

„Hotspot“ des Klimawandels:

Die Arktis

Der Eisbär und die Bedrohung seines Lebensraumes durch das Abschmelzen des Meereises sind weltweit zu Symbolen für den Klimawandel geworden. Aber die Erwärmung des Weltklimas wird für die Polargebiete noch weit mehr Veränderungen mit sich bringen als „nur“ die Gefährdung der großen weißen Räuber.

Die Arktis (wörtlich von griechisch „arktos“ für „Bär“: Land unter den Sternbildern des Großen und Kleinen Bären) ist der „Hohe Norden“ unseres Planeten – je nach Definition die Region nördlich des nördlichen Polarkreises (66° 33' nördlicher Breite), nördlich der Baumgrenze oder nördlich der 10°C-Juli-Isotherme. Im Gegensatz zur Antarktis, die als eigener Kontinent vom Südpolarmeer umgeben wird, besteht die Arktis aus dem großen ringsum von Kontinenten gesäumten Nordpolarmeer. An die Küsten des Polarmeeres schließen sich wie konzentrische Kreise die verschiedenen Vegetationszonen an: ganz im Norden die Polarwüste mit nur sehr wenig Vegetation, daran anschließend der breite Tundregürtel

von hocharktischer bis subarktischer Tundra, die im Süden begrenzt wird durch die Baumgrenze und den Beginn der borealen Nadelwälder.

Das Klima der Arktis wird durch drei Faktoren charakterisiert: Die allgemeine Strenge, die ausgeprägten Jahreszeiten und die starke Variabilität. Das Klima ist streng: die Winter sind sehr kalt, die Sommer kühl und es gibt wenig Niederschläge, die meist als Schnee fallen. Hierdurch werden das Wachstum und Überleben der hier heimischen Pflanzen und Tiere begrenzt. Es herrscht ein starker Kontrast zwischen dem langen, dunklen, kalten Winter und dem kurzen, hellen, relativ warmen Sommer. Extreme Ereignisse wie z.B. Schneestürme und sommerliche Kälteeinbrüche oder Trockenperioden sind relativ

häufig und stellen für Pflanzen und Tiere, die ohnehin an den Grenzen ihrer Möglichkeiten bei Überleben und Fortpflanzung sind, eine zusätzliche Herausforderung dar.

» Lebensraum für Spezialisten

Trotz dieser erschwerten Bedingungen ist die Arktis wenigstens in den Sommermonaten voller Leben: Bei fortwährendem Sonnenlicht wächst und blüht, krecht und fleucht es. Der Permafrostboden verhindert das Versickern des Schmelzwassers und in der kühlen Luft verdunstet nur wenig Wasser. So hat die Tundra trotz der geringen Niederschläge ausgedehnte Feuchtgebiete. Pflanzen wachsen Tag und Nacht; Insekten und andere Wirbellose – die den Winter unter Eis

Im Permafrostboden verhindert ein Eiskern unter der obersten Bodenschicht (hier durch Erosion während der Schneeschmelze zutage getreten) das Versickern des Oberflächenwassers.

Foto: B. Ganter. Hudson Bay, Kanada, Juli 1992.



An den Rändern des arktischen Ozeans taut das Meereis im Sommer auf. Mit fortschreitender Klimaerwärmung werden die eisfreien Flächen immer größer.

Foto: B. Ganter. Wrangel-Insel, August 1995.

und Schnee überdauert haben – erwachen zu neuem Leben und nutzen den kurzen Sommer, um sich in kürzester Zeit enorm zu vermehren. Auf diese Weise entsteht ein riesiges Nahrungsangebot für andere Tiere, die nur als Sommergäste in die Arktis kommen und zum Teil lange Wege hierher zurücklegen.

Als Ursprung der meisten globalen Zugwege hat der hohe Norden eine enorme Bedeutung für die Vogelwelt unseres Planeten. Knapp 200 Vogelarten brüten hier, viele von ihnen haben hier ihre Hauptverbreitung oder brüten gar ausschließlich in der Arktis. Die artenreichste Vogelgruppe unter den arktischen Brutvögeln sind die Limikolen mit ca. 50 Arten – noch vor den Singvögeln. Ebenfalls stark vertreten sind Schwäne, Gänse und Enten (ca. 35 Arten). Kaum ein Vogel schafft es aber, den Winter hier zu verbringen. Nur die Schneehühner können unter dem Schnee überleben; Gerfalken, Schneeeulen und Kolkrahen schaffen es auch zuweilen, in der Arktis zu überwintern. Alle anderen Brutvögel ziehen nach dem kurzen Sommer lange Strecken in ihre südlichen Winterquartiere, manche von ihnen bis weit auf die Südhalbkugel.

