

4.13 Klimawandel und polare Vögel

HANS-ULRICH PETER

Klimawandel und polare Vögel: Die Arktis weist eine höhere Arten-Diversität der Avifauna als die Antarktis auf. Die rauen winterlichen Bedingungen zwingen die meisten arktischen Brutvögel und auf dem Kontinent Antarktika alle Arten außer dem Kaiserpinguin zum saisonalen Abwandern in klimatisch günstigere Bereiche. Der Klimawandel beeinflusst die Vogelpopulationen in Nord und Süd manchmal auf verschiedene Art und Weise. Das Schmelzen des Meereises hat entweder direkte Auswirkungen (Bruthabitatverlust beim Kaiserpinguin), indirekt aber komplexe Auswirkungen auf das Nahrungsnetz. Zusätzlich gibt es beim Adeliepinguin, aber auch bei arktischen Seevögeln Ausfälle durch Neuschnee, Regen und Sturm in der Brutzeit, die zum Gelege- oder Jungenverlust führen können. Sowohl in der Antarktis als auch stärker in der Arktis kommt es zur Einwanderung von Arten aufgrund neuer günstiger abiotischer und biotischer Bedingungen.

Climate change and the polar birds: The Arctic is characterized by a higher diversity of the avifauna than the Antarctic. The harsh winter conditions force most Arctic breeding birds and all Antarctic species except of the emperor penguin to migrate to areas that are more favourable. The climate change influences bird populations in the North and South partly in a different way. The decreasing sea-ice has either direct consequences (loss of breeding habitat of emperor penguins) or affects the complex foodweb. Additionally, decreases in Adélie penguins but also in Arctic seabirds are caused by snowfall, rain and storm during breeding season leading to the loss of the clutches or offsprings. Due to new favourable biotic and abiotic conditions the immigration of new species is observed both in the Antarctic and in the Arctic.

Welchen Einfluss hat der in den polaren Gebieten besonders intensive Klimawandel auf die Vögel der Arktis und Antarktis? Ist das vorteilhaft oder negativ für die Land- und Meeresvögel der polaren Gebiete? Was sind die direkten oder indirekten Ursachen?

In diesem Kapitel sollen an einigen Beispielen diese Fragen diskutiert werden, bis hin dazu, wie die zukünftige Entwicklung der Vogelbestände weiter gehen könnte.

Die Diversität der Avifauna ist in der Arktis größer als in der Antarktis. Etwa 150 Vogelarten brüten in der Arktis, aber nur acht Arten verbringen auch den Winter in den kalten Gefilden (STONEHOUSE 1989), unter ihnen das Alpenschneehuhn (*Lagopus mutus*) und der Kolkrahe (*Corvus corax*). Anders in der Antarktis: Nur etwa 50 Arten sind auf Nahrungssuche in antarktischen Gewässern, wobei nur wenige am Rande des Kontinents brüten. Das sind neben dem Kaiserpinguin (*Aptenodytes forsteri*) nur der Adeliepinguin (*Pygoscelis adeliae*), Antarktissturmvogel (*Thalassoica antarctica*), Silbersturmvogel (*Fulmarus glacialis*), die Buntfußsturmschwalbe (*Oceanites oceanicus*) und die Südpolar-Skua (*Catharacta maccormicki*). Erst in der maritimen Antarktis und Subantarktis steigt die Zahl der Brutvögel an.

Arktische Vögel und Klimawandel

Der Klimawandel ist aufgrund der gestiegenen Temperaturen mit einem Rückgang der Meereis-Bedeckung und deren Dicke verbunden, daneben aber auch mit zunehmender Häufigkeit und Intensität von Stürmen.

Das bedeutet katastrophale Auswirkungen auf die marinen Nahrungsnetze, so dass einige Arten wie Eissturmvogel (*Fulmarus glacialis*), Dreizehenmöwe

(*Rissa tridactyla*) und Trottellumme (*Uria aalge*) stark zurückgehen.

Wie reagieren die Vögel auf den Klimawandel?

