

Faszination Vogelzug

Franz Bairlein

Institut für Vogelforschung, Wilhelmshaven; www.vogelwarte-helgolnd.de

Beringung und andere Methoden in der Vogelzugforschung

Dass wir heute wissen, wo unsere sog. Sommervögel, als diejenigen, die nur zwischen Frühjahr und Herbst mit uns leben, den Winter verbringen, verdanken wir der wissenschaftlichen Vogelberingung. Noch vor hundert Jahren war fast nichts darüber bekannt. Heinrich Gätke, der geistige Wegbereiter des Instituts für Vogelforschung, hat zwar akribisch aufgezeichnet, welche Vogelart wann auf Helgoland durchzieht, über deren Herkunft und Verbleib im Winter konnte er aber in seinem 1891 veröffentlichten Buch „Die Vogelwarte Helgoland“ nur spekulieren. Erst als der dänische Lehrer Hans Christian Mortensen 1899 auf die Idee kam, Vögel mit kleinen Metallringen, auf denen eine individuelle Nummer und eine Adresse eingeprägt ist, zu beringen, war es möglich, die Zugwege der Vögel aufzuklären. Das Prinzip ist, einen so markierten Vogel nach seiner Beringung wieder freizulassen und anschließend darauf zu hoffen, dass ein solcher Vogel nach seinem Tod gefunden und der Fund an eine sog. Beringungszentrale gemeldet wird. Für Nordwestdeutschland ist das Institut für Vogelforschung Beringungszentrale. Für die Aufklärung von Zugwegen ist man also auf den Zufall angewiesen. Die zweite entscheidende Erfindung für den Erfolg der Vogelberingung war deshalb 1911 die Einführung der sog. Helgoländer Trichterreuse durch Dr. Hugo Weigold, dem ersten Direktor des heutigen Instituts für Vogelforschung. Damit war es möglich, Vögel in größerer Anzahl zu beringen. Noch heute betreibt das Institut für Vogelforschung auf Helgoland drei solche Reusen. Nachteil dieser Reusen ist, dass sie aufwändige Installationen sind, die nur an wenigen festen Standorten betrieben werden können. Eine weitere „Revolution“ für die Vogelberingung und Vogelzugforschung war deshalb die Einführung von dünnen Nylonnetzen. Mit ihnen können Vögel mobil an vielen Orten gefangen und beringt werden.

Fang und Beringung von Vögeln zu wissenschaftlichen Zwecken sind gesetzlich geregelt. Sie bedürfen einer entsprechenden Genehmigung. Die wissenschaftliche Vogelberingung verdankt ihren großen Erfolg den zahlreichen ehrenamtlichen Mitarbeitern, die sie in ihrer Freizeit ausüben, unter fachlicher Betreuung, wie durch das Institut für Vogelforschung. In Deutschland sind es etwa 800, europaweit etwa 8600 Beringer. Diese große Gemeinschaft der Beringer ist eine einmalige Erscheinung in der zoologischen Forschung nicht nur Europas, sondern der ganzen Welt. Die meisten arbeiten heute in sog. Programmen mit, in denen ganz spezielle Fragestellungen bearbeitet werden und die seitens der nationalen Zentralen oder gar europaweit koordiniert werden.

Die Nachricht über einen wiedergefundenen Ringvogel gelangt normalerweise zur zuständigen nationalen Beringungszentrale. Hier werden anhand der eingesandten Ringnummer Ort und Datum der Beringung ermittelt und Finder und Beringer erhalten Kenntnis von den Beringungs- und Wiederfunddaten. Ein intensiver Informationsaustausch besteht auch zwischen den nationalen Beringungszentralen, da Rückmeldungen sehr häufig aus dem Ausland kommen. Heute gibt es in Europa in nahezu jedem Land eine Beringungszentrale. In den meisten Ländern gibt es jeweils nur eine nationale Beringungszentrale. In Deutschland sind es historisch bedingt drei: das Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ in Wilhelmshaven, die Beringungszentrale Hiddensee in Stralsund und die Vogelwarte Radolfzell in Radolfzell, vormals Vogelwarte Rossitten. Vögel ignorieren politische Grenzen. Für die Erforschung vieler Aspekte des Vogel Lebens ist deshalb eine Zusammenarbeit über Ländergrenzen hinweg unerlässlich. Deshalb haben sich 1963 die nationalen europäischen Beringungszentralen zur „Europäischen Union für Vogelberingung“ (EURING) zusammengeschlossen und sich darauf verständigt, einen einheitlichen Computercode

für die Beringungs- und Funddaten zu verwenden und ihre Daten auch in eine zentrale europäische Datenbank einzubringen. Diese Datenbank befindet sich heute bei der niederländischen Beringungszentrale. Von den Beringern der drei deutschen Vogelwarten sind bisher ca. 18 Millionen Vögel beringt worden, von denen etwa 500.000 Funde vorliegen. Europaweit werden alljährlich etwa 3,8 Millionen Vögel beringt. In der EURING-Datenbank sind mehr als 1,5 Millionen Wiederfunde archiviert.

Damit ist es möglich, die Zugwege und Winterquartiere vieler Vogelarten zu beschreiben. Vogelzug ist auf allen Kontinenten zu finden und seine Formen sind vielfältig. In unserer heimischen Vogelwelt reicht dies von Arten, die nicht alljährlich wandern und dann meist nur harschen Wintern ausweichen, wie der Kohlmeise, über solche Arten, die relativ kurze Züge machen und den nordischen Winter im südlichen Europa verbringen, wie viele Greifvögel, das Rotkehlchen oder der Star, bis zu denen, die regelmäßig über riesige Distanzen wandern, wie viele der heimischen Grasmücken, die Laubsänger oder der Gartenrotschwanz, die im tropischen Westafrika überwintern, oder der Weißstorch und die Rauchschwalbe, die beide im südlichen Afrika überwintern, oder gar die Küstenseeschwalbe, die alljährlich zwischen arktischen Brutgebieten und antarktischen „Überwinterungsgebieten“ pendelt, eine Strecke von bis zu 40.000 km jährlich.

Vogelzugforschung auf der Weltraumstation?

In Ergänzung zur Beringung kommen heute auch neue Methoden der Vogelmarkierung zum Einsatz. Größere Arten, wie Störche, Kraniche, Adler oder Gänse können mit Sendern ausgestattet werden, die so klein und leicht sind, dass sie die Vögel nicht behindern, die aber so leistungsstark sind, dass sie von Satelliten geortet werden können. Sie liefern ein sehr detailliertes Bild des individuellen, räumlich-zeitlichen Zugverlaufs, wie es mit Hilfe der Beringung nicht zu erreichen ist. Die Verfolgung von Weißstörchen aus Brandenburg nach Südafrika und zurück an den heimatlichen Horst oder die von Wiesenweihen aus Friesland nach Nigeria sind dabei nicht nur faszinierend. Sie liefern in kurzer Zeit wichtige Daten für verbesserte Schutzkonzepte, indem sie z.B. helfen, die Rastgebiete oder die bisher unbekanntes Überwinterungsgebiete zu identifizieren. Der Nachteil dieser neuen Methode ist, dass sie recht teuer ist und derzeit nur für größere Vögel einsetzbar ist. Deshalb träumen Vogelzugforscher derzeit davon, dass sich diese Sender weiter verkleinern lassen und zukünftig vielleicht sogar von einer permanenten Empfangstation auf der Weltraumstation erfasst werden können.