» Kühle Bedingungen – viele Vorteile

Warum also die Mühe eines langen Zuges auf sich nehmen, um in einem kühlen Sommer zu brüten, in dem zudem die Gefahr sommerlicher Schneestürme droht? Das kurzfristig sehr große Nahrungsangebot ist sicher ein sehr wichtiger Faktor, der die Evolution von Langstreckenzügen begünstigt hat. Aber es gibt auch andere gute Gründe zum Brüten in die Arktis zu ziehen. Der 24-Stunden-Tag ermöglicht prinzipiell das Fressen rund um die Uhr. Auch das in den hohen Brei-

Die Schneegans, ein sehr prominenter Brutvogel der nordamerikanischen Arktis und der ostsibirischen Wrangel-Insel, hat in den vergangenen Jahrzehnten im Bestand stark zugenommen. Verbesserte Jagd- und Nahrungsbedingungen in den Winterquartieren haben dazu beigetragen, aber zum Teil auch die beständigeren Wetterbedingungen in den Brutgebieten: Während in der Schneeganskolonie auf der Wrangel-Insel jahrzehntelang nur etwa einer von vier Sommern warm genug war, um erfolgreiches Brüten zu ermöglichen, hat sich die Population nach nun zehn aufeinanderfolgenden guten Jahren verdoppelt.

Foto: B. Ganter. Hudson Bay, Kanada, Juni 1992.





Die Tundra in den küstennahen Gebieten der Subarktis ist im Sommer üppig grün und bietet eine reiche Nahrungsgrundlage unter anderem für Insekten und Vögel.

Foto: B. Ganter. West-Grönland, Juli 1997.

tengraden vergleichsweise geringe Vorkommen von Prädatoren (die zudem wegen der ständigen Helligkeit meist gut entdeckt werden können) schafft gute Fortpflanzungsbedingungen für Zugvögel. In weiten Bereichen der Arktis, allerdings nicht überall, gibt es ein reichliches Kleinsäugervorkommen, sodass Beutegreifer oft gut versorgt sind, ohne sich um das Erbeuten von

Alt- und Jungvögeln kümmern zu müssen. Allerdings unterliegen die Zahlen der Kleinsäuger, insbesondere der Lemminge, ausgeprägten zyklischen Schwankungen, sodass es auch Jahre gibt, in denen der Prädatationsdruck auf Vögel plötzlich stark ansteigt. Nicht zuletzt gibt es in der Arktis deutlich weniger Parasiten und Krankheitserreger als in wärmeren Gegenden.

Die meisten arktischen Vögel sind auf bestimmte Habitatzonen innerhalb der Arktis beschränkt. Je weiter nördlich, desto weniger Arten brüten. Während in der Subarktis in der Nähe der Baumgrenze der Artenreichtum noch recht groß ist (und auch die Primärproduktion und damit das Nahrungsangebot um das Hundertfache größer ist als in der Hocharktis), brüten im äußersten Norden der Kontinente nur wenige, spezialisierte hocharktische Arten wie Knutt, Sichelstrandläufer, Ringelgans oder Sanderling.

Der Alpenstrandläufer brüdet in sumpfigen Gebieten der Arktis, jedoch nicht in den extrem hohen Breitengraden. Wenn der Permafrost taut und das Oberflächenwasser dadurch leichter versickert, könnten in seinem Lebensraum die Feuchtgebiete austrocknen.

Foto: H.-U. Rösner. Nord-Norwegen, Juni 2005.



» Frühwarnsystem Arktis

Der Eisbär und die Gefährdung seines Lebensraumes durch das Abschmelzen des Meereises sind mittlerweile weltweit zu medienträchtigen, mahnenden Symbolen für den Klimawandel geworden. In der Tat lassen sich in der Arktis in den letzten Jahren besonders drastische Veränderungen beobachten, von denen nicht nur Eisbären, sondern letztendlich alle Lebewesen des hohen Nordens betroffen sein werden.