Die Spitzbergen-Gryllsteite (*Cephus grille mandtii*) ist einer der wenigen Seevögel, die das ganze Jahr über an Meereis gebunden sind, an ein Habitat, das sich schnell verändert. Untersuchungen in Alaska haben gezeigt, dass die Migration dieser Art entscheidend von physikalischen und biologischen Prozessen abhängt, die mit der Bildung und Schmelze des Meereises verbunden sind. Nach Geolokator-Daten folgen die Gryllsteiten im Jahresverlauf dem Eisrand, einer Region mit 30-60% Eisbedeckung. Die Reduktion des sommerlichen Meer-Eises wirkt sich bei dieser Art über eine verringerte Verfügbarkeit des Grönlanddorsches als Hauptnahrung auf einen geringeren Bruterfolg und eine Verkleinerung der Kolonien aus. Im Gegensatz dazu gab es in den letzten 40 Jahren aber keine Veränderung der jährlichen Adultmortalität.

Zu einer weiteren Lummens-Art, der Trottellumme, haben VOTIER et al. (2005) gezeigt, dass arktische Seevögel stark vom Ausmaß der Nordatlantischen Oszillation abhängen. Diese verursacht über eine große räumliche Skala besondere ozeanographische und klimatische Bedingungen und geht mit Veränderungen der marinen Fischbestände einher. Letztere wirken sich dann auch auf die Populationsdynamik der Seevögel aus.

Die Abnahme des Meer-Eises und die damit zusammenhängenden Veränderungen im marinen Nahrungsnetz beeinflussen auch die Elfenbeinmöwen (*Pagophila eburnia*). Diese Art ist zum größten Teil ihrer

Lebenszeit mit Meer-Eis verbunden, da die Brutplätze in Kliffs nicht weit von der Eisgrenze bzw. von Eisspalten entfernt sind, an denen sie Nahrung suchen (YANIK 2016).

Die Tundra-Brutvögel (Schnepfen-, Gänse- und Singvögel) sind Zugvögel, die lange Distanzen zurücklegen. Viele überwintern in den reichen Wattgebieten der temperaten oder tropischen Breiten. Da sie nur wenige Wochen in der Arktis verbringen, vermeiden sie die harten Winter-Bedingungen, nutzen aber die florierenden Nahrungsbedingungen in der sommerlichen Tundra, um ihre Jungen großzuziehen. Dabei spielen Invertebraten eine große Rolle, für Adulte sowohl zur Eientwicklung als auch zur Bildung von Körperreserven für die Bebrütung der Eier. Adulte und Juvenile brauchen außerdem Reserven für den bevorstehenden Zug nach Süden. Sperlingsvögel nutzen als weitere Nahrungsquelle auch Samen verschiedener Pflanzen.

Man erwartet, dass aufgrund des Klimawandels die Schneeschmelze früher beginnt und eher Sommerwetter eintritt, so dass Tundravögel von diesen günstigeren Bedingungen in den meisten Jahren profitieren können. Auf der anderen Seite können aber durch die zunehmende Schneefälle im Spätwinter kältere Frühjahre folgen, d.h. chaotische Bedingungen in der Brutzeit verursachen.

Bei einigen polaren Vogelarten wird der Zeitpunkt der Migration stark von der endogenen Uhr bestimmt. Dadurch kann es zu Konflikten bei sich ändernden Umweltbedingungen kommen, insbesondere Temperaturanstieg. Bei Schneegänsen (*Anser caerulescens*) ist in Jahren mitzeitigem Frühjahr oder hohen Frühjahrstemperaturen das Wachstum der jungen Gänse verlangsamt, möglicherweise deswegen, weil sie zu spät schlüpfen, um noch von solchen hochqualitativen Nahrungspflanzen profitieren zu können, die bei den höheren Temperaturen vorzeitig wachsen. Das hat einen negativen Einfluss auf die neue Generation, da das Überleben der jungen Gänse während der Herbstwanderung von der Körpermasse am Ende des Sommers abhängt. Klimaerwärmung wird diese Diskrepanz erhöhen und die Bestandsverjüngung in einigen Populationen verringern.

Obwohl arktische Seevögel sehr gut an die extremen Bedingungen angepasst sind, wird ihre Energiebalance dennoch durch die extreme Umwelt beeinflusst. Der Wärmeverlust durch Kaltluft, Wasser oder bei Sturm kann die Gefiedereigenschaften der Adulten (Wärmeisolierung und Wasserundurchlässigkeit) stark beeinflussen. So führen (mit zunehmender Häufigkeit durch den Klimawandel) stärker und häufiger auftretende Winterstürme zu einer erhöhten Mortalität von Trottellummen und Krabbentauchern (*Alle alle*).

