

Immer früher wieder zurück:

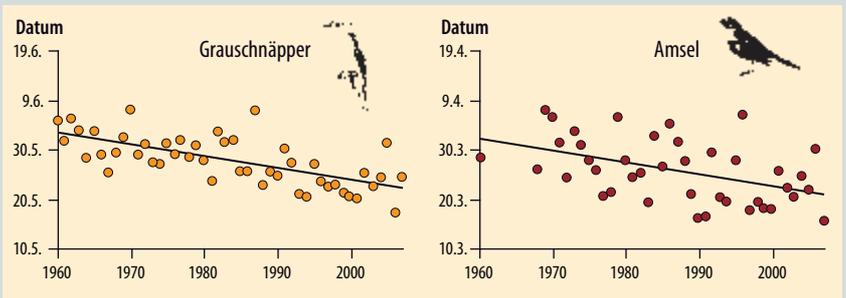
Veränderung von Zugzeiten

Die jüngste globale Klimaveränderung, in der Regel eine Erhöhung der Durchschnittstemperatur sowie Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse in vielen Regionen, schreitet in einem bisher unbekanntem Tempo und Ausmaß voran. Dadurch verändern sich auch etliche der äußeren Faktoren, welche die Jahresperiodik der Vögel mitbestimmen. Die zu beobachtenden Veränderungen unterscheiden sich in verschiedenen Gebieten in Qualität und Quantität zum Teil sehr deutlich. Welche Konsequenzen hat dies für Zugvögel? Sind sie überhaupt in der Lage, darauf zu reagieren? Für welche Arten ist Klimaveränderung vorteilhaft, für welche eher von Nachteil? Und wie wird es weitergehen?

Vogelzug hat sich vor allem im Zusammenhang mit den im Jahresverlauf wechselnden klimatischen Bedingungen und der damit verbundenen Verfügbarkeit von Nahrung entwickelt. Für die meisten Vogelarten, die in gemäßigten oder arktischen Breiten brüten, gilt es daher, zum Überwintern in besser geeignete Gebiete zu fliegen. Viele dieser Arten, die Kurz- und Mittelstreckenzieher (KMZ), überwintern im mittel-, süd- oder auch osteuropäischen Raum. Etliche Langstreckenzieher (LZ) ziehen hingegen noch weiter bis nach West-, Ost- oder sogar Südafrika und überwinden oder umfliegen dabei auch das Mittelmeer und die Sahara. Auf dem Weg zwischen Brut- und Überwinterungsgebieten müssen die Zugvögel somit zum Teil große Strecken zurücklegen, in deren Verlauf sie mit einer Vielzahl, oftmals sehr gegensätzlicher klimatischer Gegebenheiten, konfrontiert werden. Über Jahrtausende hat sich die Jahresperiodik der Zugvögel im Zusammenspiel mit diesen verschiedenen äußeren Bedingungen entwickelt. Sie passt sich dank einer gewissen Flexibilität den normalen Schwankungen der jährlichen und regionalen Witterungsbedingungen an. Im Zuge der Klimaveränderung hat beispielsweise die Anpassung der Zugzeiten ein erstaunliches Ausmaß erreicht.



Verfrühung der mittleren Heimzugzeit beim Gauschnäpper (Langstreckenzieher, oben) und bei der Amsel (Kurz-/Mittelstreckenzieher, unten) auf Helgoland von 1960 bis 2007. Abb. ergänzt nach Hüppop & Hüppop 2005. Foto Gauschnäpper: H. Glader, Österreich, Juli 2006. Foto Amsel: M. Höfer, Westerwald, Januar 2008.



