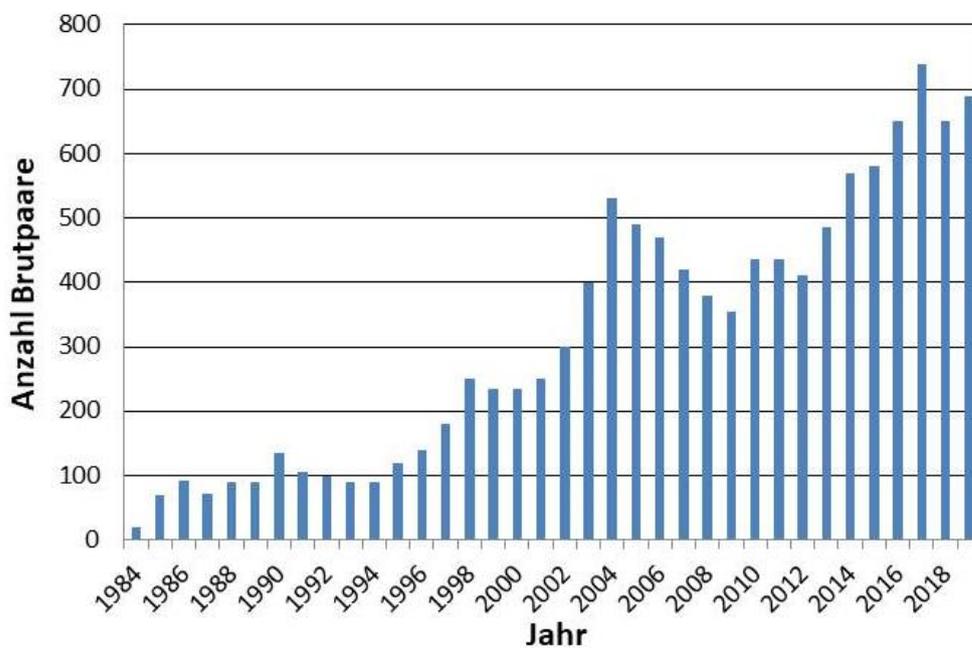


Sauer/Becker, Seeschwalbensommer

ISBN: 978-3-440-17072-4

Ergänzende Grafiken zur Veranschaulichung wissenschaftlicher Zusammenhänge

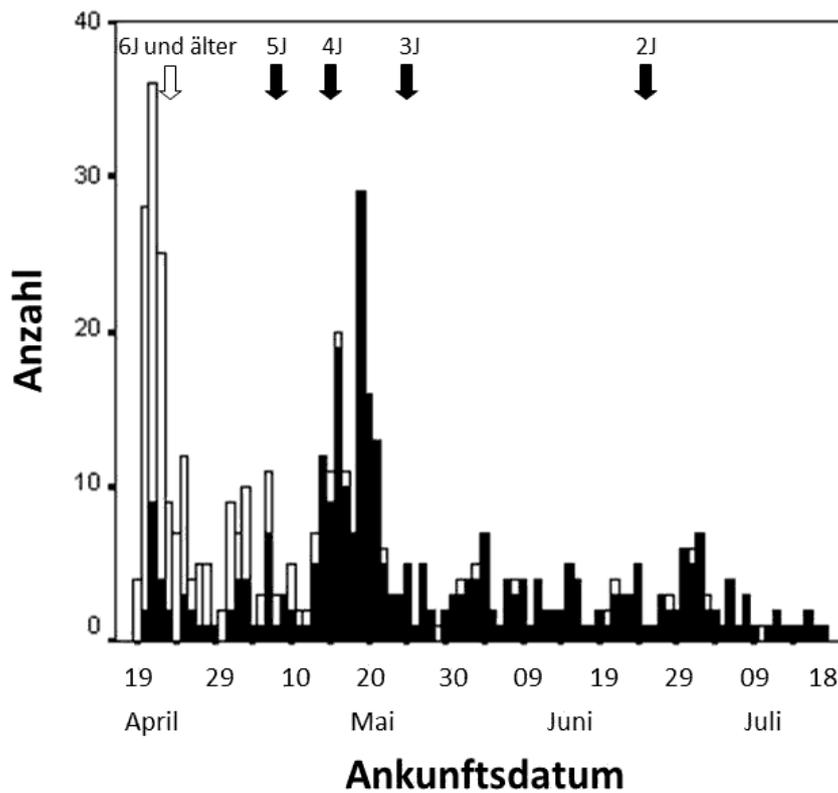
Totale Überwachung S. 13-37



Grafik 1: Bestandsentwicklung am Banter See.

