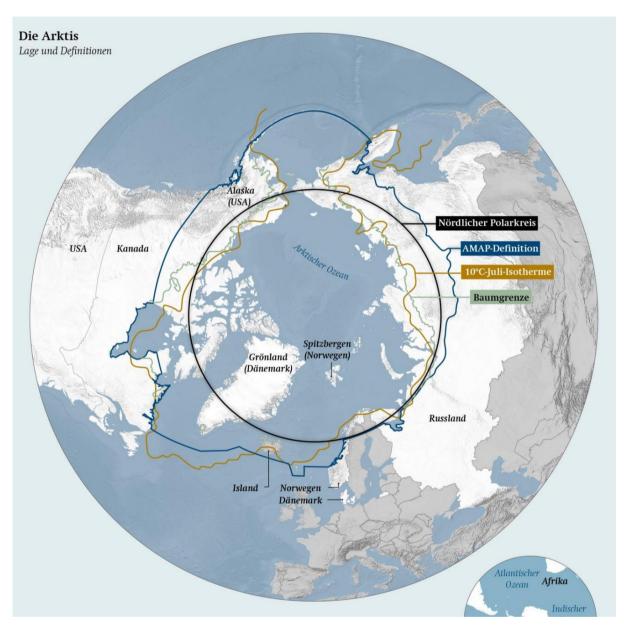


Abbildung 1: mögliche Abgrenzungen der Arktis

¹ Umweltbundesamt (2016): Geographie der Arktis. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/arktis/wissenswertes-zur-arktis/geographie-derarktis#keine-klare-grenze-nach-suden [Zugriff: 28.02.2021].

² Paul, Michael (2020): Arktische Seewege. Zwiespältige Aussichten im Nordpolarmeer. Berlin: SWP, S. 7. [Im Folgenden zitiert als: Paul (2020): Seewege].

2. Globale Klimaerwärmung

Das Jahr 2020 sorgte in Europa klimatologisch für Schlagzeilen: Seit Aufzeichnungsbeginn Mitte des 19. Jahrhunderts war es noch nie so warm gewesen. Rund 1,6 Grad Celsius lag die Durchschnittstemperatur laut dem Copernicus-Klimawandeldienst über der des Referenzzeitraums von 1981 bis 2010 und damit 0,4 Grad über dem bisherigen Rekordjahr 2019. Global betrachtet lagen die Temperaturen des Jahres 2020 zusammen mit denen des Jahres 2016 auf Platz eins der Hitzerekordjahre.³

Leben auf der Erde wäre ohne den Treibhauseffekt, der zur Erwärmung der bodennahen Atmosphäre führt, nicht möglich. Kurzwellige Sonnenstrahlen dringen fast ungehindert bis zur Erdoberfläche vor. Langwellige Strahlung wird in Folge wieder reflektiert, in der Atmosphäre von den sogenannten Treibhausgasen absorbiert und erneut Richtung Erde abgestrahlt, was zu einer weiteren Erwärmung führt. Zu den wichtigsten und klimawirksamsten Treibhausgasen zählen Wasserdampf (H₂O), Kohlendioxid (CO₂), Distickstoffoxid (N₂O), Methan (CH₄) und Ozon (O₃). All diese Gase sind bereits ohne menschliches Zutun in der Erdatmosphäre vorhanden – deswegen wird auch von dem in Abbildung 2 dargestellten natürlichen Treibhauseffekt der Erde gesprochen. Er bewirkt, dass die Lufttemperatur in Bodennähe durchschnittlich 15 Grad Celsius beträgt – ansonsten würde die globale Mitteltemperatur bei -18 Grad Celsius liegen. Wissenschaftler*innen stellten eine starke Zunahme der Konzentration an Treibhausgasen in der Erdatmosphäre seit Beginn der Industrialisierung fest – es wird vom anthropogenen (menschengemachten) Treibhauseffekt gesprochen. Allein die Konzentration des wichtigsten Treibhausgases Kohlendioxid stieg im Zeitraum von 1750 bis 2008 von 280ppm (d.h. auf eine Million Luftmoleküle kommen 280 Kohlendioxidmoleküle) auf 384ppm an. Diese Entwicklungen führten dazu, dass die globale Mitteltemperatur im Beobachtungszeitraum 1906 bis 2007 um durchschnittlich 0,74 Grad Celsius stieg. Die Forscher*innen gehen davon aus, dass der Großteil der Erwärmung des 20. Jahrhunderts dem anthropogenen Treibhauseffekt zuzuschreiben ist.^{4,5}

³ ORF (2021): EU-Projekt: 2020 wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. URL: https://orf.at/stories/3196504/ [Zugriff: 27.02.2021].

⁴ Umweltbundesamt (2013): Wie funktioniert der Treibhauseffekt? URL: https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-funktioniert-der-treibhauseffekt [Zugriff: 27.02.2021].

⁵ Schinke, Boris [u.a.] (2010): Globaler Klimawandel: Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten. 3. Aufl. Berlin/Bonn: Germanwatch. S. 7. [Im Folgenden zitiert als: Schinke (2010): Globaler Klimawandel].

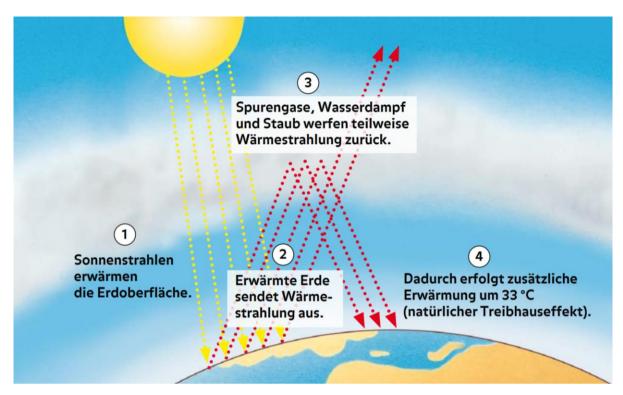


Abbildung 2: Der natürliche Treibhauseffekt.

Ungefähr 93 Prozent dieser Wärme wurden in der Vergangenheit von den Ozeanen aufgenommen und in ihren Tiefen verteilt, der Rest trug zu einer Erwärmung der Luft bei und sorgte so dafür, dass die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde in den letzten 150 Jahren um rund 1 Grad Celsius anstieg. Dieser vergleichsweise moderate Anstieg ist den Weltmeeren zu verdanken, die zirka ein Drittel des bis heute vom Menschen verursachten Kohlendioxids aufgenommen haben. Die Kapazität der Ozeane erschöpft sich jedoch, immer weniger CO₂ kann von ihnen gebunden werden. Über die letzten 50 Jahre wurde ein stetiges Sinken der Aufnahmefähigkeit festgestellt. Somit tragen die wärmer werdenden Meere zusammen mit dem ungebremsten Treibstoffausstoß verstärkt zur globalen Erwärmung bei.^{6,7}

⁶ Schinke (2010): Globaler Klimawandel, S. 7f.

⁷ Lehmköster, Jan [u.a.] (2019): world ocean review 6. Arktis und Antarktis – extrem, klimarelevant, gefährdet. Hamburg: maribus gGmbH, S. 146. [Im Folgenden zitiert als: Lehmköster (2019): world ocean review 6].

3. Die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf die Arktis

3.1. Auswirkungen auf das arktische Klima

"Chinesische Frachtschiffe, amerikanische Fischerboote, deutsche Kreuzfahrtschiffe." So beschrieben Wissenschaftler*innen das Bild, das ihnen die Arktis bei einer Überquerung per Schiff im Juli 2017 bot. Von den massiven Eisschollen, die den britischen Polarforscher John Franklin an seiner Expedition im Jahre 1845 scheitern ließen, ist nicht mehr viel übrig. Meereis und Schneedecke schwinden in alarmierend raschem Tempo, Gletscher schrumpfen, die Temperatur des Meerwassers steigt kontinuierlich und von dauergefrorenem Permafrostboden (vgl. Kapitel 3.4) kann man in vielen arktischen Gebieten schon lange nicht mehr sprechen. 9,10

Global betrachtet zeigt sich die durch den Menschen gezeugte Klimaerwärmung nirgendwo so stark wie im hohen Norden – hier kam es allein in den letzten 50 Jahren zu einer doppelt so starken Erwärmung wie im Rest der Welt. Obwohl die globalen Ozeane nur langsam auf Umweltveränderungen reagieren, da das Salzwasser beim Zirkulieren um den Planeten in der Polumgebung wieder abgekühlt wird, nehmen auch ihre Temperaturen seit Jahrzehnten weltweit kontinuierlich zu. Der Trend ist vor allem in den 700 Metern unter der Meeresoberfläche beobachtbar, zunehmend aber auch in Tiefen bis zu 2.000 Metern. 11

Die Richtung Pol strömenden Wassermassen nehmen die gespeicherte Wärme mit und führen so zu einem Anstieg der Meeresoberflächentemperatur in den eisfreien Gebieten der Arktis und einer früheren Schmelze des Meereises. Seit den 90er-Jahren ist die Temperatur des aus dem Nordatlantik kommenden Meerwassers um 1 Grad Celsius gestiegen. Gleichzeitig sorgt die früher einsetzende Eisschmelze dafür, dass weite Flächen des Nordpolarmeeres in den Sommermonaten für längere Zeit eisfrei sind und somit mehr Sonnenenergie aufnehmen und speichern können, infolge dessen die Meerestemperaturen weiter zunehmen. Das Einströmen des warmen Wassers bringt weitere Nebeneffekte mit sich, denn je wärmer das Wasser ist, desto mehr verdunstet davon – Nebel und Wolken entstehen. Diese wiederum haben zur Folge, dass weniger Wärme abgestrahlt wird, diese sich bodennah anstaut und die Umgebung

⁸ Mian, Marzio G. (2019): Die neue Arktis. Der Kampf um den hohen Norden. Wien/Bozen: Folio Verlag,

S. 53. [Im Folgenden zitiert als: Mian (2019): neue Arktis].

⁹ Mian (2019): neue Arktis, S. 52f.

¹⁰ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 110.

¹¹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 111-114.

weiter erwärmt. Forscher*innen prognostizieren, dass Luftfeuchtigkeit und Niederschlag weiter zunehmen und die Eisschmelze vorantreiben werden.¹²

Besonders deutlich werden die Folgen des warm einströmenden Wassers in der Barentssee, der Schnittstelle zwischen Nordeuropa und dem Arktischen Ozean, die in Abbildung 3 kartografiert ist.