» Verfrühungen der Heimzugzeiten

Tatsächlich haben sich besonders im Frühjahr in den letzten Jahren verschiedene jahresperiodische Vorgänge bei Vögeln wie bei anderen Organismen vor allem zeitlich zum Teil drastisch verändert. So sind für eine Reihe von Zugvögeln unter anderem die Verfrühung der Durchzugszeiten, der Ankunft im Brutgebiet und des Brutbeginns, Veränderungen anderer Brutparameter oder auch Veränderungen des Brutareals nachgewiesen worden. Diese jahresperiodischen Veränderungen können weltweit beobachtet werden und betreffen KMZ und LZ trotz unterschiedlich langer Zugstrecken sowie Männchen und Weibchen trotz geschlechtsspezifischer Zugzeiten gleichermaßen. So beträgt die Verfrühung der mittleren Heimzugzeit nach Fängen auf Helgoland innerhalb von 47 Jahren (1960 bis 2007) zum Beispiel bei Amsel und Grauschnäpper 11 Tage (Abb. S. 294), beim Fitis fast 13 Tage, bei Klappergrasmücke und Zilpzalp fast 14 Tage, bei der Waldschnepfe fast 15 Tage und bei der Mönchsgrasmücke sogar fast 17 Tage. Als Mittelwert von 24 Arten konnte auf Helgoland eine Verfrühung von 8,6 Tagen in 47 Jah-



Eine der drei Fangreusen im Fanggarten des Instituts für Vogelforschung auf dem Helgoländer Oberland.
Foto: O. Hüppop, 4.5.2008.

ren entsprechend 1,8 Tagen pro Jahrzehnt beobachtet werden. Lehtikoinen, Sparks und Zalakevicius kompilieren eine Vielzahl europäischer Untersuchungen und zeigten, dass sich in Europa die Erstankunft mit im Mittel vier Tagen pro Jahrzehnt wesentlich stärker verfrüht hat als die mittlere Heimzugzeit mit im Mittel nur einem Tag pro Jahrzehnt.

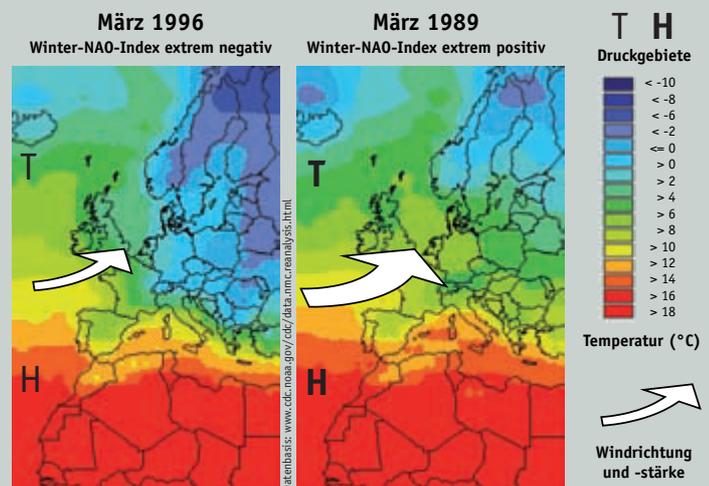
Vergleichbare phänologische Veränderungen gibt es nicht nur bei Vögeln und nicht nur auf Helgoland: Auf der Basis einer großen Zahl von Untersuchungen an verschiedenen Tier- und Pflanzenarten konnte ein Team europäischer und amerikanischer Wissenschaftler durchgängig eine globale Vorverlegung diverser phänologischer Ereignisse im Früh-

Stichwort: NAO-Index

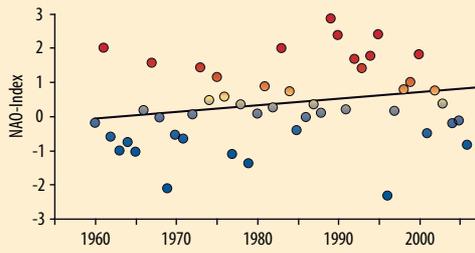
Die Nordatlantische Oszillation (NAO) ist eine mehrjährige Schwankung des Drucksystems zwischen dem Islandtief und dem Azorenhoch. Sie beeinflusst entscheidend Wetter und Witterung in West-, Nord- und Mitteleuropa. Der NAO-Index ist ein Maß für die monatliche mittlere Differenz zwischen dem Luftdruck bei den Azoren und bei Island und charakterisiert die meteorologische Situation eines Monats. In den Winter- und ersten Frühjahrsmonaten ist die NAO durch die stärksten Schwankungen gekennzeichnet, da die Atmosphäre dann am dynamischsten ist. Ein über die Monate Dezember bis März gemittelter Wert, der Winter-NAO-Index, gibt Aufschluss über die generelle meteorologische Situation im Winter und im zeitigen Frühjahr und ist gut geeignet zur Untersu-

