

## **Altersabhängige Veränderungen im Blut adulter Flussseeschwalben: Hormone, Blutparameter und Telomerlänge**

**Peter H. Becker, Christina Bauch und Juliane Riechert**

**Age dependent change in blood of adult Common Terns: Hormones, blood metabolites and telomere length.** - New approaches and methods now allow the study of individual change and ageing even in wild bird populations. Here we present results based on longitudinal data from a long-term project in Common Terns *Sterna hirundo* breeding at the colony site „Banter See“ in Wilhelmshaven on the German North Sea coast. Besides age-dependent increases in condition, reproductive success and behavioural traits, also underlying physiological parameters in blood are increasing with age, such as the hormones prolactin and corticosterone as well as cholesterol which are important substances for reproduction. As in other bird species telomere length measured in erythrocytes is decreasing with age. Repeated measurements of the same individuals over their life cycle show that the age-dependent change mainly takes place on the individual level.

**Key words:** Age dependent change, blood parameters, hormones, telomere length, Common Tern

Peter H. B e c k e r , Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“,  
An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven  
E-mail: peter.becker@ifv-vogelwarte.de

## 1. Einleitung

Ein wesentlicher Prozess im Lebenszyklus von Organismen einschließlich des Menschen ist das Altern, das Zellen, Physiologie, Verhalten, Kognition, Sterblichkeit, Demographie, Soziologie und weitere Lebensbereiche betrifft (z.B. PRINZINGER & DÖPPELER 2009). Das „Geheimnis des Alterns“ aber, wie Prinzinger sein im Jahre 1996 veröffentlichtes Buch betitelt hat, ist nach wie vor nicht gelüftet und beschäftigt Wissenschaftler vieler Fachrichtungen. Auch in der Ornithologie ist die Erforschung des Alterns seit einigen Jahren zunehmend aktuell und an Wildvogelpopulationen möglich geworden (z.B. JONES et al. 2008). Die Entwicklung neuer Methoden der Markierung und automatisierten Erfassung von Individuen, ertragreiche Langzeitprojekte basierend auf individuellen longitudinalen Daten vieler altersbekanntere Tiere, moderne statistische Methoden zur Untersuchung altersabhängigen Wandels und Demographie sowie innovative Techniken zur stressarmen Probenahme von Gewebeproben wie Blut haben den Zugang der Ornithologie zur Altersforschung erleichtert.

Ein weiteres Thema, das die wissenschaftliche Arbeit von Roland Prinzinger über viele Jahre charakterisiert hat, ist das Gewebe Blut. Blut wird vom Herz-Kreislaufsystem transportiert, übernimmt vielfältige Funktionen und hat damit eine im Körper zentrale Stellung, die auch das Forschungsinteresse von Roland Prinzinger bestimmt: Stoffwechsel, Energiehaushalt, Wärmeregulation, Nährstoff-, Gas- und Hormontransport sowie Immunsystem sind an Blut gebunden, dessen Zusammensetzung sich bei Mensch und Tier altersabhängig verändert (PRINZINGER 1996), einschließlich der Vögel. Diese sind aber aufgrund vieler methodischer Herausforderungen diesbezüglich selten untersucht worden (ALONSO-ALVAREZ 2005, PRINZINGER et al. 2010).

Die Langzeituntersuchungen zur Populationsökologie der Flussseseschwalbe *Sterna hirundo* am Koloniestandort „Banter See“ in Wilhelmshaven (BECKER 2010) haben ergeben, dass sich diese langlebigen Vögel (mittleres Alter am Banter See 10 Jahre, Höchstalter 24 Jahre; bis 27 Jahre, NEUBAUER 2012) mit dem Alter in vielen Merkmalen stark verändern. Die Steigerungen von Lebensleistungen fallen allerdings in den frühen Lebensstadien bis zum Alter von etwa 10-15 Jahren stärker aus als seneszenzbedingte Rückgänge von Lebensfunktionen, sofern sie überhaupt in sehr hohem Alter erkennbar sind, das nur eine sehr kleine Fraktion von Flussseseschwalben erreicht (REBKE et al. 2010, NEUBAUER 2012). So verfrühen Flussseseschwalben ihre Ankunft nach dem Frühjahrszug sowie den Legebeginn mit zunehmendem Alter (GONZÁLEZ-SOLÍS et al. 2004, EZARD et al. 2007, BECKER et al. 2008), steigern ihre Kondition (LIMMER & BECKER 2007), Kopulationsaktivitäten (GONZÁLEZ-SOLÍS & BECKER 2002), Fütterleistungen (LIMMER & BECKER 2009), Verteidigung des Nistterritoriums (PEARSON et al. 2006) und erzielen höhere Bruterfolge (NISBET et al. 1984, 2002, LIMMER & BECKER 2010, REBKE et al. 2010). Da liegt die Frage nahe, welche Mechanismen den auffälligen altersabhängigen Wandel bewirken und inwieweit blutphysiologische Veränderungen mit ihm einhergehen.