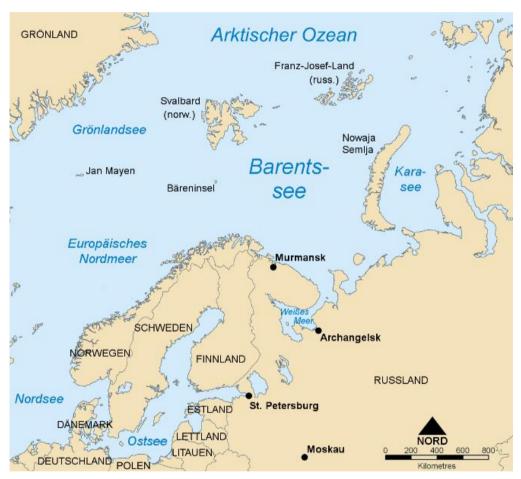


Abbildung 3: geographische Lage der Barentssee

Von Meereis und einer kalten Oberflächenschicht ist im südlichen Teil nichts mehr zu sehen. Die warmen Meeresströmungen dringen vom Atlantischen Ozean immer weiter Richtung Norden und lassen vermuten, dass ein Rückgang des Eises auch in der nördlichen Barentssee unvermeidlich sein wird. Das fehlende Meereis führt zu zwei weiteren Ereignissen: Zum einen zur Durchmischung der Wassermassen, wodurch warmes Wasser an die Oberfläche gelangt und die Bildung von neuem Meereis verhindert, zum anderen zu einer durch die Durchmischung der Ozeane bedingte Wärmeabgabe in die Atmosphäre. "Durch die

-

¹² Lehmköster (2019): world ocean review 6, S.114-116.

Klimaerwärmung wurden Prozesse im Klimasystem der Erde in Gang gesetzt, die sich in ihrer Wirkung gegenseitig verstärken und vor allem im Nordpolargebiet zunehmend spürbar werden."¹³ Man spricht von der arktischen Verstärkung. Auch in der Labradorsee vor Kanada, sowie der Bering- und Tschuktschensee vor Alaska lassen sich ähnliche Vorgänge beobachten. Wie Abbildung 4 zeigt, vermuten Forscher*innen bei einem RCP-Faktor (siehe Anhang) von 4.5, bei dem sich Emissionen und Treibhausgaskonzentrationen moderat entwickeln, einen Anstieg der Herbst- und Wintertemperaturen für die Arktis um durchschnittlich 4 Grad Celsius in den nächsten 30 Jahren. Bei einem Faktor von 8.5, unter dem es zu einem kontinuierlichen Anstieg der Treibhausgasemissionen bis Ende des 21. Jahrhunderts käme, wäre das Szenario noch weitaus dramatischer.^{14, 15}

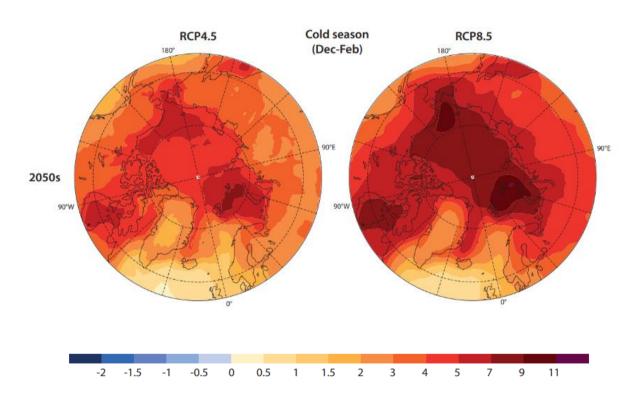


Abbildung 4: prognostizierter Temperaturanstieg in den Wintermonaten der Arktis bis zum Jahr 2050 in Grad Celsius

٠

¹³ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 119.

¹⁴ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 116-119, 122.

¹⁵ Kriegler, Elmar (2016): Die RCP-Szenarien für den aktuellen 5. IPCC-Sachstandsbericht. URL: https://klimanavigator.eu/dossier/artikel/012038/index.php [Zugriff: 31.01.2021].

3.2. Auswirkungen des Klimawandels auf das Meereis

Die Meereisflächen auf der Nord- und Südhalbkugel sind wichtige Indikatoren für die Anzeige einer Erderwärmung. Wachsen sie, deutet dies auf eine Abkühlung des Klimas hin, schrumpfen sie, ist eine Erwärmung im Gange. Forscher*innen beobachten die Polarregionen aus diesem Grund seit Jahren interessiert und stellten fest, dass das Meereis maßgeblich zum Selbstkühlungsmechanismus der Erde beiträgt, da es die einfallenden Sonnenstrahlen mit einer Rückstrahlkraft von 20 bis 30 Prozent reflektiert. Seit 1979 wird die Größe des Meereises von Satelliten vermessen. Mittlerweile wurde bekannt, dass die Ausdehnung des Meereises in den vergangenen vier Jahrzehnten um mehr als 30 Prozent geschrumpft ist – dieser Rückgang ist im Sommer doppelt so stark zu spüren wie im Winter. Die Vorgänge sind mit der länger andauernden Schmelzsaison zu begründen, die früher beginnt und deutlich später endet. Im Durchschnitt verlängert sie sich um fünf Tage pro Jahrzehnt. Wie in Abbildung 5 ersichtlich ist, waren im September 2018 nur noch 4,59 Millionen Quadratkilometer der Arktis mit mehr als 15 Prozent Meereis bedeckt, 1980 waren es noch 7,57 Mio. Quadratkilometer.¹⁶

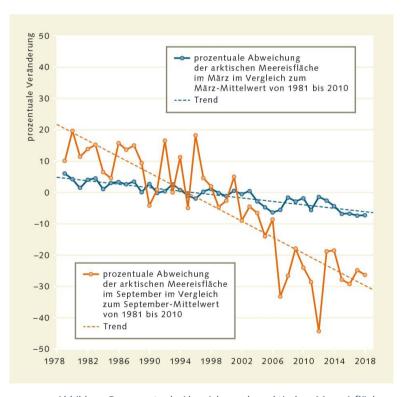


Abbildung 5: prozentuale Abweichung der arktischen Meereisfläche von 1981 bis 2010 im März und September

٠

¹⁶ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 132-134.

Auch die Dicke des Meereises leidet unter den steigenden Temperaturen. 1985 hatten 16 Prozent der Eisflächen einen Durchmesser von 4 bis 5 Meter und fielen so in die Kategorie "mehrjähriges Eis". Anfang 2018 konnten nur noch 0,9 Prozent des gesamten arktischen Meereises in diese Kategorie eingeordnet werden – ein Rückgang von 95 Prozent in nur 33 Jahren. Heute ist mit knapp 80 Prozent der Großteil des Eises nicht mehr älter als einen Winter. Die dünne Eisschicht bringt diverse negative Entwicklungen mit sich. Innerhalb von 40 Jahren sank die Rückstrahlkraft des arktischen Eises von 62% (1980) auf 37% (2019), fast die dreifache Menge an einfallendem Sonnenlicht wird heute im Gegensatz zu damals vom Ozean absorbiert und sorgt damit für die weitere Erwärmung der Weltmeere – es wird von einer positiven Rückkopplung bzw. der Eis-Albedo-Rückkopplung gesprochen. Die Albedo beschreibt das Reflexionsvermögen einer Oberfläche und kann einen Wert zwischen 0 und 1 annehmen. Je höher die Zahl, desto höher ist auch der Albedo-Effekt. Eine zunehmende Erdalbedo weist auf eine Abkühlung des Planten hin, eine sinkende auf eine Erwärmung. Abbildung 6 zeigt, dass die durch den Meereisrückgang entstandenen Wasseroberflächen weitaus mehr Sonnenlicht absorbieren als die Meereisflächen und somit den Arktischen Ozean verstärkt erwärmen. 17, 18

Wind und Wellen führen zum Aufbrechen der großen, dünnen Eisschollen, die kleinen, zerbrochenen Stücke sind wiederum anfälliger für das Schmelzen. Bedingt durch den rasanten Klimawandel wird es zukünftig in der Arktis ähnliche saisonale Bedingungen für das Meereis geben wie in der Antarktis. 2018 stellte der Weltklimarat fest, "dass bei einer globalen Erwärmung von 2° Celsius im Jahr das Nordpolarmeer in etwa zehn Jahren das erste Mal im Sommer eisfrei sein wird." Als "eisfrei" verstehen Wissenschaftler*innen die Arktis, wenn maximal eine Million Quadratkilometer der Gesamtfläche mit Eis bedeckt sind. 20

¹⁷ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 132-135.

¹⁸ Titz, Sven (2012): Helles Eis und dunkles Wasser – die Eisalbedo-Temperatur-Rückkopplung. URL: https://www.weltderphysik.de/gebiet/erde/atmosphaere/klimaforschung/eisalbedo/ [Zugriff: 20.2.2021].

¹⁹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 137.

²⁰ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 135-137.

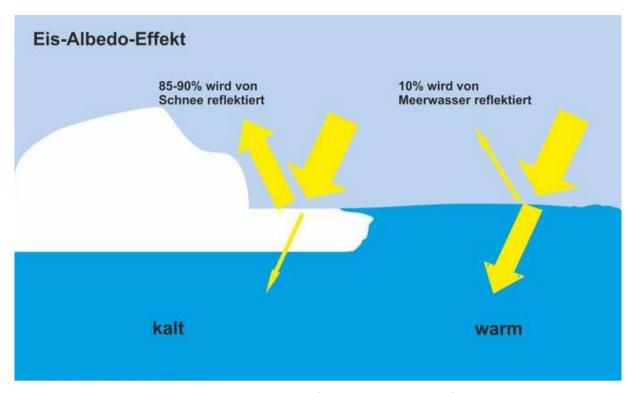


Abbildung 6: Darstellung des Einflusses von Eis und Meer auf die Albedo.

