

Klimawandel & Jahresperiodik:

Vögel in der evolutionären Falle?

Die weltweite Klimaänderung macht nicht vor den Grenzen von Naturreservaten halt. Vielerorts finden Vögel nicht mehr genügend Nahrung, weil sie mit dem veränderten jahreszeitlichen Angebot nicht mehr Schritt halten können. Das mag zum Teil daran liegen, dass ihre Lebenszyklen vom Wechsel der Tageslänge reguliert werden. Und dieser ändert sich nicht.

Wenn es um Pünktlichkeit geht, sind uns Vögel um einiges voraus. Die zeitliche Präzision, mit der Arten wie Gartenrotschwanz oder Mauersegler im Frühjahr eintreffen, besticht alle Jahre aufs Neue. „Der frühe Vogel fängt den Wurm“, heißt es sprichwörtlich. Und in der Tat, wer als Erster im Brutgebiet ankommt, kann über die besten Territorien verfügen und umso besser sind dann die Aussichten auf Bruterfolg.

Im Gegensatz zu Säugetieren sind Vögel nicht imstande, Nahrung für ihre Jungen in Form von Milch zu

speichern. Nur Tauben und Flamingos bilden während der Brutzeit ein protein- und fetthaltiges Sekret, die Kropfmilch, die der Ernährung der Nestlinge während der ersten Lebenstage dient. Dadurch gelingt es beispielsweise der Stadttaube bis zu sechs Bruten pro Jahr aufzuziehen. Doch die meisten Vögel sind als ausgesprochene Nahrungsspezialisten auf ganz bestimmte Nahrungsquellen für die Jungenaufzucht angewiesen. Und diese stehen oft nur für eine begrenzte Zeit zur Verfügung. Daher kommt es bei Vögeln gerade zur Brutzeit auf das richtige „Timing“ an.

Von den gemäßigten Breiten bis in die arktischen Regionen hängt das jahreszeitliche Auftreten von geeigneten Beuteobjekten, wie etwa Raupen, Larven und Fluginsekten, stark von der Umgebungstemperatur ab: Je niedriger die Jahresdurchschnittstemperatur, umso kürzer ist das Zeitfenster, in dem Vögel aus dem Vollen schöpfen können. Die jahreszeitliche Begrenzung des Kleintierangebots in den gemäßigten und arktischen Breiten ist der evolutionäre Grund, warum so viele Vögel ziehen. Insektenfressenden Nahrungsspezialisten, wie etwa Schnäppern, Rohrsängern oder Würgern, steht eine nur sehr kurze Phase mit geeigneten Beuteinsekten in ausreichender Menge zur Verfügung. Entsprechend kurz ist ihr Aufenthalt bei uns. Vögel mit breiterem Nahrungsspektrum, wie Großdroseln, Meisen und einige Finkenartige bleiben länger oder zum Teil ganzjährig im Brutareal.

Doch woher „wissen“ Trauerschnäpper oder Neuntöter, zu welcher Jahreszeit die passenden Insekten zur Verfügung stehen werden? Die Eiablage hängt bei vielen Vögeln direkt mit der Umgebungstemperatur zusammen, was beispielsweise beim Star mithilfe beheizbarer Nistkästen gezeigt werden konnte. Würden Vögel sich aber ausschließlich auf Temperatur oder Nahrungsangebot verlassen, wäre ihnen bloß kurzfristig geholfen. Denn Temperatur und Nahrungsangebot geben keine verlässliche Auskunft über die tatsächliche Jahreszeit und somit über die Nachhaltigkeit der Ressourcenverfügbarkeit. Nur die Tageslichtdauer bzw. das Verhältnis zwischen Tag- und Nachtlänge liefert zuverlässige, vorhersagbare Zeitinformation.



Auerhuhn (im Bild ein Weibchen) vor dem Abgrund: Wohin, wenn Nahrungsangebot und -bedarf nicht mehr übereinstimmen?

