

# Mauersegler am Biggensee im Fokus der Forschung

Ein besonderer Brutplatz erlaubt faszinierende Einblicke in das Leben eines Flugkünstlers

Wenn die Mauersegler Ende April/Anfang Mai in ihre Brutgebiete zurückkehren, haben sie zuvor neun Monate in Afrika verbracht, ununterbrochen im Flug. Mauersegler zeigen faszinierende Anpassungen an ein Leben im „Dauerflug“. Ihre Brutzeit in Europa stellt sie jedoch vor große Herausforderungen. Welche Faktoren beeinflussen den Fortpflanzungserfolg? Wie überstehen sie Kälteperioden? Wohin ziehen sie nach Abschluss der Brutsaison? Antworten auf diese Fragen helfen, die Lebenslaufstrategie dieser faszinierenden Art besser zu verstehen und auch Schutzmaßnahmen zu verbessern. Ein Forscherteam der Universität Siegen untersuchte diese Fragen über mehrere Jahre hinweg an einer ungewöhnlich gut zugänglichen Mauersegler-Kolonie innerhalb einer Talbrücke über dem südlichen Biggensee.

Jedes Individuum ist bestrebt, aus biologischer Sicht seinen lebenslangen Fortpflanzungserfolg zu maximieren. Der Lebenslauf eines Individuums kann vom Schlupf oder von der Geburt bis zum Tod durch zahlreiche Parameter charakterisiert werden, wie Körpergröße, Wachstumsdauer, Alter bis zur ersten Fortpflanzung, Anzahl der Fortpflanzungsperioden, Anzahl und Größe der Nachkommen pro Saison oder Geschlechterverhältnis der Nachkommen. Dabei müssen im Verlauf

des Lebens immer wieder Entscheidungen getroffen werden, bei denen ein Individuum aufgrund von begrenzten Ressourcen „abwägen“ muss, in was es seine begrenzte Zeit und Energie investiert. Insbesondere langlebige Arten müssen in ihrem Leben Strategien entwickeln, um möglichst erfolgreich viele Nachkommen in die nächste Generation einzubringen. Solche Strategien, die dies ermöglichen, werden Lebenslaufstrategien genannt. Dabei spielen Umweltbedingungen eine entscheidende Rolle.

Lebenslaufstrategien zu beschreiben und zu verstehen, ist das langfristige Ziel des Mauersegler-Projektes am Institut für Biologie der Universität Siegen. In diesem Projekt werden seit dem Jahr 2007 verschiedene verhaltensökologische Untersuchungen in einer Brutkolonie des Mauerseglers (*Apus apus*) am Biggensee durchgeführt. Zurzeit werden im Rahmen des Projektes folgende drei Schwerpunkte untersucht: (1) der Fortpflanzungserfolg, (2) das Überdauern von Schlechtwetterphasen in sogenannter Tagesschlaflethargie (Torpor) und (3) die individuellen Zugwege und Überwinterungsgebiete.

## Warum Mauersegler?

Was macht den Mauersegler so interessant für die Untersuchung von Lebenslaufstrategien? Der Mauersegler lebt sozusagen „am Limit“. Er gehört zu einer der am besten an den Luftraum angepassten Vogelarten. Er befindet sich außerhalb der Brutzeit nahezu ununterbrochen in der Luft und ist in der Lage, im Flug zu fressen, zu trinken, zu schlafen und sich zu paaren. Für seine Körpergröße besitzt der Mauersegler eine vergleichsweise lange Brutphase (Inkubation) von fast drei Wochen und eine Nestlingszeit von etwa sechs Wochen. Demgegenüber steht eine kurze Aufenthaltsdauer im Brutgebiet von nur etwa drei Monaten. In Mitteleuropa dauert die Brutsaison von Ende April/Anfang Mai bis Ende Juli/Anfang August. Dazu kommt noch, dass sich Mauersegler ausschließlich von fliegenden Insekten und verdrifteten Spinnen ernähren. Somit sind sie während der ohnehin kurzen Brutsaison auf gutes Wetter (Sonne, wenig Niederschlag und Wind) angewiesen, um aus der Luft genügend Nahrung für sich und ihre Nachkom-



Abb. 1: Mauersegler an einem Nest mit einer RFID-Ringantenne zur Registrierung der individuellen Anwesenheitsdauer  
Foto: A. Wellbrock