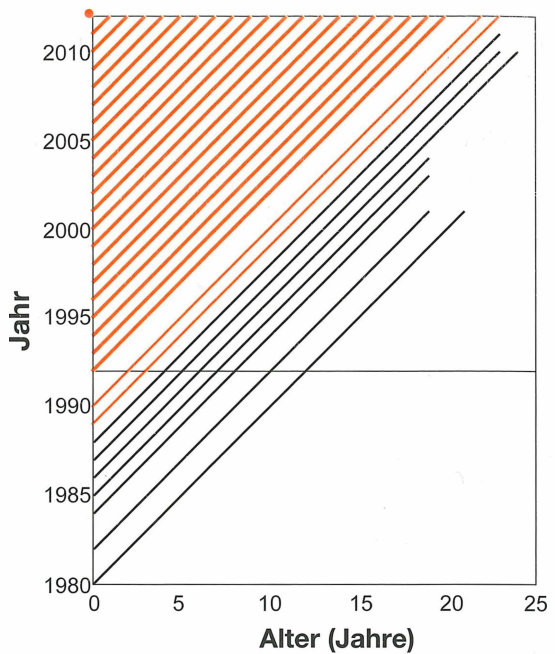
Um dieser Frage nachzugehen, haben wir eine neue Technik entwickelt, mit der wir seit 2005 durch Einsatz von Raubwanzen Blutproben vieler Altvögel der Kolonie gewonnen haben (BECKER et al. 2006, ARNOLD et al. 2008, BAUCH et al. 2010, 2013, RIECHERT et al. 2012). Diese wurden auf Blutparameter, hinsichtlich der für die erfolgreiche Reproduktion wichtigen Hormone Prolaktin und Kortikosteron sowie der Telomerlänge untersucht. Telomere sind Endabschnitte der Chromosomen, die das Genom schützen und die sich altersabhängig verkürzen (z.B. PRINZINGER & DÖPPELER 2009). Einige Ergebnisse unserer Studien möchten wir hier präsentieren und hinsichtlich der Alterseinflüsse in der Zusammenschau diskutieren.



Abb. 1. Flusseeeschwalbe auf einem Sitzplatz am Koloniestandort Banter See in Wilhelmshaven. Die integrierte Antenne ermöglicht die automatische Registrierung des mit einem Transponder und dem Vogelwartenring markierten Individuums, das von der im Rastplatz untergebrachten Waage gewogen wird. Photo P.H. Becker.

Fig. 1: Common Tern on a resting box at colony site Banter See in Wilhelmshaven. The integrated antenna enables the automatic and remote registration of individuals which are ringed and marked with a transponder. Furthermore, the identified individual is weighed by an electronic balance installed within the resting box. Foto: P.H. Becker

Abb. 2. Longitudinalstudie zur Populationsökologie der Flussschwabe am Banter See in Wilhelmshaven, 1980-2012. Die Diagonalen zeigen jeweils einen Jahrgang an. Seit 1980 wurden alle Flügglinge beringt, seit 1992 außerdem mit Transpondern markiert. Von 1992-1995 wurden zusätzlich 101 Altvögel gefangen und mit Transpondern markiert. Seit 1992 werden alle markierten Tiere am Koloniestandort komplett und automatisch erfasst (gestrichelte Linie): So konnten spätere Lebensabschnitte einiger der vor 1989 ausgeflogenen Individuen verfolgt werden (schwarze diagonale Linien, ab 1992), während von einigen Tieren der Jahrgänge 1989-1990 (rote diagonale Linien) und von allen wiedergekehrten Individuen der Jahrgänge ab 1992 das gesamte Brutleben bekannt ist (rote diagonale Linien, fett). Das mittlere Alter der Brutvögel liegt bei 10 Jahren, das Höchstalter beträgt 24 Jahre. Basierend auf Abb. 9.12 von PRINZINGER (1996).



Das mittlere Alter der Brutvögel liegt bei 10 Jahren, das Höchstalter beträgt 24 Jahre. Basierend auf Abb. 9.12 von PRINZINGER (1996).

Fig. 2: Longitudinal study of population ecology of Common Terns at Banter See in Wilhelmshaven, 1980-2012. Each diagonal line represents a cohort. Since 1980 all fledglings have been ringed, since 1992 additionally marked with transponders. From 1992-1995 101 adults were captured and marked with transponders. Since 1992 (dotted line) all marked individuals present at the colony site have been automatically recorded: In this way, later life periods of some individuals fledged before 1989 could be documented (black diagonals, since 1992). The entire breeding career is known for only some individuals of the cohorts 1989-1990 (red diagonals) and for all individuals of the cohorts since 1992 which returned to the natal colony site (red diagonals, bold). Mean age of breeders is about 10 years, maximum age 24 years. The graph is based on Fig. 9.12 of PRINZINGER (1996).

## 2. Material und Methoden

Die Untersuchungen basieren auf dem Langzeitvorhaben zur Populationsökologie der Flussschwabe am Banter See in Wilhelmshaven (53°30'40"N, 8°06'20"E; 90 – 530 Brutpaare; Übersicht s. BECKER 2010). Seit 1980 wurden hier Jungvögel beringt, seit 1992 außerdem mit Transpondern markiert (BECKER & WENDELN 1997). Die longitudinale Studie auf individueller Basis wurde 1992 gestartet und beinhaltet die

jährliche Kompletterfassung aller mit Transpondern markierten und in der Kolonie anwesenden Tiere (Abb. 1, 2; BECKER 2010). Das Projekt untersucht vielfältige Fragestellungen zur Ökologie, Demographie, Life History und Reproduktionsphysiologie. Inzwischen umfasst die Longitudinalstudie viele sehr alte Individuen (Abb. 2) und erlaubt daher Altersforschung nicht nur mit einer Querschnittsuntersuchung, sondern auch auf individueller Ebene.