» Tageslänge als Richtlinie

Die Tageslänge ändert sich im Jahreslauf in Form einer nahezu gleichförmigen Welle. Nur am Äquator bleibt sie ganzjährig konstant. Grund für den jahreszeitlichen Wechsel der Tageslänge ist die Neigung der Rotationsachse der Erdkugel. Im Winter wird dadurch die Nordhalbkugel stärker beschattet, und die Tage sind kurz. Im Sommer kehren sich die Verhältnisse um. Die Neigung der Erdachse ist letztlich der Grund, wieso es auf unserer Erde vier Jahreszeiten mit saisonal brütenden und ziehenden Vögeln gibt.

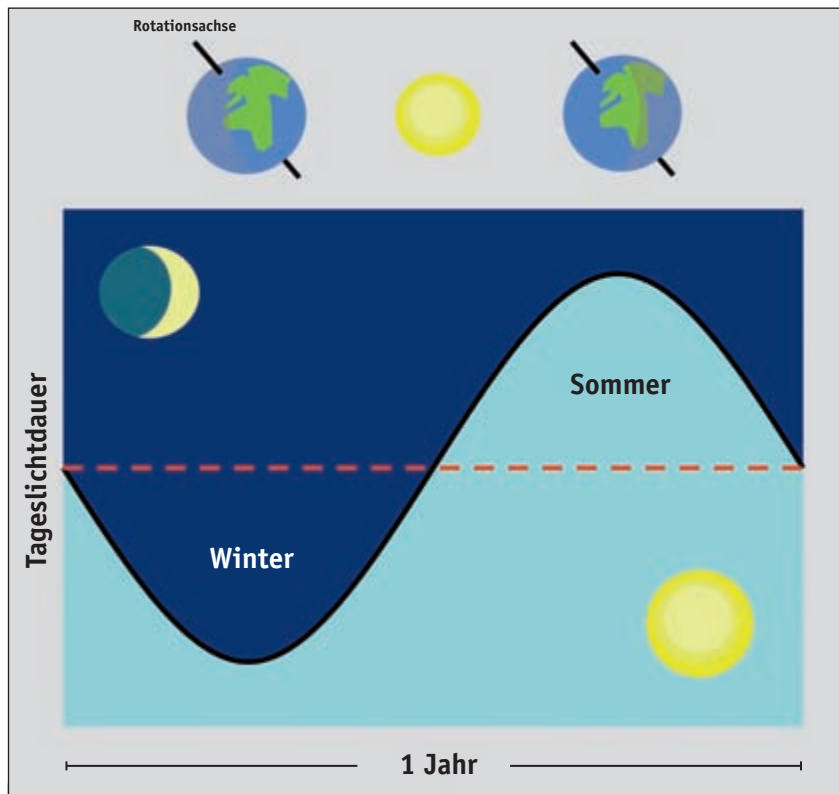
Im Laufe der Evolution haben Vögel die Tageslänge als Richtlinie für ihre Jahresperiodik übernommen. Jährlich wiederkehrende Phänomene, wie Mauser, Zug und Fortpflanzung, beruhen auf angeborenen biologischen Rhythmen, deren Takt durch den regelmäßigen Wechsel der Tageslänge vorgegeben wird.

Doch dieses auf Präzision und Sicherheit zugeschnittene System könnte dem Vögeln im rasanten Klimawandel zum Verhängnis werden. Längst ist es nicht nur die lokale Zerstörung ihrer Lebensräume, die sie bedroht, sondern der durch die Klimaänderung bewirkte Kollaps komplexer ökologischer Zusammenhänge. Selbst in scheinbar intakten Lebensräumen lauert mit dem Auseinanderdriften von Nahrungsangebot und Nachfrage eine ungeahnte und nur schwer in den Griff zu bekommende Gefahr für die Vogelwelt.

» Ökologische und evolutionäre Fallen

In der Fachliteratur spricht man von ökologischen oder evolutionären Fallen, wenn ein Umweltfaktor – in diesem Fall wäre das die Tageslänge – ein Verhalten auslöst, das nicht mehr im richtigen Kontext stattfindet und folglich den Überlebens- und Reproduktionserfolg schmälert. Mit anderen Worten, eine Verhaltensweise oder physiologische Reaktion, die in der ursprünglichen Umwelt einer Population oder Art von Vorteil war, unter der veränderten Situation eher Nachteile mit sich bringt.