chung großräumiger Zusammenhänge ökologischer Phänomene mit Wetter und Witterung. Ein negativer Winter-NAO-Index (geringe Luftdruck-Differenz) wie besonders extrem 1995/96 wird unter anderem gekennzeichnet von relativ schwachen westlichen Winden und beschreibt einen größeren Einfluss des kontinentalen Winter-Hochdruckgebietes mit folglich niedrigen Temperaturen (z.B. im März 1996) und geringen Niederschlägen in West-, Nord- und Mitteleuropa. Ein positiver NAO-Index (hohe Luftdruck - Differenz) wie z.B. 1988/89 geht einher mit relativ star-

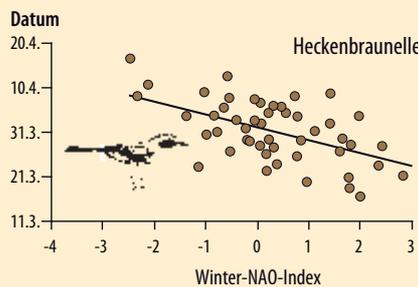
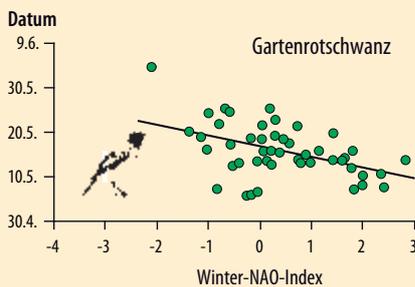
ken westlichen Winden, welche unter anderem milde Temperaturen (z.B. im März 1989) und höhere Niederschläge verursachen.



Einfluss der Nordatlantischen Oszillation auf die Frühjahrs-temperaturen.



Veränderung des Winter-NAO-Index von 1960 bis 2007 zu immer häufiger positiven Werten (rote Kreise).
(<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm>).



Zusammenhang zwischen Heimzugmittelwert und Winter-NAO-Index (als Maß für die Vorbereitung der Heimzugstrecke) beim Gartenrotschwanz (oben) stellvertretend für die Langstreckenzieher und der Heckenbraunelle (unten) als Vertreter der Kurz-/Mittelstreckenzieher auf Helgoland von 1960 bis 2007.

Abb. ergänzt nach Hüppop & Hüppop 2005. Fotos: H.-J. Fünfstück. Gartenrotschwanz, Garmisch-Partenkirchen, 27.4.2008. Heckenbraunelle, Karwendel, 12.5.2008.



jahr um zwei bis fünf Tage pro Dekade in den letzten Jahrzehnten berechnen.

Die Verschiebung der jahresperiodischen Vorgänge bei Vögeln hängt eindeutig mit dem jüngsten ungewöhnlich intensiven Klimawandel zusammen. Anhand einer sehr großen Zahl von Untersuchungen konnten europäische Wissenschaftler belegen, dass eurasische Vogelarten um im Mittel 2,5 bis 3,3 Tage pro Erwärmung um 1°C früher ankommen. Die Heimzugzeiten werden allerdings weniger vom lokalen Wetter im Brutgebiet, sondern eher vom großräumigeren Wetter auf dem Weg dorthin bestimmt. Sowohl in Europa als auch in Nordamerika kommen Zugvögel nämlich in ihren zunehmend wärmeren Brutgebieten nicht früher an, wenn die Temperaturen entlang der Zugstrecke nicht zu- oder vielleicht sogar abgenommen haben. Dieses Phänomen kann auch im Verlauf der Zugzeit beobachtet werden: In Südfinnland kommen die ersten Trauerschnäpper aufgrund gesteigerter Temperaturen im Winter und zu Beginn ihrer Zugzeit entlang der Heimzugroute von Südwesten nach Nordosten verfrüht in ihren Brutgebieten an. Die letzten Individuen zeigen jedoch keine Verfrühtung, da sich die späteren Frühjahrstemperaturen nicht verändert haben.

