

## Verbindung zwischen Lebenszyklus- und Dreiviertelgesetz

Lebenszyklen lassen sich in zwei Kategorien einteilen. Einerseits gibt es kurzzeitige, für das Individuum periodische Zeitabschnitte wie die Dauer eines Herzschlags, Atemzugs oder einer Muskelkontraktion. Andere Lebenszyklen sind für das Individuum einmalige, aber artspezifische Zeitabschnitte wie die Lebensdauer oder die Dauer bis zur Geschlechtsreife.

Für die Massenabhängigkeit in der ersten Kategorie findet man bei W. A. Calder [2] folgende Erklärung: Ebenso wie die Dauer eines Herzschlags mit dem Schlagvolumen ist jede Zykluslänge  $L$  mit einem spezifischen Volumen  $V$  verknüpft, welches wiederum proportional zu einer spezifischen Masse  $m$  ist. Für  $E$  als Energieumsatz pro Zeit ist  $\frac{V}{L} \sim E$ . Also folgt mit dem Dreiviertelgesetz

$$\frac{V}{L} \sim m^{\frac{3}{4}} \text{ bzw. } L \sim \frac{V}{m^{\frac{3}{4}}}$$

$V \sim m$  ergibt sich daraus  $L \sim m^{1/4}$ .

Nun soll für eine artspezifische Zykluslänge der zweiten Kategorie eine Verbindung zum Dreiviertelgesetz aufgezeigt werden. Mit  $L_f$  bezeichnen wir die durchschnittliche

Zeitdauer zum Erreichen der Fertilität, während  $m_f$  die Durchschnittsmasse des jungen geschlechtsreifen Organismus ist. Bis zur Geschlechtsreife wird das Massenwachstum durch die Stoffwechselrate bestimmt, also

$$\frac{dm}{dt} \sim E.$$

Mit dem Dreiviertelgesetz folgt daraus

$$\frac{dm}{dt} \sim m^{\frac{3}{4}}$$

bzw. mit einer Konstanten

$$\frac{dm}{dt} = c \cdot m^{\frac{3}{4}}$$

Integrieren wir mittels Trennung der Variablen, so folgt

$$\int_0^{m_f} m^{-\frac{3}{4}} dm = c \cdot \int_0^{L_f} dt$$

$$4m_f^{1/4} = c \cdot L_f$$

und damit  $L_f \sim m_f^{1/4}$ .

Für alle zu  $L_f$  proportionalen Lebenszyklen und alle zu  $m_f$  proportionalen Massen folgt nun  $L \sim m^{1/4}$ .

Damit wird klar, dass die Abhängigkeit der entsprechenden Lebenszyklen von der Masse kein Zufall ist, sondern durch Stoffwechselprozesse bestimmt ist, deren Grundprinzip sich im Verlaufe der Evolution erhalten hat.

## Artspezifische Verkürzung der Lebensdauer trotz intensiviertem Immunsystem

Führt man die relative Stoffwechselrate  $r = \frac{E}{m}$  als Maß für den spezifischen Energieumsatz pro Zeiteinheit ein, so folgt mit dem Dreiviertelgesetz  $r \sim m^{-1/4}$

Gleichzeitig ergibt sich aus  $L \sim m^{1/4}$  die Beziehung  $L \sim r^{-1}$ . Hieraus ist ersichtlich, warum kleinere Tiere verwandter Spezies zwar eine höhere relative Stoffwechselrate und schnellere Immunantworten, jedoch tendenziell eine kürzere Lebenserwartung besitzen [3].

## Literatur

- [1] M. Kleiber (1947). Körpergröße und Stoffwechselrate. Physiologische Bewertungen. 27(4), 511–541.
- [2] W. A. Calder (1984). Size, Function and Life History. Harvard University Press, Cambridge, MA and London, England.
- [3] A. J. Hulbert et al. (2007). Life and death: metabolic rate, membrane composition, and life span of animals. *Physiol. Rev.* 87(4), 1175–1213.
- [4] R. Spielmann (2020). Biomathematik. De Gruyter, Berlin.