Unsere Kulturlandschaft ist übersät mit ökologischen Fallen. Einfaches Beispiel wäre der Hochspannungs-



Das Verhältnis zwischen Tag- und Nachtlänge verändert sich über das Jahr in einer Welle. Vögel verlassen sich auf diese Regelmäßigkeit, ungeachtet kurzfristiger Wetterkapriolen. Zu den Polen hin nimmt die Amplitude der Kurve zu. Nur am Äquator bleibt die Tageslichtdauer konstant (rote gestrichelte Linie).

mast, der gerne als Sitzwarte oder Nistplatz angenommen wird, aber vielen Vögeln zum Verhängnis wird.

Weitaus vielschichtiger sind evolutionäre Fallen, die mit der globalen Klimaänderung im Zusammenhang stehen. Die zentrale Frage ist dabei, ob die Jahresperiodik der Vögel mit dem veränderten Nahrungsangebot Schritt halten wird. Wenn Nahrungsangebot und Nachfrage nämlich zeitlich nicht mehr miteinander übereinstimmen, könnten Vogelbestände schleichend abnehmen, trotz intensiven Schutzes ihrer Lebensräume.

Erste Hinweise für diese mögliche Entwicklung liefern Langzeitstudien an Kohlmeisen und Trauerschnäppern in den Niederlanden, wo neben den üblichen brutbiologischen Daten auch Information über das Nahrungsangebot gesammelt wird. Die Frühjahrstemperaturen in den Untersuchungsgebieten im Nationalpark „De Hoge Veluwe“ sind in den letzten 40 Jahren deutlich gestiegen. Durch die gestiegenen Temperaturen treten die Raupen des kleinen Frostspanners (*Operophtera brumata*), die Hauptnahrungsquelle für Nestlinge, einige

Der Trauerschnäpper verbringt mehr als die Hälfte seines kurzen Lebens in Afrika. Kann er sich auf die Veränderung des Nahrungsangebots im Brutgebiet einstellen? Foto: H.-J. Fünfstück, Garmisch-Partenkirchen, 27.4.2007.





Werden Trans-Saharazieher, wie die Gartengrasmücke, den „evolutionären Sprung“ zum Kurzstreckenflug schaffen?
Foto: H. Jeggen, Eifel, Mai 2008.

Tage früher auf als zuvor. Bei Kohlmeisen und Trauerschnäppern wurde über die Jahre zwar eine zunehmend zeitigere Eiablage registriert, doch hält diese Verfrühung offensichtlich nicht mit dem früheren Nahrungsangebot Schritt. Nestlinge schlüpfen unter zunehmend schlechteren Bedingungen, was sich im verschlechterten Bruterfolg niederschlägt. So kann es längerfristig zu Populationseinbußen kommen, ohne dass die Ursachen dafür unmittelbar zu erkennen sind. Solche ökologische Nichtübereinstimmungen, die zu einer Minderung des Bruterfolgs führen, bezeichnet man allgemein als „Mismatch“. Nicht nur Räuber-Beutebeziehungen könnten durch den Klimawandel aus dem Takt geraten, sondern auch Beziehungen zwischen Männchen und Weibchen, die im Frühjahr zeitversetzt am Brutplatz eintreffen.

» Zur falschen Zeit am richtigen Ort

Besonders betroffen von jahreszeitlichen Verschiebungen im Nahrungsangebot ist der Trauerschnäpper, der als ausgesprochener Langstreckenzieher mit dicht gedrängtem Terminkalender so gut wie keine Ausweichmöglichkeiten hat. Trauerschnäpper

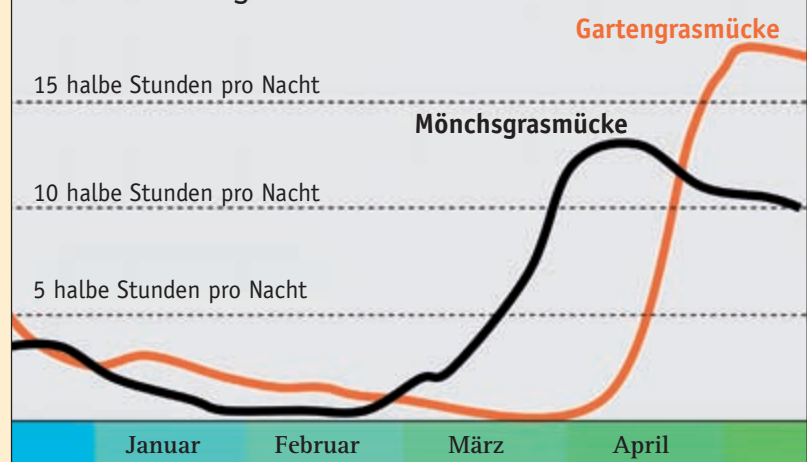
verbringen rund zwei Drittel des Jahres außerhalb des Brutgebiets und können vom fernen Afrika aus die veränderten Bedingungen in ihrer Bruth Heimat nicht wahrnehmen. Getrieben durch innere Zugzwänge und synchronisiert durch den Wechsel der Tageslänge, treffen Trauerschnäpper Jahr für Jahr am Brutplatz ein, doch vielerorts zu spät, um die Eiablage