Für die vielen kleinen Singvogelarten werden aber auch diese Sender immer noch zu schwer sein und so setzen wir deshalb bei ihnen eine andere neue Methode ein.

Viele Zugvögel wechseln im fernen Winterquartier ihr Gefieder, sie mausern. Die chemische Zusammensetzung einer Feder spiegelt die chemische Zusammensetzung des Bodens wieder, da sich diese über die Nahrungskette, Pflanzen und Insekten, in der wachsenden Feder niederschlägt. Da nun die chemische Zusammensetzung der Erdoberfläche nicht überall gleich ist, sondern ganz charakteristisch für einen Ort, trägt die ausgewachsene Feder eine Signatur des Ortes, an dem die Feder gewachsen ist. Entnimmt man nun einem hiesigen Brutvogel nach Rückkehr im Frühjahr eine kleine Federprobe, kann man über die chemische Zusammensetzung dieser Probe erfahren, wo der Vogel den Winter verbracht hat.

Vogelzugforschung mit dem Radargerät

In der modernen Vogelzugforschung interessiert nicht mehr nur, wo die Zugvögel hinziehen, wir wollen beispielsweise auch erfahren, in welcher Flughöhe sie ziehen oder wie ihr Zug vom Wetter beeinflusst ist. Dies ist meist mit normalem Fernglas nicht möglich. Zudem ziehen die meisten Vogelarten nachts. Mo-

derne Radargeräte, wie sie auch auf Schiffen eingesetzt werden, helfen hier weiter. Mit ihnen können wir ziehende Vögel bis in mehrere Kilometer Höhe erfassen. Zudem setzen wir hochempfindliche Wärmebildkameras ein. Ein fliegender Vogel hat eine Körpertemperatur von bis zu 43 Grad Celsius. Damit ist er sozusagen ein „glühender Ball“ im kalten Nachthimmel und kann deshalb von den Kameras erfasst werden.

Schließlich können wir heute Vögel mit kleinsten elektronischen Microchips, sog. Transponder, markieren. Diese weniger als ein Reiskorn großen Chips tragen eine individuelle Kennung. Eine nach der Zugzeit an ihren Brutplatz zurückkehrende so markierte Flusseeeschwalbe braucht damit nicht mehr erneut gefangen werden, um den Metallring abzulesen, sondern es genügt, an Sitzplätzen eine Antenne anzubringen, die den Code des Chips liest. Damit können wir unter anderem erfahren, wie viele Vögel auf ihrer langen Reise ums Leben kommen.

Aufbruch nach innerer Uhr

Lange Zeit herrschte die Annahme, dass Vogelzug unmittelbar durch Umweltfaktoren ausgelöst wird. Oft beschrieben ist so z.B. die Winterflucht: Massenzug von beispielsweise Mäusebussard, Eichelhäher und Buchfinken beim Auftreten von Kaltfronten oder nach Schneefall. Auffällig sind auch massenhafte Rückwanderungen bei Warmlufteinbrüchen in Mitteleuropa im Frühjahr. Kiebitze können in Mittelfrankreich ausharren, um dann bei günstiger Witterung von dort rasch in ihre mitteleuropäischen Brutgebiete einzuwandern.

Ganz anders ist dies jedoch bei den langstreckenziehenden Zugvögeln, die in den Tropen überwintern. Sie verlassen ihre Brutgebiete bereits mitten im Sommer, wenn noch ausgezeichnete Umweltbedingungen herrschen. Umgekehrt verlassen sie ihre tropischen Wintergebiete trotz dort herrschender weitgehender Konstanz der Umweltbedingungen so rechtzeitig und präzise, dass sie in ihre Brutgebiete alljährlich zu nahezu dem gleichen Termin zurückkehren.

Als möglicher Auslöser für diesen präzisen Zugablauf wurde die jahreszeitliche Schwankung in der Tageslänge, die Photoperiode, vermutet. So stellte man sich vor, dass die abnehmende Tageslänge im Sommer und Herbst den Zug gen Süden auslöst, die zunehmende Tageslänge im Frühjahr dagegen den Zug gen Norden. Für Vögel, die am Äquator überwintern, kann dies jedoch nicht funktionieren, da dort die Tageslänge das ganze Jahr über nahezu konstant ist. Dennoch aber kehren auch sie alljährlich im Frühjahr mit so hoher Präzision in ihre Brutgebiete zurück, dass sie deshalb oft auch als Kalendervögel bezeichnet werden.

Grundlage hierfür ist, dass diese Vögel über ihren eigenen, einen angeborenen, Kalender verfügen, der ihnen den Zeitpunkt zum Aufbruch bestimmt, sei es im Herbst, wenn sie erstmals allein auf ihren ersten Wegzug gen Süden aufbrechen, oder im Frühjahr beim Heimzug aus dem Winterquartier. Dieser Entdeckung kam zugute, dass sich bei entsprechender Erfahrung junge Zugvögel per Hand mit der Pinzette aufziehen und anschließend sehr gut unter kontrollierten Bedingungen mit gleicher Tageslänge, Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und Futter im Käfig halten lassen. Hier zeigen sie ihr dem Freilandverhalten entsprechendes Zugverhalten. Sie sind im Käfig nur dann nachts aktiv, als Ausdruck ihres nächtlichen Zuges, wenn sie auch im Freiland ziehen würden. Nur zu ihren arttypischen Zugzeiten zeigen sie im Käfig ihre nächtliche Zugruhe.

Diese nächtliche Zugruhe hält über einige Wochen an, der Zeit, in der der Vogel im Freiland nach Afrika ziehen würde. Anschließend ist der Vogel für einige Wochen nachts wieder inaktiv, bevor im Frühjahr die nächtliche Zugruhe wiederkehrt und dem Vogel den Aufbruch zum Heimzug bestimmt. Heute wissen wir, dass zahlreiche Zugvogelarten über einen solchen inneren Jahreskalender verfügen, der sie

zeitlich richtig in entsprechende Zugdisposition (Zugwilligkeit) bringt und sicherstellt, dass sie zum richtigen Zeitpunkt zu ihrem Zug aufbrechen und ihn auch zeitgemäß beenden.

Die Menge an Zugruhe, die vom Vogel in einer Zugsaison produziert wird, gibt ihm auch die Entfernung an, die er zurückzulegen hat. Arten, die nur sehr kurze Strecken ziehen, wie die auf Sardinien vorkommende Sardengrasmücke, zeigen sehr wenig Zugruhe, unsere heimische Mönchsgrasmücke, die in Spanien überwintert erheblich mehr entsprechend ihres weiteren Zugweges, aber nur halb so viel wie die doppelt so weit nach Westafrika ziehende Gartengrasmücke. Zwischen Zugweglänge und Gesamtmenge an im Käfig produzierter nächtlicher Zugruhe besteht also ein enger Zusammenhang, als Ausdruck des artspezifisch angeborenen Zugverhaltens. Mit diesem angeborenen Programm können erstmals ziehende unerfahrene Jungvögel gleichsam automatisch ihre Winterquartiere erreichen: Sie brauchen nur solange zu fliegen, wie ihnen über ihr inneres Zugzeitprogramm vorgegeben ist, und erreichen so exakt ihr Ziel. Sie brauchen jetzt nur noch Informationen darüber, wo dieses Ziel ist und auf welchem Weg sie es finden können.