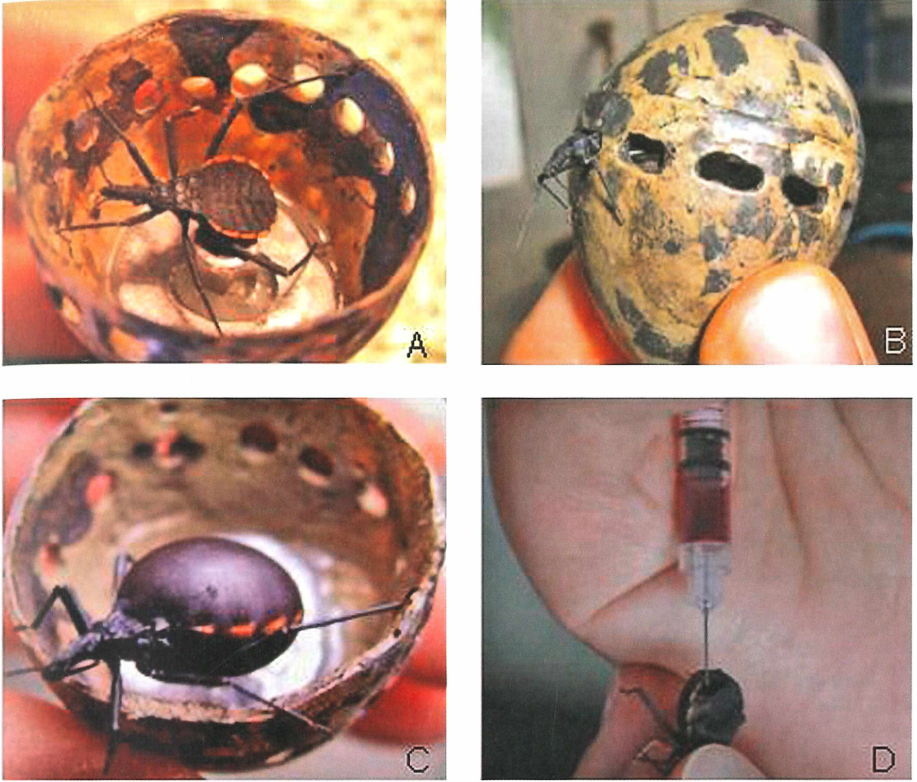


Abb. 3. A: Hungrige Wanze in einer Hälfte des Wanzen-Eies vor der Beprobung. B: Wanze im geschlossenen Wanzen-Ei mit herausgestrecktem Rüssel. C: Vollgesogene Wanze nach der Beprobung. D: Entnahme des Flusseeeschwalben-Blutes aus der Wanze. Photos A-C: C. Bauch, D: J. Riechert.

Fig. 3. A: Hungry bug sitting in one half of the „bug-egg“ before sampling. B: Bug in the closed „bug-egg“ with obtruded proboscis. C: Gorged bug after sampling. D: Extraction of the Common Tern blood from the bug. Fotos A-C: C. Bauch, D: J. Riechert.

Eine weitere wichtige Voraussetzung für physiologische und genetische Untersuchungen war die Probenahme von Blut der Flusseeeschwalben, die gemäß dem Forschungsansatz nicht gefangen werden. Dies gelang durch Entwicklung und Validierung der Methode der minimal invasiven Blutentnahme über mexikanische Raubwanzen (BECKER 2006, ARNOLD et al. 2007, BAUCH et al. 2010, 2013, RIECHERT et al. 2012). Die Raubwanze wird in einem Ei gekäfigt und dieses ins Nest gelegt (Abb. 3). Nach 20-30 min hat die Wanze vom dem inkubierenden Altvogel eine hinreichende Blutprobe gesaugt. Von 2006 an haben wir diese Methode sehr erfolgreich eingesetzt und bei Hunderten von Altvögeln Blutproben entnommen, in der Regel in der Mitte der Inkubationsphase (ca. 9-14 d nach der Eiablage des betreffenden Individuums). Darüber hinaus gelangen auch wiederholte Beprobungen derselben Individuen innerhalb einer Brutsaison oder in verschiedenen Jahren. Nach dem Zentrifugieren wurde das Plasma für spätere Analysen der Blutparameter, insbesondere Cholesterin, Triglyceride, Harnsäure und der Hormone Prolaktin und Kortikosteron sowie der zelluläre Blutanteil für Studien der Telomerlängen und Genetik eingefroren. Die laboranalytischen Methoden zur Bestimmung der Blutparameter sind im Detail bei BAUCH et al. (2010) geschildert, der Hormone Prolaktin und Kortikosteron bei RIECHERT et al. (2012) und der Bestimmung der Telomerlänge bei BAUCH et al. (2013).

Die Ergebnisse wurden mit Daten zum Alter und/oder der Bruterfahrung der beprobten Flusseeeschwalben verschnitten, um deren Einflüsse zu ermitteln.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Hormone

Die Basiswerte der untersuchten Hormone Prolaktin und Kortikosteron variierten in Abhängigkeit von der Erfahrung (Abb. 4; Prolaktin  $p < 0,001$ ; Kortikosteron  $p < 0,003$ ). Während der ersten fünf Brutjahre stieg der Prolaktinspiegel um etwa 30 % an. Bei den Männchen zeigte sich eine weitere Steigerung bei sehr hoher Bruterfahrung von über 11 Jahren (Abb. 4). Dagegen änderten sich die basalen Kortikosteronwerte in den ersten Brutjahren der Flusseeeschwalben nicht, stiegen aber bei den Männchen nach sechs Brutversuchen an, bei den Weibchen blieben sie dagegen konstant. Für Prolaktin ist durch wiederholte Messungen der Beleg gelungen, dass sich die Steigerung der Plasmakonzentrationen während der frühen Brutkarriere auf individueller Ebene vollzieht (RIECHERT et al. 2012).