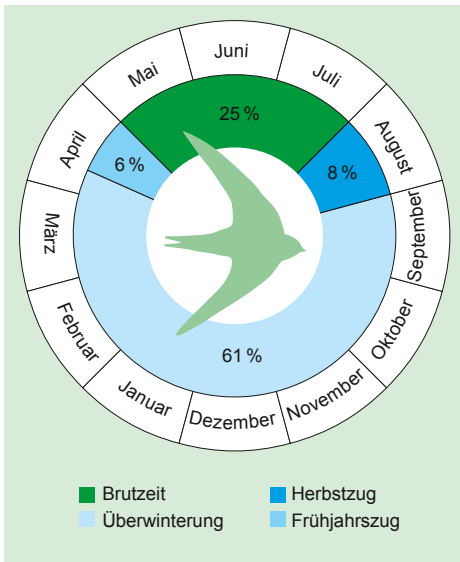


Abb. 2: Das Mauerseglerjahr: drei Viertel des Jahres im „Dauerflug“ (blaue Farben), ein Viertel nachts am Brutplatz (grün)

men zu sammeln. Als langlebige Vogelart (mehr als 20 Jahre sind von WEITNAUER 2005 nachgewiesen) brüten sie mehrmals im Leben und müssen daher in jedem Jahr einen Weg finden, trotz langer Nestlingszeit, kurzer Fortpflanzungsperiode und Unvorhersehbarkeit der Nahrungsverfügbarkeit einen hohen Bruterfolg zu erzielen. Dabei sind sie gezwungen, jedes Jahr aufs Neue abzuwägen, wie viel sie in ihren eigenen Körpererhalt, in die aktuelle Brutsaison und in die zukünftigen Nachkommen investieren. Dazu kommt, dass Mauersegler als Langstreckenzieher außerhalb des Brutgebietes den Großteil ihres Lebens Umwelteinflüssen in vielen klimatisch sehr verschiedenen Regionen ausgesetzt sind. Somit ist der Mauersegler ein idealer Modellorganismus, um zu untersuchen, welche Strategien Tiere entwickelt haben, um mit zum Teil widrigen Bedingungen zurechtzukommen und die daraus resultierenden Konflikte zu lösen.

## Der Koloniestandort

Die Talbrücke „Ronnewinkel“, die als Teil der Bundesstraße 54/55 über dem südlichen Teil des Biggesees nahe der Stadt Olpe verläuft, bietet dem Forscherteam der Universität Siegen eine einmalige Gelegenheit, Mauersegler an einem Standort über viele Jahre hinweg zu untersuchen (WALKER et al. 2009). Normalerweise sind Brutplätze des Mauerseglers nicht zugänglich, meist hoch oben unter Dächern oder in Nistkästen an Hausfassaden. In der Talbrücke „Ronnewinkel“ (327 Meter lang, 22,3 Meter breit) brüten die Segler im Inneren begehbarer Hohlkammern unterhalb der Fahrbahn, in die sie durch Lüftungslöcher im Boden gelangen. In der Nähe dieser Lö-

cher bauen sie ihre Nester. Dabei sind die Hohlkammern so groß, dass sich die Forscherinnen und Forscher zwischen den Nestern bewegen können, ohne die Segler zu stören. Im Jahr 2016 brüteten dort 53 Mauerseglerpaare.

## Fortpflanzungserfolg

Mauersegler haben nur eine Brut pro Jahr, meist werden zwei bis drei, selten vier Eier gelegt. Um die Investitionen von Weibchen und Männchen in die Nachkommen untersuchen zu können, muss zunächst das Geschlecht der Adulten mittels Blutproben bestimmt werden. Dies ist anhand äußerer Merkmale im Feld nicht eindeutig möglich. Mithilfe von Raubwanzen (*Dipetalogaster maxima*) als „lebende Kanülen“, die kurzzeitig in einem künstlichen, mit Löchern versehenen Ei ins Nest gelegt werden, kann den Vögeln während des Brütens stressfrei und nahezu unbemerkt Blut entnommen werden (BAUCH et al. 2013). Damit kann dann im Labor das Geschlecht molekulargenetisch ermittelt werden. Um die Investition in die Fortpflanzung zu beschreiben, wird festgehalten, wie viele Eier ein Weibchen legt, wer wie lange brütet sowie wer wann und wie oft füttert. Um dazu die Aufenthaltsdauer auf oder am Nest automatisch und ohne Störung aufzeichnen zu können, tragen die Altvögel einen winzigen Chip (RFID-Transponder) an einem kleinen Ring am Fuß. Diese Transponder, die auch bei Haustieren zur Identifizierung dienen, werden von ringförmigen Antennen abgelesen, die um das Nest gelegt werden und mit einem Laptop verbunden sind. Somit kann kontinuierlich die Anwesen-