Raj Spielmann,  
Muri bei Bern/Schweiz

## ORNITHOLOGIE

### Kohlmeisen – Trotz sie dem Klimawandel?

**Vögel sind noch immer die wohl am weitesten verbreitete Tierklasse. Sie leben auf allen Kontinenten und das schon seit mindestens 150 Millionen Jahren. Mehr als 10.000 Arten sind bekannt – dies wohl vor allem denjenigen, die sich mit wissenschaftlichem Anspruch mit ihnen beschäftigen. Damit sind sie für die Biologie hervorragende Modellorganismen, um den hochkomplexen Fragen des Klimawandels und deren Auswirkungen nachzugehen – insbesondere Anpassungsmechanismen lebender Organismen an Veränderungen von Klimazyklen aufzuspüren, die bis in die Physiologie hineinreichen können.**

Dass Vögel sich durch ihr Zugverhalten an Klimaveränderungen relativ schnell anpassen können, belegen Zugvogelbeobachtungen, die aufzeigen, dass die Rückkehrer aus den Win-

terquartieren hierzulande inzwischen teilweise mehrere Wochen früher ankommen, die Abflugzeiten sich im Herbst nach hinten verlagern und die Individuen einiger Arten inzwischen

immer häufiger ganzjährig hier überwintern [1, 2]. Dass sogar Standvögel wie die Kohlmeise (Abbildung 1) ihre Anpassungsmechanismen an wechselnde Umgebungstemperaturen verfeinern und einzelne Individuen sich dadurch vielleicht innerhalb der Population einen Überlebensvorteil sichern könnten, der sie noch weniger „anfällig“ für Klimaveränderungen macht, ist inzwischen in den Bereich des Möglichen gerückt. Jedenfalls weisen darauf jüngste Ergebnisse des in Gründung befindlichen Max-Planck-Instituts für biologische Intelligenz hin [3].

Sie zeigen auf, dass die Blutwerte von Glukokortikoidhormonen der Vögel bei Änderungen der Umgebungstemperatur unterschiedlich stark schwanken. Dadurch können



**ABB. 1 Die Kohlmeise (*Parus major*) bleibt unseren Gärten auch im Winter treu.**

die Vögel sich als Population an Veränderungen der Lebensbedingungen wie häufigere Temperatur-extreme infolge des Klimawandels wohl besser anpassen. Glukokortikoide koordinieren als Stresshormone viele dieser Anpassungen, werden bei niedrigen Temperaturen vermehrt produziert und erleichtern dem Organismus so den Abbau von Kohlehydrat-, Fett- und Proteinreserven, um Wärme zu erzeugen. Bei höheren Temperaturen sinkt der Glukokortikoidspiegel im Blut und damit auch die Umwandlung von Energie in Körperwärme. Je stärker die Umgebungstemperatur schwankt, desto wichtiger wird die Stabilisierung der Körpertemperatur durch Hormone als Botenstoffe. Vor allem für kleinere gleichwarme (homoiotherme) Tiere wie Vögel es sind, ist es wichtig, sich an Temperaturschwankungen rasch anzupassen,

um die eigene Körpertemperatur konstant zu halten.

Über fünf Jahre hatte Forschungsgruppenleiterin Michaela Hau mit ihren beiden Kolleginnen den Glukokortikoidspiegel derselben Kohlmeisen einer Population in Oberbayern im Blick. Als sie die Messwerte schließlich zur Außentemperatur in Beziehung setzte, zeigten sich nicht nur erwartungsgemäß Anpassungen der Hormonspiegel an die Umgebungstemperatur, sondern auch große Schwankungen zwischen den Individuen. „Wir konnten zum ersten Mal bei freilebenden Wirbeltieren beobachten, dass manche Tiere eine stärker ausgeprägte Anpassung der Glukokortikoidwerte an die Umwelttemperatur haben als andere“, so das Fazit der Forscherin. Dieser Variantenreichtum könne es der Population als Ganzes ermöglichen, auf eine größere Bandbreite von Veränderun-

gen zu reagieren. Ob die variablen Blutspiegel der Glukokortikoide jedoch auch tatsächlich zu Unterschieden in der Wärmeproduktion oder -isolation führen, müssten weitere Untersuchungen klären, ebenso die Kernfrage, ob die Variabilität schlussendlich mit einem erhöhten Fortpflanzungs- oder Überlebenserfolg einhergeht.