Des Weiteren haben wir bei Flusseeeschwalben verschiedener Erfahrung die Veränderung der Prolaktinspiegel im Verlauf der Bebrütung durch Mehrfachbeprobung derselben Individuen ermittelt. Während in der frühen und mittleren Inkubationsphase

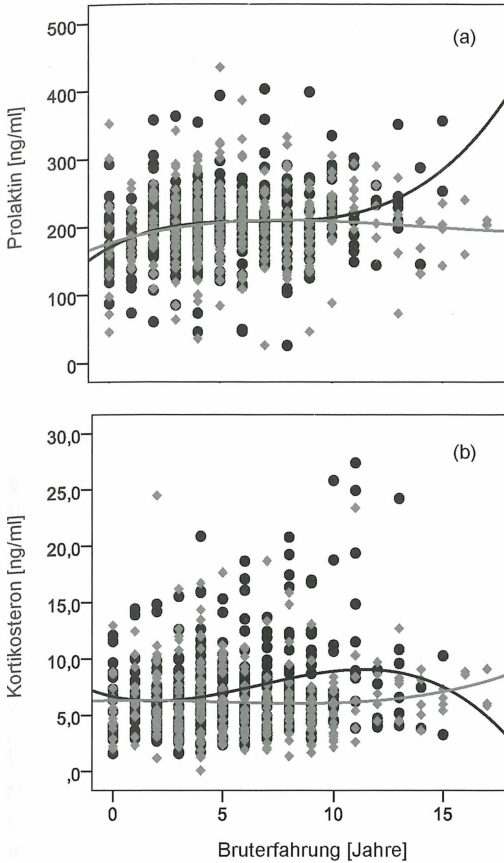


Abb. 4. Basiswerte an Prolaktin (a) und Kortikosteron (b) in Bezug zur Bruterfahrung männlicher (Punkte, schwarze Kurve) und weiblicher Flusseeeschwalben (Rhomben, graue Kurve). Signifikanter Effekt der Erfahrung: Prolaktin  $p < 0,001$ , Kortikosteron  $p = 0,003$ .  $N = 375$  Männchen /  $384$  Weibchen für Prolaktin,  $N = 361$  Männchen /  $371$  Weibchen für Kortikosteron. Aus RIECHERT et al. (2012).  
 Fig. 4: Baseline prolactin (a) and corticosterone (b) levels in relation to breeding experience of male (dots, black curve as best fit to the data) and female Common Terns (diamonds, grey curve). Breeding experience had a significant effect (prolactin  $p < 0.001$ , corticosterone  $p = 0.003$ ;  $N = 375$  males/ $384$  females for prolactin,  $n = 361$  males/ $371$  females for corticosterone; From RIECHERT et al. 2012).

keine signifikanten Schwankungen und Unterschiede auftraten (Abb. 5), gab es nach dem Schlüpfen der Küken einen deutlichen Erfahrungsunterschied: Bei den unerfahrenen Eltern (0 - 3 Brutversuche) beiderlei Geschlechts sank der Prolaktinspiegel deutlich (Erfahrung  $p = 0,022$ , Interaktion Erfahrung  $\times$  Inkubationsphase  $p = 0,013$ ; Abb.; vgl. RIECHERT et al. 2014), während er bei erfahrenen Paaren (7 - 17 Brutversuche) konstant blieb.

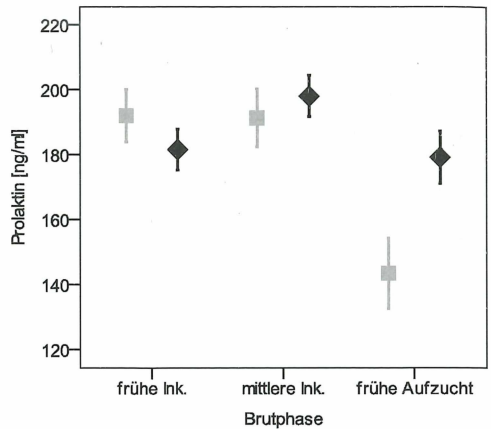
### 3.2 Blutparameter

Wir haben Altvögel, die keine oder nur sehr geringe Bruterfahrung aufwiesen (0 bis 3 Brutversuche, etwa 3 bis 6 Jahre alt), mit erfahrenen Paaren verglichen (mindestens 7 Brutversuche, 10 bis 20 Jahre alt). Während sich in den Harnsäurewerten keine

Abb. 5. Mittlere ( $\pm 1$  SE) Basiswerte von Prolaktin (ng/ml) von Flussseeschwalben im Verlauf der Inkubation (früh: 2-5 Tage nach Vervollständigung des Geleges; Mitte: 9-14 Tage nach Vervollständigung des Geleges) und nach dem Schlüpfen der Küken (0-3 Tage). Unerfahrene (graue Quadrate, 0-3 Brutversuche; N = 50/52/58) und erfahrene Brutvögel (schwarze Rhomben, 7-17 Brutversuche; N = 55/59/46) wurden untersucht. Aus Riechert et al. (2014).

Fig. 5: Mean ( $\pm 1$  SE) baseline prolactin levels (ng/ml) in Common Terns during the course of incubation (early: 2-5 days after completion of the clutch; medium: 9-14 days after clutch completion, and 0-3 days after hatching of the chicks).

Inexperienced breeders (grey squares, 0-3 breeding attempts; N = 50/52/58) and experienced breeders (black diamonds, 7-17 breeding attempts) were studied (N = 55/59/46). From Riechert et al. (2014).