heit eines Altvogels über ein Programm aufgezeichnet werden. Die Küken schlüpfen nach 18 bis 20 Tagen Bebrütungszeit (WEITNAUER 2005). Um die etwa sechswöchige Entwicklung der Küken bis zum Verlassen des Nestes zu dokumentieren, werden diese regelmäßig gewogen und ihre Flügellänge als Maß für ihre Körpergröße gemessen. Das Geschlecht der Küken wird minimalinvasiv anhand von Speichelproben (Abstriche der Mundschleimhaut) bestimmt (WELLBROCK et al. 2012). Erste Auswertungen der Nestlingsdaten der Jahre 2010 und 2011 zeigten, dass flügge Weibchen im Durchschnitt etwa einen Tag vor den Männchen das Nest verlassen und dabei leichter und kleiner sind. Interessanterweise spielte es für das Körpergewicht eines flüggen Nestlings keine Rolle, wie viele Nestgeschwister er hatte und ob er als erstes, zweites oder drittes Küken im Nest geschlüpft war. Die Untersuchung der Kükenentwicklung ist noch nicht abgeschlossen. Weitere Daten aus den Jahren 2012 bis 2016 stehen noch zur Verfügung.

## Torpor – Energiesparen bei Kälte

Von den Seglerarten, die in Europa brüten, ist der Mauersegler die einzige Art, deren Brutgebiet sich über den nördlichen Polarkreis hinaus erstreckt. Dadurch brüten die Vögel in Regionen, in denen es während der Brutsaison immer wieder zu Kälteeinbrüchen kommen kann. In Mitteleuropa sind dies in erster Linie die sogenannten „Eisheiligen“ im Mai und die „Schafs-



Abb. 3: Die Talbrücke „Ronnewinkel“ in der Nähe der Stadt Olpe

Foto: K. Witte



kälte“ im Juni. In Vogelhandbüchern wird stets darauf verwiesen, dass Mauersegler in solchen Phasen sogenannte Wetterfluchten begehen. Doch dies trifft in erster Linie auf Nichtbrüter zu. Altvögel mit einer Brut bleiben zu zweit am Nest und nutzen in längeren Kälteperioden ihre Fähigkeit, Energie zu sparen, indem sie in einen kurzzeitigen Kälteschlaf (Torpor oder Tagesschlaflethargie) verfallen (KOSKIMIES 1961). Dabei regulieren sie ihre Körpertemperatur offenbar aktiv und reversibel auf ein Niveau unterhalb ihrer normalen Körpertemperatur. Gleichzeitig wird der Stoffwechsel heruntergefahren, und die Vögel reagieren kaum noch auf Außenreize. Im Freiland wurden die Parameter, die zum Torpor führen, und seine physiologische Bedeutung kaum erforscht. Für die Untersuchung des Torpors in der Brutkolonie am Biggensee werden die Nester seit der Brutsaison 2010 mit kleinen Temperaturdatenspeichern (iButtons®) versehen, um kontinuierlich die Nesttemperatur aufzuzeichnen. Da die Körpertemperatur der im Nest ruhenden Vögel mit der aufgezeichneten Temperatur weitgehend korreliert, kann man mit der Nesttemperatur indirekt auf den Verlauf der Körpertemperatur schließen und mögliche Absenken feststellen, ohne die Vögel in ihrem Brutgeschäft zu stören. Zusätzlich belegen Videoaufnahmen mithilfe von Infrarotkameras, dass die Vögel tatsächlich während einer Torporphase auf dem Nest sitzen. Die noch laufenden Untersuchungen ergaben, dass bei mittleren Tagestemperaturen unter zehn Grad Celsius nahezu zeitgleich in fast allen Nestern eine Absenkung der Nesttemperatur zu beobachten war (Daten von 2010 bis 2013, WELLBROCK et al. 2013). Die Nesttemperatur fiel dabei um bis zu 14 Grad Celsius für fünf bis elf Stunden. Welche physiologischen Parameter sich während des Torpors ändern, welche Bedeutung der Torpor für die Energiebilanzregulation hat und wie viel Energie das „Aufheizen“ nach dem Torpor kostet, sollen zukünftige Untersuchungen zeigen.