3.3. Auswirkungen des Klimawandels auf Permafrostböden

Als Permafrostboden wird jener Untergrund definiert, der in mindestens zwei aufeinanderfolgenden Jahren Temperaturen von 0 Grad Celsius oder weniger aufweist – man spricht auch von dauergefrorenem Boden. In der Arktis ist vor allem von kontinuierlichem Permafrost die Rede. Als solcher wird Untergrund bezeichnet, der mindestens zu 90 Prozent durchgefroren ist – im Gegensatz dazu umfasst der diskontinuierliche Permafrost jene Gebiete, deren Untergrund zu 10 bis 90 Prozent dauerhaft gefroren ist. Der Durchmesser eines kontinuierlichen Permafrostbodens variiert zwischen knapp einem Meter und mehreren hunderten Metern; in Zentralsibirien wurden in Extremfällen sogar 1.600 Meter gemessen. Die steigenden Temperaturen, vor allem in den Sommermonaten, führen zu einem frühen und weitläufigen Auftauen der oberen Schicht ("Auftauschicht") und zu einem wesentlich späteren Zufrieren. Wissenschaftler*innen rechnen damit, dass bei jedem Anstieg der Lufttemperatur um 1 Grad Celsius die Fläche des arktischen Permafrostbodens um 0,8 bis 2,3 Millionen Quadratkilometer schrumpft. Bei einer Erderwärmung von bis zu 3 Grad Celsius

würde es in der Arktis vermutlich nur noch in einigen wenigen Regionen permanente Dauerfrostböden geben.^{21, 22}

In den arktischen Permafrostböden sind riesige Mengen an Kohlenstoff in Form von organischen Überresten eingeschlossen. 60 Prozent der 1100 bis 1500 Milliarden Tonnen sind dauerhaft gefroren und blieben so bislang vollständig dem Kohlenstoffkreislauf der Erde entzogen. Zum Vergleich: Dieselbe Menge befindet sich derzeit als Kohlendioxid und Methan in der Erdatmosphäre. Mit dem Auftauen der Böden werden die Tier- und Pflanzenreste freigelegt und von Mikroorganismen zersetzt, wodurch der organische Kohlenstoff in Kohlendioxid oder Methan umgewandelt wird. Auf diese Weise könnten bis zum Jahr 2100 allein in der Arktis zusätzlich 140 Milliarden Tonnen an umgewandeltem Kohlenstoff in die Atmosphäre abgegeben werden – eine globale Erwärmung von 0,1 Grad Celsius wäre allein dadurch die Folge. Faktoren wie die durch den Klimawandel bedingt vermehrten Regenfälle beschleunigen diesen Prozess.²³

[.]

²¹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 139-141, 149.

²² Biskaborn, Boris (2019): Permafrost – Eine Einführung. URL: https://www.awi.de/imfokus/permafrost/permafrost-eine-einfuehrung.html [Zugriff: 20.02.2021].

²³ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 146f.

4. Ökologische Folgen

Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich mittlerweile auf dem gesamten Planeten – die stärksten Folgen zeichnen sich jedoch an den Polen ab. Die Lebensbedingungen sowohl für die an Land als auch die im Wasser lebenden Organismen ändern sich in rasantem Tempo – vom ursprünglichen Habitat ist oft kaum noch etwas übrig. Lebewesen adaptieren sich im Normalfall über zwei Etappen hinweg: Sie versuchen zunächst, sich möglichst schnell an die vorherrschenden Lebensbedingungen anzupassen (=Akklimatisierung). Gelingt ihnen das, ist es ihnen gewöhnlicherweise möglich, diese Anpassungen über mehrere Generationen hinweg zu vererben (=genetische Adaption). Die extreme Erwärmung am Nordpol macht den heimischen Lebewesen diese Anpassungen wesentlich schwerer: Die Umwelt verändert sich zu schnell, das Adaptieren benötigt zu lange – hochspezialisierte Organismen laufen Gefahr, sich nicht rechtzeitig anpassen zu können. Arktisforscher*innen stellten im arktischen Ökosystem anhaltende Trendbewegungen fest. Durch das Schrumpfen des Meereises verschwindet der Lebensraum für die Arten, die das Eis als Jagdgebiet, Ruheplattform und Kinderstube nutzen. Vögel und Säugetiere müssen weite Wege in die kälteren Gebiete nahe dem Pol auf sich nehmen, damit ihre Lebensbedingungen noch erfüllt werden. Das Beutespektrum ändert sich für viele Arten gezwungenermaßen. Die "Atlantifizierung" des hohen Nordens führt zusätzlich zu einem Zuzug von Arten aus den mittleren Breiten: verstärkte Konkurrenzkämpfe um verbliebene Nahrungsquellen sind die Folge. Die artenreichen und weitläufigen Nahrungsbeziehungen im arktischen Ökosystem drohen im Rahmen des Klimawandels zusammenzubrechen. ²⁴

4.1. Auswirkungen auf die arktische Flora

Wie Abbildung 7 zeigt, wird die Arktis in drei große Vegetationszonen eingeteilt: die Polarwüste, die Tundra und den nördlichen Teil des borealen Nadelwaldes. Während sich der boreale Nadelwald durch Bäume und Sträucher auszeichnet, finden sich in der Tundra nur Moose, Flechten und einige Zwergsträucher. In der Polarwüste, die den Großteil der hohen Arktis einnimmt, ist jegliche Form von verholzten Pflanzen abwesend. Nur wenige hochangepasste Arten sind in der Lage, unter den extremen Lebensbedingungen der letzteren

²⁴ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 218f, 236.

beiden Zonen zu leben. Vor allem sie sind aufgrund ihrer spezifischen Anpassungen auf stabile Umweltbedingungen angewiesen.²⁵

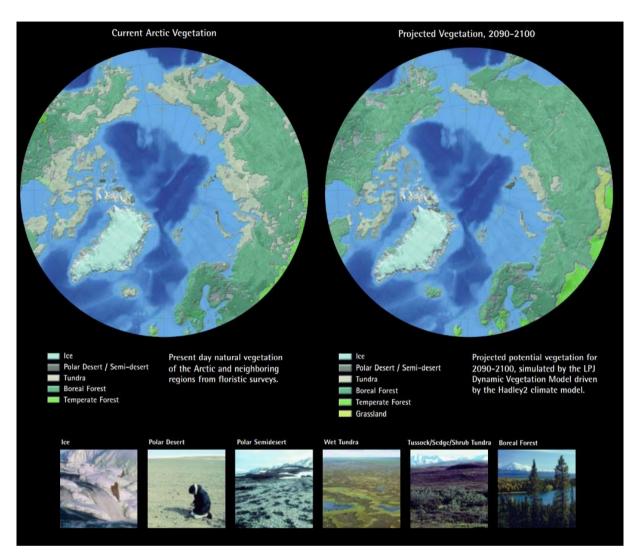


Abbildung 7: Vegetationszonen in der Arktis

Der boreale Nadelwald, auch Taiga genannt, hat einen hohen Wert für Ökonomie und Umwelt. Die Holzgewinnung trägt nicht nur bedeutend zum Exporterlös vieler arktischer Länder bei: Der Wald sammelt, modifiziert und verteilt auch einen Großteil des Süßwassers, das in das arktische Becken gelangt, dient als Brutgebiet für viele Waldzugvögel und bietet zahlreichen Säugetierarten einen Lebensraum. Die Klimaerwärmung zeigt schon jetzt viele Auswirkungen auf die bewaldeten Gebiete: Arten wie Birken und Espen aus gemäßigten Laub- und Mischwäldern schaffen vermehrt den Einzug in die Taiga. Für andere, ursprünglich beheimatete Nadelbaumarten wie die Weiß-Fichte *Picea glauca* hingegen bedeuten die

,

²⁵ Hassol, Susan Joy [u.a] (2004): Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report. Cambridge: University Press, S. 46f. [Im Folgenden zitiert als: Hassol (2004): ACIA]

veränderten Umweltbedingungen eine erzwungene Abwanderung in nördlichere Breiten. Die Zahl an Insektenplagen und Waldbränden nimmt ständig zu. Sobald die Sommertemperaturen Sibiriens von den heutigen 9,8 Grad Celsius auf 15,3 Grad ansteigen, soll die Fläche möglicher Waldbrandgebiete um 150% steigen. Das Auftauen des Permafrosts führt dazu, dass sich neue Sumpfgebiete bilden und mit dem Einsturz der Bodenfläche der Verlust vieler Bäume einhergeht. Die sich ändernden Klimabedingungen führen im borealen Nadelwald zu zwei weiteren spezifischen Ereignissen: dem Austrocknen großer Gebiete in der südlicheren arktischen Zone mit dem Rückgang von Bäumen sowie dem Rückzug bzw. der Verschiebung von bewaldeten Flächen nach Norden, wo sich der Erderwärmung geschuldet passende Lebensbedingungen etabliert haben. Mit den steigenden Temperaturen können sich in der Tundra erste Pionierarten des Nadelwalds ansiedeln – ein Konkurrenzkampf mit der heimischen Vegetation ist die Folge. 26.27

In der arktischen Tundra werden die alten Arten zunehmend durch neue ersetzt. Ihre spezifischen Ausprägungen beschränken die einheimischen Arten in ihrer Konkurrenzfähigkeit, sodass sie sich beim rasant fortschreitenden Klimawandel nicht mehr an die neu vorherrschenden Lebens- und Umweltbedingungen anpassen können. Die tundrische Flora ist gezwungen, sich in den Norden zurückzuziehen – doch dieser Verlagerung sind Grenzen gesetzt. Forscher*innen befürchten, dass die arktische Tundra enorme Flächen an die steigenden Temperaturen verlieren wird und somit auch als wichtiges Brutgebiet für Zugvögel verloren gehen wird. Die Ersetzung der tundrischen Vegetation durch die des borealen Nadelwaldes wäre bedingt durch weiter anhaltende ähnliche Klimaveränderungen wie in den letzten Jahren die Folge. Erfährt die Region einen noch dramatischeren Wandel, der keinen Rückzug mehr erlaubt, könnten neue Ökosysteme entstehen, die zum jetzigen Zeitpunkt auf der Erde nicht existieren. Teile des Nadelwalds könnten sich in Savannen und Grasländer verwandeln, da die Umweltbedingungen für die Nadelbäume dann nicht gegeben sind. Tatsache ist: Aufgrund des milderen Klimas wird die Arktis seit Jahrzehnten grüner. Abbildung 7 zeigt, dass in den nächsten 70 bis 80 Jahren voraussichtlich große Gebiete der heutigen Tundra dem borealen Nadelwald weichen werden. Mischwälder und Grasland

٠

²⁶ Broich, Ulrike/Faller, Cornelia/Zetsche, Sabine (2005): Klimawandel in der Arktis. Ein Resümee des ACIA-Berichts. Bonn: Germanwatch e.V., S. 8f. [im Folgenden zitiert als: Broich, Faller, Zetsche (2005): Klimawandel Arktis]

²⁷ Hassol (2004): ACIA, S. 50-52.

werden weitreichenderen Einzug in die südlichen Gebiete des borealen Nadelwalds erhalten.^{28, 29}