Erfahrungsunterschiede zeigten, war das Plasma der erfahrenen Flussseeschwalben durch höhere Werte an Triglyceriden gekennzeichnet, insbesondere während der frühen, in einem Untersuchungs-jahr auch während der mittleren Inkubationsphase ( $p < 0,014$ ).

Die Cholesterinkonzentration im Zusammenhang mit dem Alter (drei Altersklassen) und dem Geschlecht ergab signifikante Geschlechts- ( $F=14,503$ ;  $p<0,000$ ) und Altersunterschiede ( $F=4,630$ ;  $p=0,011$ ), die insbesondere auf die Weibchen zurückgingen ( $F=4,140$ ;  $p=0,018$ ; Abb. 6). Die weiblichen Flussseeschwalben wiesen direkt nach der Eiablage geringere Cholesterinwerte auf als die Männchen, erholten sich aber im Verlauf der Inkubationsphase von den Verlusten an Cholesterin durch Abgabe in die Eier. Diese Erholung war altersabhängig und bei den sehr jungen Brutvögeln im Vergleich zu den älteren Tieren unzureichend ausgeprägt (Abb. 6).

### 3.3 Telomerlängen

Wie bei anderen Vogelarten verkürzen sich die Telomerlängen der Flussseeschwalben mit zunehmendem Alter (Abb. 7). Bei den Brutvögeln geschah dies mit einer Rate von durchschnittlich -38 Basenpaaren pro Jahr ( $t=-2,93$ ,  $p=0,004$ ). Die längsten Telomere fanden wir bei Küken (Abb. 7), und die Telomerverkürzung war besonders stark im subadulten Stadium, bevor die Flussseeschwalben das Brutalter erreichten.



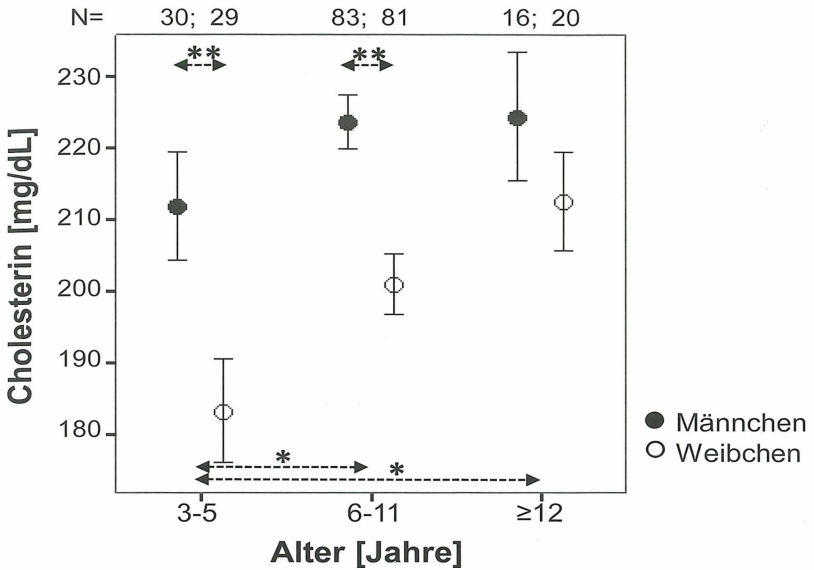


Abb. 6. Cholesterinkonzentration im Plasma von Flusseeschwalben ( $\bar{x} \pm \text{SE}$ ) in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht, gemessen in den Jahren 2006 und 2007 jeweils in der Mitte der individuellen Inkubation ( $N$ =Anzahl Individuen). Signifikante Geschlechts- und Altersunterschiede sind angegeben (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ).

Fig. 6: Cholesterol concentration in Common Tern plasma ( $\bar{x} \pm \text{SE}$ ) dependent of age and gender, measured in the years 2006 and 2007 in the middle of the individuals' incubation ( $N$  = number of individuals). Significant gender and age differences are indicated (\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ).

Durch wiederholte Beprobung der gleichen Vögel im Abstand von einem Jahr ließ sich die Abnahme der Telomerlänge nicht nur in der Querschnittsuntersuchung, sondern auch auf individueller Ebene ermitteln: Dabei zeigte sich, dass die individuelle Verkürzung mit im Mittel -93 Basenpaaren pro Jahr mehr als doppelt so hoch war ( $t = -1,86$ ,  $p = 0,068$ ). In Abb. 7 fällt besonders auf, dass die über 18-jährigen Flusseeschwalben relativ lange Telomere aufwiesen, die allesamt über der errechneten Regressionsgerade der Telomerlängen-Verkürzung mit dem Alter lagen.

