

Dissertationen, Master- und Diplomarbeiten

Heterogenität unter Flusseeeschwalben: Zusammenhänge zwischen phänotypischen Fitnessmerkmalen, Telomeren und Plasmametaboliten

Christina Bauch

Bauch C 2014: Between-individual variation in the Common Tern: Linking phenotypic fitness components with telomeres and plasma metabolites. *Vogelwarte* 52: 201-203.

Dissertation an der Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg, Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften, betreut von Prof. Dr. Peter H. Becker

✉ CB: Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, An der Vogelwarte 21, 26386 Wilhelmshaven, E-Mail: christina.bauch@ifv-vogelwarte.de

In Populationen von Tierarten, die sich mehrmals im Laufe ihres Lebens fortpflanzen, unterscheiden sich die Individuen hinsichtlich ihres Fortpflanzungserfolgs und ihrer Lebensdauer. Dies hat zur Konsequenz, dass einige Individuen mehr Nachkommen zur nächsten Generation beitragen als andere, sie sich also in ihrer Fitness unterscheiden. Der Life-History-Theorie zufolge stehen Investitionen in den Erhalt der eigenen Körperfunktionen und in die Fortpflanzung aufgrund endlicher Ressourcen, wie Energie, Nährstoffe und Zeit, in Konkurrenz zueinander. Die physiologischen und molekularen Mechanismen, die dieser phänotypischen Fitnessheterogenität der Individuen zugrunde liegen, gilt es aufzuklären, um Selektion und Evolution von Merkmalen erklären zu können, aber auch, um Einflüsse umweltbedingter und anthropogener Faktoren auf Populationssebene zu verstehen.

Ziel dieser Arbeit war, bei einer langlebigen Seevogelart, der Flusseeeschwalbe *Sterna hirundo*, auf molekularer Ebene Telomere und Konzentrationen von Plasmametaboliten zu untersuchen, die potenziell die Variation phänotypischer Fitnesskomponenten widerspiegeln bzw. beeinflussen.

Telomere stellen eine mögliche Verbindung zwischen Alterung und Lebensstil dar. Sie bestehen aus einer evolutiv konservierten, hochrepetitiven und mit Proteinen assoziierten DNA-Sequenz und bilden die Enden von Chromosomen. Telomere dienen der Stabilität und dem Schutz der Chromosomen und gewährleisten ihre Funktionsfähigkeit. Mit dem Alter verkürzen sich Telomerlängen (Bauch et al. 2013a), und dieser Prozess wird durch DNA- und proteinschädigende Faktoren beschleunigt. Individuen einer Population sind diesen in unterschiedlichem Maße ausgesetzt, was zu einer

hohen Variabilität in den Telomerlängen innerhalb einer Altersklasse führt.

Konzentrationen von Stoffwechselprodukten im Blut können Aufschluss über Ernährungszustand, Körperkondition und Leistungsfähigkeit eines Individuums geben und seine Investition in die Fortpflanzung beeinflussen.

Voraussetzung für die Analysen dieser Parameter ist eine erfolgreiche Blutentnahme. Durch den Einsatz blutsaugender Raubwanzen, in einem künstlichen Ei den brütenden Vögeln zeitweilig ins Nest gelegt, gelang die Blutprobennahme bei denselben Individuen mehrfach während der Inkubationszeit, sowie wiederholt über aufeinanderfolgende Jahre hinweg. Dass diese Methode eine stressfreie Alternative zur konventionellen Blutentnahme mittels einer Nadel darstellt, die den Fang von Individuen voraussetzt, wurde durch Validierungsexperimente gezeigt: Kortikosteron, dessen Konzentration bei gestressten Individuen innerhalb weniger Minuten im Blut ansteigt, lag in den gemessenen Werten bei dem durch Wanzen gewonnenem Blut auf Basisniveau (Arnold et al. 2008). Eine hohe Reproduzierbarkeit der Messergebnisse bestätigte sich in der Analyse von Telomerlängen, die hochwertige DNA voraussetzt (Bauch et al. 2013a), und in der Konzentrationsbestimmung von Plasmametaboliten (Bauch et al. 2010).