Auch die Flora und Vegetation des Meeres bleibt von den Auswirkungen der Klimaerwärmung nicht verschont. Marine Mikroorganismen wie Algen, die unter der Meereisdecke lagern, sind essentiell für die arktische Nahrungskette. Das temperaturbedingt schmelzende Meereis (vgl. Kapitel 4.2.) nimmt den Algen zum einen ihren Lebensraum, zum anderen lässt das großflächig vorkommende, dünne Meereis viel Sonnenlicht durch und führt zu einer früheren Blütezeit der Eisalge (Abb. 8). Wissenschaftler*innen rechnen zwar damit, dass die begünstigten Lichtbedingungen zu einem verstärkten und längeren Algenwachstum führen, doch die Verschiebung der Eisalgenblütezeit bedeutet für Zooplanktonarten wie den Ruderfußkrebs Copepoda (Abb. 9), deren Lebenszyklus genau auf den Vermehrungszyklus der Eisalge abgestimmt ist, eine Katastrophe. Mit dem Schmelzen der Meereisdecke geht auch die Änderung der Salinität des Wassers einher. Forscher*innen konnten bei Untersuchungen in der Beaufort-See beobachten, "dass zwischen 1970 und den späten 90ern die meisten der dort lebenden Eisalgen ausstarben und durch weniger produktive Süßwasseralgen ersetzt wurden. Der Verlust an Produktivität der marinen Organismen macht sich durch die Nahrungskette hinweg bis an ihre Spitze bemerkbar und führt zum erhöhten Nahrungsstress innerhalb der verschiedenen Ebenen."^{30 31, 32}



Abbildung 8: Eisalgen in Schmelzwassertümpel auf arktischem Meereis.



Abbildung 9: Ruderfußkrebs

²⁸ Broich, Faller, Zetsche (2005): Klimawandel Arktis, S. 8f.

²⁹ Hassol (2004): ACIA, S. 46, 50-52.

³⁰ Broich, Faller, Zetsche (2005): Klimawandel Arktis, S. 9.

³¹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 220.

³² Broich, Faller, Zetsche (2005): Klimawandel Arktis, S. 9.

4.2. Auswirkungen auf die arktische Fauna

4.2.1. Lebensgrundlage Meereis

Mehr als die Hälfte der arktischen Zone besteht aus Meer. Viele Tierarten sind darauf als Habitat und als Nahrungsquelle angewiesen und deswegen von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Das schmelzende Meereis sorgt für das Verschwinden von Ruheplattformen, Aufzuchtstuben und Jagdgebieten. Pazifische Walrosse nutzen größere Eisschollen, um zwischen Tauchgängen zu rasten und ihre Kinder zu gebären und großzuziehen. Der Rückgang an Meereis zwingt sie, sich auf das Festland zurückzuziehen, wo oft Tausende an einem Küstenabschnitt zusammenkommen. Löst ein Störfaktor eine Massenpanik unter den bis zu 100.000 Tieren aus, werden viele bei dem Versuch, zurück ins Meer zu fliehen, überrannt. Vor allem Jungtiere überleben diese Stampeden häufig nicht.³³

Auch Eisbären sind vom Rückgang des Meereises, das ihnen den einzigen Lebensraum bietet, gravierend betroffen. Die Tiere haben selbst im Ruhezustand noch einen enormen Energiebedarf, der sich nur durch die fettreichen Ringel- und Bartrobben decken lässt. Eisbären, die in Gebieten leben, in denen das Meereis im Sommer großflächig schmilzt, können keine Jagd mehr auf diese Tiere machen und sind gezwungen, in der eisfreien Zeit das Festland aufzusuchen. Die Futteralternativen an Land wie etwa Enten und andere kleine Säugetiere reichen allerdings kaum für ihren Energiebedarf. Dauert die sommerliche Fastenzeit zu lange an, sind viele, wie das Eisbärenweibchen in Abbildung 10, vom Hungertod bedroht. Zudem wird die Fortpflanzung beeinträchtigt und die Mortalität der Jungtiere steigt. Die Eisbären in der Arktis, von denen es im Jahre 2019 schätzungsweise 25.000 gab, werden in 19 Populationen aufgeteilt, von denen in acht die Bestandsentwicklung bekannt ist. Stimmen die Prognosen, werden die Raubtiere sowohl in der südlichen und westlichen Hudsonbucht als auch in der südlichen Beaufortsee in den kommenden 40 Jahren aussterben, insgesamt soll die Anzahl der in der Arktis lebenden Eisbären in dieser Zeitspanne auf ein Drittel herabfallen. Andere Tierarten, auf die sich das schmelzende Meereis negativ auswirkt, sind Meeresvögel wie Elfenbeinmöwen, für die das Eis als Brut- und Nistplatz herhält, aber auch eisabhängige Robben wie die Ringel- und Bartrobbe, die ihre Kinder auf

٠

³³ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 218-221.

dem Eis aufziehen. Ein Rückzug auf das Festland ist für sie kaum möglich, da ihre Jungen dort einer viel größeren Gefahr, von Prädatoren gejagt zu werden, ausgesetzt wären. ^{34,35}



Abbildung 10: Das bis auf Haut und Knochen abgemagerte Eisbärenweibchen dürfte nach dem Zeitpunkt der Fotoaufnahme nicht mehr lange überlebt haben.

4.2.2. Lebensgrundlage Meer

Wie bereits in Kapitel 3 angeführt, steigt mit der Klimaerwärmung auch die Temperatur der Ozeane. Die arktischen Meeresbewohner sind zu einem großen Teil wechselwarm und haben sich über Millionen von Jahren an die extremen Lebensbedingungen rund um den Nordpol angepasst. Wechselwarme Tiere weisen keine konstante und regulierte Körpertemperatur auf, sondern eine an die Umwelt angepasste. Steigt die Außentemperatur, steigen auch die Körperund Bluttemperatur – wechselwarme Tier werden mit steigender Wärme also immer agiler. Damit sind sie von der Umgebung unabhängiger als gleichwarme Lebewesen wie der Mensch. Forschungen ergaben, dass ein Anstieg der Meerestemperaturen um 3°C bis 4°C für wärmeempfindliche Spezies lebensgefährlich wäre. Arten mit einem, Umweltbedingungen

³⁴ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 221-224.

³⁵ Hassol (2004): ACIA, S. 59.

betreffend, derart kleinen Toleranzbereich werden als stenök bezeichnet. Der Toleranzbereich weist ein sogenanntes Optimum auf, den geeignetsten Wert für einen Organismus. Wie aus Abbildung 11 herausgelesen werden kann, wird die Kurve von Minimum und Maximum, bei denen sich der Organismus gerade noch so erhalten kann, begrenzt. Diese beiden Werte liegen bei stenöken Arten näher beisammen als bei euryöken (=großer Toleranzbereich). Aus der Toleranzkurve ergibt sich die ökologische Potenz, die einen durch Konkurrenz veränderten Toleranzbereich aufweist. 36,37

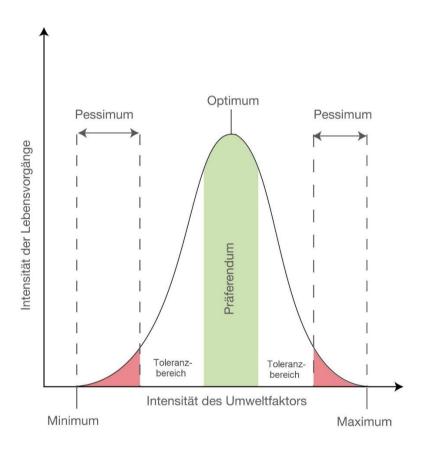


Abbildung 11: Toleranzkurve

Die meisten der polaren Arten allerdings würden einen Anstieg der Meerestemperaturen um 3°C bis 4°C langfristig überleben, für viele der wechselwarmen Meeresbewohner würde er sogar fördernd auf Entwicklung und Wachstum wirken. Übersteigt die Erwärmung den genannten Temperaturanstieg, heben sich die positiven Auswirkungen auf. Es kann eine höhere Sterblichkeit und Deformitätsrate bei Jungtieren festgestellt werden. Mit den erwärmenden Wassertemperaturen steigen Energie- und Sauerstoffbedarf der wechselwarmen Tiere. Um die normalen Körperfunktionen aufrecht zu erhalten, müssen die Betroffenen nun

36 Bilsing, Annelore [u.a.] (2004): Abiturwissen Biologie (DUDEN). Berlin/Mannheim: PAETAC GmbH/Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, S. 396.

³⁷ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 207, 226.

mehr Nahrung zu sich nehmen. Vor allem in den Polarnächten könnte diese Entwicklung schwere Folgen mit sich ziehen: Nur Individuen, die ausreichende Reserven angelegt haben, würden diese überleben. 38,39,40

Forscher*innen konnten in der Vergangenheit beobachten, dass die Akklimatisierung (=Anpassung der Tiere an veränderte äußere Bedingungen) bei Fischen und anderen wechselwarmen Organismen sehr viel Zeit benötigt und die Individuen langzeitig schwächt. Um sich der globalen Erwärmung anzupassen, weichen viele Meeresbewohner in größere Tiefen aus oder wandern wie die Landbewohner Richtung Norden ab. Der Atlantische Kabeljau ist heute temperaturbedingt in großen Mengen vor Spitzbergen aufzufinden. Nahrungskonkurrenz mit dem Kabeljau und das warme Wasser haben den Polardorsch dazu gebracht, ebenfalls nordwärts abzuwandern. Das Beispiel von Kabeljau und Polardorsch ist nur eines von vielen. Der dem Atlantik entstammende Ruderfußkrebs *Calanus finmarchicus* hat seine Artgenossen wie den *Calanus glacialis* und den *Calanus hyperboreus* im Arktischen Ozean ersetzt. Einwandernde Arten verändern die Nahrungskette des Nordpolarmeers: Die heimischen Krebsarten sind weitaus fettreicher als ihr Vertreter aus dem Atlantik, Jäger müssen größere Mengen fressen, um denselben Nahrungsbedarf zu stillen.⁴¹

4.2.3. Lebensgrundlage Festland

Der Rückgang an Eis und Schnee sowie die Veränderungen in der Vegetation ändern den Lebensraum für die arktischen Festlandbewohner nachhaltig. An den folgenden drei Beispielen soll gezeigt werden, dass die Auswirkungen der Erderwärmung auf Vegetation, Habitat und Tiere eng miteinander verknüpft sind und sich eine kleine Änderung gravierend und weitreichend auswirken kann.