Die relative Empfindlichkeit der Seevögel gegenüber dem Klimawandel ist auch für die Küken ein Problem; das Daunengefieder ist weniger wasserabweisend und ein schwächerer Wärmeisolator im Vergleich zu den Altvögeln. Das bedeutet, dass gerade die Küken bei zunehmenden Stürmen und mehr Niederschlag besonders empfindlich reagieren. Sogar für die gut angepasste hocharktische Elfenbeinmöwe kann ein einziger Tag mit Regen, kombiniert mit Sturm, die Zerstörung aller Gelege und Küken in einigen Kolonien bedeuten.

Müsste nicht ein Anstieg der Temperatur einen Vorteil für polare Vögel bringen ?

Hier muss die Physiologie in Betracht gezogen werden: Bei jeder Art kann man einen Temperaturbereich nachweisen, bei dem nur minimale Energiekosten entstehen (Thermoneutralzone). Dieser liegt bei polaren Vögeln vielfach im negativen Temperatur-Bereich. Trotzdem entsteht insbesondere bei extremer Kälte ein zusätzlicher Energiebedarf. In vielen Fällen kommen selbst kalteangepasste Vögel aufgrund der niedrigen Temperaturen und des Windes in der Arktis mitunter in eine kritische Engpass- (»Bottleneck«-) Situation. Wird das Klima wärmer, verschiebt sich die Umgebungstemperatur zum anderen Ende der Thermoneutralzone, so dass auch dann durch einen erhöhten Energiebedarf (auch bei höheren Temperaturen) die individuelle physiologische Leistung negativ beeinflusst wird. Dabei ist zu beachten, dass der relativ schnelle Klimawandel nur bedingt durch Evolutionsprozesse »aufgefangen« werden kann, die von der relativ langen Lebensdauer und dem langsamen Populationswachstum abhängen. Eher kann man die phänotypische Plastizität dafür verantwortlich machen, dass die Antwort auf sich schnell veränderte Bedingungen erfolgen kann. Die Möglichkeit einer Population, auf den Klimawandel zu reagieren, hängt von evolutionären und demographischen Prozessen ab. Besonders kann das Maß der genetischen Varianz innerhalb einer Population direkt den langfristigen Einfluss des Klimawandels bestimmen.

Auf der anderen Seite kann man aber am Südrand der Arktis feststellen, dass dort vorkommende Arten durch Klimaerwärmung insofern profitieren können, dass sie ihre Verbreitung nach Norden ausdehnen können. Das passiert parallel mit der Verschiebung der Waldgrenze und dem Vordringen der Taiga nach Norden. In solchen Fällen stimmt das individuelle Temperaturfenster mit den neuen Bedingungen überein. Wenn andererseits Tundra-Arten nach Norden ausweichen müssen, werden sie bald kein eisfreies Land mehr vorfinden.

Antarktische Vögel

Das Klima hat das Verbreitungsmuster von antarktischen Pinguinen seit Jahrtausenden beeinflusst. Gletscher sind in Kaltzeiten expandiert und haben die Brutplätze von Adeliepinguinen (*Pygoscelis adeliae*) mit Eis bedeckt, so dass die Pinguine diese verlassen mussten. Nach Zurückschmelzen der Gletscher wurden die steinigen Brutplätze wieder besetzt.

Der Adelie-Pinguin hat vor ca. 6.000 Jahren die westliche Antarktische Halbinsel (=WAP) besiedelt, die Ost-Antarktis vor 14.000 Jahren, während es in der Ross-See schon ca. 45.000 Jahre Adelie-Pinguine gibt.

Die paläoklimatischen Daten weisen darauf hin, dass das periodische Verlassen der Kolonie-Orte nicht nur mit der Ausdehnung der Gletscher sondern auch dem starken Wachstum des dicken permanenten Meer-Eises zusammenhängt, während die Wiederbesiedlung in Wärmeperioden erfolgte, die beim Rückgang der Gletscher bzw. bei Abnahme des Meereises den Zugang zu steinigen Nesthabitaten ermöglichten.