In Europa bestimmt als großräumiges Klimaphänomen entlang der Zugstrecke vor allem die Nordatlantische Oszillation (NAO) die Wetterbedingungen. Sie beeinflusst maßgeblich zugleich Temperatur, Niederschlag, Windstärke und Windrichtung über weite Bereiche West-, Mittel- und Nordeuropas vor allem in den Wintermonaten – Faktoren also, welche die Umwelt für die Durchzügler vorbereiten. Ein positiverer Winter-NAO-Index (Dezember bis März) mit mehr westlichen Winden und folglich höheren Temperaturen und Niederschlägen in den Wintermonaten bedeutet eine frühzeitiger entwickelte Vegetation, wodurch früher im Jahr Nahrung zur Verfügung steht (s. NAO-Kasten). Tatsächlich entwickelte sich der Winter-NAO-Index, als Maß für die Winterwitterung, über die letzten Jahrzehnte zu immer häufiger positiveren Werten (Abb. oben).

Zumindest in dem von der NAO beeinflussten europäischen Gebiet sind fast alle Vogelarten fähig, das Voranschreiten ihres Zuges der Temperatur und damit dem Zustand des Nahrungsangebotes entlang ihrer Zugstrecke anzupassen und somit früher durchzuziehen je früher Nahrung vorhanden ist, wie Gartenrotschwanz als LZ und Heckenbraunelle als KMZ auf Helgoland veranschaulichen (Abb. S.296, unten). Von den Langstreckenziehern, die südlich der Sahara überwintern, befürchtete man zunächst, dass sie wegen der Entkopplung von den Verhältnissen in Europa im Gegensatz zu den KMZ weniger flexibel auf die klimatischen Veränderungen reagieren können.

Während die Veränderung der NAO in Europa mit einer Verfrühung der Ankunft zusammenhängt, kann sie in Afrika und im Mittelmeerraum einen gegenteiligen Effekt haben und zunächst zu einer Verzögerung des Zuges führen: Ein hoher Winter-NAO-Index, der in West-, Mittel- und Nordeuropa ein wärmeres und feuchteres Winterklima verursacht, geht im Mittelmeerraum, in Nordafrika und in der Sahel-Zone mit verminderter Produktivität der Vegetation einher. In der Tat ist es im Zusammenhang mit immer „positiveren“ NAO-Wintern nicht nur im Mittelmeerraum, einem wichtigen Überwinterungsgebiet skandinavischer KMZ, sondern auch im Sahel-Bereich und südlich davon, also dem Hauptüberwinterungsgebiet der LZ, trockener und besonders in den 1980er und 1990er Jahren wärmer geworden, was generell einer Verschlechterung der dortigen Überwinterungsbedingungen für europäische Zugvogelarten entspricht. Tatsächlich kommen im italienischen Brutgebiet z.B. Altvögel der Rauchschwalbe nach ungünstigen Überwinterungsbedingungen in Afrika sogar später an. Ihr westliches mediterranes Durchzugsgebiet erreichen LZ in Jahren mit höheren Temperaturen und weniger Niederschlag in Afrika später. Spanische Wissenschaftler können eine über 50 Jahre zunehmende Verspätung der Ankunft von Zugvögeln im Mittelmeergebiet trotz gleichzeitiger lokaler Erwärmung folglich mit dem Klimawandel in den afrikanischen Überwinterungsgebieten erklären:

Auf die Ankunft von LZ im westlichen mediterranen Durchzugsgebiet hat die Witterung (hauptsächlich der Niederschlag) in ihren afrikanischen Überwinterungsgebieten vor Beginn des Heimzugs einen stärkeren Einfluss als das Klima in ihren potenziellen Brutgebieten. Vermutlich führt ein unter ungünstigen klimatischen Bedingungen niedriges Nahrungsangebot im Überwinterungsgebiet, mit direktem Einfluss auf die Bildung von Zugfettreserven für den Heimzug, zu einem späteren Beginn des Heimzugs.

Trotz des möglicherweise verzögerten Aufbruchs in den Überwinterungsgebieten und zunächst verspäteten Durchzugs in Südeuropa

sehr variabel und es kann keinerlei „Vorhersage“ für das folgende Jahr gemacht werden. Als Antwort auf die demzufolge unvorhersagbare Witterungssituation einer jeden Heimzugperiode ist eine hohe Flexibilität der Reaktion auf aktuelle Bedingungen in jedem Frühjahr vorteilhaft. Die Veränderung der Zugzeiten ist daher eher ein Ergebnis phänotypischer Plastizität denn mikroevolutiver Prozesse. Peter Berthold und Mitarbeiter der Vogelwarte Radolfzell nehmen an, dass Individuen nicht in der Lage sind, das Wetter in aufeinanderfolgenden Jahren, im Rahmen der hohen kurz- und langfristigen Variabilität, zu vergleichen und objektive Schlüsse über Klimatrends zu ziehen.