Vor allem Moose und Flechten, die die Grundlage verschiedener Nahrungsketten bilden, reagieren auf Veränderungen der Temperatur äußerst empfindlich. Ein Rückgang wirkt sich negativ auf Rentiere und Karibus aus, die sich vor allem im Winter auf diese als

³⁹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 226f.

³⁸ Hassol (2004): ACIA, S.66.

⁴⁰ Hauer Philipp (2008): Wechselwarme und gleichwarme Tiere im Vergleich. URL: https://www.philipphauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/ [Zugriff: 01.03.2021].

⁴¹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 228-230.

Hauptnahrungsquelle verlassen. In der Folge sind auch Prädatoren wie Wölfe, Vielfraße und Menschen betroffen.⁴²

Andere überlebenswichtige Pflanzen werden durch die klimaerwärmungsbedingten, sich abwechselnden Gefrier- und Auftauwetter im Eis eingeschlossen. Tieren wie Moschusochsen und Rentieren gelingt es nicht mehr, an sie heranzukommen. Durch die Nahrungsknappheit droht vor allem Herden, die in abgelegenen Gebieten leben und keine Möglichkeit der Abwanderung haben, der Hungertod. Manche Arten wie die Rentiere sind aus Not dazu übergegangen, im Winter die Strände Spitzbergens abzugehen und angeschwemmten Seetang zu fressen. Die Nunavut (Inuit im Norden Kanadas) konnten beobachten, dass in Jahren mit vielen Gefrier- und Schmelzzyklen die Zahl an Rentieren stark sank.⁴³

Nagetiere wie Lemminge und Wühlmäuse leben in den Wintermonaten im Gefüge zwischen dem gefrorenen Boden der Tundra und der darauf liegenden isolierenden Schneedecke. Aufgrund des milden Wetters stürzt der Raum zwischen Boden und Schnee ein und zerstört so die Höhlen der Nager. In vielen Gebieten wurde ein Rückgang bzw. Verschwinden der Tiere gemeldet. Diese Entwicklungen resultieren im Rückgang von Schneeeulen und anderen Lebewesen, die auf die Jagd von Lemmingen spezialisiert sind. Jäger wie der Polarfuchs, die nicht so spezialisiert ausgerichtet sind, wechseln zu anderer Beute über. Die Regression der Lemming-Population kann also indirekt zu einem Einbruch in den Zahlen einer anderen Beutespezies wie den Watvögeln führen.⁴⁴

Auch bei den Landtieren wird eine Verschiebung der Verbreitungsgebiete in den Norden beobachtet. Ein weiterer Anstieg der Lufttemperaturen wird Arten aus dem Süden ein Vordringen in die Arktis ermöglichen. Den arktischen Arten hingegen wird langfristig der Lebensraum genommen, ihre Abwanderungsmöglichkeiten sind begrenzt. Überleben werden dann nur die, die es schaffen, sich in hohe Berglagen oder auf abgeschiedene Inseln zurückzuziehen.⁴⁵

⁴² Hassol (2004): ACIA, S. 68f.

⁴³ Hassol (2004): ACIA, S. 69f.

⁴⁴ Hassol (2004): ACIA, S. 69.

⁴⁵ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 228, 233f.

5. Geopolitische und wirtschaftliche Folgen

5.1. Geopolitische Aufteilung der Arktis

Geografisch befindet sich die Arktis auf dem Hoheitsgebiet von acht Staaten: Kanada, Russland, den USA, Norwegen, Dänemark mit Grönland, Island, Schweden und Finnland. Der "Arktische Rat" dient seit der "Erklärung von Ottawa" im Jahre 1996 als länderübergreifende Kommission der engeren und friedlichen Zusammenarbeit zwischen den arktischen Anrainerstaaten. Seine Schwerpunkte liegen auf Umwelt und nachhaltiger Entwicklung, militärische Angelegenheiten gehören zu den Aufgaben des "Arctic Security Forces Roundtable" (ASFR). Entscheidungen und Beschlüsse des Komitees des Arktischen Rats sind für die Mitgliedsstaaten nicht verbindlich, sie können selbst über die Umsetzung bestimmen.⁴⁶



Abbildung 12: Politische Grenzen der fünf direkten Anrainerstaaten in der Arktis

Weder Island, noch Schweden und Finnland grenzen mit ihren Küsten an das Nordpolarmeer an. Die anderen fünf Anrainerstaaten, die einen direkten Zugang haben, werden daher auch als die "Arktischen Fünf" bezeichnet. Ihre Grenzaufteilung ist in Abbildung 12 ersichtlich. Die Küstenstaaten besitzen im Arktischen Rat eine Sonderstellung: Sie dürfen laut UN-

-

⁴⁶ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 242.

Seerechtsübereinkommen über weitreichende maritime Souveränitäts- und Hoheitsrechte bestimmen. Um die Verfügungsrechte zu regeln, teilt das Übereinkommen das Meer in verschiedene Rechtszonen ein: das Innere Gewässer, das Küstenmeer, die Anschlusszone, die Ausschließliche Wirtschaftszone, den Festlandsockel und die Hohe See.⁴⁷

5.2. Rohstoffe

Die harschen Bedingungen machten es in der Vergangenheit schwer und wenig lukrativ, auf die enormen Rohstoffbestände der Arktis zurückzugreifen. Es fehlt an Infrastruktur: Eis, Kälte und instabile Permafrostböden machen das Bebauen schwer, lange Transportwege verzögern das Geschehen, Kosten für Fachpersonal sind enorm, geopolitische sowie umweltbedingte Entwicklungen unvorhersehbar. Doch der Bedarf nach natürlichen Rohstoffprodukten steigt weltweit – die Bereitschaft, höhere Summen und höheres Risiko in die Erkundung und Gewinnung zu stecken, ebenso. Die durch den Klimawandel bedingte Eisschmelze könnte nun bewirken, was lange Zeit für unmöglich galt: die Öffnung einer über Jahrtausende verschlossenen Schatzkammer an Rohstoffen. Nun konkurrieren die Anrainerstaaten und China, das seit 2013 einen Beobachterstatus im Arktischen Rat innehält, um Gewinne in Billionenhöhe.^{48, 49}

Bereits seit einigen Jahrzehnten werden in der Arktis Energierohstoffe gefördert, in dieser Zeitspanne wurden über 450 bedeutende Vorkommen ausgemacht. Die Bedeutung des arktischen Erdöl- und Erdgasbestands steigt: Heutzutage werden bereits zehn Prozent des weltweiten Erdöls und 25 Prozent des Erdgases nördlich des Polarkreises gewonnen. Trotz dieser enormen Zahlen nimmt man an, dass ein Großteil der möglichen Lagerstätten noch gar nicht entdeckt wurde. Laut einem Bericht des Geologischen Dienstes der Vereinigten Staaten liegen 30 Prozent der weltweit unentdeckten Erdgasreserven und 13 Prozent der Erdölreserven in der arktischen Zone, 85 Prozent davon vermutlich in Schelfgebieten des Arktischen Ozeans. Ob diese Bestände förderbar sind, ist noch ungewiss, doch der Rückgang an Eis erhöht die Chancen. Zwei Drittel dieser Lagerstätten liegen im eurasischen Teil der Arktis, ein Drittel im nordamerikanischen Teil. Als rohstoffreichster Arktisstaat wird Russland mit zirka der Hälfte der Vorkommen angenommen, dahinter liegt die USA mit

⁴⁷ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 240-245.

⁴⁸ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 258-260.

⁴⁹ Pieper, Dietmar (2019): "Machtkampf mit dem Eisbrecher". URL: https://www.spiegel.de/politik/ausland/klimawandel-wettlauf-um-erdgas-oel-und-seltene-erden-in-der-arktis-a-1274371.html [Zugriff: 11.01.2021].

einem Fünftel. Vor allem in Russland spielt die Förderung von Erdöl und Erdgas eine wichtige Rolle; sie macht mehr als 50 Prozent der Gesamtexporte aus. Das russische Ministerium für Ressourcen und Umwelt plant, 165 Milliarden US-Dollar in hunderte Projekte zum Ausbau der Infrastruktur und der Gas- und Ölförderung in der Arktis zu investieren. ^{50,51}

Von großer Bedeutung ist auch der Abbau weiterer Rohstoffe, wie Kohle, Gold, Diamanten, Platin, Eisenerz und den Seltenen Erden. Unter anderem befindet sich die weltweit größte Zinkmiene der Erde in Alaska, auf der Kola-Halbinsel im Nordwesten Russlands findet man das größte Nickel- und magmatische Phosphatvorkommen und in Grönland die größte Lagerstätte für leichte Seltene Erden. Zusätzlich werden auf grönländischem Boden große Vorkommen an Platingruppenmetallen, Uran und Gold vermutet. Die meisten der 60.000 Einwohner sehen die Eisschmelze als neue Einkommensquelle, sind sich aber bewusst, dass sie deren Potential nicht ohne die Hilfe anderer Länder ausschöpfen können. Immer mehr internationale Staaten erkennen den Mehrwehrt einer Investition: So sicherte sich unter anderem China eine riesige Lagerstätte für Seltene Erden im Süden Grönlands.^{52,53}

5.3. Schifffahrt

Mit dem Schmelzen des Meereises öffnen sich neue Routen, von denen vor allem der internationale Schiffsverkehr profitieren könnte. Mit einer Verkürzung um 30 bis zu 40 Prozent bieten diese Wasserstraßen nicht nur weitaus kürzere Fahrzeiten zwischen Ostasien und Nordwesteuropa, sie stellen nicht zuletzt durch die Kraftstoffersparnis auch eine weit kostengünstigere Alternative dar. Für die bisher bewährte Strecke, die die umsatzstarken Häfen Rotterdams und Yokohamas über den Suezkanal verbindet, müssen Schiffe rund 11.250 Seemeilen zurücklegen. Die Nordostpassage verkürzt die Entfernung nicht nur auf 7.350 Seemeilen, sie ist bezüglich Terrorismus und Piraterie auch eine weitaus sicherere Route. Die tatsächliche Öffnung wichtiger transarktischer Routen wie der in Abbildung 13 eingezeichneten Nordwestpassage, Transpolaren Route und Nordostpassage steht momentan

٠

⁵⁰ Umweltbundesamt (2016): Geologie und Ressourcen der Arktis. Umweltbundesamt. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-

internationales/arktis/wissenswertes-zur-arktis/geologie-ressourcen-der-arktis [Zugriff: 11.01.2021] [Im Folgende zitiert als: Umweltbundesamt (2016): Geologie und Ressourcen].

⁵¹ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 261-264.

⁵² Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 265-267.