## Zugwege und Überwinterungsgebiete

Der Großteil des Mauerseglerlebens findet außerhalb der Brutsaison statt; die Vögel können dann bis zu zehn Monate ununterbrochen in der Luft sein (HEDENSTRÖM et al. 2016). Wo sich Mauersegler, die im Brutgebiet beringt wurden, während dieser langen Zeit aufhalten, ist aus Wiederfinden von Ringen nur unzureichend bekannt. Von Seglern, die in Deutschland beringt wurden, gibt es nur acht Ringfunde aus dem Überwinterungsgebiet in Zentralafrika (BAIRLEIN et al. 2014). Mo-



Abb. 4: Eine „lebende Kanüle“, die südamerikanische Raubwanze *Dipetalogaster maxima*: Eingeschlossen in einem künstlichen Ei, kann sie den brütenden Mauerseglern minimalinvasiv Blut abnehmen  
Foto: C. Bauch

derne solarbetriebene GPS-Sender, die in Echtzeit eine direkte Verfolgung von Zugrouten und Aufhalten im Winter erlauben, sind für Mauersegler zu schwer. Bei kleinen Zugvögeln unter 100 Gramm Körpergewicht gibt es zurzeit nur die Möglichkeit, sogenannte Helldunkel-Geolokatoren einzusetzen, wenn man Aufenthaltsorte für einen Zeitraum von mehreren Monaten aufzeichnen möchte.

Ein Helldunkel-Geolokator besteht aus einem Lichtsensor, einem Datenspeicher und einer Batterie. Der Datenspeicher des Geolokators zeichnet kontinuierlich alle zwei Minuten einen Lichtwert auf, der vom Lichtsensor wahrgenommen wird. Da es sich bei einem Geolokator um ei-

nen Datenspeicher handelt, werden die aufgezeichneten Daten nicht gesendet. Vielmehr können die Daten erst ausgelesen werden, wenn man den Vogel mit seinem „Rucksack“ nach der Rückkehr in die Brutkolonie wiedergefangen hat. Die gespeicherten Lichtdaten kann man dann zur Berechnung der Tages- und Nachtlängen nutzen. Abgesehen von der Tag- und-Nacht-Gleiche im Herbst (um den 23. September) und Frühjahr (um den 20. März), sind die Tage und Nächte auf der Erde je nach Breitengrad unterschiedlich lang, und man kann somit im Nachhinein die geografischen Aufenthaltsorte des Vogels rekonstruieren.

Seit der Saison 2012 werden jährlich zehn Brutvögel in der Kolonie an der Talbrücke „Ronnewinkel“ mit einem Geolokator ausgestattet, der den Vögeln mithilfe von Nylonschnüren wie ein „Rucksack“ auf dem Rücken befestigt wird. Von den insgesamt 40 Mauerseglern, die 2012 bis 2015 mit einem Geolokator versehen wurden, sind 26 (65 Prozent) zur Kolonie zurückgekehrt, was in etwa der Rückkehrrate der Mauersegler entspricht, die auch gefangen, aber nicht mit einem „Rucksack“ versehen wurden. Von 21 Seglern konnte der Geolokator zurückerhalten werden. Bisher wurden die Daten von zehn Individuen ausgewertet (fünf Weibchen und fünf Männchen), darunter drei Männchen, von denen es Daten aus zwei aufeinanderfolgenden Jahren gibt. Es zeigte sich, dass die Individuen der Kolonie nicht zusammen in einem einzelnen Gebiet südlich der Sahara überwintern, sondern jeder Vogel mehrere Gebiete nacheinander anfliegt, und das weitgehend unabhängig von den anderen Individuen. So gab es ein Weibchen, das in