Polare Ökosysteme reagieren besonders empfindlich auf Erwärmung und können so als eine Art Frühwarnsystem für Veränderungen auf unserem Planeten dienen. Kanadische Forscher haben arktische Öko-

systeme mit den „miner's canaries“ verglichen, den Kanarienvögeln in Bergwerken, die auf erste Anzeichen ungueter Veränderungen reagieren.

» Positive Rückkopplungen mit negativen Folgen

Nach allen gängigen Klimamodellen erwärmt sich die Arktis erheblich schneller (etwa 2,5-mal so schnell, s. Abb. S. 291) als der Rest der Erde, und dieses Muster wird sich auch noch weiter fortsetzen. Zum einen kommt die kräftigere Erwärmung der Arktis durch die besonderen Luft- und Meeresströmungsverhältnisse zu Stande, zum anderen tragen zwei sich selbst verstärkende Prozesse („positive Rückkopplungen“, in diesem Fall mit eher negativen Auswirkungen) dazu bei. Rückkopplung (1): Durch das Abschmelzen von Eis und Schnee „ergrünt“ die Arktis zunehmend und damit wird das Reflexionsvermögen (die „Albedo“) des dortigen Teils der Erdoberfläche vermindert. Verglichen mit einer geschlossenen Schnee- oder Eisdecke wird also ein geringerer Teil der einfallenden Sonnenstrahlung wieder in den Weltraum reflektiert und ein größerer absorbiert, was die Erwärmung verstärkt und die Albedo weiter verringert. Rückkopplung (2): Im Permafrostboden Sibiriens und Nordamerikas sind zurzeit noch große Mengen des Treibhausgases Methan gebunden. Schmilzt der Permafrost, könnte das Methan in die Atmosphäre entweichen und zu deren weiteren Aufheizung beitragen.

» Schrumpfendes Meereis

Da das Nordpolargebiet zum größten Teil aus dem ganzjährig eisbedeckten arktischen Ozean besteht, wird das Klima der angrenzenden Kontinentalränder maßgeblich durch das Vorhandensein von Meereis bestimmt. Auch ohne globale Erwärmung unterliegt die Ausdehnung des Meereises einem jährlichen Zyklus: Im Sommer ist die Eisdecke wesentlich weniger ausgedehnt als im Winter und viele Küstengebiete sind für kurze Zeit eisfrei. Durch die Klimaerwärmung tauen in jedem Sommer größere Flächen des Meereises auf; die in den letzten Jahren beobachtete sommerliche Schmelze des arktischen Eises verlief erheblich schneller als bisher vorausgesagt.



Der Knutt gehört weltweit zu den am weitesten ziehenden Vogelarten: von den hocharktischen Brutgebieten bis in die Winterquartiere im Süden von Afrika, Australien und Südamerika. Wenn sich die Vegetationszonen der Nordhalbkugel nordwärts verschieben, wird sein typisches hocharktisches Bruthabitat verschwinden.

Foto: H.-U. Rösner, Nordwest-Grönland, Juni 1987.

Im September 2007 erreichte die Ausdehnung des arktischen Meereises ihren bisher niedrigsten Stand seit Beginn der satellitengestützten Messungen im Jahr 1979, und die Europäische Weltraumagentur (ESA) berichtete, dass die legendäre, bisher unpassierbare Nordwestpassage durch den arktischen Archipel Nordamerikas erstmals vorübergehend frei von Eis war. Aktuelle Prognosen besagen, dass sich die durchschnittliche jährliche Ausdehnung des Meer-

eises bis 2100 um 10 bis 50 Prozent reduzieren wird. Schon im Jahr 2030 könnte der arktische Ozean im Sommer vollkommen eisfrei sein. Allerdings hat ein außergewöhnlich kalter Winter 2007–2008 im Norden Kanadas die Eisdecke zunächst wieder auf ein normales Maß anwachsen lassen; was der nächste Sommer bringt, bleibt abzuwarten.

Sollten in Zukunft tatsächlich die arktischen Gewässer im Sommer regelmäßig eisfrei sein, kann das

Auch wenn die Wrangel-Insel auf Vegetationskarten als „Eiswüste“ verzeichnet ist, gedeiht hier eine große Vielfalt an Blütenpflanzen.