den veränderten Gegebenheiten optimal anpassen zu können. Die Wissenschaftler Christiaan Both und Marcel Visser vom Niederländischen Institut für Ökologie in Heteren konnten zeigen, dass in Gegenden, wo sich Raupen besonders früh entwickelten, die Trauerschnäpperbestände um bis zu 90 Prozent sanken. In Gebieten, in denen die Raupen erst später auftraten, gingen die Bestände dagegen kaum zurück – maximal um etwa zehn Prozent. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass der zeitintensive Zug des Trauerschnäppers die Anpassung im Legebeginn einschränken kann.

Von standardisierten Beringungsprogrammen und Zugbeobachtungen wissen wir, dass Trauerschnäpper und andere Zugvögel zunehmend früher im Jahr heimziehen (Ein Bericht zu diesem Thema findet sich in diesem Heft). Es ist jedoch fraglich, ob diese kurzfristige Verhaltensplastizität künftig ausreichen wird, um mit der fortschreitenden Verfrühung des Nahrungsangebots in den Brutgebieten mitzuhalten.

Langfristig werden Weitstreckenzieher, wie der Trauerschnäpper, in arge Bedrängnis geraten. Nur eine drastische Reduktion des Zugumfangs würde eine Anpassung an die veränderten Brutumstände zulassen. Es ist jedoch ungewiss, ob und in welchem Ausmaß, Trans-Saharazieher den „evolutionären Sprung“ zum

Nächtliche Zugunruhe



Das Zugverhalten der Singvögel ist angeboren und findet in Form nächtlicher Zugaktivität auch im Käfig statt. Art- und populationsspezifische Unterschiede bleiben dabei meistens erhalten. Der zeitliche Verlauf der Zugaktivität wird am stärksten durch die Tageslichtdauer modifiziert.

Quelle: MPI Ornithologie.

Die Jahresperiodik wird von der Tageslänge reguliert

Alljährlich wiederkehrende Phänomene, wie Mauser, Zugverhalten und Reproduktion, basieren bei vielen Vogelarten auf einem inneren Kalender, dessen Zeitrahmen durch die Tageslichtdauer (Photoperiode) reguliert wird. Folgende Punkte lassen sich hinsichtlich dieser Abhängigkeit verallgemeinern:

1. Im Gegensatz zum Klima, bleibt der jahreszeitliche Wechsel der Tag-/Nachtlänge von Jahr zu Jahr unverändert.
2. Die Tageslänge reguliert im Vogel eine Kaskade physiologischer Vorgänge nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip. Die Prozesse lassen sich in der Regel nicht umkehren. Auf diese Weise wird der Zeitrahmen für das Brut-, Mauser- und Zuggeschehen festgelegt.
3. Die länger werdenden Tage im Frühjahr wirken stimulierend auf die Zug- und Fortpflanzungsbereitschaft. Die kritische Tageslänge, ab der die Prozesse in Gang gebracht werden, nimmt nach Norden hin zu. Dies hängt damit zusammen, dass ab Ende März die Tage im Norden länger sind als im Süden, im Norden aber später gebrütet wird.
4. Die langen Tage des Spätsommers leiten das Ende des Brutgeschäfts und die Mauser ein. Die abnehmenden Tage im Herbst beschleunigen die Jugendmauser und stimulieren den Herbstzug. Kurze Wintertage sind bei einigen Arten erforderlich, um im Frühjahr erneut stimulierbar zu werden.
5. Die Messung der Tageslänge erfolgt wahrscheinlich mithilfe der inneren, tageszeitlichen „Uhr“, wobei der genaue Mechanismus noch ungeklärt ist.
6. Die Reaktion auf die Tageslänge hat sich im Laufe der Evolution an die klimatischen Rahmenbedingungen angepasst und ist somit genetisch fixiert.