⁵³ Umweltbundesamt (2016): Geologie und Ressourcen [Zugriff: 11.01.2021].

noch vor offenen Fragen. Für eine risikolose Durchfahrt müssten noch detailliertere Karten erstellt und genauere Daten zu Wassertiefe, Wetter und Eis herausgegeben werden. Weiters erschweren die Begleitung untauglicher Schiffe durch Eisbrecher, Funklöcher und die vielerorts fehlende Infrastruktur aus jetziger Sicht eine reibungslose Umsetzung. 54,55

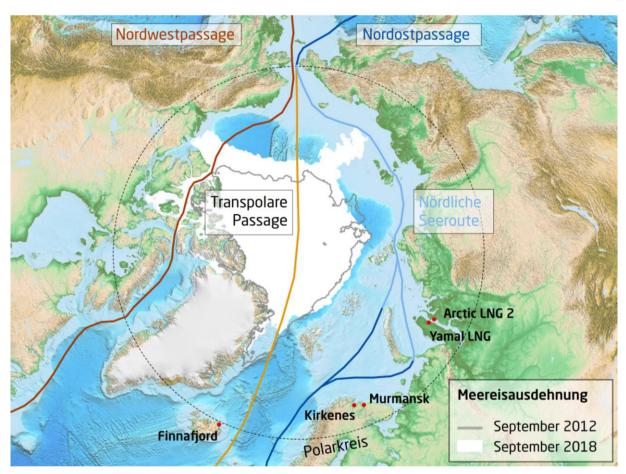


Abbildung 13: Die drei bedeutendsten Routen zur Durchquerung des Arktischen Ozeans.

Die Schifffahrt ist stark an den Zyklus des Meereises gebunden. Momentan kann sie in den Sommer- und Herbstmonaten, in denen Teile des Meeres eisfrei sind, an circa 120 bis 150 Tagen im Jahr von Juli bis November stattfinden. Die US-Marine prognostiziert für die transarktischen Routen einen bedeutenden Anstieg der Anzahl an befahrbaren Tagen für die Jahre 2020 bis 2030. Bereits im letzten Jahrzehnt konnte man feststellen, dass die Zahl der Schiffsaktivitäten entlang der Nördlichen Seeroute, die Teil der Nordostpassage (NOP) ist, anstieg. Waren es im Jahr 2008 nicht einmal fünf, zählte man im Jahr 2018 bereits fast 30, die mehrheitlich dem Transport dienten. In den letzten Jahren ließ sich auch erkennen, dass die

⁵⁴ Paul (2020): Seewege, S. 11f.

⁵⁵ Tengelmann, Frederik [u.a.] (2019): Schifffahrt in der Arktis. Potsdam: Deutsches Arktisbüro, S. 4f. [Im Folgenden zitiert als: Tengelmann (2019): Schifffahrt].

Bedeutung des transarktischen Verkehrs steigt. 2015 verliefen mehr als die Hälfte der Fahrten entlang der innerarktischen Nördlichen Seeroute, drei Jahre später machte der transarktische Verkehr über die Nordostpassage mehr als zwei Drittel des gesamten Schiffsverkehrs aus. 56,57,58

Pórshöfn ist eines der Dörfer, das in erster Hand mit den neu erschlossenen transpolaren Schifffahrtsrouten in Berührung kommt. Die 320 Einwohner zählende Ortschaft im menschenleeren Nordosten Islands liegt auf der Halbinsel von Langanes, wodurch sie eine strategisch günstige Stelle auf der Nordostpassage darstellt. Investoren aus Island, China, Singapur und amerikanische Pensionsfonds finanzieren hier nun unter der Leitung der Bremer Hafenmanagement-Gesellschaft ein Großprojekt zum Bau einer sechs Kilometer langen Hafenmole. Der kleine Ort soll in Zukunft zu einer Stadt heranwachsen, die nicht nur durch ihre Lage, sondern auch die Verfügbarkeit von geothermischen Quellen zur Verarbeitung von Rohstoffen ein wichtiges Terminal für chinesische Containerschiffe auf der Nordpolroute werden soll. 15 Milliarden Euro lassen sich die internationalen Kapitalgeber die Verwirklichung kosten. Der Vormarsch Chinas in der transpolaren Schifffahrt wird auch im norwegischen Kirkenes, dem nördlichsten Hafenstädtchen in der europäischen Arktis und dem Asien nächstgelegensten, ersichtlich. Ebenfalls an einer wichtigen Schlüsselstelle der Nordostpassage gelegen, sind hier 2.500 Wohnungen, Rückvergasungsanlagen, ein Pipeline-Terminal und enorme Lagerkapazitäten für Rohöl in Planung. Um eine wirtschaftliche Kooperation abzusichern, unterzeichneten Russland und China einen Vertrag über die "Blaue Seidenstraße". In den kommenden zehn Jahren will die Volkswirtschaft im Rahmen der Operation "Weißer Drache" 20 Prozent aller Waren über die Polarrouten verschiffen - ein Handelswert von 100 Milliarden Dollar im Jahr.⁵⁹

5.4. Geopolitische Spannungen

Die Aussicht auf riesige Rohstofflagerstätten und wirtschaftlich bedeutende Schiffsrouten lässt alte Rivalitäten am Nordpol aufflammen. Im Zentrum des "Spannungsfeldes zwischen Kooperation und Militarisierung"⁶⁰ stehen die beiden Weltmächte und Arktisanrainer

⁵⁶ Paul (2020): Seewege, S. 13.

⁵⁷ Tengelmann (2019): Schifffahrt, S. 2f.

⁵⁸ Mian (2019): neue Arktis, S. 112f.

⁵⁹ Mian (2019): neue Arktis, S. 109-111, 114f, 117f.

⁶⁰ Brzozowski, Alexandra (2019): "Dank" Klimawandel. Die Arktis wird zum geopolitischen Hotspot. URL: https://www.euractiv.de/section/eu-aussenpolitik/news/dank-klimawandel-die-arktis-wird-zumgeopolitischen-hotspot/ [Zugriff: 12.01.2021] [Im Folgenden zitiert als: Brzozowski (2019): Geopolitik].

Russland und USA – es wird auch vom "neuen kalten Krieg"⁶¹ gesprochen. Den Startschuss für die zunehmenden Konflikte in der Arktis gab die russische Föderation, als sie im Jahr 2007 bei einer Polarexpedition in mehr als 4.000 Metern Tiefe die Landesflagge direkt unter dem geographischen Nordpol platzierte und damit ein Zeichen des Anspruchs setzte. Seit damals erheben die Mitgliedstaaten des Arktischen Rats sogenannte "Claims" auf Gebiete nördlich des Polarkreises, die innerhalb ihrer Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ: siehe Anhang) liegen. Bis heute wurden nur Norwegens und Islands Anspruchserhebungen von der UNO genehmigt, bei anderen Küstenstaaten wie Russland, Dänemark und Kanada wurde noch nicht entschieden, da ihre beanspruchten Gebiete sich zum Teil überdecken. Das Abstecken der Territorien zur Sicherung künftiger Einnahmequellen führt zu einem konfliktreichen Verhältnis der beteiligten Staaten. Arktisweit entstehen militärische Stützpunkte, die per Schiff oder Flugzeug erreicht werden können. ^{62,63}

Lang sahen die USA die Arktis als gefrorenes Ödland an, doch heute versuchen sie, als arktische Nation Fuß zu fassen. Stationierte US-Truppen werden darauf hintrainiert, unter den klimatischen Extrembedingungen zu überleben und bereiten sich auf potentielle Konfliktsituationen vor. Doch obwohl Kanada und die USA beinahe die Hälfte der arktischen Küste umfassen, lässt sich nicht darüber hinwegsehen, dass Russland zur dominantesten und treibendsten Kraft in der Arktis geworden ist. Mit 51 Eisbrechern (im Vergleich dazu: die US-amerikanische Flotte besaß 2019 fünf) und dutzenden Basen ist die russische Föderation militärisch stärker aufgestellt als jede andere Nation. Ihre starken Interessen und Zugänge zur Gewinnung neuer Gebiete lassen sich auch in dem im März 2009 veröffentlichten Dokument "Grundsätze der staatlichen Politik der Russischen Föderation in der Arktis für die Zeit bis 2020 und darüber hinaus" herauslesen. Darin wird klar, dass die internationale Kooperation zur Festlegung der arktischen Grenzen möglicherweise dem nationalen Interesse untergeordnet werden könnte. 64,65

⁶¹ Shea, Neil (2019): The New Cold War. In: National Geographic 19, H. 9, S.50f. [Im Folgenden zitiert als: Shea (2019): Cold War].

⁶² Brzozowski (2019): Geopolitik [Zugriff: 12.01.2021].

⁶³ Shea (2019): Cold War, S. 50f.

⁶⁴ Shea (2019): Cold War, S. 60-73.

⁶⁵ Uebachs Marina Isabel (2018): Geopolitische Folgewirkungen des Klimawandels in der Arktis. Ökonomische Chancen und ökologische Herausforderungen als komplexes internationales Konfliktpotential. Aachen, Abschlussarbeit 2018, S. 42f. [Im Folgenden zitiert als: Uebachs (2018): Geopolitische Folgewirkungen]

Das Interesse auf die Arktis begrenzt sich nicht auf die acht einkreisenden Staaten: Auch China legt zunehmend sein Auge auf die Region rund um den Nordpol. Seit 2004 ist China Vertragsstaat des Spitzbergenvertrags, seit 2013 ein permanenter Beobachter im Arktischen Rat. Das Augenmerk der Volkswirtschaft liegt hauptsächlich auf der Erschließung neuer Seerouten, die der eigenen Ökonomie zugunsten kommen könnten – es wird sogar von einer "neuen Seidenstraße" gesprochen. Da China keine territorialen Ansprüche erheben kann, arbeitet es mit Russland zusammen, um seine Ziele in der auftauenden Arktis zu verfolgen. 66,67

⁶⁶ Uebachs (2018): Geopolitische Folgewirkungen, S. 58-61.

⁶⁷ Shea (2019): Cold War, S. 60.