Der Heimzug der Klappergrasmücke hat sich auf Helgoland in den letzten 50 Jahren um fast zwei Wochen vorverlagert.

Foto: H.-J. Fünfstück. Karwendel, 12.5.2008.

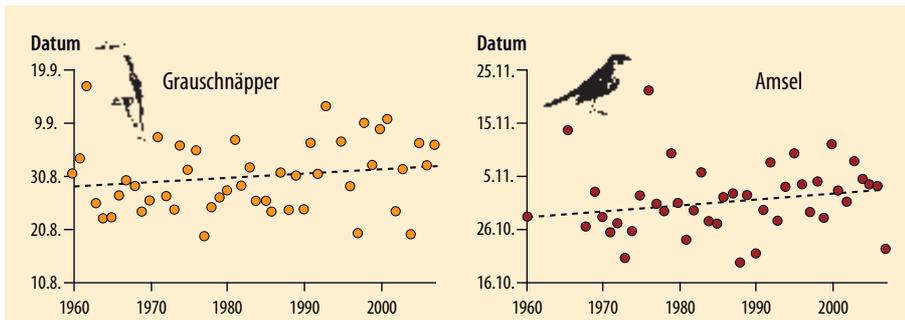
zeigen viele Zugvögel dennoch ein hohes Ausmaß an Verfrühung in Mittel- und Nordeuropa. Daher ist anzunehmen, dass die zunehmend günstigeren Bedingungen erst über West-, Mittel- und Nordeuropa im Verlauf des Zugwegs die zunehmend ungünstigeren Überwinterungsbedingungen überwiegen und somit in der Bilanz zu einer Verfrühung führen.

Eine schnelle genetische Fixierung veränderter Heimzugzeiten ist bisher nicht nachweisbar. Das Wetter ist

Trotz einer generellen Klimaerwärmung auf der Nordhalbkugel verhindert die Unvorhersagbarkeit kalter Winter und Frühjahre anscheinend eine rasche und enge genetische Fixierung veränderter Heimzugzeiten bei Vögeln.

» Veränderungen der Wegzugzeiten

Die Veränderungen im Herbst sind nicht so eindeutig wie im Frühjahr.



Trend der mittleren Wegzugzeit zur Verspätung beim Langstreckenzieher Grauschnäpper und beim Kurz-/Mittelstreckenzieher Amsel auf Helgoland von 1960 bis 2007 (ergänzt nach Hüppop & Hüppop 2005).

Sowohl Verspätungen als auch Verfrühungen des Wegzugs wurden selbst an gleichen Orten beobachtet. Auf der Kurischen Nehrung an der baltischen Ostseeküste gibt es in verschiedenen Zeiträumen der letzten Jahrzehnte deutlich unterschiedliche Trends und auf der Kola-Halbinsel im Norden Russlands halten sich Verspätungen und Verfrühungen des Wegzugs die Waage.

Verfrühungen des Wegzugs, die auf den Britischen Inseln und in der Schweiz beobachtet wurden, werden einerseits als Folge einer verfrühten Ankunft im Brutgebiet und damit einer Verfrühung aller Aktivitäten im Jahresverlauf interpretiert: Da eine Verfrühung der Ankunft im Brutgebiet auch ein entsprechend früheres Legen zur Folge hat, könnte man erwarten, dass dies durch die relativ enge zeitliche Koppelung des Brutgeschäftes mit anschließender Mauser bis hin zum Beginn des Wegzugs zu einer Verfrühung des Wegzugs führt. Andererseits wird diskutiert, dass insbesondere die LZ unter dem Selektionsdruck stehen, so früh wie möglich vor der Trockenzeit im Win-

terquartier anzukommen: Durch die frühere Ankunft seien sie in der Lage, auch früher wieder wegzuziehen und so dem durch die Klimaveränderung zunehmenden Engpass in den Durchzugsgebieten zuvorzukommen.