Dass Vögel von der Tageslichtdauer beeinflusst werden, wurde erstmals in Kanada an Junkos

(*Junco hyemalis*) in Volierenexperimenten nachgewiesen. Der aus England stammende William Rowan (1891–1957) verlängerte mithilfe künstlicher Lichtquellen die kurzen Tage des nordischen Winters und

Rotkehlchen wiederholt. Hans Schildmacher (1907–1976) stellte damals fest, dass die Reaktionen auf künstlich verlängerte Tage erst nach einem bestimmten Termin im Herbst ausgelöst werden



Die Veränderung der Tageslichtdauer übernimmt eine Schlüsselrolle bei der Regulation des Vogelzugs – vor 83 Jahren wurde dies am nordamerikanischen Junco nachgewiesen.

Foto: H.-H. Bergmann. Yellowstone Park, 2.9.1996.

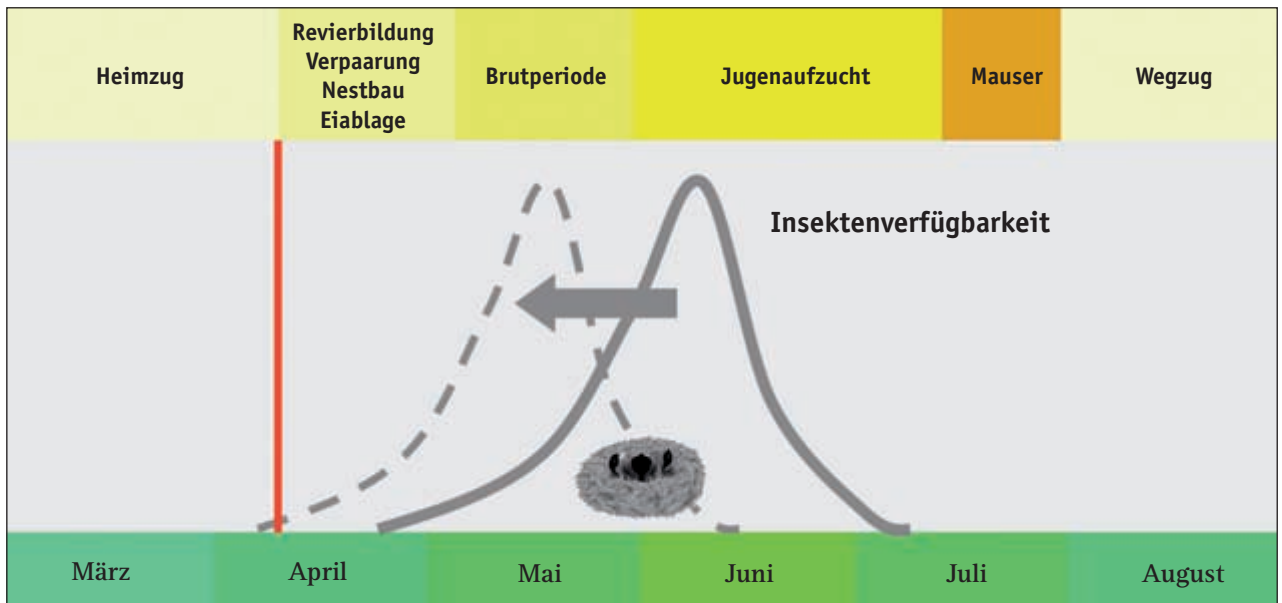
rief somit eine verfrühte Zug- bzw. Brutbereitschaft bei den Vögeln hervor. In den 1930er Jahren wurden auf Helgoland ähnliche Versuche an Gartenrotschwänzen und

können. Auch heute bedient man sich solcher Simulationsexperimente, um die Funktionsweise des Vogelkalenders zu entschlüsseln.

Vom Rotkehlchen weiß man, dass ein konstanter Zwölfstundentag zur Stimulation der Brutreife ausreicht.