Abb. 5: Ein Geolokator auf dem Rücken eines Mauerseglers

Foto: A. Wellbrock

Westafrika überwinterte, ein weiteres zog bis nach Südafrika, andere Segler blieben die meiste Zeit in Ost- oder Südostafrika. Die Männchen, die zwei Jahre verfolgt wurden, nutzten in beiden aufeinanderfolgenden Jahren dieselben Überwinterungsgebiete und Zugwege (WELLBROCK et al. 2017). Dieses Ergebnis ist erstaunlich, denn die Auswertung von Geolokatorendaten verschiedener Individuen im Vergleich hat gezeigt, dass es in Afrika zu gleicher Zeit anscheinend zahlreiche geeignete Überwinterungsgebiete gibt.

## Ausblick

In Zukunft sollen die drei Projektschwerpunkte noch detaillierter untersucht werden. Um den Einfluss des Wetters auf die Kükenentwicklung besser zu verstehen, sollen Drohnen der Firma anvium GmbH aus Siegen zum Einsatz kommen. Ein sogenanntes Flächenmodell („Drohne in Modellflugzeugform“) wird mit einer schwenkbaren Kamera ausgestattet und soll die erwachsenen Mauersegler während der Brutzeit auf ihrer Futtersuche begleiten. Es soll unter anderem geklärt werden, wie weit sich die Segler von der Brutkolonie entfernen und welche Habitate sie zur Futtersuche nutzen.

Die bisherige Untersuchung des Torporverhaltens beschränkte sich auf die Messung der Nesttemperatur und die Auswertung von Videoaufnahmen. Um jedoch zu überprüfen, ob und wie viel Energie die Segler in Kälteperioden durch die Herabsetzung der Körpertemperatur einsparen, sollen in den künftigen Brutzeiten Messungen des nächtlichen Sauerstoffverbrauchs durchgeführt werden. Da die Mauersegler problemlos auch in den Hohlkammern der Brücke aufgestellte Nistkästen für ihre Brut nutzen, kann man somit die Messungen des Sauerstoffverbrauchs vornehmen, ohne die Segler während der Ruhephase zu stören. Aus einem besetzten Kasten wird dazu im Verlauf der Nacht kontinuierlich Luft aus dem Inneren abgesaugt, und diese Luft kann dann in ihrer Zusammensetzung mit der aus einem leeren Referenz-Kasten verglichen werden (indirekte Kalorimetrie). Anhand des gemessenen Sauerstoffverbrauchs beziehungsweise der Kohlendioxidproduktion lässt sich die Stoffwechselrate berechnen. Damit lässt sich dann ermitteln, wie viel Energie die Vögel durch die vorübergehende Absenkung der Körpertemperatur eingespart haben.

Die Entwicklung der Datenspeicher, die auch kleinere Vögel mit sich führen können, schreitet stets voran. So konnten bereits in der Brutzeit 2016 zehn Mauersegler mit neuen Datenspeichern der Schweizer Vogelwarte Sempach ausgestattet werden.

Diese sogenannten Multisensor-Geolokatoren können neben der Lichtintensität auch die Temperatur, den Luftdruck und das Magnetfeld in der Umgebung des Vogels aufzeichnen. Um zu überprüfen, ob Mauersegler während der gesamten Zeit außerhalb der Brutzeit tatsächlich nicht landen, helfen die Daten eines ebenfalls integrierten Beschleunigungsmessers. Trotz der weiteren Messgeräte wiegt dieser „Rucksack“ nur 1,5 bis 1,6 Gramm, was der allgemeinen Vorgabe entspricht, nach der die Masse eines an einem Vogel angebrachten Gegenstands unter fünf Prozent seines Körpergewichtes liegen sollte (BAIRLEIN et al. 2012).

Unsere Grundlagenforschung kann auch zum Schutz beziehungsweise zum effektiven Monitoring der Mauersegler einen Beitrag leisten. So konnte mithilfe der Geolokatoren während der Brutzeit festgestellt werden, welche Zeiträume sich am besten zur Kartierung belegter Nester eignen. Denn Mauersegler fliegen ihre Nester im Gegensatz zu anderen Vögeln in der Fütterungsphase nur circa einmal pro Stunde an.