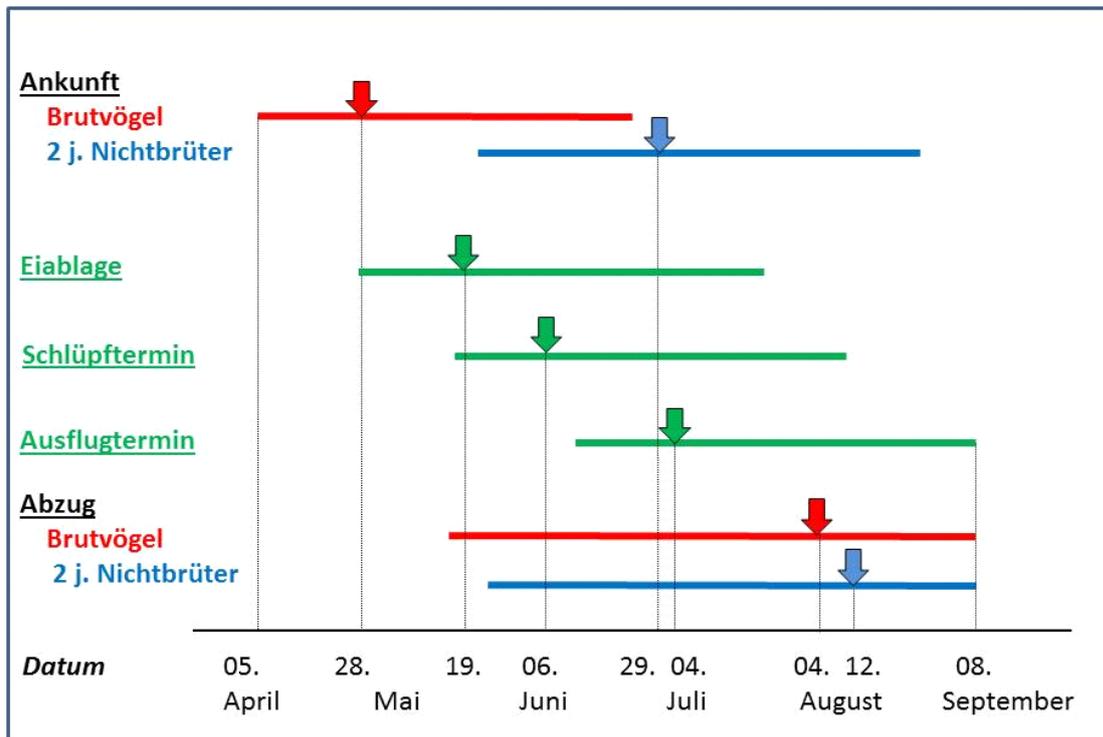
Zahl der Brutpaare in der Flusseeeschwalben-Kolonie am Banter See in Wilhelmshaven von 1984 bis 2019. Zunächst waren Zunahmen vor allem durch die Einwanderung zumeist junger Vögel aus anderen Kolonien bedingt. Nach der Installation von Schutzvorrichtungen gegen Wanderratten im Jahr 1994 stieg der Bruterfolg der Flusseeeschwalben und zeitverzögert der Bestand. Nach Becker (2015a), ergänzt 2016-2019 durch S. Bouwhuis (mdl).