Im Gegensatz dazu fällt am Ende des 20. Jahrhunderts die Klimaerwärmung entlang der Westlichen Antarktischen Halbinsel mit einer Abnahme der Adelie-Pinguine zusammen, während in anderen Bereichen mit gleichbleibenden oder sinkenden Temperaturen in der Regel stabile oder zunehmende Populationen festzustellen sind

Die entgegengesetzten Effekte der Temperaturzunahme in verschiedenen Zeitregimes zeigen, dass der Einfluss bestimmter Umweltfaktoren auf die Verbreitung der Pinguine verschieden sein kann. Heute werden z.B. teilweise die südlicheren WAP-Bereiche besiedelt. Diese waren vor 100 Jahren auch im Sommer von Kilometer-weitem Packeis bedeckt und so für die Pinguine nicht erreichbar. Ähnliches trifft auf die südlicher gelegenen Küsten in der Ross- und Amundsen-See zu, die Glazialrefugien für die Adelie-Pinguine während vorangegangener Warmzeiten darstellten.

Der Adeliepinguin hat als ein typischer Vertreter der antarktischen Arten, wenn man eine geologische Zeitskala anlegt, durch Klimaerwärmung profitiert, bei Abkühlung aber negative Bestandstrends aufgewiesen. Dabei erfolgten die natürlichen Klimaschwanken bei weitem nicht in der Geschwindigkeit wie die Erwärmung jetzt.

Heute aber sind Zunahmen der Luft- und der Meerestemperaturen nicht länger von Vorteil für die Adelines. Etwa 30% der jetzigen Kolonien werden bis 2060 abnehmen und ungefähr 60% bis 2099, auch wenn die südlichen Kolonien weit weniger vom Klimawandel betroffen sein dürften.

Die eher subantarktische Arten, zum Beispiel Eselspinguine (*Pygoscelis papua*), nehmen nicht nur an der Westlichen Antarktischen Halbinsel und auf den Südor-

kneys (DUNN et al. 2016) bei gleichzeitigem Rückgang des Adeliepinguins zu. In der Umgebung der amerikanischen Palmer-Station haben die Adelines in den letzten 40 Jahren um 85% abgenommen; gleichzeitig sank auch der Bruterfolg und das End-Gewicht der Küken, während Zügel- und Esels-Pinguine enorm zunahmen.

Wir vermuten heute, dass der Klimawandel auf verschiedene Art und Weise Pinguine beeinflusst

Wichtig sind sowohl Qualität und Verfügbarkeit der marinen Nahrung als auch die Bedingungen an den Brutplätzen und in deren Umgebung. So werden Änderungen in der Meereis-Bedeckung und höhere Temperaturen an der Meeresoberfläche insbesondere Fisch- und Krillpopulationen beeinflussen, die Hauptnahrung der antarktischen Pinguinarten. Die beiden wichtigen Arten sind dabei der Krill (*Euphausia superba*) und der Antarktische Silberfisch (*Pleurogramma antarcticum*). Der Silberfisch hat ebenfalls im WAP-Bereich abgenommen und könnte so auch für die Parameter wie verringerten Bruterfolg, Kükenmasse und Überleben mit verantwortlich sein. Es deutet sich an, dass diese Fische sich auch auf die Brutpaarzahl der Südpolar-Skuas auswirken, die sie fressen.

Die enge Kopplung innerhalb des Antarktischen Nahrungsnetzes, in dem Meereis, Wind und die Stabilität der Wassersäule das Phytoplankton und die Vermehrung des Antarktischen Krills beeinflussen, hat zu der Befürchtung geführt, dass der Klimawandel zu einer Abnahme des Krills führt, der Hauptnahrungsquelle der Adeliepinguine. Jedoch zeigen neuere Studien im Bereich der WAP keine Abnahme der Krill-Biomasse über die letzten Jahre. Obwohl die Krillabundanz und / oder auch die Konkurrenz um diese Ressource nicht der Hauptgrund für die Populationsabnahme der Adelines im WAP-Bereich sein dürfte, sollte man den negativen Effekt von warmem Wasser auf die Qualität und die Verfügbarkeit des Krills für Pinguine nicht ignorieren.