Da bei Singvögeln vor allem die „innere Uhr“ (im Zusammenspiel mit der Tageslänge) den Wegzug auslöst und der Beginn des Wegzugs eng mit dem Ende der juvenilen Mauser zusammenhängt, könnte man tatsächlich erwarten, dass frühe Ankunft auch frühe Abreise nach sich zieht. Im Gegensatz zu dieser Hypothese zeigt sich allerdings an mitteleuropäischen Beringungsstationen in Oberbayern, im Randecker Maar, am Bodensee und auf Helgoland (Abb. oben) neben einer großen Variabilität bei der Mehrzahl der untersuchten Arten eher ein Trend zur Verspätung über die letzten Jahrzehnte. Zudem belegen die Helgoländer Daten, dass der Wegzugmittelwert der untersuchten Arten nicht vom vorhergehenden Heimzugmittelwert abhängt.

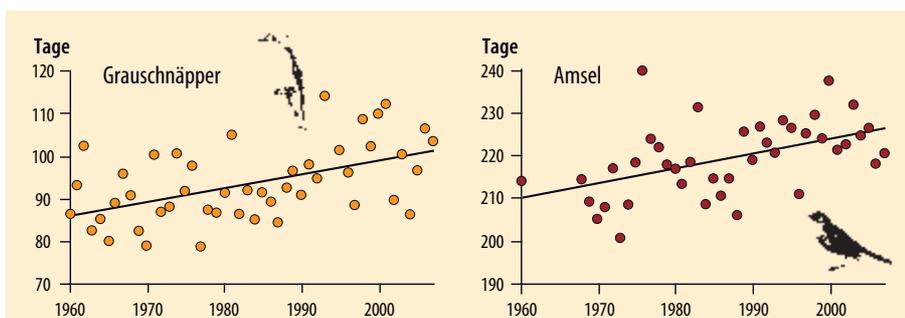
Die Zusammenhänge der phänologischen Veränderungen von Zugvögeln im Herbst mit Witterung

und Klima sind nicht so klar wie im Frühjahr. Zwar hat sich das mitteleuropäische Klima über die letzten Jahrzehnte auch im Sommer und im Herbst verändert, aber nicht so eindeutig und einheitlich wie im Winter. Auch die Zusammenhänge der Großwetterlagenschwankungen mit Temperatur und Niederschlag sind im Sommer deutlich geringer als im Winter. Generell haben jedoch zyklonale (Tiefdruck) Südwestlagen im Sommer, die zu einer wärmeren Witterung passen, zum Ende des letzten Jahrhunderts hin deutlich an Häufigkeit zugenommen, und antizyklonale Nordwestlagen, die zu einer kälteren Witterung passen würden, sind im Lauf des Jahrhunderts im Sommer deutlich seltener geworden. Entsprechend der Verfrühung des Heimzugs im Zuge der Klimaerwärmung könnte eine Zunahme der Wegzugtemperaturen, mit möglicherweise verändertem Nahrungsangebot auch in den Brutgebieten eine Verspätung des Wegzugs erklären.

» Verlängerung des Aufenthalts in den Brutgebieten

Eine Verfrühung im Frühjahr und eine spätere, selbst eine gleichbleibende mittlere Wegzugzeit im Herbst führen zu einer Verlängerung des Aufenthaltes der Vögel in ihren Brutgebieten. Nach Fängen auf Helgoland verlängerte sich diese Zeitspanne bei einzelnen Arten wie Amsel, Singdrossel, Zilpzalp und Grauschnäpper um mehr als zwei Wochen (Abb. unten). Als Mittelwert von 20 Arten konnte für Helgoland eine Verlängerung der Zeitspanne um 10,3 Tage in 47 Jahren oder um 2,2 Tage pro Jahrzehnt berechnet werden. Dieses Phänomen tritt nicht nur bei KMZ sondern ebenso bei LZ auf: Beide Zugtypen weisen nach Fängen auf Helgoland eine nicht unerhebliche mittlere Verlängerung der Zeitspanne um rund neun Tage in 47 Jahren oder um zwei Tage pro Jahrzehnt auf.