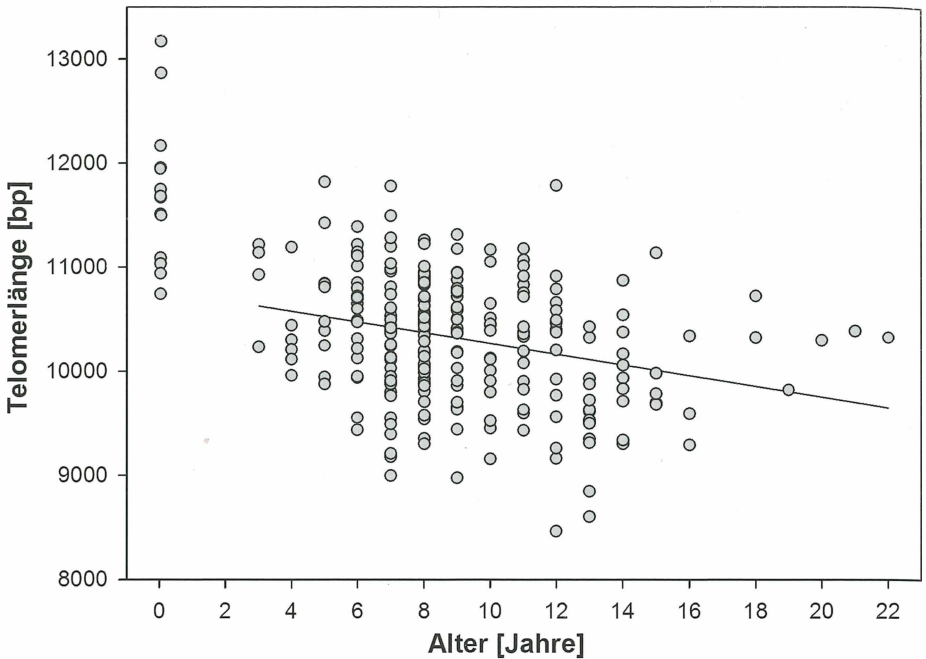


Abb. 7. Telomerlänge (in Basenpaaren) von Küken (N=14) und Brutvögeln der Flusseeeschwalbe verschiedenen Alters (N=237). Zu beachten sind die längeren Telomere der Küken sowie die relativ langen Telomere der Individuen im Alter von  $\geq 18$  Jahren.

Fig. 7: Telomere length (base pairs) of Common Tern chicks (n = 14) and breeders of different ages (n = 237). Please notice the longer telomeres in chicks as well as the relatively long telomeres of individuals  $\geq 18$  years old.

#### 4. Diskussion

Unsere Untersuchungen zeigen eindrucksvoll, dass sich im Verlauf des langen Flusseeeschwalbenlebens neben dem Wandel in vielen Lebensleistungen wie Reproduktion, Terminierung der Ankunft im Brutgebiet und des Legebeginns oder des Verhaltens (Zitate s. 1. Einleitung) auch ein vielfältiger physiologischer Wandel vollzieht. Dieser betrifft Blutparameter wie Cholesterin und Triglyceride, die allerdings bei der Felsentaube (*Columbia livia*) unter Ausschluss anderer Faktoren keine Altersabhängigkeit zeigten (PRINZINGER et al. 2010). Änderungen mit dem Alter betreffen auch die für die Abwicklung des Brutgeschäfts wesentlichen Hormone Prolaktin, das die Brutfürsorge steigert, und Kortikosteron, das z.B. die Nahrungsbeschaffung der Eltern

für die Jungen und die Feindabwehr unterstützt (z. B. ANGELIER & CHASTEL 2009). Die älteren Brutvögel kommen wesentlich besser mit dem während des Brutgeschäfts erhöhten Zeit- und Nahrungsbedarf zurecht, was sich in ihren günstigeren blutphysiologischen Parametern andeutet und in höherem Bruterfolg niederschlägt (LIMMER & BECKER 2010). So ist die für die Weibchen schwierige Phase der Eiproduktion durch Cholesterin- und Triglyceridverluste gekennzeichnet, die von den unerfahrenen Brutvögeln erst zum Ende der Inkubation oder gar nicht ausgeglichen werden können. Daher erreichen unerfahrene Individuen, wenn sie nicht schon vor dem Schlüpfen das Gelege aufgeben müssen, mit schlechten Konditions- und physiologischen Werten die Kükenphase, wenn die Altvögel besonders gefordert sind, was sich z.B. in geringen Körpermassen während der Aufzucht widerspiegelt (WENDELN & BECKER 1996, LIMMER & BECKER 2007). Sie können dann neben der Betreuung und Versorgung der Küken die Eigenversorgung nicht sicherstellen mit der Folge der Brutaufgabe. Daher fällt der Bruterfolg bei unerfahrenen Brutvögeln sehr viel geringer als bei den erfahrenen Individuen aus und steigert sich mit zunehmender Bruterfahrung (LIMMER & BECKER 2010). Spannend sind die gegen Lebensende der Männchen offenbar nochmals steigenden Prolaktinkonzentrationen (Abb. 4). Vielleicht bewirken sie einen besonders hohen Reproduktionsaufwand in hohem Alter, um nachlassende Lebensleistungen zu kompensieren?

Die schwierigen Verhaltensanpassungen im Übergang zwischen Bebrütung und Schlüpfen der Jungen sind bei unerfahrenen Eltern während der Schlüpfphase auch an den niedrigen Prolaktinwerten abzulesen, welche den Abbruch des Brutgeschäftes begünstigen (Abb. 5). Des Weiteren unterliegt das Ausmaß der physiologischen Altersabhängigkeiten den zwischen den Brutjahren schwankenden Umweltbedingungen: Erfahrene Tiere kommen mit schlechten Bedingungen besser zurecht, so dass die geschilderten Altersbeziehungen in Jahren mit schlechten Umweltbedingungen besonders deutlich ausfallen (BAUCH et al 2010, RIECHERT et al. 2012, 2014).