Der Staat S. 39-57



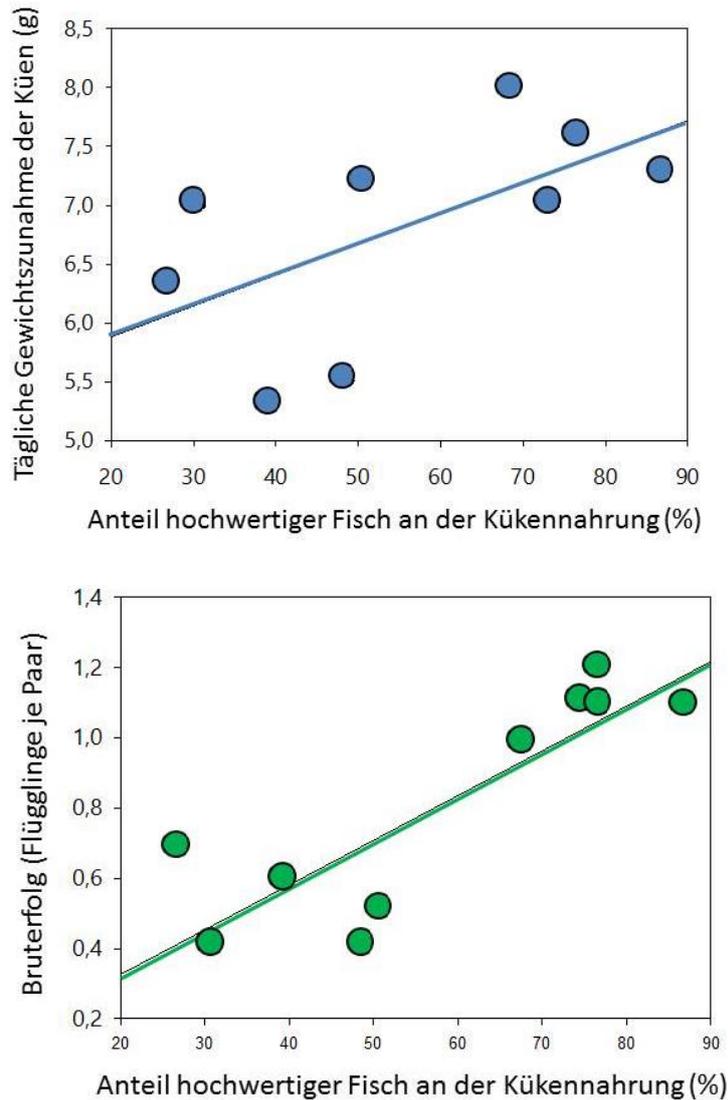
Grafik 2: Zahl der täglich neu eintreffenden Flusseeschwalben, abhängig vom Alter.

Als Beispiel dient die Brutsaison 2001. Flusseeschwalben kommen in Wellen am Koloniestandort an – ältere zuerst, jüngere später. Zwei Altersgruppen sind getrennt dargestellt: Vögel im Alter von mindestens 6 Jahren als weiße Säulen, im Alter von 2 bis 5 Jahren als schwarze Säulen. Die Pfeile oben zeigen den jeweiligen Alters-Mittelwert des Ankunftsstermins. So waren die meisten Sechsjährigen/Älteren schon am 21. April da. Demgegenüber verspäteten sich die Dreijährigen im Mittel um 32 Tage. Die letzten Zweijährigen kamen sogar noch bis zum 29. Juli an, als viele Brutvögel den Standort mit ihren Jungen schon lange verlassen hatten. 2001 wurden die Ankunftsstermine von 482 Individuen registriert.



Grafik 3: Zeitlicher Ablauf einer typischen Brutsaison am Beispiel 2014.

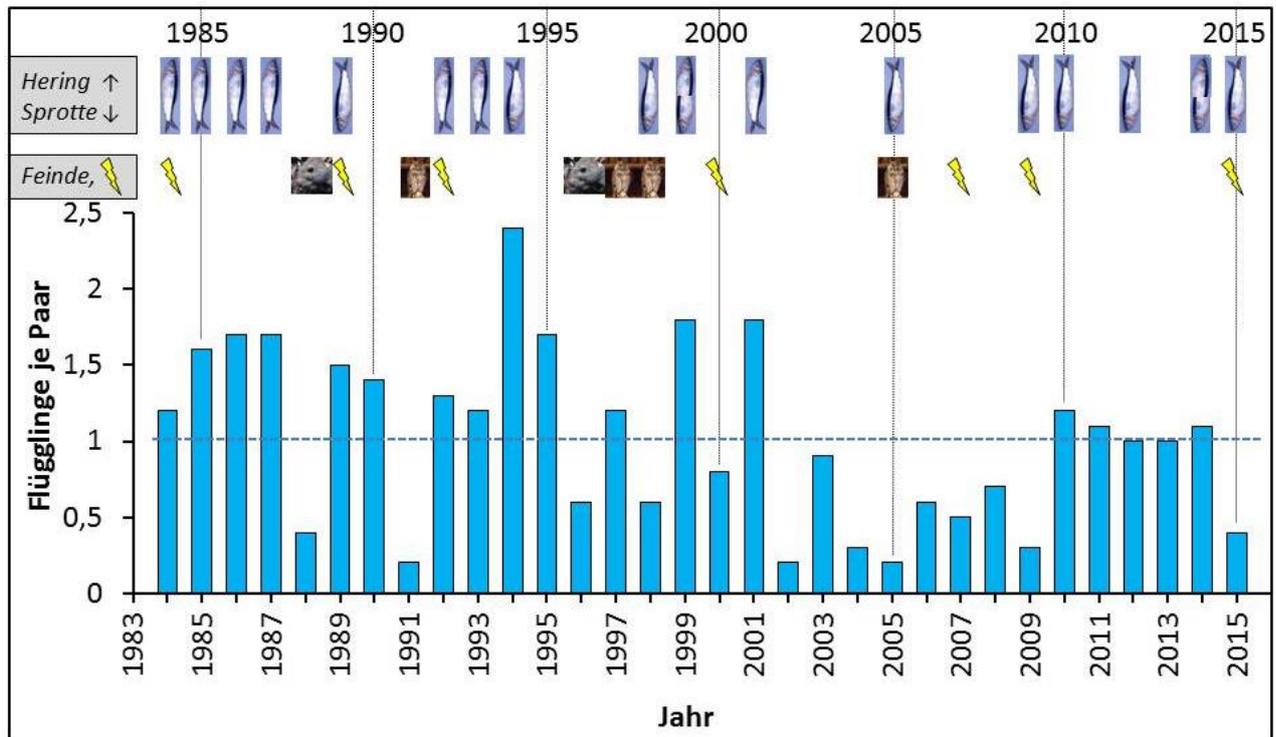
In jeder Brutsaison laufen überlappend verschiedene Phasen ab: Ankunft, Eiablage, Schlüpfen und Flüggewerden der Küken sowie Abreise. Die Linien in der Grafik zeigen die Zeitspannen, in denen die jeweiligen Ereignisse 2014 stattfanden. Die Pfeile kennzeichnen die Durchschnittswerte. So war beispielsweise am 28. Mai die Hälfte der erfahrenen Brutvögel eingetroffen; die Hälfte der unerfahrenen zweijährigen Nichtbrüter hingegen erst am 29. Juni. Von Ende Mai bis Ende Juli gab es Eier und geschlüpfte Küken; flügge Junge gab es ab Ende Juni. Insgesamt dauerte die Saison 156 Tage: von der Ankunft der ersten Vögel am 5. April bis zur Abreise der letzten Individuen am 8. September.