Zwar ist die Zahl der Bruten in einer Saison von Art zu Art verschieden und hauptsächlich genetisch bestimmt, bei flexiblen Arten ist sie aber auch direkt von Witterungs- und Nahrungsfaktoren abhängig, sodass bei ihnen eine Verlängerung des Aufenthaltes im Brutgebiet auch eine



Verlängerung des Aufenthaltes in den Brutgebieten beim Grauschnäpper (Langstreckenzieher) und bei der Amsel (Kurz-/Mittelstreckenzieher) auf Helgoland von 1960 bis 2007 (ergänzt nach Hüppop & Hüppop 2005).



Die Zeitspanne zwischen Heim- und Wegzug auf Helgoland hat sich bei der Singdrossel um mehr als zwei Wochen verlängert.

Foto: M. Schäf., Mannheim, 29.3.2004

Erhöhung der Anzahl der Bruten in einer Saison zur Folge haben kann. Für Arten, die definitiv nur eine Brut aufziehen können, kann der Zeitgewinn zumindest mehr Ersatzbruten ermöglichen. Eine derartige Erhöhung des Bruterfolgs im Zusammenhang mit der Verlängerung des Aufenthaltes im Brutgebiet im Zuge der Klimaerwärmung belegt die Zunahme des Jungvogelanteils auf dem Wegzug in den letzten Jahrzehnten bei etlichen Arten auf Helgoland.

Generell wird angenommen, dass mögliche Nachteile durch die Klimaveränderung die LZ stärker treffen (werden) als die KMZ. Für etliche KMZ haben sich die Veränderun-

gen zunächst sogar als vorteilhaft erwiesen. Schon jetzt verdeutlichen Langzeit-Datenreihen aus Europa und Nordamerika, dass die Populationsgrößen einer Vielzahl – wenn auch nicht aller – LZ in den letzten Jahrzehnten abgenommen haben, während die der anderen Zugtypen eher unverändert geblieben sind. Die Zunahme des Jungvogelanteils auch bei LZ auf dem Wegzug auf Helgoland impliziert zunächst, dass auch LZ von der Klimaveränderung profitieren können. Möglicherweise werden mit der erhöhten Nachwuchsrate aber nur die negativen Auswirkungen der Klimaveränderung auf die LZ abgemildert und die Abnahme der

Populationsgrößen wäre ohne diesen Kompensationsmechanismus noch weitaus stärker als bisher beobachtet. Unbestritten sind Vorteile und Nachteile der Klimaveränderung meist nicht eindeutig zu differenzieren. Zudem entfalten sie ihre Wirkung in nicht quantifizierbarem Ausmaß in verschiedenen Jahreszeiten und in ganz unterschiedlichen Regionen. Dadurch ist es schwierig, die Veränderung von Populationsgrößen im Zuge der Klimaveränderung zuverlässig zu interpretieren.

Vorhersagen für die weitere Veränderung von Vogelzugphänomenen und Zugvogelpopulationen sind kaum möglich, da auch die zukünftige Veränderung des Klimas aufgrund der hohen Komplexität und kaum bekannter Rückkopplungen des Systems viele Möglichkeiten zulässt. Spannend wird sein, zu erfahren, ob Zugvögel, insbesondere die LZ, auch in Zukunft genügend flexibel und anpassungsfähig sein werden. Nur die systematische Fortführung der großräumigen Datenerfassung bietet die Möglichkeit, die Entwicklungen auch zukünftig weiterzuverfolgen.

**Kathrin Hüppop, Ommo Hüppop,
Franz Bairlein**

Literatur zum Thema:

- Berthold, P. (2008): Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht. 6. Aufl. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Hüppop, K. & O. Hüppop (2005): Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 3: Veränderungen von Heim- und Wegzugzeiten von 1960 bis 2001. Vogelwarte 43: 217-248.
- Møller, A.P., W. Fiedler & P. Berthold (2004): Advances in Ecological Research Volume 35: Birds and Climate Change. Elsevier Science, London.
- Parmesan, C. (2007): Influences of species, latitudes and methodologies on estimates of phenological response to global warming. Global Change Biology 13: 1860-1872.
- Sparks, T.H., F. Bairlein, J.G. Bojarinova, O. Hüppop, E.A. Lehtikoinen, K. Rainio, L.V. Sokolov & D. Walker (2005): Examining the total arrival distribution of migratory birds. Global Change Biology 11: 22-30.