Angeborene Zugrichtung

Baltische Stare ziehen im Herbst durch Norddeutschland und die Niederlande in Winterziele im Süden Englands und Nord-Frankreich. Solche im Herbst erstmals durch Holland ziehende junge Stare hat der holländische Vogelkundler A. C. Perdeck gefangen, in die Schweiz verfrachtet, beringt und dort freigelassen. In den folgenden Monaten wurde diese Jungstare vor allem in Süd-Frankreich, Spanien und Portugal gefunden, sie bewegten sich also ungefähr parallel in der Richtung weiter, wie sie normalerweise durch Holland weiter gezogen wären. Diese unerfahrenen Jungvögeln besitzen also nur eine Information über die Sollrichtung, nicht jedoch über die Lage des eigentlichen Zielgebietes. Die Jungvögel verfügen über eine angeborene Kenntnis ihrer Zugrichtung. Diese angeborene Kenntnis der Zugrichtung ist eindrucksvoll an gekäfigten Grasmücken gezeigt. Gartengrasmücken, wie viele andere Vogelarten aus Mitteleuropa auch, vollziehen auf ihrem Herbstzug in die Winterquartiere ausgeprägte Richtungsänderungen. Sie ziehen zunächst in südwestlicher Richtung nach Spanien. Um zu ihren afrikanischen Winterquartieren zu gelangen, müssen sie ihre Richtung auf Süd bis Südost ändern. Hält man junge, handaufgezogene Gartengrasmücken bei konstanten Umgebungsbedingungen und testet ihre Richtungswahl wiederholt in sogenannten Orientierungskäfigen, so wählen diese Vögel im August und September eine südwestliche Richtung, ganz entsprechend dem Freilandverhalten. Im Oktober und November getestet, zeigt die Richtungswahl nach Südost. Anschließend erlischt die nächtliche Zugruhe der Vögel, da sie entsprechend ihres inneren Jahreskalenders im afrikanischen Winterquartier „angekommen“ sind. Zugruhe kommt erst wieder im Frühjahr auf, für den Heimzug nach Europa. Testet man sie jetzt in ihrer Frühjahrszugstimmung erneut, wählen sie alle eine nördliche Zugrichtung, ganz entsprechend ihres Zugweges im Freiland, der sie im Frühjahr ohne Umwege aus Afrika direkt nach Mitteleuropa führt. Ohne jegliche Information aus dem Freiland zeigen diese Vögel also genau die Richtungswahl, die sie für ihren erfolgreichen Zug im Freiland benötigen. Ihre Richtungswahl, einschließlich der erforderlichen Richtungsänderungen, ist ihnen angeboren. Daraus ergibt sich, dass ein unerfahrener, erstmals ziehender Jungvogel solange in einer angeborenen Zugrichtung zieht, bis ein inneres Zugzeitprogramm abgelaufen ist. Jungvögel gelangen so ohne jegliche Zusatzinformation gleichsam automatisch in ihr arttypisches Überwinterungsgebiet.

Biologische Kompass

Nun benötigt der ziehende Vogel nur noch Mechanismen, die ihm ermöglichen, die angeborene Richtungsinformation in eine Flugrichtung umzusetzen. Dazu braucht er einen Kompass. Für Tagzieher ist die

einfachste Möglichkeit, sich an Landmarken zu orientieren. Dies können Küstenlinien, Gebirge oder große Flüsse sein. Wichtiger für Tagzieher ist jedoch die Sonne. Die Fähigkeit, den Stand der Sonne als Richtungsinformation zu benutzen, hat erstmals Gustav Kramer am damaligen Wilhelmshavener Max-Planck-Institut für Stare gezeigt: Ein in einem Rundkäfig gehaltener Star zeigte unter klarem Himmel eine eindeutige, dem arttypischen Freilandverhalten gemäße Richtungswahl. Unter bedeckten Himmel dagegen war diese Orientierung nicht möglich. Wurde zusätzlich in einem Spiegelversuch der Einfallswinkel des Sonnenstandes verändert, änderten auch die Stare im Richtungskäfig analog ihre Richtungswahl. Sie folgten in ihrer subjektiven Richtungswahl dem geänderten Sonnenstand.

Die meisten Vogelarten ziehen aber während der Nacht. Für solche Nachtzieher sind zwei Kompasssysteme nachgewiesen: der Sternenkompas und der Magnetkompass.

Experimentell gezeigt wurde die Existenz eines Sonnenkompass für die Zugorientierung erstmals an Grasmücken. In Orientierungskäfigen gehaltene Gartengrasmücken waren analog zu ihrem Freilandverhalten orientiert, wenn sie unter klarem Sternenhimmel gehalten wurden, nicht jedoch unter starker Bewölkung. Im Planetarium unter einem imitierten natürlichen Sternenhimmel verhielten sich die Vögel wie unter dem natürlichen, klaren Sternenhimmel. Wurde nun der künstliche Himmel um 180 Grad gedreht, änderte sich in entsprechender Weise auch die Richtungswahl der Vögel. Dabei orientieren sich die Vögel am Polarstern als Rotationsmittelpunkt der Gestirne. Herbstlicher Wegzug bedeutet also Wegzug vom Rotationsmittelpunkt, d.h. südwärts, Zug im Frühjahr dagegen hin zum Rotationsmittelpunkt, d.h. nordwärts. Dieser Sternenkompas muss von den Jungvögeln während einer sensiblen Phase in der Jugendentwicklung erlernt werden.

Anders ist dies mit dem Magnetkompass, dessen Nutzung den Vögeln angeboren ist. Dass Zugvögel das Erdmagnetfeld für ihre Orientierung nutzen, zeigte erstmals der Frankfurter Vogelzugforscher Wilhelm Merkel an Rotkehlchen. Hielt er Rotkehlchen im Herbst in Orientierungskäfigen in einem Holzhaus, in dem die Vögel das natürliche Erdmagnetfeld wahrnehmen konnten, so „zogen“ sie in südwestlicher Richtung, entsprechend ihrer Zugrichtung im Freiland. In einer Stahlkammer hingegen, wo das natürliche Erdmagnetfeld abgeschirmt war, waren die Vögel nicht orientiert. Schließlich hielt er Rotkehlchen in einem künstlichen Magnetfeld, bei dem die Lage der magnetischen Pole gegenüber dem natürlichen Feld verschoben war. In jedem Fall folgte die von den Vögeln eingeschlagene Zugrichtung der Drehung des künstlichen Magnetfeldes. Dies bedeutet, dass diese Zugvögel tatsächlich das Erdmagnetfeld wahrnehmen und es für ihre Orientierung nutzen. Allerdings benutzen Vögel nicht die Polarität des Erdmagnetfeldes, wie wir mit unseren technischen Kompassen, sondern sie benutzen den Verlauf der Magnetfeldlinien und ihre Neigung zur Erdoberfläche. Die Nutzung eines solchen Magnetkompasses ist inzwischen bei vielen Zugvögeln nachgewiesen und es ist gezeigt, dass der Magnetkompass der hauptsächliche Kompass ist. Mit ihm können Vögel auch bei bedecktem Himmel erfolgreich zielgerichtet wandern. Unklar ist jedoch nach wie vor, wie Vögel das Erdmagnetfeld wahrnehmen. Jüngste Untersuchungen machen wahrscheinlich, dass Zugvögel das Erdmagnetfeld über chemische und physikalische Vorgänge in der Netzhaut der Augen wahrnehmen, aber auch über spezielle Strukturen im Schnabel.