Der Klimawandel kann sich auch direkt auf die Brutplätze auswirken, etwa dadurch, dass die Niederschlagsverteilung, Menge und Form sich verändern. Fällt Regen oder Schnee in größerer Menge in der Bebrütungsphase bzw. der Phase kleiner Nestlinge, so kann das (Schmelz)wasser ein Absterben der Embryonen oder kleinen Jungen, die keine wasserabweisenden Federn besitzen, im Nest verursachen. Das wiederum kann zum Verlassen der Kolonien führen. Insbesondere ist der Adeliepinguin betroffen, während die 3 Wochen später brütenden Esels- und Zügelpinguine in der Regel erst nach solchen Schneereignissen mit der Brut beginnen. Ähnliches konnte auf Ardley Island beobachtet werden (s. Abb. 4.13-1 und -2).

Für die Pinguinkolonie auf dieser Insel liegt inzwischen liegt ein 35 Jahre umfassender Datensatz deutscher Ornithologen vor, der für die Beurteilung der Bestandentwicklung von Adélie-, Zügel- und Eselspinguinen an der Westlichen Antarktischen Halbinsel von hoher Bedeutung ist (vgl. BRAUN et al. 2016).

So schrumpfte die Brutpaarzahl der Zügelpinguine (*Pygoscelis antarctica*) seit Beginn der Brutpaarerfassung 1979/80 insgesamt um mehr als 90% und die der Adéliepinguine um mehr als 30%. Dagegen nahm die Zahl der Eselspinguine seit 1979/80 um mehr als 80% zu und erreichte in der Saison 2014/15 mit 6.475 Brutpaaren den höchsten Wert seit Beginn der Zählungen (Abb. 4.13-3).

Der Bestand an Zügelpinguinen blieb nach einer deutlichen Abnahme in den 1980er und 1990er Jahren stabil, wenn auch auf sehr niedrigem Niveau. Ähnliches gilt für die Adéliepinguine auf Ardley Island, deren Bestand in den 1980er und 1990er Jahren starke jährliche Fluktuationen zeigte und mit Beginn der 2000er Jahre stark abnahm. Die Zahl der Adéliepinguine scheint

sich jedoch ebenfalls seit zwölf Jahren stabilisiert zu haben. Neuere Rückgänge der Brutpaarzahl wurden jedoch in schneereichen Frühjahren mit spät einsetzender Schneeschmelze sowie starken Niederschlägen zu Beginn der Brut-Saison 2014/15 beobachtet (BRAUN et al. 2016).

Für die Langzeittrends können als Ursachen komplexe ökologische Prozesse im marinen Bereich in Frage kommen, so auch die regionale Abnahme der winterlichen Meereisausdehnung und damit der Habitatverlust dieser eisabhängigen Art (vgl. z.B. FRASER et al. 1992) sowie Veränderungen im Vorkommen von Krill, der im Winter an der Unterseite des Meereises die dort anhaftenden Diatomeen abweidet.

Dabei sind Zügelpinguine besonders gefährdet, da sie schnelle Bestandsrückgänge verzeichnen und ausschließlich in der WAP-Region und der Scotia Sea verbreitet sind, während Adéliepinguine Populationsrückgänge durch große stabile Bestände u. a. in der Ross-Ses abpuffern könnten (TRIVELPIECE et al. 2011), wo ihnen durch den Rückgang von Gletschern zunehmend neue Bruthabitate zur Verfügung stehen (LARUE et al. 2013).

Dagegen gelten Eselspinguine als »Gewinner« der aktuellen Klimaveränderungen, da sie zum einen für die Nahrungssuche auf offenes Wasser angewiesen sind (LYNCH et al. 2012) und zum anderen i.d.R. einen hohen Anteil an Fisch und Tintenfisch in ihrer Nahrung aufweisen. Somit reagieren Eselspinguine aufgrund ihrer deutlich geringeren Abhängigkeit vom Krill flexibler



Abb. 4.13-1: Schneebedeckte Nester von Adéliepinguinen auf Ardley Island (Foto: O.Mustafa)



Abb. 4.13-2: Infolge starken Schneefalls im Frühjahr verlassene Nester von Adéliepinguinen auf Ardley Island (Foto: M.-C. Rümmler)

auf die aktuellen Klimaveränderungen und zeigen eine zunehmende Verbreitung nach Süden hin.

Ist der Kaiserpinguin gefährdet ?