Diese minimalinvasive und stressfreie Methode der Blutentnahme wurde erfolgreich an Flusseeeschwalben und größeren Vogelarten durchgeführt, während ihre Anwendung bei kleineren zunächst scheiterte. Die Weiterentwicklung des Designs des künstlichen Eies für Vogelarten mit kleineren Eiern ermöglichte die erfolgreiche Anwendung bei Mauerseglern *Apus apus* (Bauch et al. 2013b).

Die mittels blutsaugender Wanzen von Flusseeeschwalben in der Brutkolonie am Banter See in Wilhelmshaven gesammelten Blutproben bildeten die Grundlage für die Analysen von Telomerlängen und Plasmametabolitenkonzentrationen. Alle Flusseeeschwalben, die dieser Kolonie entstammen, sind bekannten Alters und Geschlechts und subkutan markiert mit passiven Transpondern. Mittels eines Antennensystems werden diese Vögel lebenslang an der Kolonie auf Sitzkisten und am Nest mit einer Wahrscheinlichkeit von nahezu 100 % automatisiert erfasst. Durch regelmäßige brutbiologische Kontrollen wurde eine Reihe reproduktionsbiologischer Daten erhoben und den Individuen zugeordnet. Diese langzeitlichen individuenbasierten Life-History-Daten wurden mit den Ergebnissen der molekularen Untersuchungen verschnitten.

Fitnesskomponenten und Telomerlängen ließen einen negativen Zusammenhang erkennen (Bauch et al. 2013a). Brutvögel mit einer früheren Ankunft am Brutort, einem frühen Legebeginn und größerer Brut besaßen unabhängig von ihrem Alter kürzere Telomere. Dieser Effekt war bei Vätern stärker ausgeprägt als bei Müttern, möglicherweise verursacht durch die aufwändige Aufgabe der Kükenfütterung, die zu einem größeren Anteil von den Vätern übernommen wird. Der Effekt verstärkte sich mit zunehmendem Alter der Brut. Da der relative Fortpflanzungserfolg bei Flusseeeschwalben eine individuell konstante Größe darstellt, würde eine kürzere Telomerlänge somit höhere Reproduktionsleistungen und -kosten in der Vergangenheit widerspiegeln. Eine stärkere Telomerverkürzung bei Individuen mit größerer Brut sowie ein negativer Zusammenhang zwischen Telomerlänge und Lebensbruterfolg unterstrichen diese Vermutung. Eine detaillierte longitudinale Analyse zeigte zudem, dass Qualitätsunterschiede zwischen Individuen die Reproduktionskosten maskieren können. Die erfolgreichsten Individuen besaßen relativ längere Telomere.

Telomerlängen unterscheiden sich innerhalb eines Individuums zwischen Chromosomen und zwischen Zellen verschiedenen Alters. Daher ergibt eine Restriktionsfragmentanalyse für die Blutprobe jedes Individuums eine charakteristische Telomerlängenverteilung. In vitro Studien zeigten, dass die kürzesten Telomere in der Zelle Seneszenz auslösen. Da in vivo Studien in der Regel die durchschnittliche Telomerlänge verwenden, war unklar, ob die kürzesten Telomere sich auch hier als bester Biomarker für Alterung und Lebensstil erweisen. Die individuelle Telomerlängenverteilung eingeteilt in Zehnerperzentile ergab, dass längere Telomere sich stärker mit dem Alter verkürzen, und gab Hinweis auf die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Individuums (Bauch et al. 2014). Die längeren Telomere und ihre Verkürzung spiegelten die Fortpflanzungskosten besser wider und zeigten

einen stärkeren Zusammenhang mit Fitnesskomponenten. Dass sich die längeren Telomere im Genom als der sensitivere Biomarker erwiesen, steht im Kontrast zu dem Ergebnis, dass die kurzen Telomere innerhalb der Zelle Seneszenz auslösen. Eine mögliche Erklärung ist, dass nicht zellinduzierte Seneszenz Telomere als Biomarker funktionieren lässt, sondern Telomere vielmehr den kumulativen Effekt schädigender Faktoren widerspiegeln, welcher sich stochastisch in längeren Telomeren über die Zeit deutlicher auswirkt.