Foto: B. Ganter, Wrangel-Insel, August 1995.



enorme Auswirkungen auf globale Transportwege haben: Nordost- und Nordwestpassage könnten sich zu intensiv genutzten Schifffahrtsrouten entwickeln. Verstärkte Nutzung durch die Schifffahrt würde auch neue, ernsthafte Gefahren für arktische Küsten mit sich bringen, wie Meeresverschmutzung und das Risiko von Ölunfällen. Bis auf Weiteres werden die Passagen jedoch im Winter unwegsam bleiben und auch im Sommer bleibt die Gefahr von Zusammenstößen mit Eisbergen bestehen, sodass eine wirtschaftliche Nutzung dieser nördlichsten Seewege wohl erst in fernerer Zukunft zu erwarten ist.

» Versickernde Seen, verdunstende Tümpel

An Land wird in den subarktischen Bereichen das Auftauen der Permafrostböden im Sommer zu einer Veränderung der hydrologischen Verhältnisse führen: Das Oberflächenwasser wird nicht mehr durch den Eiskern im Boden am Versickern gehindert und die ausgedehnten arktischen Feuchtgebiete werden möglicherweise trockener, mit weitreichenden



Höhere Weidenbüsche, wie sie an geschützten Stellen in der Subarktis zu finden sind, breiten sich mit zunehmender Erwärmung nach Norden aus und „überwachsen“ die niedrige Tundravegetation.

Foto: H.-U. Rösner, Nord-Norwegen, Juli 2003.

den Folgen für die Insektenfauna und die davon lebenden Wirbeltiere. Schon jetzt sind Seen in der Subarktis verschwunden. Andererseits kann wärmere Luft auch mehr Feuchtigkeit binden, sodass die Niederschläge in der Arktis zunehmen könnten.

In der Hocharktis dagegen wird der Permafrost vorerst nicht auftauen. Dort sind aber schon jetzt durch die

höheren Lufttemperaturen zahlreiche Tümpel und kleine Seen komplett verdunstet. Im Sommer 2007 berichteten kanadische Wissenschaftler, dass kleinere Wasserflächen in ihrem Untersuchungsgebiet, das sie seit 1983 beobachten, inzwischen komplett ausgetrocknet sind. Mit den Jahren sank der Wasserspiegel, der Salzgehalt stieg und nun sind die

Der Pazifiktaucher (*Gavia pacifica*), früher als Unterart des Prachttäuchers (*Gavia arctica*) angesehen, brütet am Ufer von Seen in der Tundra und Taiga Nordamerikas und Ostsibiriens. Von Veränderungen der hydrologischen Verhältnisse in der Arktis wird er direkt betroffen sein.

Foto: B. Ganter, Hudson Bay, Kanada, Juni 1990.



se seit Jahrtausenden existierenden kleinen Feuchtgebiete komplett trocken – wie ein Topf, den man ohne Deckel zu lange auf der heißen Herdplatte stehen lässt. In vielen Regionen der Arktis sind diese Tümpel die Hauptquelle für Oberflächenwasser und überlebenswichtig für die meisten Tier- und Pflanzenarten dieser Regionen. Die ökologischen Veränderungen, die das Austrocknen dieser Tümpel nach sich ziehen, werden das gesamte arktische Ökosystem beeinflussen.

» Wandernde Vegetationszonen

Während das Abschmelzen des Meereseises für Eisbären einen direkten Habitatverlust bedeutet, in dessen Folge die Wissenschaftler schon jetzt Änderungen in Verbreitung und Verhalten der Tiere dokumentiert haben, sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die meisten anderen Lebewesen in der Arktis eher indirekter Natur – und damit auch schwerer vorherzusagen.

Die sich verändernden Verhältnisse bei Temperaturen und Niederschlägen werden voraussichtlich in der gesamten Arktis zu Veränderungen der Vegetation führen. Die einzelnen Vegetationszonen werden sich mit fortschreitender Temperaturerwärmung nach Norden verschieben. Schon jetzt kann festgestellt werden, dass subarktische Tundragebiete zunehmend verbuschen; langfristig wird hier borealer Nadelwald stehen. Damit werden die Habitate, die den in der Tundra brütenden Vögeln zur Verfügung stehen, in ihrer Fläche reduziert. Als erste werden wohl die hocharktischen Arten betroffen sein, da ihre Habitatzone am Nordrand der Kontinente zwischen dem arktischen Ozean und der sich nach Norden ausbreitenden subarktischen Tundra „zerdrückt“ wird. Möglicherweise werden aber die Veränderungen im Wasserhaushalt (s. o.) noch schneller und unmittelbarer auf die Brutvogelgemeinschaft wirken als die langsamere Verbuschung der Tundra.