Auch die Bestände des hochantarktischen und stärker mit Meereis assoziierten Kaiserpinguine schrumpfen. Sie brüten im Winter auf dem Festeis. Die am weitesten nördlich vorkommenden Kaiserpinguin-Kolonien sind bei zunehmender Erwärmung gefährdet. Alle 45 bekannten Kolonien werden bis zum Jahr 2100 abnehmen BARBRAUD & WEIMERSKIRCH (2001) zeigen für Terre Adelie, dass hier die Abnahme des Kaiserpinguins um 50% von der verringerten Überlebensrate in den späten 1970er Jahren abhängt. In dieser Zeit kam es zu einer ungewöhnlich langen Wärmeperiode mit einer Reduktion der Meereis-Ausdehnung. Mit der Zunahme der

Wasser-Temperatur im Nahrungsgebiet der Kaiserpinguine stieg auch deren Mortalität. Auf der anderen Seite führt eine extreme Ausdehnung des winterlichen See-Eises zu einer geringeren Schlupfrate, da die Wege vom Eisrand zu den Kolonien sich verlängert haben. Diese Ergebnisse zeigen die starken und teilweise entgegengesetzten Effekte großräumiger ozeanischer Prozesse sowie der Meereis-Ausdehnung auf die Populationsdynamik des Kaiserpinguins und deren hohe Anfälligkeit gegenüber dem Klimawandel.

Wie sieht es im WAP-Bereich aus ?

Die Erwärmung im WAP-Bereich einschließlich der vorgelagerten Inseln führt auch zu einer Südausbreitung einzelner Vogelarten, auch wenn nicht vergleichbar mit der Nordausbreitung von Arten in der Arktis.

Nach dem Erstnachweis einer Brut von Rußalbatrossen (*Phoebastria palpebrata*) auf King George Island in der Saison 2008/09 (LISOVSKI et al. 2009) konnten 2011/12 und 2013/14 erneut Brutpaare registriert werden (vgl. Abb 4.13-4 und -5). Beim Vorkommen dieser Art in der Fildes-Region (62° S) handelt es sich um das südlichste Brutgebiet. Das bisherige Verbreitungsgebiet erstreckte sich auf subantarktische Inseln zwischen 46° und 53° S nahe der Antarktischen Konvergenz.

Für den Königspinguin gibt es aus 2011/12 und 2012/13 belegte Brutversuche auf Potter Peninsula (King George Island) von jeweils einem Brutpaar, sowie von zwei Brutpaaren auf Elephant Island (PETRY et al. 2013).

Schlussbetrachtung

Abschließend kann man feststellen, dass der Klimawandel in der Arktis und Antarktis für die Avifauna mehr negative als positive Auswirkungen hat und haben wird.

Zwar kommen neue Arten hinzu, dafür werden die Kolonien ursprünglich verbreiteter Arten weiter polwärts gedrängt und nehmen ab.

Die Ursachen dafür sind in der Regel sehr komplex; die Erhöhung der Luft- und Meerwasser-temperaturen und das Zurückweichen des Meereseises haben auch über Veränderungen in den Nahrungsnetzen direkte bzw. indirekte Folgen für die Vögel. Zunehmende Schneefälle und Stürme in der Brutzeit bewirken darüber hinaus eine erhöhte Ei- oder Jungvogelmortalitäten.

Literatur

BARBRAUD, CH. & H. WEIMERSKIRCH (2001): Emperor penguins and climate change. Nature 411, 183-186.
 BRAUN, CH., J. ESEFELD & H.-U. PETER (2016): Monitoring zu den Folgen von lokalen Klimav-