Innerer Kalender, angeborene Zugaktivität und Zugrichtung und die Benutzung von biologischen Kompassen schaffen die Grundlage, dass ein erstmals allein ziehender Jungvogel erfolgreich ziehen kann. Fliegen kostet jedoch sehr viel Energie.

Treibstoff für den Zug

Energie (Treibstoff) für den aktiven Flug während des Zuges ist hauptsächlich Fett. Ohne entsprechende Fettreserven sind lange Flüge nicht möglich. Die vom Vogel vor Aufbruch zu einem Flug deponierte Fettmenge bestimmt die Flugdauer und somit die Flugdistanz. Eine der auffälligsten Anpassungen an das

Zugverhalten vieler Arten ist deshalb ein ausgeprägtes zugzeitliches Fettwerden, die sog. zugzeitliche Fettdeposition. Manche Arten legen nur jeweils kleine Fettdepots an, die entlang einer Serie von Rastplätzen („Tankstellen“) immer wieder aufgefrischt werden. Andere Arten dagegen speichern gewaltige Mengen an Fett. Gartengrasmücken beispielsweise wiegen vor dem Herbstzug oder im afrikanischen Ruhegebiet zwischen 16 und 18 g. Zur Zugzeit hingegen, sowohl im Herbst wie Frühjahr, können Körpergewichte von mehr als 37 g erreicht werden, mehr als eine Verdoppelung des fettfreien Ausgangsgewichtes. Diese Zunahme ist überwiegend auf die Bildung ausgedehnter Unterhaut-Fettpolster zurückzuführen.

Grundlage für die zugzeitliche Fettdeposition ist eine angeborene Disposition. Auch unter konstanten Haltungsbedingungen werden solche Zugvögel nur dann fett, wenn sie im Freiland ziehen würden. Junge Gartengrasmücken werden im Käfig ab Ende Juli schwerer, so wie ihre Artgenossen im Freiland. Sind die Vögel im Freiland schwer genug, starten sie ihren Flug ins Winterquartier. Im Käfig dagegen können sie die aufgebaute Fettmenge nicht „abfliegen“. Dennoch kommt der Zeitpunkt, wo sie auch im Käfig wieder ihre gesamte Fettmenge abbauen. Dies geschieht dann, wenn ihre Artgenossen im Freiland spätestens in ihrem afrikanischen Winterquartier angekommen sind. In der Zeit, wo sie sich in Afrika wähen, sind sie mager und nehmen erst wieder für den Rückzug im Frühjahr zu. Arten, die wie die Gartengrasmücke sehr lange Strecken ziehen, werden sehr viel fetter als Kurz- oder Mittelstreckenzieher, wie z.B. das Rotkehlchen. Zugvögel verfügen also über ein angeborenes Programm, das ihnen den Zeitpunkt zugzeitlicher Depotfettbildung und deren Ausmaß unabhängig von äußeren Faktoren bestimmt.

Das Auftreten der natürlichen Fettdeposition auch im Käfig brachte den Durchbruch in der Erforschung der Mechanismen und Strategien der Fettdeposition. Spannende Fragen dabei sind, wie diese Vögel in so kurzer Zeit so fett werden können, welche Voraussetzungen für erfolgreiche Fettdeposition erfüllt sein müssen, woher sie wissen, wie schwer sie sind, um nicht noch weiter zuzunehmen, und wie sie am Ende der Zugzeit ihr Fett in so kurzer Zeit wieder loswerden. Diese Untersuchungen unter kontrollierten Bedingungen ergänzen wir durch solche im Freiland. Dabei konzentrieren wir unsere Untersuchungen auf den Steinschmätzer. Er ist ein Fernzieher, der in der Sahelzone Afrikas überwintert und bei uns z.B. auf Helgoland in großer Zahl durchzieht. Er ist ein Vogel der offenen Landschaft und lässt sich so gut beobachten. Er lässt sich aber auch recht leicht mit einem Köder auf eine Waage locken, wo er so regelmäßig gewogen werden kann, ohne dass wir in dafür jedes Mal wieder fangen müssen. Damit bekommen wir einen Einblick in sein Rastverhalten, wie es bisher für keine andere Art möglich war. Erst diese Kombination von Untersuchungen im Freiland und Labor lässt den vollen Umfang der Voraussetzungen für erfolgreiche Fettdeposition erkennen und schafft so die Grundlage für erfolgreiche Schutzmaßnahmen.

Fett durch Früchte

Die zugzeitliche Fettdeposition erfolgt sehr rasch mit täglichen Raten der Fettbildung von mehr als 10% der fettfreien Körpermasse. So können Gartengrasmücken bei einem fettfreien Gewicht von etwa 15 g in einem guten Rastgebiet täglich bis zu 1,8 g an Körpergewicht aufbauen. Wie schaffen es diese Vögel, in so kurzer Zeit so fett zu werden?

Lange Zeit nahm man an, dass Zugvögel nur deshalb fett werden, weil sie einfach mehr fressen. Tatsächlich steigern Zugvögel in dieser Zeit ihren Appetit enorm. Gartengrasmücken beispielsweise fressen täglich um etwa 60% mehr. Dies allein reicht jedoch nicht aus, um so fett zu werden. Hinzu kommt, dass diese Gartengrasmücken die gefressene Nahrung auch noch besser verwerten als vorher und hierbei vor allem die in der Nahrung enthaltenen Fette erheblich effizienter ausnutzen. Dadurch steigern sie ihre Nettoaufnahme an Energie noch zusätzlich. Effizientere Verwertung ist aus ökonomischen Gründen sehr vorteilhaft. Sie reduziert den Aufwand für „teure“ Nahrungssuche und steigert so den Gewinn für die

Depotfettbildung. Die physiologischen Mechanismen, die einer solchen Veränderung der Effizienz in der Ausnutzung der Nahrung zugrunde liegen, sind noch weitgehend unbekannt. Interessant ist, dass diese Ergebnisse an in konstanten Bedingungen im Gefangenschaft gehaltenen Vögeln gewonnen werden konnten. Damit darf angenommen werden, dass diese jahreszeitliche Anpassung an die zugzeitliche Depotfettbildung einer inneren Kontrolle unterliegt, die sicherstellt, dass solche Zugvögel unabhängig von Außenfaktoren rechtzeitig in eine entsprechende physiologische Stimmung (Disposition) für zugzeitliches Fettwerden gelangen.