Die Flusseeeschwalbe gehört zu der Mehrzahl der Vogelarten, bei denen die Telomerlänge mit dem Alter abnimmt (z.B. HAUSMANN et al. 2003, BAUCH et al. 2013), und diese Verkürzung steht mit erhöhter Sterblichkeit in Verbindung (HAUSMANN et al. 2005, BAUCH et al. 2014). Die mit dem Altersfortschritt gemessenen Abnutzungsraten fielen innerhalb der Individuen höher aus als in der Querschnittsuntersuchung (BAUCH et al. 2013, Abb. 7). Zusammen mit den relativ langen Telomeren gerade der sehr alten Flusseeeschwalben (Abb. 7) deutet dieser Befund darauf hin, dass die Vögel mit rascherer Telomerverkürzung selektionsbedingt in jüngerem Alter aus der Population verschwinden. Darüber hinaus zeigen die Untersuchungen, dass die Telomerverkürzung vom Lebensstil sowie der individuellen Qualität der Individuen abhängig ist: Flusseeeschwalben, die einen hohen Aufwand bei der Reproduktion betreiben, weisen stärkere Telomerverkürzungen auf, wobei die besonders erfolgreichen Tiere allerdings keine solch starke Verkürzung erfahren (BAUCH et al. 2013).

Unsere Ergebnisse belegen, dass hohes Alter gekoppelt mit Erfahrungsgewinn individuelle Qualität bedeutet, die ihre Basis auch in einer angepassten Physiologie hat und sich im hohen Reproduktionserfolg der erfahrenen Flussseseschwalben widerspiegelt (NISBET et al. 2002). Altersabhängiger Wandel hat also zunächst positive Effekte, und nur bei ganz alten Tieren haben wir Zeichen von Seneszenz festgestellt (REBKE et al 2010, Zhang et al. 2015). Die Flussseseschwalben hohen Alters und individueller Qualität kommen mit den Umweltbedingungen besser zurecht. Dazu zählen auch solche Individuen, die bei Gelegeverlust ein Nachgelege produzieren und damit den Bruterfolg für das betreffende Jahr dennoch sichern und einen höheren Lebensbruterfolg erzielen (BECKER & ZHANG 2011). Die sehr alten Flussseseschwalben haben die höchste Fitness und tragen letztlich mit mehr Nachkommen zum Genpool der nächsten Generation bei (vgl. NEWTON 1989).

Unsere Untersuchungen sind auch ein Beleg dafür, wie sehr sich Langzeitstudien in der Ornithologie auszahlen, auch wenn sie bei wildlebenden Vögeln sehr aufwändig sind (z.B. CLUTTON-BROCK & SHELDON 2010). Besonders wertvoll sind longitudinale Daten, die durch wiederholte Messungen an den gleichen Individuen über mehrere Jahre gewonnen werden und Einsicht in die Mechanismen des Alterns geben können, das ja auf individueller Ebene abläuft.

## 5. Dank

Wir danken den vielen Kolleginnen und Kollegen sowie den Helfern in Feld und Labor, die dieses Vorhaben über viele Jahre durch Ihre Mitarbeit gewährleistet haben. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft verdanken wir jahrelange Förderung (BE 916). Unser besonderer Dank gilt Roland Prinzinger, der von 1987 bis 1994 im wissenschaftlichen Beirat des Instituts für Vogelforschung, im Jahre 2004 in der Evaluationskommission für das Institut wirkte und die Arbeit des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ einschließlich dieses Projekts beratend begleitet und gefördert hat.

## Zusammenfassung

Auch bei Wildvögeln haben neuartige Ansätze und Methoden inzwischen die Untersuchung von individuellem Wandel und Altern möglich gemacht. Wir berichten über Ergebnisse einer longitudinalen Langzeitstudie an Flussseseschwalben *Sterna hirundo* am Banter See in Wilhelmshaven. Neben der Steigerung der Kondition, des Reproduktionserfolgs und verschiedener Verhaltensweisen nehmen auch physiologische Parameter mit dem Alter zu, wie die Hormone Prolaktin und Kortikosteron sowie

Cholesterin, die für die Reproduktion bedeutend sind. Wie bei anderen Vogelarten gezeigt nimmt die Telomerlänge mit dem Alter ab. Wiederholte Messungen derselben Individuen belegen, dass sich der aufgezeigte altersabhängige Wandel hauptsächlich auf individueller Ebene vollzieht.