Grafik 4: Nahrungsangebot und Bruterfolg am Banter See.

Die **obere Grafik** zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil der hochwertigen Nahrungsfische Hering, Sprotte und Stint an der Nahrung der Küken und deren Gewichtsentwicklung im Lebensalter von 3 bis 13 Tagen.

Die **untere Grafik** zeigt den Zusammenhang zwischen dem Anteil der hochwertigen Nahrungsfische an der Nahrung der Küken und dem Bruterfolg der Flusseeeschwalben. Die Punkte geben den jeweiligen Wert des entsprechenden Jahres an, die durchgezogene Gerade den Mittelwert. Erfasst ist der Zeitraum 2006 bis 2015. Nach Dänhardt et al. (2018).

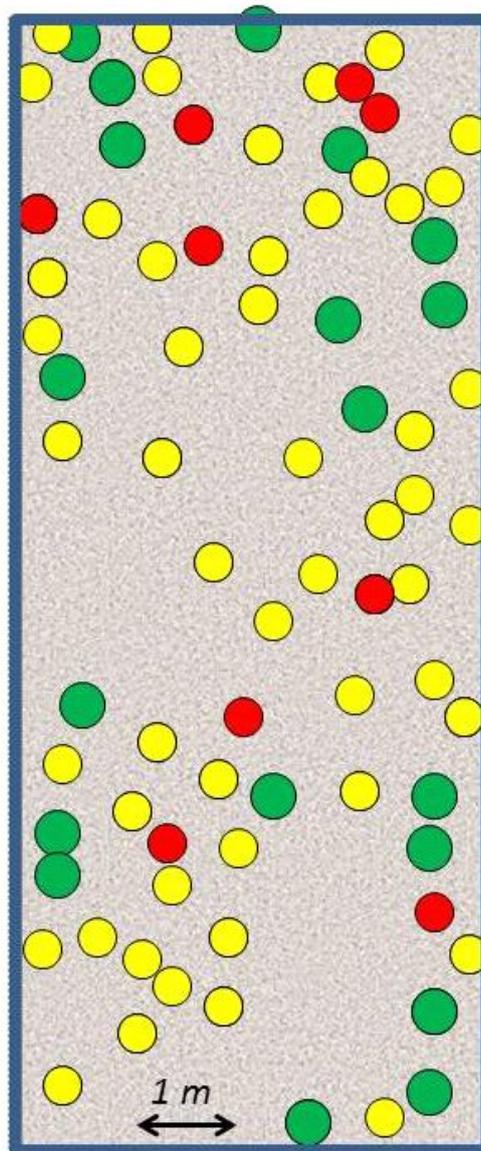


Grafik 5: Bruterfolg der Flusseeeschwalben am Banter See.