Neben gesteigertem Appetit und besserer Nahrungsverwertung stellen sich viele Arten zur Zugzeit in ihrer Ernährung um. Gänse beispielsweise wählen besonders proteinreiche Gräser und Kräuter. Besonders auffällig ist diese jahreszeitliche Veränderung in der Ernährung bei vielen Singvögeln, die sich zur Brutzeit vornehmlich von Insekten ernähren, zur zugzeitlichen Fettdeposition jedoch zu einem erheblichen Teil Beeren und Früchte fressen. Insbesondere in den herbstlichen Rastgebieten am Mittelmeer, aber auch vor dem Rückzug im tropischen Afrika, spielen Beeren und Früchte eine große Rolle in der Ernährung von Zugvögeln. Viele Arten fressen dann oft nahezu ausschließlich Beeren und Früchte, so auch die Gartengrasmücke, die deshalb im Italienischen „Feigenfresser“ heißt. Die Bedeutung dieses Fruchtfressens für die zugzeitliche Fettdeposition war unklar, zumal Fettdeposition mit Früchten paradox scheint. Beeren und Früchte gelten allgemein als energie- und nährstoffarm, sie sind vergleichsweise sehr wasserreich und Fruchtdiäten spielen bekanntermaßen in der menschlichen Diätetik eine große Rolle als Reduktionsdiäten zur Kontrolle von Übergewicht. Unsere jüngsten Untersuchungen zeigen jedoch, dass Fruchtfressen bei der Gartengrasmücke von ganz entscheidender Bedeutung für die Bildung von Depotfett ist.

In sog. „Cafeteria“-Experimenten, in denen die Vögel gleichzeitig verschiedenes Futter angeboten bekommen, aus dem sie frei wählen können, wählen Gartengrasmücken immer das fettreichere Futter. Bietet man ihnen zur Zugzeit Insektenfutter und Früchte, so wählen sie ganz besonders die Früchte und dabei wiederum diejenigen, die fettreicher sind. Diese Zugvögel zeigen also einen „Heißhunger“ auf fettreichere Früchte. Genau genommen ist es aber der Hunger auf das Besondere am pflanzlichen Fett. Pflanzliche Fette sind besonders reich an sog. langkettigen, ungesättigten Fettsäuren. Füttert man Gartengrasmücken mit zwei Futtermischungen, die in ihrem Gesamtfettgehalt identisch sind, sich aber im Anteil an ungesättigten Fettsäuren unterscheiden, so wählen sie die Mischung mit dem höheren Anteil an diesen Fettsäuren. Füttert man sie ausschließlich mit Futter, das diese Fettsäuren nicht enthält, so sind sie nicht in der Lage, Zugfett aufzubauen. Interessanterweise besteht nun das Treibstoff Fett der Zugvögel im Gegensatz zu vielen anderen tierischen Fetten zu über 60 % aus gerade solchen ungesättigten pflanzlichen Fettsäuren, vor denen einige für den Vogel essentiell sind, also von ihm nur über die Nahrung aufgenommen werden können. Die Bedeutung der ungesättigten Fettsäuren für den Betriebsstoffwechsel des fliegenden Vogels ist noch nicht geklärt, sie scheinen aber gerade für den Ausdauerflug sehr wichtig. Das zugzeitliche Fressen von Beeren und Früchten bei Zugvögeln ist also eine besondere Anpassung an die Bildung von Fett einer ganz bestimmten Qualität.

Diese aus Laboruntersuchungen abgeleiteten Schlussfolgerungen zu den Vorteilen des zugzeitlichen Fruchtfressens finden ihre Bestätigung in Freilandbefunden. So waren im Herbst bei Budapest an Schwarzem Holunder gefangene Durchzügler wesentlich schwerer und zeigten eine viel stärkere Fettdeposition als anderenorts. Ähnliches gilt für an Feigen gefangene Rastvögel im Mittelmeergebiet. Vögel, die Zugang zu fruchtenden Feigenbäumen hatten, waren durchweg schwerer und hatten höhere tägliche Raten der Depotfettbildung als solche in Gebieten ohne Feigen, trotz eines überall ähnlichen und ausreichenden Insektenangebots. Auch Rotkehlchen zeigten in mediterranen Rastgebieten mit fettreichen Vegetabilien eine stärkere Fettdeposition als in anderen Gebieten. Zudem besteht in Rastgebieten oft ein enger

Zusammenhang zwischen dem Angebot an Früchten und der Häufigkeit von durchziehenden Vögeln. Der Qualität der Nahrung in den Rastgebieten kommt also eine ganz entscheidende Rolle für erfolgreiches Fettwerden und damit erfolgreichen Zug zu. Der Erhalt dieser Tankstellen ist unverzichtbar; viele Rastgebiete sind von Zerstörung bedroht.

Rastgebiete - unverzichtbare Tankstellen für ziehende Vögel

Erfolgreicher Zug hängt bei den meisten Arten davon ab, dass geeignete Rastgebiete zur Verfügung stehen, in denen sie ihr Fett „auftanken“ können. Dabei ist entscheidend zu wissen, wo sich die Rastgebiete befinden, wie viel Fett die einzelne Art für ihre Zugetappen benötigt und in welchem Abstand deshalb Rastplätze vorhanden sein müssen. Dies ist gerade deshalb so wichtig, weil in einer zunehmend veränderten Landschaft auch geeignete Rastplätze knapp werden.

Viele arktische Watvögel verbringen den nördlichen Winter in Afrika. Für sie ist das Wattenmeer der südlichen Nordsee eine einzigartige Drehscheibe ihres Zuges; etwa 10 Millionen Vögel benutzen es alljährlich auf ihren Wanderungen, um sich hier im Herbst auf den Zug nach Afrika oder im Frühjahr auf den Rückzug in die arktischen Brutgebiete vorzubereiten. Wie der Weg im einzelnen zurückgelegt wird, ist jedoch von Art zu Art verschieden. Arten, die viele Stopps einlegen, benötigen für ihre kurzen Flugetappen jeweils nur recht wenig Treibstoff, dafür aber viele verschiedene Rastplätze. Ganz anderes ist dies dagegen bei Arten, die riesige Strecken in einem einzigen Flug überwinden, oder durch Gebiete ziehen, in denen eine Rast mit erneuter Nahrungsaufnahme nicht möglich ist. Für sie besteht die Notwendigkeit zu einer ausgeprägten Fettdeposition und sie müssen sich auf die Existenz der wenigen oder sogar des einzigen dafür erforderlichen Rastplatzes verlassen können. Die Kenntnis der Zugstrategie einer Art ist für die Festlegung von Schutzstrategien unverzichtbar. Die für solche Flüge deponierte Treibstoffmenge ist dabei recht präzise bemessen. Ist ein „eingeplanter“ Rastplatz nicht mehr vorhanden, oder so verändert, dass eine weitere Fettdeposition nicht mehr möglich ist, haben solche Arten meist keine Möglichkeiten, auf andere Gebiete auszuweichen. In diesen Fällen, aber auch wenn die Voraussetzungen für eine ausreichende Fettdeposition nicht gegeben sind, ist der weitere Zug oder sogar der spätere Bruterfolg gefährdet. Für arktische Gänse ist gezeigt, dass Vögel, die im Frühjahr ihre hiesigen Rastgebiete untergewichtig verlassen, einen sehr viel geringeren Bruterfolg haben als normalgewichtige Tiere. Ähnliches gilt für Weißstörche, die nur dann bei uns erfolgreich brüten, wenn sie sich im fernen afrikanischen Winterquartier eine entsprechende Kondition anfrassen konnten.