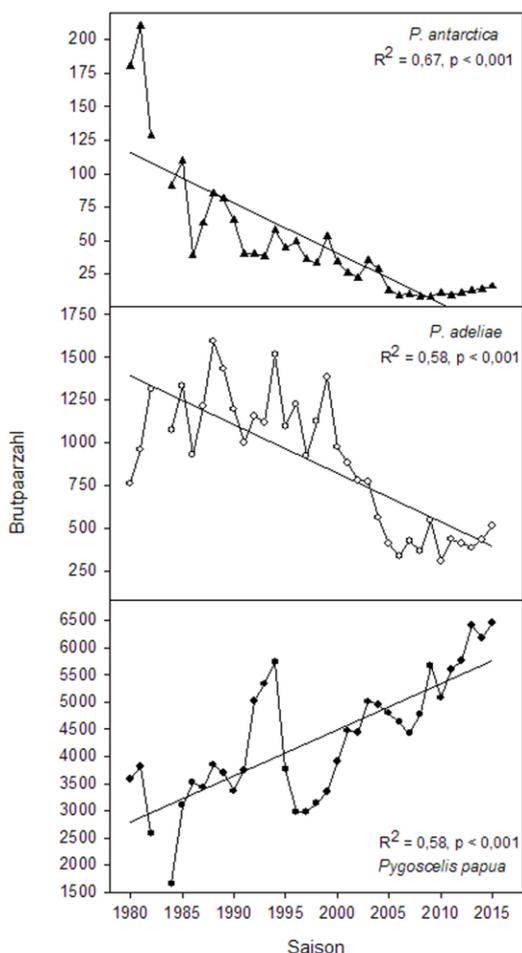


Abb. 4.13-3: Brutpaarzahlen von Esels-, Adélie- und Zügelpinguinen auf Ardley Island mit Darstellung signifikanter Trends mittels linearer Regression (verändert nach BRAUN et al. 2016)



Abb. 4.13-4: Brutplatz des Russalbatrosse am Flat Top (King George island (Foto Chr. Braun).



Abb. 4.13-5: Russalbatros nahe Flat Top (Foto: Chr. Braun).

eränderungen auf die Schutzgüter der eisfreien Gebiete der Maxwell Bay (King George Island, Antarktis, UBA-Report Dessau.
 DUNN, M. J., J. A. JACKSON, S. ADLARD, A. S. LYNNES et al. (2016): Population size and decadal trends of three penguin species nesting at Signy Island, South Orkney Islands. PLoS ONE 11(10): e0164025. doi:10.1371/journal.pone.0164025.
 FRASER, W. R., W. Z. TRIVELPIECE, D. G. AINLEY & S. G. TRIVELPIECE (1992): Increases in Antarctic penguin populations: reduced competition with whales or a loss of sea ice due to environmental warming? Polar Biol. 11, 525-531.
 LARUE, M. A., D. G. AINLEY, M. SWANSON, K. M. DUGGER, P. O. LYVER, K.

BBARTON & G. BALLARD (2013): Climate Change Winners: Receding Ice Fields Facilitate Colony Expansion and Altered Dynamics in an Adélie Penguin Metapopulation. PLOS ONE 8, e60568.
 LISOVSKI, S., V. PAVEL, K. WEIDINGER & H.-U. PETER (2009): First breeding record of the Light-mantled Sooty Albatross (*Phoebastria palpebrata*) for the maritime Antarctic. Polar Biol. 32, 1811-1813.
 LYNCH, H. J., W. F. FAGAN & R. NAVEEN (2010): Population trends and reproductive success at a frequently visited penguin colony on the western Antarctic Peninsula. Polar Biology. 2010; 33:493-503.
 LYNCH, H. J., R. NAVEEN, P. N. TRATHAN & W. F. FAGAN (2012): Spatially integrated assessment reveals widespread changes in penguin populations on the Antarctic Peninsula. Ecology 93, 1367-1377.
 PETRY, M. V., A. B. BASLER, F. C. L. VALLS & L. KRUGER (2013): New southerly breeding location of king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) on Elephant Island (Maritime Antarctic). Polar Biol. 36, 603-606.
 STONEHOUSE, B. (1989): Polar ecology. Blackie, Glasgow and London; Chapman and Hall, New York.
 TRIVELPIECE, W. Z., J. T. HINKE, A. K. MILLER, C. S. REISS et al. (2011): Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. P Natl Acad Sci USA 108, 7625-7628.
 VOTIER, S. C., B. J. HATCHWELL & A. BECKERMAN (2005): Oil pollution and climate have wide-scale impacts on seabird demographics. Ecology Letters 8, 1157-1164.
 YANNIC, G. (2016): High connectivity in a long-lived high-Arctic seabird, the ivory gull *Pagophila eburnea*. Polar Biol. 39:221-236.

Kontakt:

Dr. Hans-Ulrich Peter
 AG Polar- & Onitho-Ökologie
 Universität Jena
 bpe@uni-jena.de

Peter, H.-U. (2016): Klimawandel und polare Vögel. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Biodiversität. pp. 291-296. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de. doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.47.