» Neue Herausforderungen

Gleichzeitig ist anzunehmen, dass sich für einige Arten die zur Verfügung stehenden geeigneten Flächen vorübergehend vergrößern und es



Die Schneeammer ist der am weitesten nördlich brütende Singvogel der Welt. Sie ist rund um die Arktis verbreitet. Wenn sich das Klima erwärmt, könnte dieser Art, die an extreme Bedingungen angepasst ist, neue Konkurrenz durch andere Arten entstehen.

Foto: B. Ganter. Hudson Bay, Kanada, Mai 1992.

somit auch – wenigstens zeitweise – Nutznießer des Klimawandels geben wird: Für subarktische und möglicherweise auch gemäßigte Arten könnten sich neue Lebensräume erschließen, was aber auch bedeutet, dass den jetzigen arktischen Arten neue Konkurrenz um Nahrung und Brutplätze erwächst.

Nicht nur die Vegetation und die Konkurrenten werden sich verändern, sondern die höheren Temperaturen werden auch andere und mehr Beutegreifer, Parasiten und Krankheitserreger begünstigen. Ob die an die verhältnismäßig sterilen arktischen Verhältnisse angepassten Tiere sich schnell genug mit den veränderten Bedingungen zurechtfinden können, bleibt abzuwarten.

» Beobachtung ist wichtig

Wahrscheinlich ist, dass die Effekte des Klimawandels regional und lokal sehr unterschiedlich ausfallen werden. Vorhersagen sind nur allgemein und in einem sehr großen Maßstab möglich und natürlich immer mit vielen Unsicherheiten behaftet. Wie stark einzelne Orte in der Arktis vom Klimawandel betroffen sein werden und welche Effekte genau in welcher Region auftreten werden, lässt sich nicht präzise abschätzen. Umso wichtiger wird es sein, möglichst viele Daten über tatsächliche Veränderungen vor Ort zu sammeln, wie es

zurzeit im Rahmen des Internationalen Polarjahres an vielen Stellen der Arktis und mit internationaler Koordination geschieht.

Barbara Ganter

Literatur zum Thema:

- ACIA (2004): Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press.
- Meltofte, H., T. Piersma, H. Boyd, B. McCaffery, B. Ganter, V. Golovnyuk, K. Graham, C.L. Gratto-Trevor, R.I.G. Morrison, E. Nol, H.-U. Rösner, D. Schammel†, H. Schekkerman, M.Y. Soloviev, P.S. Tomkovich, D.M. Tracy, I. Tulp & L. Wennerberg (2007): Effects of climate variation on the breeding ecology of Arctic shorebirds. *Meddelelser om Grønland Bioscience* 59: 1-48.
- Richter-Menge, J., J. Overland, A. Proshutinsky, V. Romanovsky, L. Bengtsson, L. Brigham, M. Dyurgerov, J.C. Gascard, S. Gerland, R. Graversen, C. Haas, M. Karcher, P. Kuhry, J. Maslanik, H. Melling, W. Maslowski, J. Morison, D. Perovich, R. Przybylak, V. Rachold, I. Rigor, A. Shiklomanov, J. Stroeve, D. Walker & J. Walsh 2006. State of the Arctic Report. NOAA OAR Special Report, NOAA/OAR/PMEL, Seattle, WA, 36 pp.
- Smol, J.P. & M.S.V. Douglas (2007): Crossing the final ecological threshold in high Arctic ponds. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 12395-12397.
- Sturm, M., C. Racine & K. Tape (2001): Increasing shrub abundance in the Arctic. *Nature* 411: 546-547.

Offizielle Webseite zum Internationalen Polarjahr:
www.polarjahr.de

INTERNATIONALES 2007 & 2008
POLARJAHR
 DER DEUTSCHE BEITRAG