Für die Mehrzahl der Singvögel sind solche Grundlagen wenig bekannt. Gartengrasmücken ziehen, wie viele andere Arten, aus Mitteleuropa nach Westafrika, aus Osteuropa dagegen nach Ostafrika. Bei den über die südwestliche Route ziehenden Gartengrasmücken erfolgt die hauptsächliche Fettdeposition im Herbst in Nordwestafrika, unmittelbar vor Aufbruch zur Durchquerung der Sahara. Anders ist dies bei Gartengrasmücken auf der östlichen Route. Sie erreichen die notwendige Depotfettbildung im Herbst bereits nördlich des Mittelmeeres. Ursache hierfür ist, dass in Nordwestafrika vor dem Nordrand der Sahara adäquate Rastplätze vorhanden sind, in einem breiten Gürtel mediterraner Vegetation in Nordalgerien und Nordmarokko, im Osten dagegen die Wüste direkt bis an den Südrand des Mittelmeeres reicht und so dort keine Möglichkeiten zur Fettdeposition gegeben sind. Folglich müssen diese Vögel bereits nördlich des Mittelmeeres entsprechend auftanken.

Ein wichtiges Ziel aktueller ökologischer Vogelzugforschung ist es deshalb, den räumlichen und zeitlichen Verlauf der Depotfettbildung von Zugvögeln zu erarbeiten und die erforderlichen „Tankstellen“ zu identifizieren. Dieses Ziel ist aber nur in internationaler Zusammenarbeit zu erreichen. Für Singvögel hat das Institut für Vogelforschung ein solches internationales Verbundvorhaben organisiert und durchge-

führt. Mit Unterstützung der *European Science Foundation* ist ein Netzwerk von mehr als 50 Forschungsstationen in 17 Ländern Europas und Afrikas entstanden, in denen mit einer gemeinsamen Methodik der Singvogelzug zwischen Europa und Afrika untersucht wird. Ziel dieses bisher einzigartigen Projektes ist es zu erfahren, wo und wann welche Zugvögel durchziehen und woher sie kommen, ob die Jung- und Altvögel oder sogar die Geschlechter verschiedene Zugstrategien haben, wo welche Arten überwintern, und welches die ökologischen Ansprüche der verschiedenen Arten an ihre Rast- und Überwinterungsgebiete sind.

Zug durch die Sahara

Etwa 200 europäische Vogelarten überwintern im tropischen Afrika südlich der Sahara. Sie haben deshalb zweimal jährlich auf ihren Wanderungen die Sahara zu überwinden, die sich ihnen als 2000 bis 3000 km breite Barriere in den Weg stellt.

Die bisherige Vorstellung vom Vogelzug ins tropische Afrika war von der Annahme geprägt, dass die Sahara eine für Zugvögel völlig unwirtliche Gegend sei, ohne Schatten, Nahrung und Wasser und somit ohne jegliche Rastmöglichkeiten. Deshalb wurde allgemein angenommen, dass Zugvögel diese „ökologische Barriere“ Sahara in einem einzigen langen Nonstop-Flug überqueren und dazu im Herbst schon nördlich des Mittelmeeres aufbrechen. Durch unsere mehrjährigen Untersuchungen in der Sahara wissen wir heute, dass viele Zugvögel die Sahara nicht überfliegen, sondern in Etappen durchqueren, mit Zug bei Nacht und Rast bei Tag.

Anders als vorher angenommen fanden wir auf unseren Expeditionen in der Sahara sehr viele Zugvögel der verschiedensten Arten und die meisten von ihnen waren „spicke fett“. Dabei beobachteten wir, dass diese Vögel in der Morgendämmerung oder während des frühen Vormittags landeten und anschließend inaktiv ohne Nahrungsaufnahme im Schatten von Vegetation und Felsen rasteten und erst am Abend ihren Zug fortsetzten. Nur ein sehr geringer Anteil von ihnen rastete mehrere Tage, und diese waren alle recht mager. Im Gegensatz zu den fetten Vögeln waren sie während ihrer Rast aktiv auf Nahrungssuche. Sie setzten erst dann ihren Zug wieder fort, wenn sie entsprechend wieder an Fett aufgetankt hatten. Mit diesen Daten ergibt sich heute ein neues Bild vom Trans-Sahara-Zug vieler Zugvögel. Viele von ihnen landen nach einer Zugsnacht in der Sahara. Als Rastplätze dienen Oasen, vor allem aber auch die zahlreichen Gebirge und Felsregionen. Die rastenden Vögel benötigen nämlich nur ausreichend Schatten. Da die meisten noch ausreichend fett sind, brauchen sie nicht erneut aufzutanken. Sie warten einfach die heißen Tagesstunden inaktiv im Schatten ab, wo sie Energie und Wasser sparen. In der nächstfolgenden Nacht setzen sie dann ihren Zug fort. Der Durchzug solcher Vögel erfolgt damit sehr rasch und auch unauffällig. Anders verhalten sich dagegen die Individuen, die landen und nicht mehr über ausreichend Fett für einen Weiterzug verfügen. Landen solche mageren Vögel an Plätzen ohne ausreichendes Nahrungsangebot, sind sie nicht mehr in der Lage, ihren Zug erfolgreich fortzusetzen. Allerdings zeigte sich, dass diese mageren Vögel noch vor dem Landen die „Qualität“ eines Rastplatzes einschätzen und ihren Rastplatz danach wählen. Wie sie dies machen, wissen wir noch nicht; vermutlich können sie an der Menge an Vegetation abschätzen, ob es darin genügend Nahrung gibt. Sie landen nämlich normalerweise nur in den größeren vegetationsreichen Oasen, wo die Wahrscheinlichkeit groß ist, Nahrung zu finden. Dort gehen sie dann tagsüber auch intensiv der Nahrungssuche nach. Konnten sie den Tag über ausreichend auftanken, setzen sie ebenfalls schon in der nächsten Nacht ihren Zug fort. Genügt dagegen die Fettdeposition eines Tages nicht für eine weitere Etappe, verweilen sie solange im Rastgebiet, bis sie wieder ausreichend fett sind.

Ein fliegender Vogel verbraucht nicht nur große Mengen Energie, er produziert durch die Muskelleistung enorme Mengen an Wärme. Diese muss abgeführt werden, um eine bedrohliche Erhöhung der Körpertemperatur zu vermeiden. Zudem ist der am Tag fliegende Vogel auch einem Wärmeeintrag durch die Sonne ausgesetzt. Vögel können solche Wärme nur durch Wasserabgabe aus dem Körper abführen, ähnlich unserem Schwitzen. Steht kein Trinkwasser zur Verfügung, ist die einzige interne Wasserquelle sog. Oxidationswasser, das beim chemischen Abbau der Fette entsteht. Mit seinem Fettpolster hat ein Zugvogel also nicht nur die für den Flug benötigte Energie an Bord, sondern gleichzeitig seine „Wasserflasche“. Mit diesem Oxidationswasser können aber nur etwa 10% der Extrawärme abgeführt werden. Die Abgabe der restlichen Wärmemenge erfolgt auf Kosten des Körperwassergehaltes. Dies bedeutet für den fliegenden Vogel zunehmende Austrocknung des Körpers. Da auch Vögel nur ein gewisses Ausmaß an Austrocknung schadlos überstehen können, ist die potenzielle Flugdauer bzw. Flugstrecke von der Umgebungstemperatur abhängig. Langstreckenflüge sind bei hohen Außentemperaturen nicht möglich, da sie zu einem gefährlichen Austrocknen des Vogels führen würden.