6. Folgen für die Arktisbewohner*innen

6.1. Einwohner*innen der Arktis

Die Arktis ist Heimat von etwa vier Million Menschen. Die meisten Einheimischen leben heutzutage in den wärmeren Küstenregionen, die eisfrei sind. In diesen Gebieten haben sich größere Städte mit bis zu 350.000 Einwohnern wie das russische Archangelsk gebildet. Im Gegensatz zu diesen Ausnahme-"Ballungsräumen" sind große Teile der Arktis kaum oder gar nicht besiedelt. Die größte arktische Stadt der USA, Barrow, zählt gerade einmal 4.000 Einwohner. Zwölf Prozent der "arktischen Menschen" gehören indigenen Völkern an, die sich aus den verschiedensten ethnischen Volksgruppen zusammensetzen. Allein in der russischen Arktis unterscheidet man zwischen mehr als 40 Stämmen, wie den Nenzen und Jakuten. Weitere bekannte Volksgruppen aus anderen Teilen der Arktis sind die Aleuten, Athabasken, Tschuktschen, Samen und Inuit. Im Gegensatz zu der restlichen arktischen Bevölkerung leben viele indigene Völker auch heute noch in abgeschiedenen Regionen. Für die meisten bedeutet der Klimawandel eine Bedrohung ihrer Lebensweise. 68,69

6.2. Auswirkungen auf Kultur und Lebensumstände

Über Generationen hinweg haben die indigenen Völker der Arktis ihre Lebensart an die vorherrschenden Klimabedingungen angepasst. Die meisten dieser Gemeinschaften sind durch die Herdenhaltung, das Jagen und Fischen stark mit ihrer Umwelt verbunden – und von ihr abhängig. Die lebenden Ressourcen bilden nicht nur die Basis für ihre Ernährung und ihren Lebensunterhalt, sie sind auch Grundlage für Kultur, Identität und geistliches Leben. Unzählige Mythen und bis heute anhaltende Bräuche wie Tierzeremonien zeigen die tiefe Verbundenheit der Indigenen mit ihrer natürlichen Umgebung. Die frühere Eisschmelze und das sich verändernde Klima drohen dieses Zusammenleben zu zerstören: Inuit in der westlichen kanadischen Arktis reisen per Schneemobil über schneebedeckte Flächen und zugefrorene Flüsse, um zu Fischen oder auf Gänsejagd zu gehen. Die wärmeren Frühlinge resultieren in instabilen Bodenverhältnissen, die den Zugang zu vielen Jagdgebieten nun

Umweltbundesamt (2015): Menschen in der Arktis. Besiedlung. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/arktis/menschenin-der-arktis/besiedlung#besiedlung-bereits-in-der-steinzeit [Zugriff: 30.01.2021].

⁶⁹ Seidler, Christoph (2011): Die traditionellen Arktis-Bewohner und der Klimawandel. URL: https://m.bpb.de/apuz/33511/die-traditionellen-arktis-bewohner-und-der-klimawandel [Zugriff: 30.01.2021].

unmöglich machen. Mit der nördlichen Wanderung des Packeises verschwindet zudem für viele arktische Gemeinschaften die Möglichkeit der Seevögel als Nahrungsmittel.⁷⁰

In Meeresnähe kam es in den letzten Jahren im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung verstärkt zu Küstenerosionen. In Shishmaref, einer Ortschaft in Alaska 35 Kilometer vom Polarkreis entfernt, zeigt sich die Folgenschwere dieser Entwicklung: 2016 beschlossen die Angehörigen des Eskimo-Volkes der Inupiat die Umsiedlung, doch seither geschah nichts. Die ehemalige Regierung in Washington unter Donald Trump verschloss die Augen vor den ersten potentiellen Klimaflüchtlingen der USA, der Ort erhielt nie das notwendige Geld für eine Umsiedelung. Ein direkt an der Küste stehendes Haus brach bereits vor Jahren in die reißenden Fluten des Meeres ein, seit damals wurden die ebenfalls vor einem Einsturz gefährdeten Häuser landeinwärts gezogen, um ein ähnliches Schicksal zu verhindern. Die Straße entlang der Küste wäre als nächstes von der Erosion betroffen und würde mit ihrem Einbruch eine erfolgreiche Evakuierung fraglich machen. Mit der steigenden Ungewissheit drohen die kulturellen Werte des indigenen Volkes unterzugehen. Niemand weiß, wie es mit dem Ort weitergehen soll. Das Schicksal der Einwohner*innen von Shishmaref ist nur eines von vielen. Allein im arktischen Alaska kämpfen 32 Gemeinden um ihr Überleben, allen fehlen die finanziellen Mittel für eine Umsiedelung.⁷¹

Im Landesinneren entstehen durch die auftauenden Permafrostböden Probleme, wenn zum Beispiel die Stabilität von Gebäuden und Pipelines gefährdet wird. Die bis dato errichtete Infrastruktur ist nicht darauf ausgerichtet der zukünftigen Erwärmung standzuhalten. Bereits geringe Temperaturänderungen können sich gravierend auf die Baustabilität auswirken. Umso wichtiger wird es deswegen, durch (kostspielige) Überarbeitungen einen kompletten Zusammenbruch der Infrastruktur zu verhindern.^{72,73}

-

⁷⁰ Hassol (2004): ACIA, S. 92-94.

Kößler, Thilo (2017): Die letzten Tage von Shishmaref. URL: https://www.deutschlandfunk.de/klimawandel-in-alaska-die-letzten-tage-von-shishmaref.724.de.html?dram:article id=394318 Zugriff: 30.01.2021].

⁷² Hassol (2004): ACIA, S. 89.

⁷³ Seidler, Christoph (2011): Die traditionellen Arktis-Bewohner und der Klimawandel. URL: https://m.bpb.de/apuz/33511/die-traditionellen-arktis-bewohner-und-der-klimawandel [Zugriff: 30.01.2021].

6.3. Auswirkungen auf die Gesundheit

Die Auswirkungen, die die Klimaerwärmung auf die Gesundheit der arktischen Bevölkerung haben, hängen nicht nur vom Ausbau des jeweiligen Gesundheitswesens ab, sie werden vor allem stark durch die Ortslage beeinflusst, da das Ausmaß des klimatischen Wandels von Gegend zu Gegend stark variiert. Veränderungen können sich positiv auswirken, wie an der verringerten Anzahl an Kälteverletzungen und -toten sichtbar wird. Die meisten Entwicklungen aber drohen, negative Konsequenzen mit sich zu ziehen: Der Klimawandel tritt so stark ein, dass sich das über Jahrtausende angeeignete indigene Wissen über Lebensraum und Witterungsbedingungen nicht schnell genug anpassen kann. Überall in der Arktis wurde über die letzten Jahre eine Veränderung in der Konsistenz des Schnees gemeldet, der nun viel fester ist und somit nicht mehr zum Bauen von Iglus, die auch heute noch als vorübergehende Notunterkünfte von Jägern errichtet werden, geeignet ist. Immer häufiger wird über plötzliche, unvorhergesehene Stürme berichtet. Diese Entwicklungen führen zu Verletzungs- und Todesfällen in der arktischen Bevölkerung. Zusätzlich bedeuten die ungewohnten wärmeren Lufttemperaturen neben einer großen Hitzebelastung für viele, die sich in Form von Herz- und Kreislaufproblemen äußert, eine erleichterte Ausbreitung verschiedener Viren.⁷⁴

Die dramatischen Auswirkungen auf Kultur und Lebensumfeld beeinträchtigen die psychische Gesundheit der Inuit und anderer Arktisbewohner*innen stark. Immer häufiger werden Angstzustände, "ökologische Trauer" und sogar post-traumatischer Stress aufgrund des Einflusses der Klimaerwärmung auf die Lebensweise der arktischen, indigenen Völker festgestellt. Expertinnen und Experten befürchten, dass Solastalgie, "de[r] Schmerz über den Verlust tröstlicher heimatlicher Geborgenheit"⁷⁵, in Zukunft zu einem der präsentesten Probleme der Menschheit heranwachsen wird.⁷⁶

[.]

⁷⁴ Hassol (2004): ACIA, S.92,96,110.

⁷⁵ Muller, Pete (2020): Solastalgie: Ein Wort, das es gar nicht geben sollte. URL: https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2020/04/solastalgie-ein-wort-das-es-gar-nicht-geben-sollte [Zugriff: 30.01.2021].

⁷⁶ McDougall, Dan (2019): ,Ecological grief': Greenland residents traumatised by climate emergency. URL: https://www.theguardian.com/world/2019/aug/12/greenland-residents-traumatised-by-climate-emergency [Zugriff: 30.01.2021].

7. Resümee

Die Arktis erwärmt sich doppelt so schnell wie der Rest der Erde. Verweisend auf meine erste Leitfrage trägt die "arktische Verstärkung" Schuld an den extremen Entwicklungen nördlich des Polarkreises: Durch den ungebremsten Ausstoß an anthropogenen Treibhausgasen in die Atmosphäre erwärmen sich die Ozeane seit dem Beginn der Industrialisierung. Die steigenden Temperaturen des Wassers sowie die erwärmte Luft führen zu einem Schmelzen der Meereisdecke in der Arktis. Ist weniger Meereis vorhanden, wird der Selbstkühlungsmechanismus der Erde maßgeblich geschwächt, da weniger Sonnenstrahlung zurück ins Weltall reflektiert wird – ein noch weitreichenderes Schmelzen an Eis an den Polen ist die Folge. Wissenschaftler*innen vermuten, dass die Arktis bereits in einem Jahrzehnt im Sommer eisfrei sein wird.

Meine zweite Leitfrage hat sich mit den Folgen der Klimaerwärmung in der Arktis beschäftigt. Die sich wandelnde Umwelt macht dem Tier- und Pflanzenreich der Arktis stark zu schaffen – viele Arten befinden sich auf dem Rückzug. Seit Jahrzehnten bewegen sich die verschiedenen Vegetationszonen Richtung Norden. Aufgrund der geringen Artenvielfalt machen sich schon kleinste Veränderungen in der arktischen Nahrungskette auf das Gravierendste bemerkbar. Eisbären und Robben verlieren Jagdgebiete und Raum, den sie für das Aufziehen ihres Nachwuchses benötigen, für viele Meereslebewesen wird ihr natürliches Habitat durch die erhöhten Wassertemperaturen unwirtlich. Auf der anderen Seite ermöglicht der Klimawandel Arten der gemäßigten Klimazone eine Einwanderung in die Regionen nördlich des Polarkreises: Konkurrenzkämpfe mit den heimischen Arten sind unvermeidbar.

Die Wirtschaft profitiert von den Folgen der Erwärmung in der Arktis. Durch das schmelzende Eis eröffnen sich neue Routen für den internationalen Schiffsverkehr, die weitaus kürzer sind als bisher bewährte, und riesige Lagerstätten an Erdöl und -gas werden zugänglich. Die Arktis wird zu einem wirtschaftlichen, militärischen und politischen Hotspot nicht nur für ihre Anrainerstaaten, sondern auch für internationale Mächte.