Eine Analyse von Plasmametaboliten (Cholesterin und Triglyceride als Metaboliten des Fettstoffwechsels und Harnsäure als Stickstoffstoffwechsel-Endprodukt bei Vögeln) ließ Unterschiede im Ernährungszustand zwischen Individuen erkennen und Qualitätsunterschiede aufdecken (Bauch et al. 2010). Triglycerid- und Harnsäurekonzentrationen spiegelten den Ernährungszustand der Individuen wider. In einem Jahr mit schlechten Nahrungsbedingungen waren Plasmatriglyceridkonzentrationen bei beiden Geschlechtern der Flusseeeschwalbe niedriger. Unter besseren Nahrungsbedingungen wiesen erfahrene Brutvögel höhere Werte auf als unerfahrene. Cholesterin, das Weibchen in die Eier abgeben, war zu Anfang der Inkubation nur in niedriger Plasmakonzentration vorhanden. Im Jahr mit guten Nahrungsbedingungen erreichten Weibchen gegen Ende der Inkubationszeit Cholesterinlevel, die denen der Männchen entsprachen. Unter schlechteren Nahrungsbedingungen gelang diese „Regeneration“ nur erfahrenen Brutvogelweibchen. Dies untermauert, dass Kosten unter suboptimalen Umweltbedingungen oder bei Individuen von geringerer Qualität verstärkt sichtbar werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit unterstreichen die Eignung von Telomeren als Marker für Alterung und Lebensstil. Sie geben Hinweise zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Individuen. Höhere Fitness wird auf Kosten einer Telomerverkürzung erreicht. Dass die langen Telomere im Genom sensitiver reagieren, spricht dafür, dass Telomere als Biomarker dienen können, die den kumulativen Effekt schädigender Stressoren anzeigen. Plasmametaboliten geben Auskunft über den Ernährungszustand und die physiologische Kondition. Der Kostenaufwand für Fortpflanzung und Selbsterhaltung unterscheidet sich zwischen Individuen und hängt von Umweltfaktoren ab. Dies unterstreicht die Wichtigkeit, Variation individueller Qualität innerhalb einer Population in Life-History-Analysen zu berücksichtigen.

Die Dissertation wurde am Institut für Vogelforschung, Wilhelmshaven, unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (BE 916/8, 9) durchgeführt, mit Forschungsaufenthalten an den Universitäten in Groningen/NL, Siegen und Heidelberg. Sie umfasst folgende Publikationen:

- Arnold JM, Oswald SA, Voigt CC, Palme R, Braasch A, Bauch C & Becker PH 2008: Taking the stress out of blood collection: comparison of field blood-sampling techniques for analysis of baseline corticosterone. *J Avian Biol* 39: 588-592.
- Bauch C, Kreutzer S & Becker PH 2010: Breeding experience affects condition: blood metabolite levels over the course of incubation in a seabird. *J Comp Physiol B* 180: 835-845.
- Bauch C, Becker PH & Verhulst S 2013a: Telomere length reflects phenotypic quality and costs of reproduction in a long-lived seabird. *Proc R Soc B* 280: 20122540.
- Bauch C, Wellbrock A, Nagel R, Rozman J & Witte K 2013b: "Bug-eggs" for Common Swifts and other small birds – minimally-invasive and stress-free blood sampling during incubation. *J Ornithol* 154: 581-585.
- Bauch C, Becker PH & Verhulst S 2014: Within the genome, long telomeres are more informative than short telomeres with respect to fitness components in a long-lived seabird. *Mol Ecol* 23: 300-310.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde](#)

Jahr/Year: 2014

Band/Volume: [52_2014](#)

Autor(en)/Author(s): Bauch Christina

Artikel/Article: [Heterogenität unter Flusseeeschwalben: Zusammenhänge zwischen phänotypischen Fitnessmerkmalen, Telomeren und Plasmametaboliten 201-203](#)