Foto: H Glader. Kärnten, 28.3.2008.





Der Terminkalender vieler Langstreckenzieher ist dicht gedrängt. In vielen Fällen bleibt für eine zweite Brut keine Zeit. Während der Sommermonate ist das gesamte System darauf zugeschnitten, dass die Jungvögel in der Zeit der maximalen Nahrungsverfügbarkeit schlüpfen. Eine rasche Verfrühung des Nahrungsangebots kann dazu führen, dass Jungvögel unter schlechteren Bedingungen schlüpfen als bisher. Unter diesen Bedingungen würden die frühesten Brüter die Gewinner. Allerdings ist die Vorverlegung der Eiablage durch das zeitintensive Zugverhalten begrenzt.

Kurzstreckenflug schaffen werden. Gepaart mit der fortschreitenden Zerstörung ihrer Lebensräume südlich der Sahara sind die Zukunftsprognosen für viele Zugvögel beunruhigend. Noch ist ungewiss, ob das „genetische Substrat“ für eine evolutionäre Verkürzung des Weitstreckenzugs ausreichen wird. Daher ist es wichtig, großflächig zusammenhängende Schutzgebiete einzurichten, die große Populationen mit genügend genetischer Variabilität beherbergen.

» Mismatch-Probleme auf allen Ebenen

Aber die Klimaänderung gefährdet nicht nur Zugvögel. Boreale und alpine Standvögel, wie etwa Raufußhühner, könnten bald vor ähnlichen Nahrungsengpässen stehen. Studien in Schottland zeigen, dass das Auerhuhn zunehmend früher im Jahr brütet, der Bruterfolg, gemessen an der Anzahl überlebender Jungvögel, jedoch abnimmt. Dies wird ebenfalls mit saisonalen Veränderungen im Nahrungsangebot in Zusammenhang gebracht.

Auch Seevögel sind vom globalen Klimawandel betroffen. Die Brutzeit der Trottellumme, zum Beispiel, hängt stark von der großräumigen Wetterlage ab, wie britische Wissenschaftler berichten. Die flexible Anpassung an zwischenjährliche Klimaschwankungen findet jedoch auf Kolonieebene statt. Dass heißt, Trottellummenpaare können ihre Brutzeit nicht unabhängig voneinander bestimmen – mit der Folge, dass potenziell früh brütende Paare in der Masse untergehen und mögliche Fitness-Vorteile aufgehoben werden. Die Gruppendynamik der Brutkolonie, die unter normalen Umweltbedingungen zweifelsohne Vorteile hat, könnte bei stark gerichteter Verschiebung der Ressourcenverfügbarkeit eine genetische Anpassung im Brutzeitpunkt verlangsamen.

» Fazit

Neben geeigneten Habitaten fehlt es also vielfach an geeigneter Nahrung zur rechten Zeit. Es ist zu erwarten, dass vor allem Nahrungsspezialisten, die im Jahreslauf auf ganz bestimmte Nahrungsquellen angewiesen sind, durch klimatische Verschiebungen stark betroffen sein werden.

Dass der Mensch für die derzeitigen Klimawirren verantwortlich ist, steht außer Frage. Fakt ist auch, dass sich trotz intensiver CO₂-Sparprogramme der Trend nicht mehr umkehren lassen wird. Was bleibt, ist mit Nachdruck dafür zu sorgen, dass Schutzgebiete vernetzt werden, denn nur große, stabile Populationen mit hoher Variabilität können schnelle Veränderungen auffangen.

Tim Coppack



Neuntöter und andere insektenfressende Zugvögel sind als „Kalendervögel“ zeitlich genau auf den Wechsel der Jahreszeiten abgestimmt.

Foto: H.-J. Fünfstück, Garmisch-Partenkirchen, 31.5.2008.

Literatur zum Thema:

- Berthold, P. (2008): Vogelzug: Eine aktuelle Gesamtübersicht. 6. Aufl., Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Bradshaw, W. E. & C. M. Holzapfel (2008): Genetic response to rapid climate change: it's seasonal timing that matters. *Molecular Ecology* 17: 157-166.
- Dawson, A. (2008): Control of the annual cycle in birds: endocrine constraints and plasticity in response to ecological variability. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 1621-1633.