Für einen Zugvogel über der Wüste gibt es nur zwei Alternativen. Er kann eine Flughöhe wählen, wo es kühler ist. Beim Zug über der Sahara in großen Höhen sind die Vögel aber oft Gegenwinden ausgesetzt. Diesen müssen sie aus energetischen Gründen „nach unten“ ausweichen, denn Fliegen gegen den Wind kostet zu viel Energie. In geringerer Flughöhe haben die Vögel dann zwar Rückenwind, dort ist es aber für langes Fliegen zu heiß. Diesen Konflikt lösen viele Zugvögel damit, dass sie ihren Zug in die kühleren Nachtstunden verlegen und tagsüber im Schatten rasten, wodurch eine insgesamt ausgeglichene Wasserbilanz möglich ist.

Voraussetzung für erfolgreichen Zug ist in jedem Fall, dass solche Vögel über ausreichend Fett verfügen, das sie sich in Rastgebieten vor ökologischen Barrieren anfressen. Dies gilt nicht nur für Vögel, die die Sahara überwinden müssen, sondern auch beispielsweise für isländische Steinschmätzer, die sich im Frühjahr z.B. auf Helgoland für ihre lange Reise über das Meer fettfressen. Intakte Lebensräume sind dafür unverzichtbar. Vielerorts sind diese Lebensräume jedoch durch Zerstörung und Beeinträchtigung gefährdet. Gleichzeitig sind die Zugvögel Veränderungen in Folge der Klimaerwärmung ausgesetzt.

Gefährdete Zugvögel

Die Bestände vieler Vogelarten nehmen seit Jahren drastisch ab. Mit Abstand die meisten Bestandsabnahmen finden wir bei den typischen Zugvögeln und die Fernzieher sind dabei besonders betroffen. Schutzkonzepte für wandernde Arten sind nur erfolgreich, wenn die Gefährdungsursachen bekannt sind und nach dem „Drei-Säulen-Prinzip“ vorgegangen wird: Schutz im Brutgebiet, auf den Zugwegen und im Überwinterungsgebiet.

Beispielhaft für die Bestandseinbrüche bei vielen Zugvogelarten ist die Situation der Dorngrasmücke. Noch in den 1950er Jahren galt sie überall als „gemeiner Brutvogel“ (dies sagt sogar ihr wissenschaftlicher Name „*Sylvia communis*“), doch seit Ende der 1960er Jahre sind ihre Bestände in weiten Teilen Europas zusammengebrochen und haben sich vielerorts bis heute nicht wieder erholt. Dafür waren und sind nicht nur Lebensraumzerstörung, Verlust der Nahrungsgrundlagen, menschliche Verfolgung, Umweltgifte und Störungen im Brutgebiet verantwortlich, sondern besonders die Bedingungen im afrikanischen Winterquartier in der Sahelzone am Südrand der Sahara.

Ein anderes Beispiel ist der Weißstorch. Der Weißstorch war in Europa noch bis Mitte dieses Jahrhunderts recht weit und zahlreich verbreitet. Seither haben die natürlichen Bestände in weiten Teilen Europas stark abgenommen oder sie sind sogar erloschen. Verantwortlich sind die großflächigen Lebensraumveränderungen im Brutgebiet, vor allem der Verlust an geeigneten Nahrungsgebieten in Folge von Wasser-

baumaßnahmen und Landnutzung, aber gerade auch die Veränderungen in den Rast- und Überwinterungsgebieten. Hauptsächliche Gefährdungsursache in den afrikanischen Überwinterungsgebieten ist der Verlust an Lebensraum und an Ernährungsmöglichkeiten. Für Arten wie Störche, Reiher und Enten ist aber auch der massive Pestizideinsatz im Reisanbau ein besonderes Problem. Viele der im Delta des Senegal in Westafrika überwinternde Arten nutzen die ausgedehnten Reisfelder zur Nahrungssuche. Die Reisfelder werden aber flächendeckend und massiv mit Pestiziden besprüht.

In Jahren, in denen es im Winterquartier wenig regnet, kehren viel weniger Weißstörche ins Brutgebiet zurück als in „normalen“ und feuchten Jahren. Zudem ist der Bruterfolg der Vögel, die nach trockenen Wintern zurückkehren, sehr viel niedriger als in anderen Jahren. Ursache hierfür ist, dass sich die Vögel bereits im fernen Winterquartier Energiereserven für die spätere Brut anfressen. Ähnliches gilt für Gänse aus Sibirien, die bei uns an der Nordseeküste überwintern und die nur dann in Sibirien erfolgreich brüten können, wenn sie hier bei uns entsprechend gute Nahrungsflächen im Winter und Frühjahr und auch Ruhe finden. Kurz vor dem Abzug im Frühjahr nach Sibirien sind diese Gänse auf eiweißreiche Gräser und Kräuter angewiesen. Damit bauen sie die für die spätere Brut notwendigen Reserven auf, zugleich bestimmt diese Qualität der Nahrung den Zeitpunkt des Aufbruchs nach Sibirien. Denn diese besondere Qualität der Nahrung steht nur für wenige Wochen zur Verfügung. Die Gänse verlassen die hiesigen Gebiete, bevor die Nahrungsqualität nachlässt, und ziehen ans Weiße Meer in Nordwestrussland, wo sie – durch das dort später einsetzende Pflanzenwachstum - wiederum die dann beste Nahrungsqualität vorfinden. Vom Weißen Meer geht es dann in einem einzigen weiteren Flug in die sibirischen Brutgebiete, wo sie mit dem dort beginnenden Frühjahr eintreffen.

Zugvögel und Klimawandel

Neuerdings sind diese Gänse nun aber einem „Problem“ ausgesetzt, der aktuellen Klimaerwärmung. Durch die zunehmend milderen Winter und Frühjahre beginnt das Pflanzenwachstum im Winterquartier bei uns heute erheblich früher und die Gänse ziehen deshalb heute bei uns früher ab als noch vor einigen Jahrzehnten. Am Weißen Meer ist diese Klimaerwärmung aber weniger ausgeprägt, in Sibirien noch nahezu überhaupt nicht. Dies bedeutet für die Gänse, dass sie am Weißen Meer und erst recht in Sibirien eintreffen, wenn es dort noch kaum oder nichts zu fressen gibt. Damit können sie nicht erfolgreich brüten und es ist zu erwarten, dass sich dies schon bald auf die Bestände auswirken wird.