Der Bruterfolg ist angegeben als durchschnittliche Anzahl der flüggen Küken je Elternpaar und Jahr. Er schwankt stark, abhängig vom Nahrungsangebot sowie teilweise von extremen Wetterereignissen (Symbol Blitz) und Feinden wie Eulen und Wanderratten (Symbole entsprechend). Schutzvorrichtungen helfen seit 1994, das Eindringen von Ratten zu verhindern.

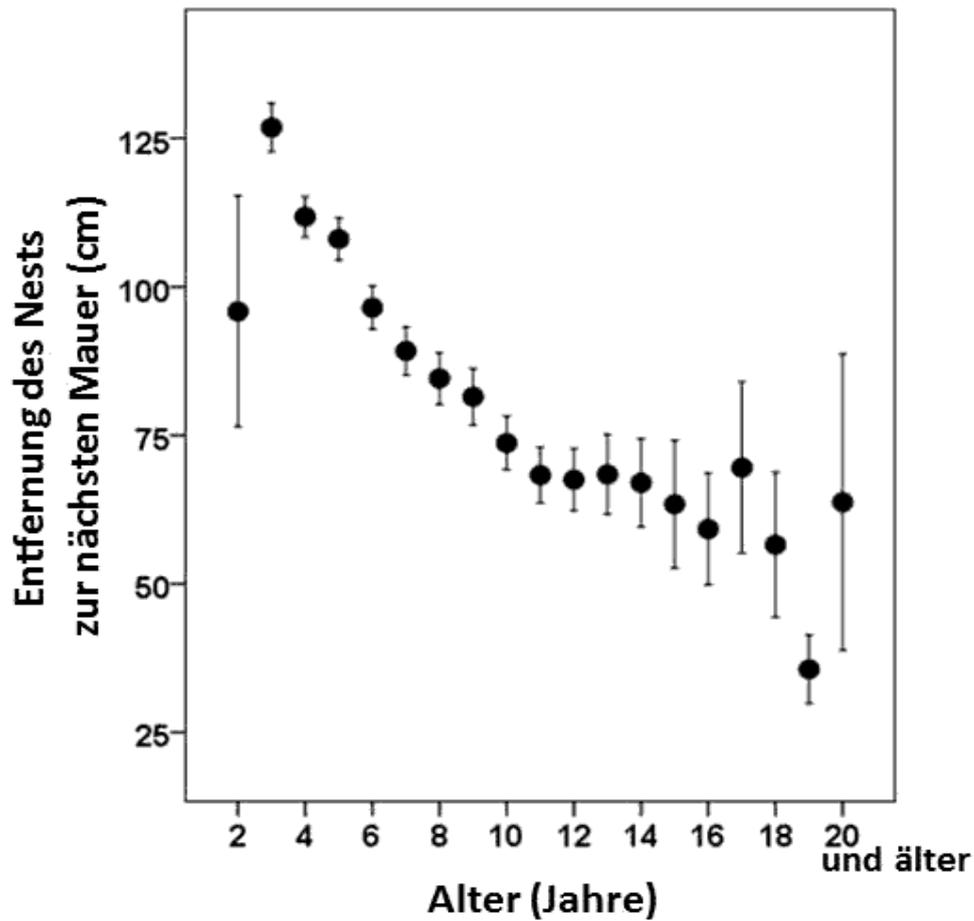
Für die hochwertigen Nahrungsfische Hering (Kopf nach oben) und Sprotte (Kopf nach unten) sind die Jahre mit besonders hohem Vorkommen in der Nordsee nach Informationen von Fischereibiologen angegeben.

Die Auswirkungen des Nahrungsangebots zeigen sich in jüngerer Zeit besonders deutlich. Auf acht magere Jahre (2002 - 2009) mit wenig Fischvorkommen und geringem Bruterfolg folgen fünf fette (2010 bis 2014) mit guten Bruterfolgen. Zeitverzögert beeinflussen solche Entwicklungen die Gesamtgröße der Kolonie (s. Grafik 1). Ergänzt nach Dänhardt & Becker (2011), Becker (2015a).