### Literatur

- [1] P. Berthold (2000). Vogelzug, Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 4. Aufl. ISBN 3-534-13656-X.
- [2] F. Bairlein, Das große Buch vom Vogelzug, Aula-Verlag, Wiebelsheim, ISBN 978-3-89104-825-2.
- [3] Michaela Hau, Caroline Deimel, Maria Moiron (2022). Great tits differ in glucocorticoid plasticity in response to spring temperature, *Proceedings of the Royal Society B*, <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.1235>

Wilhelm Irsch, Reblingen-Siersburg

## ORNITHOLOGIE

### Gesangsmimikry bei weiblichen Spottdrosseln

**Mimikry gibt es nicht nur bei optischen Phänomenen. Insbesondere in der Vogelwelt trifft man durchaus auch auf akustische „Nachahmer“, die durch ihre Lautäußerungen andere Arten „vortäuschen“ können. Hierzulande sprichwörtlich für ein solches Gesangsverhalten sind die „Spötter“. Was sie für Europa, sind die in ihrer Verbreitung auf Amerika beschränkten „Spottdrosseln“ jenseits des Atlantiks.**

Dass Vögel die Gesänge oder Teile der Lautäußerungen anderer Arten nachahmen können, ist nicht ungewöhnlich und war bei der Familie der Spötter sogar namensgebend

[1]. Bislang hat man das jedoch ausschließlich den Männchen zugestanden. Das Weibchen die Gesänge anderer Vogelarten imitieren, galt bislang zumindest als äußerst ungewöhnlich und wurde auch noch nicht exakt nachgewiesen. Nun ist es erstmals gelungen, Gesangsmimikry bei weiblichen Gartenspottdrosseln präzise zu dokumentieren. Charles Darwin war noch der Auffassung, dass weibliche Singvögel primär die Rolle der Zuhörerin übernehmen. Inzwischen weiß man jedoch, dass Weibchengesang bei vielen Singvogelarten weit verbreitet

ist wie z. B. auch bei der Gartenspottdrossel (*Mimus polyglottos*, Abbildung 1). Weniger bekannt ist bislang allerdings, ob Singvogelweibchen die Laute anderer Arten imitieren. Amerikanische Forscher haben Tonspuren von Nestkameras ausgewertet und dabei nachweisen können, dass Spottdrosselweibchen Gesangsmimikry zeigen, wenn sie auf dem Nest singen. Verglichen mit den Männchen spotten sie jedoch weniger häufig und zeigen dabei auch geringere Variation. Damit eröffnen sich für die Bioakustik „neue Forschungsperspektiven zu Ursache, Entwicklung, Funktion und Evolution weiblicher Gesangsmimikry“, äußern sich die Autoren der Studie David E. Gammon und Christine M. Stracey voller Zuversicht.

### Literatur

- [1] W. Irsch (1994). *Abh. Delattinia* 21: 5–58; ISSN 0344-645x.
- [2] D. E. Gammon, C. M. Stracey (2022). *Journal of Ornithology* 163: 749–756.

Wilhelm Irsch, Reblingen-Siersburg

**ABB. 1** Die nordamerikanische Gartenspottdrossel (*Mimus polyglottus*, auf englisch *Mockingbird*) ist bekannt dafür, andere Vögel mit ihrem Gesang nachzuahmen.





Verband | Biologie, Biowissenschaften  
& Biomedizin in Deutschland

**GEMEINSAM  
FÜR DIE**

**BIEWISSENSCHAFTEN**

### **Gute Gründe, dem VBIO beizutreten:**

- Werden Sie Teil des größten Netzwerks von Biowissenschaftlern in Deutschland
- Unterstützen Sie uns, die Interessen der Biowissenschaften zu vertreten
- Nutzen Sie Vorteile im Beruf
- Bleiben Sie auf dem Laufenden – mit dem VBIO-Newsletter und dem Verbandsjournal „Biologie in unserer Zeit“
- Treten Sie ein für die Zukunft der Biologie



[www.vbio.de](http://www.vbio.de)

**Jetzt beitreten!**