## Literatur

BAIRLEIN, F., DIERSCHKE, J., DIERSCHKE, V., SALEWSKI, V., GEITER, O., HÜPPOP, K., KÖPPEN, U. & W. FIEDLER (2014): Atlas des Vogelzuges – Ringfunde deutscher Brut- und Gastvögel. Aula-Verlag, Wiebelsheim.

BAIRLEIN, F., EXO, K.-M. & H. SCHMALJOHANN (2012): Geolokation: Eine neue Methode zur Aufklärung der Zugwege wandernder Tierarten. *Biologie in unserer Zeit* 42 (1): 27–33.

BAUCH, C., WELLBROCK, A. H. J., NAGEL, R., ROZMAN, J. & K. WITTE (2013): “Bug-eggs” for Common Swifts and other small birds – minimally-invasive and stress-free blood sampling during incubation. *Journal of Ornithology* 154 (2): 581–585.

HEDENSTRÖM, A., NOREVIK, G., WARFVINGE, K., ANDERSSON, A., BÄCKMAN, J. & S. ÅKESSON (2016): Annual 10-Month Aerial Life Phase in the Common Swift *Apus apus*. *Current Biology* 26 (22): 3066–3070.

KOSKIMIES, J. (1961): Fakultative Kältelethargie beim Mauersegler (*Apus apus*) im Spätherbst. *Vogelwarte* 22: 161–166.

WALKER, M., ROZMAN, J. & K. WITTE (2009): Brutkolonie des Mauerseglers (*Apus apus*) in einer Autobrücke. *Vogelwarte* 47 (1): 41–43.

WEITNAUER, E. (2005): Mein Vogel – Aus dem Leben des Mauerseglers *Apus apus*. 6. Aufl. Basellandschaftlicher Natur- und Vogelschutzverband, Liestal, Schweiz.

WELLBROCK, A. H. J., BAUCH, C., ROZMAN, J. & K. WITTE (2017): “Same procedure as last year?” – Repeatedly tracked swifts show individual consistency in migration

pattern in successive years. *Journal of Avian Biology*, doi:10.1111/jav.01251.

WELLBROCK, A. H. J., BAUCH, C., ROZMAN, J. & K. WITTE (2013): Energiesparen mal anders – Heterothermie beim Mauersegler *Apus apus* während der Brutzeit. *Vogelwarte* 51 (4): 273–274.

WELLBROCK, A. H. J., BAUCH, C., ROZMAN, J. & K. WITTE (2012): Buccal swabs as a reliable source of DNA for sexing young and adult Common Swifts (*Apus apus*). *Journal of Ornithology* 153 (3): 991–994.

## Zusammenfassung

Seit zehn Jahren führen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Arbeitsgruppe Ökologie und Verhaltensbiologie an der Universität Siegen verhaltensökologische Untersuchungen in einer Mauersegler-Brutkolonie am Biggensee durch. Obwohl der Mauersegler eine weitverbreitete Vogelart ist, sind immer noch viele grundlegende Fragen im Leben dieses faszinierenden Dauerfliegers ungeklärt. Drei Aspekte stehen beim Mauersegler-Projekt im Fokus: (1) Einflüsse auf den Fortpflanzungserfolg, (2) das Überdauern von Kälteperioden in der Brutzeit und (3) die Zugwege und Überwinterungsgebiete der Vögel. Das übergeordnete Ziel des Projektes ist es, sogenannte Lebenslaufstrategien zu beschreiben, um zu verstehen, wie sich Individuen an verschiedene und sich verändernde Umweltbedingungen anpassen.

## Autorinnen und Autoren

Dipl.-Biol. Arndt H. J. Wellbrock  
 Dr. Jan Rozman  
 Prof. Dr. Klaudia Witte  
 Universität Siegen  
 Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät  
 Department Chemie-Biologie  
 Institut für Biologie  
 Arbeitsgruppe Ökologie und Verhaltensbiologie  
 Adolf-Reichwein-Straße 2  
 57068 Siegen  
 wellbrock@biologie.uni-siegen.de  
 jan.rozman@helmholtz-muenchen.de  
 witte@biologie.uni-siegen.de

Dr. Christina Bauch  
 Rijksuniversiteit Groningen  
 Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences  
 Behavioural and Physiological Ecology  
 Nijenborgh 7  
 9747AG Groningen, Niederlande  
 christinabauch@gmx.de