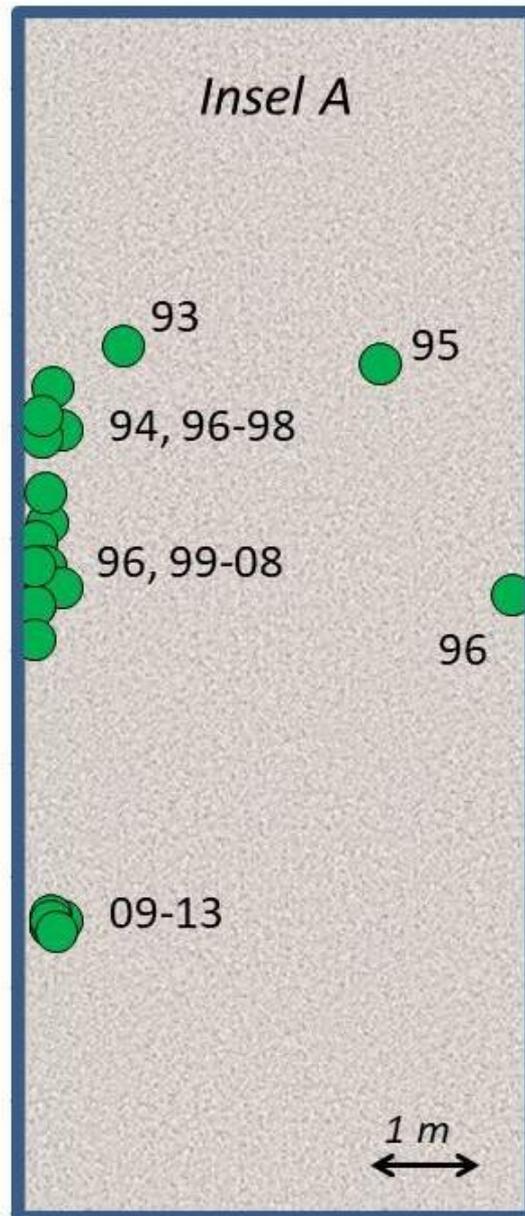
Grafik 6a: Neststandorte der Flusseeeschwalben auf Brutinsel F im Jahr 2015.

Vögel, die früh ankommen und mit der Brut beginnen (grüne Punkte, Eiablage vom 28.4. bis 5.5.), haben noch besonders viel Auswahl und bevorzugen die Randbereiche nahe der schützenden Mauer. Vögel mit einem mittleren Brutbeginn (gelbe Punkte, Eiablage vom 6.5. bis 30.5.) und vor allem die mit einem späten Brutbeginn (rote Punkte, Eiablage ab 31.5., meistens unerfahrene Erstbrüter) tun sich vergleichsweise schwerer, solche Plätze zu erobern.



Grafik 6b: Neststandorte der Flusseeschwalben am Banter See im Lauf des Lebens.

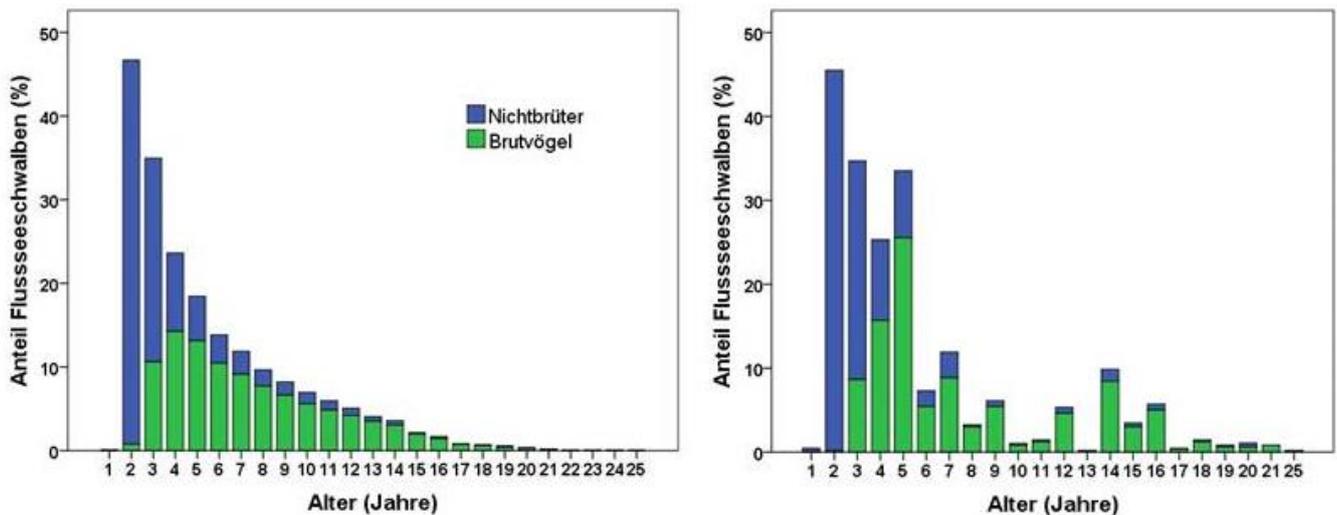
Aufgetragen ist der mittlere Abstand der Nester männlicher Tiere von der nächstgelegenen Mauer in Abhängigkeit vom Alter. Demnach rücken die Vögel im Laufe des Lebens immer näher in an die Mauer heran und damit an den Rand der Kolonie. Die Punkte zeigen Mittelwerte, die Linien die jeweilige Schwankung der Messungen (Standardabweichung). Einbezogen sind insgesamt 2448 Angaben zu Neststandorten von 1996 bis 2013. Nach Becker (2015b).