## Literatur

- ALONSO-ALVAREZ, C. (2005): Age-dependent changes in plasma biochemistry of yellow-legged gulls (*Larus cacchinnans*). *Comp. Biochem. Physiol.* 140: 512-518. – ANGELIER, F. & C. CHASTEL (2009): Stress, prolactin and parental investment in birds: a review. *Gen. Com. Endocrinol.* 163: 142-148. – ARNOLD, J.M., OSWALD, S.A., VOIGT, C.C., PALME, R., BRAASCH, A., BAUCH, C. & P.H. BECKER (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., BECKER, P.H. & S. VERHULST (2013): Telomere length reflects phenotypic quality and costs of reproduction in a long-lived seabird. *Proc. Royal Soc. B* 280: 20122540. – BAUCH, C., BECKER, P. H. & S. VERHULST (2014): Long telomeres are more informative than short telomeres with respect to fitness components in a long-lived seabird. *Mol. Ecol.* 23:300-310. – BAUCH, C., KREUTZER, S. & P.H. BECKER (2010): Breeding experience affects condition: blood metabolite levels over the course of incubation in a seabird. *J. Comp. Physiol. B* 180: 835-845. – BECKER, P.H. (2010): Populationsökologie der Flusseeeschwalbe: Das Individuum im Blickpunkt. In: Bairlein F, Becker PH (Hrsg.) 100 Jahre Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“. Aula, Wiebelsheim, S. 137-155. – BECKER, P.H., DITTMANN, T., LUDWIGS, J.-D., LIMMER, B., LUDWIG, S., BAUCH, C., BRAASCH, A. & H. WENDELN (2008): Timing of initial arrival at the breeding site predicts age at first reproduction in a long-lived migratory bird. *Proc. Nat. Ac. Sci.* 105: 12349-12352. – BECKER, P.H., VOIGT, C.C., ARNOLD, J.M. & R. NAGEL (2006): A non-invasive technique to bleed incubating birds without trapping: A blood-sucking bug in a hollow egg. *J. Ornithol.* 147: 115-118. – BECKER, P.H. & H. WENDELN (1997): A new application for transponders in population ecology of the Common Tern. *Condor* 99: 534-538. – BECKER, P.H. & H. ZHANG (2011): Renesting of Common Terns *Sterna hirundo* in the life history perspective. *J. Ornithol* 152 Suppl 1: 213-225, DOI 10.1007/s10336-010-0639-0.
- CLUTTON-BROCK, T. & B.C. SHELDON (2010): Individuals and populations: the role of long-term, individual-based studies of animals in ecology and evolutionary biology. *Trends Ecol. Evol.* 25: 562-573.
- EZARD, T.H.G., BECKER, P.H. & T. COULSON (2007): The correlation between age, phenotypic traits and reproductive success in Common Terns (*Sterna hirundo*). *Ecology* 88: 2496-2504.
- GONZÁLEZ-SOLÍS, J. & P.H. BECKER (2002): Mounting frequency and number of cloacal contacts increase with age in common terns *Sterna hirundo*. *J. Avian Biol.* 33: 306-310.
- HAUSSMANN, M.F., WINKLER, D.W., O'REILLY, K.M., HUNTINGTON, C.E., NISBET, I.C.T. & C.M. VLECK (2003): Telomeres shorten more slowly in long-lived birds and mammals than in short-lived ones. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 1387-1392. – HAUSSMANN, M.F., WINKLER, D.W. & C.W. VLECK (2005): Longer telomeres associated with higher survival in birds. *Biol. Lett.* 1: 212-214.
- JONES, O., *et al.* (2008): Senescence rates are determined by ranking on the fast-slow life-history continuum. *Ecology Letters* 11: 664-673. Doi:10.1111/j.1461-0248.2008.01187.

- LIMMER, B. & P.H. BECKER (2007): The relative role of age and experience in determining variation in body mass during the early breeding career of the Common Tern (*Sterna hirundo*). Behav. Ecol. Sociobiol. 61: 1885-1896. – LIMMER, B. & P.H. BECKER (2009): Improvement of chick provisioning with parental experience in a seabird. Anim. Behav. 77: 1095-1101. LIMMER, B. & P.H. BECKER (2010): Improvement of reproductive performance by age and experience depends on recruitment age in a long-lived seabird. Oikos 119: 500-507; DOI 10.1111/j.1600-0706.2009.16673.
- NEUBAUER, W. (2012): Alterszusammensetzung und altersbestimmte Leistungen von Flussseeschwalben *Sterna hirundo* in einer Brutkolonie in Mecklenburg. Ber. Vogelwarte Hiddensee 21: 21-32. – NEWTON, I. (1989): Lifetime reproductive success in birds. London, Academic Press. – NISBET, I.C.T., APANIUS, V. & M.S. FRIAR (2002): Breeding performance of very old Common Terns. J. Field Ornithol. 73: 117-240. – NISBET, I.C.T., WINCHELL, J.M. & A.E. HEISE (1984): Influence of age on the breeding biology of Common Terns. Col. Waterbirds 7: 117-126.
- PEARSON, J., NISBET, I.C.T. & A. OTTINGER (2005): Age-related differences in nest defense in Common Terns: Relationship to other life-history parameters. Age 27: 297-305. – PRINZINGER R. & J. DÖPPELER (2009): Programmed Ageing: Altersgene und ihre Funktion. Franz Steiner Verlag Stuttgart. Gleichzeitig Sitzungsberichte der Wissenschaftlichen Gesellschaft an der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, BD. XLVI 4: 135-225. – PRINZINGER R. & A. MISOVIC (2010): Age-correlation of blood values in the Rock Pigeon (*Columba livia*). Comp. Biochem. Physiol. 156: 351-356.
- REBKE, M., COULSON, T., BECKER, P.H. & W. VAUPEL (2010) Reproductive improvement and senescence in a long-lived bird. Proc. Nat. Ac. Sci. 107: 7841-7846. – RIECHERT, J., CHASTEL, O. & P.H. BECKER (2012) Why do experienced birds reproduce better? Possible endocrine mechanisms in a long-lived seabird, the common tern. Gen. Comp. Endocrinol. 178:391-399. – RIECHERT, J., BECKER, P. H. & O. CHASTEL (2014): Regulation of breeding behaviour: Do energy demanding periods induce a change in prolactin or corticosterone baseline levels in the common tern (*Sterna hirundo*)? Physiol. Biochem. Zool. 87: 420-432.
- WENDELN, H. & P.H. BECKER (1996): Body mass change in breeding Common Terns (*Sterna hirundo*). Bird Study 43: 85-95.
- ZHANG, H., VEDDER, O., BECKER, P.H. & S. BOUWHUIS (2015) Age-dependent trait variation: the relative contribution of within-individual change, selective appearance and disappearance in a long-lived seabird. J. Anim. Ecol. 84: 797-807.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ökologie der Vögel. Verhalten Konstitution Umwelt](#)

Jahr/Year: 2013/2014 (2017)

Band/Volume: [35-36](#)

Autor(en)/Author(s): Becker Peter Hermann, Bauch Christina, Riechert Juliane

Artikel/Article: [Altersabhängige Veränderungen im Blut adulter Flusseeeschwalben: Hormone, Blutparameter und Telomerlänge 163-176](#)