Die veränderten Klimabedingungen gefährden neben der physischen und mentalen Gesundheit der Arktisbewohner*innen auch kulturelle, seit Jahrtausenden bestehende, Traditionen. Indigene Völker verlieren vielerorts wichtige Nahrungsquellen und durch Küstenerosion bedingt Lebensraum.

Literaturverzeichnis

Biskaborn, Boris (2019): Permafrost – Eine Einführung. URL: https://www.awi.de/imfokus/permafrost/permafrost-eine-einfuehrung.html [Zugriff: 20.02.2021].

Broich, Ulrike/Faller, Cornelia/Zetsche, Sabine (2005): Klimawandel in der Arktis. Ein Resümee des ACIA-Berichts. Bonn: Germanwatch e.V.

Brzozowski, Alexandra (2019): "Dank" Klimawandel. Die Arktis wird zum geopolitischen Hotspot. URL: https://www.euractiv.de/section/eu-aussenpolitik/news/dank-klimawandel-die-arktis-wird-zum-geopolitischen-hotspot/ [Zugriff: 12.01.2021].

Hauer, Philipp (2008): Wechselwarme und gleichwarme Tiere im Vergleich. URL: https://www.philipphauer.de/info/bio/wechselwarm-gleichwarm/ [Zugriff: 01.03.2021].

Hassol, Susan Joy [u.a] (2004): Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report. Cambridge: University Press.

Kößler, Thilo (2017): Die letzten Tage von Shishmaref. URL: https://www.deutschlandfunk.de/klimawandel-in-alaska-die-letzten-tage-von-shishmaref.724.de.html?dram:article id=394318 Zugriff: 30.01.2021].

Kriegler, Elmar (2016): Die RCP-Szenarien für den aktuellen 5. IPCC-Sachstandsbericht. URL: https://klimanavigator.eu/dossier/artikel/012038/index.php [Zugriff: 31.01.2021].

Lehmköster, Jan [u.a.] (2019): world ocean review 6. Arktis und Antarktis – extrem, klimarelevant, gefährdet. Hamburg: maribus gGmbH.

McDougall, Dan (2019): ,Ecological grief': Greenland residents traumatised by climate emergency. URL: https://www.theguardian.com/world/2019/aug/12/greenland-residents-traumatised-by-climate-emergency [Zugriff: 30.01.2021].

Mian, Marzio G. (2019): Die neue Arktis. Der Kampf um den hohen Norden. Wien/Bozen: Folio Verlag.

Muller, Pete (2020): Sostalagie: Ein Wort, das es gar nicht geben sollte. URL: https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2020/04/solastalgie-ein-wort-das-es-gar-nicht-geben-sollte [Zugriff: 30.01.2021].

ORF (2021): EU-Projekt: 2020 wärmstes Jahr seit Aufzeichnungsbeginn. URL: https://orf.at/stories/3196504/ [Zugriff: 27.02.2021].

Paul, Michael (2020): Arktische Seewege. Zwiespältige Aussichten im Nordpolarmeer. Berlin: SWP.

Pieper, Dietmar (2019): "Machtkampf mit dem Eisbrecher". URL: https://www.spiegel.de/politik/ausland/klimawandel-wettlauf-um-erdgas-oel-und-seltene-erden-in-der-arktis-a-1274371.html [Zugriff: 11.01.2021].

Schinke, Boris [u.a.] (2010): Globaler Klimawandel: Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten. 3. Aufl. Berlin/Bonn: Germanwatch.

Seidler, Christoph (2011): Die traditionellen Arktis-Bewohner und der Klimawandel. URL: https://m.bpb.de/apuz/33511/die-traditionellen-arktis-bewohner-und-der-klimawandel [Zugriff: 30.01.2021].

Shea, Neil (2019): The New Cold War. In: National Geographic 19, H. 9.

Tengelmann, Frederik [u.a.] (2019): Schifffahrt in der Arktis. Potsdam: Deutsches Arktisbüro.

Titz, Sven (2012): Helles Eis und dunkles Wasser – die Eisalbedo-Temperatur-Rückkopplung. URL: https://www.weltderphysik.de/gebiet/erde/atmosphaere/klimaforschung/eisalbedo/[Zugriff: 20.2.2021].

Uebachs Marina Isabel (2018): Geopolitische Folgewirkungen des Klimawandels in der Arktis. Ökonomische Chancen und ökologische Herausforderungen als komplexes internationales Konfliktpotential. Aachen, Abschlussarbeit 2018.

Umweltbundesamt (2013): Wie funktioniert der Treibhauseffekt? URL: https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/wie-funktioniert-dertreibhauseffekt [Zugriff: 27.02.2021].

Umweltbundesamt (2015): Besiedlung. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/arktis/menschen-in-der-arktis/besiedlung#besiedlung-bereits-in-der-steinzeit [Zugriff: 30.01.2021]

Umweltbundesamt (2016): Geographie der Arktis. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/arktis/wissenswertes-zur-arktis/geographie-der-arktis#keine-klare-grenzenach-suden [Zugriff: 28.02.2021].

Umweltbundesamt (2016): Geologie und Ressourcen der Arktis. Umweltbundesamt. URL: https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/arktis/wissenswertes-zur-arktis/geologie-ressourcen-der-arktis [Zugriff: 11.01.2021].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: mögliche Abgrenzungen der Arktis
Stiftung Wissenschaft und Politik (2020): Arktische Seewege. Zwiespältige Aussichten im
Nordpolarmeer. Berlin: SWP, S.8
Abbildung 2: der natürliche Treibhauseffekt
Schinke, Boris [u.a.] (2010): Globaler Klimawandel: Ursachen, Folgen,
Handlungsmöglichkeiten. 3. Aufl. Berlin/Bonn: Germanwatch. S.6
Abbildung 3: geographische Lage der Barentssee
Wikimedia Commons (2009): URL:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Barents_sea_map_de.png [Zugriff: 02.03.2021]. 11
Abbildung 4: prognostizierter Temperaturanstieg in den Wintermonaten der Arktis bis zum Jahr 2050
AMAP (2017): Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. Oslo:Arctic Monitoring and Assessment Programm, S.18
Abbildung 5: prozentuale Abweichung der arktischen Meereisfläche von 1981 bis 2010 im März und September
Lehmköster, Jan [u.a.] (2019): world ocean review 6. Arktis und Antarktis – extrem,
klimarelevant, gefährdet. Hamburg: maribus gGmbH, S.135
Abbildung 6: Darstellung des Einflusses von Eis und Meer auf die Albedo
Meereisportal (o.J.): Meereis und Strahlungsbilanz. URL:
https://www.meereisportal.de/meereiswissen/die-globale-bedeutung-von-
meereis/wechselwirkungen-von-meereis-mit-anderen-komponenten-des-
klimasystems/meereis-und-strahlungsbilanz/ [Zugriff: 27.02.2021]15
Abbildung 7: Vegetationszonen in der Arktis
Hassol, Susan Joy [u.a] (2004): Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact
Assessment. ACIA Overview report. Cambridge: University Press, S.47
Abbildung 8: Eisalgen in Schmelzwassertümpel auf arktischem Meereis
Fernandez, Mar (2016): Eisalgen: Der Motor des Lebens im zentralen Arktischen Ozean. URL:
https://www.awi.de/ueber-uns/service/presse/presse-detailansicht/eisalgen-der-motor-
des-lebens-im-zentralen-arktischen-ozean.html [Zugriff: 27.02.2021]20
Abbildung 9: Ruderfußkrebs
Berger, Harry (2010): Ruderfußkrebse. URL:
https://de.wikipedia.org/wiki/Ruderfußkrebse#/media/Datei:Eudiaptomus_vulgaris.jpg
[Zugriff: 28.02.2021]

Abbildung 10: Das bis auf Haut und Knochen abgemagerte Eisbärenweibchen dürfte nach dem Zeitpunkt der Fotoaufnahme nicht mehr lange überlebt haben.	
Langenberger, Kerstin (2015): "Vielleicht war ihr Tod ja nicht umsonst". URL:	
https://blog.wwf.de/kerstin-langenberger-interview/ [Zugriff: 04.03.2021] 2	2
Abbildung 11: Toleranzkurve	
Wikimedia Commons (2016): URL:	
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toleranzbereiche_und_Optimum.jpg [Zugriff: 09.03.2021].	
	3
Abbildung 12: Politische Grenzen der fünf direkten Anrainerstaaten	
Wikipedia (2019): Politischer Status der Arktis. URL:	
https://de.wikipedia.org/wiki/Politischer_Status_der_Arktis [Zugriff: 04.03.2021]2	6
Abbildung 13: Die drei bedeutendsten Routen zur Durchquerung des Arktischen Ozeans.	
Frederik Tengelmann [u.a.] (2019): Schifffahrt in der Arktis. Potsdam: Deutsches Arktisbüro,	
S.22	9

Anhang

Begriffserklärungen

Im Folgenden werden in der Arbeit genannte Abkürzungen und Begriffe erläutert:

- AMAP ... Arctic Monitoring and Assessment Programme: Das AMAP ist eine von sechs Arbeitsgruppen des Arctic Councils. Sein Fokus liegt auf der Beobachtung des Klimawandels und wie sich dieser auf die Ökosysteme und menschliche Gesundheit in der Arktis auswirkt.
- AWZ ... Als Ausschließliche Wirtschaftszone oder AWZ wird der Meeresbereich eines Staatsgebietes verstanden, der sich vom Meeresufer aus gesehen maximal 200 Seemeilen seewärts erstreckt. In der AWZ besitzt der Küstenstaat verschiedene Hoheitsrechte, wie z.B. das alleinige Recht, Fischfang zu betreiben oder Ölplattformen zu genehmigen. Die Zone kann unter entsprechenden Bedingungen auf 350 Seemeilen erweitert werden.⁷⁷
- RCP ... representative concentration pathways: Die RCP-Szenarien legen bestimmte Modelle von Treibhausgaskonzentrationen fest und berechnen die dadurch verursachte Klimaänderung.

⁷⁷ Lehmköster (2019): world ocean review 6, S. 245f.

Selbstständigkeitserklärung

Ort, Datum	Unterschrift				
Literaturverzeichnis angeführten Quellen als Hilfsmittel benutzt habe.					
Ich erkläre, dass ich diese vorwissenschaftliche	Arbeit eigenstandig angefertigt und nur die im				
Ich orkläre dass ich diese verwissenschaftliche	Arboit oigonetändig angofortigt und nur die in				