Grafik 7: Neststandorte von Lotti.

Sie ist eine der „großen alten Damen“ der Brutkolonie. Die Lage ihrer Nester wurde seit 1993 genau erfasst, zuletzt 2013. Lotti war sehr standorttreu und baute ihre Nester seit 1992 stets auf der vordersten Brutinsel A, meist sehr nah an der östlichen Mauer. Im Jahr 1996 hatte sie insgesamt drei Gelege an drei verschiedenen Standorten, aus denen jeweils nichts wurde.

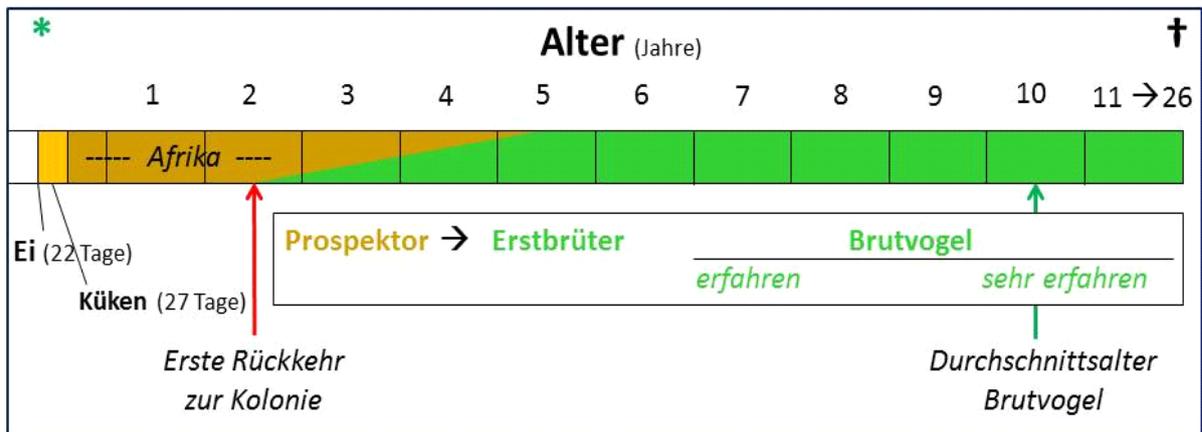
Ein langes Leben S. 59-73



Grafik 8: Alterszusammensetzung der Flusseeeschwalben-Kolonie am Banter See.

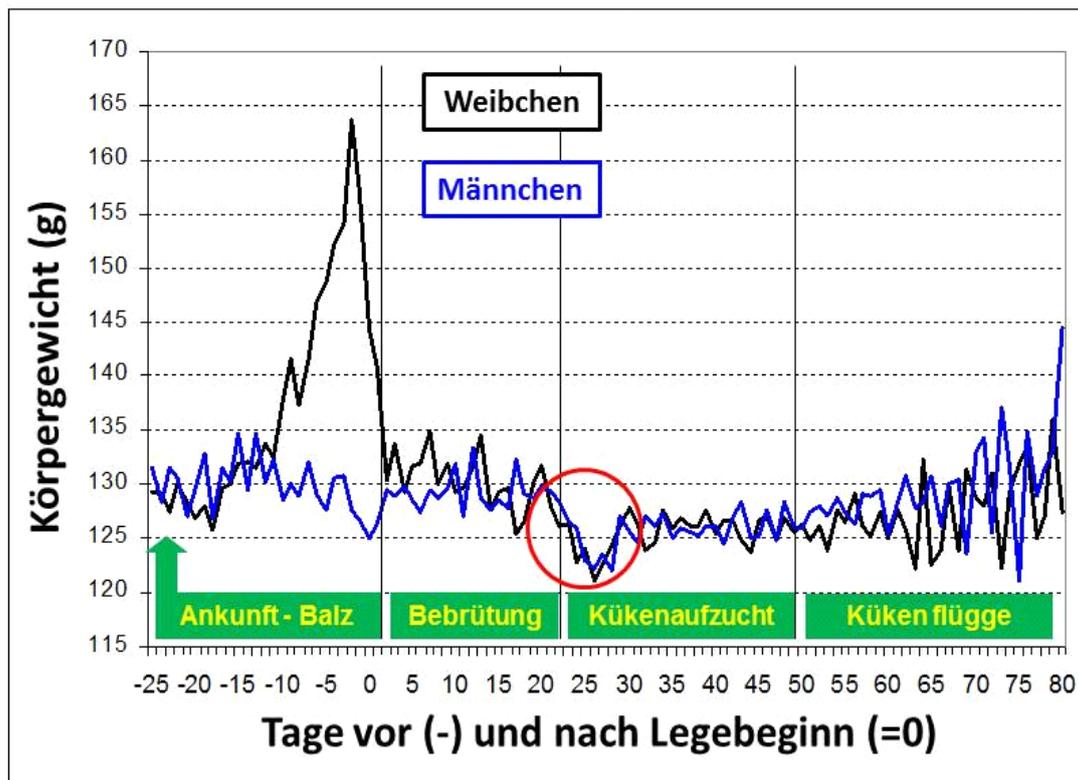
Links: Prozentsatz der Brutvögel (grün) und Nichtbrüter (blau) verschiedenen Alters über alle Jahre. Mit spätestens fünf Jahren haben die meisten Individuen erstmals gebrütet. Nur ein geringer Prozentsatz aller Tiere erreicht ein Alter von 15 Jahren oder mehr. Einbezogen in die Berechnungen sind insgesamt 10 065 Fälle aus dem Zeitraum 1992 bis 2015.