Nicht nur die heute früher wegziehenden Gänse zeigen uns an, dass sich derzeit unser Klima ändert. Viele Zugvögel kommen heute um bis zu drei Wochen früher aus ihren Winterquartieren zurück als noch vor 30 Jahren und manche bleiben im Herbst länger im Brutgebiet. Besonders eindrucksvoll zeigt sich dies in den langfristigen Daten des Instituts für Vogelforschung. Bereits seit 1911 und standardisiert seit 1960 betreibt das Institut auf der Insel Helgoland den sogenannten „Fanggarten“. Hier werden unter konstanten Bedingungen täglich ganzjährig durchziehende Kleinvögel mit Reusen gefangen, alljährlich etwa 15.000 Vögel. Dabei kommt der Analyse langfristiger Veränderungen besonders zu Gute, dass auf Helgoland nur ganz wenige Landvögel brüten. Die allermeisten Fänglinge sind Durchzügler und damit können die Zugzeiten im Frühjahr und Herbst alljährlich recht genau bestimmt werden. Zu 24 Arten liegen über den Zeitraum 1960 bis 2001 aus allen Jahren ausreichende Daten für eine Auswertung vor. 23 dieser 24 Arten zeigen über diese 42 Jahre eine deutliche Verfrühung in ihrem Durchzug im Frühjahr. Hauptsächliche Ursache für diese kontinuierliche Verfrühung ist die großräumige Witterungssituation im Winter und Frühjahr und deren Veränderung in den letzten Jahrzehnten.

Das Klima im Winter und Frühjahr im westlichen Europa ist besonders bestimmt von der sogenannten Nordatlantischen Oszillation (NAO). Ihre Stärke wird in einem rechnerischen Wert, dem Nordatlantischen Oszillationsindex NAOI, aus der Tiefdrucksituation über Island und dem Hochdruck über den Azo-

ren ausgedrückt. Dieser NAOI hat sich nun in den letzten Jahrzehnten zu mehr positiven Werten verändert. Dies bedeutet, dass die Winter und Frühjahre bei uns langfristig durchschnittlich milder geworden sind. Und die Zugvögel reagieren darauf: bei allen 23 Arten, die auf Helgoland eine Verfrühung in ihren Heimzugzeiten zeigen, stehen diese Verfrühungen in sehr enger Beziehung zu den Veränderungen im NAOI. In Jahren mit jeweils hohen NAOI-Werten kommen die Vögel erheblich früher zurück als in früheren Jahren mit geringeren NAOI-Werten. Dabei ist diese Beziehung bei den Fernziehern ausgeprägter als bei den Kurz- und Mittelstreckenziehern. Ursache hierfür ist, dass sich mit den Veränderungen im nordatlantischen Klimagefüge im mittleren und nördlichen Westeuropa die Bedingungen für Zugvögel verbessern, in Südwesteuropa aber gleichzeitig verschlechtern. Dort wird es nämlich im Frühjahr zunehmend heißer und trockener. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Lebensräumen und Nahrung für die Zugvögel, die hier, nach Durchquerung der Wüste, für den Weiterzug nach Nordeuropa „auftanken“ müssen. Die Vögel reagieren darauf, indem sie nur sehr kurz rasten und sofort nordwärts weiterziehen. Dort erfahren sie dann die besseren Nahrungsbedingungen. Zugleich „profitieren“ die Zugvögel davon, dass mit dieser Klimaänderung mehr südliche und damit für den nordwärts ziehenden Vogel mehr Rückenwinde einhergehen. Beides zusammen beschleunigt den Heimzug und bestimmt so die heute frühere Ankunft von vielen Zugvögeln in Mittel- und Nordeuropa.

Hinzu kommt allerdings noch ein anderer Zusammenhang. Bei allen Zugvogelarten gibt es immer auch solche Individuen, die, genetisch bedingt, im Vergleich zur Masse ihrer Artgenossen früher ziehen. Wer so früher sehr früh aus dem Winterquartier zurückkam, hatte in der Regel wegen noch fehlender Nahrung und späten Kaltlufteinbrüchen kaum eine Überlebenschance. Die heute milderen Frühjahre haben diese Situation aber verändert. Jetzt haben diese frühen Rückkehrer nicht nur gute Überlebenschancen, als Frühankommer können sie die besten Reviere besetzen und früher brüten und haben somit Vorteile gegenüber den später Ankommenden. Damit kommt es zu einer zunehmenden Selektion immer früher ziehender Individuen.

Dies zeigt zugleich, dass sich Vögel an geänderte Bedingungen durchaus anpassen können, sofern die Veränderungen langsam genug gehen. Allerdings müssen wir derzeit befürchten, dass die aktuelle Klimaänderung anthropogen bedingt zu rasch verläuft, als dass sich alle Arten hinreichend anpassen können. Insofern wird die globale Klimaerwärmung erhebliche Auswirkungen auch auf die Vogelwelt haben, doch ist derzeit die „Richtung“ der Veränderungen unbekannt. Dabei werden manche Arten negative Beeinträchtigungen erfahren, andere werden durch die geänderten ökologischen Bedingungen Vorteile haben. Neben den Veränderungen in den Zugzeiten gibt es schon heute Hinweise auf verminderten Zugumfang, Zugwegverkürzungen, vermehrtes Überwintern im Brutgebiet und die Etablierung näher am Brutgebiet liegender Winterquartiere.

Die Klimaänderung beeinflusst aber auch das großräumige Vorkommen der Arten. Wärmeliebende Arten breiten sich nordwärts aus. So war der Bienenfresser in seinem Vorkommen in Europa früher nahezu ausschließlich auf Südeuropa beschränkt, heute brütet er mit mehr als 200 Paaren vielerorts in Deutschland. Anders ist dies aber bei Arten, die an kalte Bedingungen angepasst sind, Arten der Gebirge und der Arktis. Für sie schränkt sich das besiedelbare Areal durch die Klimaerwärmung erheblich ein, da sie weder in die Höhe noch nordwärts ausweichen können. Schon heute gibt es Hinweise auf Bestandsabnahmen bei diesen Arten, die nur mit der Erwärmung zu erklären sind.

Im Zuge der Klimaänderungen wird sich die zukünftige Zusammensetzung unserer Vogelwelt verändern, ohne dass wir heute vorhersehen können, wie sie dann aussehen wird. Damit die Natur diesen Veränderungen folgen kann, braucht es intakte Bestände und Lebensräume. Ein effizienter und effektiver Naturschutz ist deshalb mehr denn je unverzichtbar. Gleichzeitig bedarf es aber auch der Entwicklung mehr

flexibler Naturschutzkonzepte, die die klimabedingten Veränderungen berücksichtigen können. Die moderne Vogelzugforschung, im Feld wie auch im Labor, liefert in vielfältiger Weise die Daten, die für das Erkennen der spezifischen Gefährdungsfaktoren und für die Erarbeitung effektiver Schutzmaßnahmen grundlegend sind und beitragen, die Reaktionen von Zugvögeln auf die vielfältigen anthropogenen Veränderungen zu verstehen. Dabei bedarf es auch mehr als bisher der internationalen Zusammenarbeit. Nur dann werden sich der volle Umfang artspezifischer Gefährdungsfaktoren erkennen und daraus die erforderlichen Schutzmaßnahmen ableiten lassen.