Rechts: Alterszusammensetzung im Jahr 2015. Zwischen den Jahren können enorme Schwankungen in der Alterszusammensetzung auftreten, u.a. abhängig von den Bruterfolgen der zurückliegenden Saisons. So ist im Jahr 2015 die Altersgruppe der 2- bis 5-jährigen stark vertreten, da im Zeitraum 2010 bis 2013 sehr viele Küken flügge wurden (s. Grafik 5) und nun entsprechend viele als junge Erwachsene in die Heimat zurückkehrten. Auch die Anteile der 14- und 16-jährigen Flusseeeschwalben sind vergleichsweise hoch – späte Folge der erfolgreichen Brutsaisons 1999 und 2001. Lücken zeigen sich bei den 10-, 11- und 13-jährigen, denn in den jeweiligen Geburtsjahren wurden kaum Küken flügge.



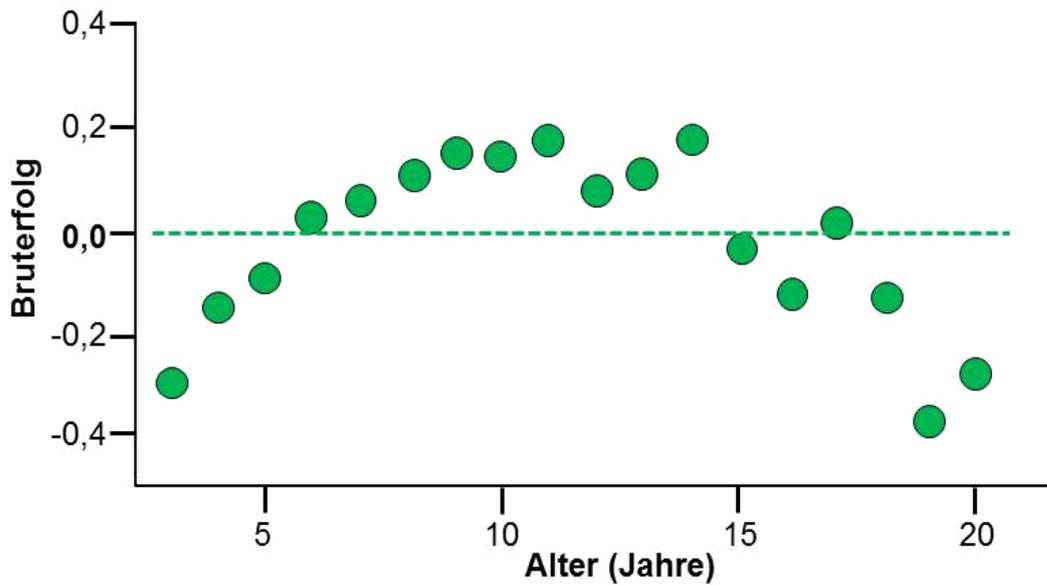
Grafik 9: Lebenslauf der Flusseechwalbe, unterteilt in typische Phasen.

Etwa 22 Tage lang werden die Eier bebrütet. 27 Tage brauchen die Küken bis zum Flüggewerden. Kurz darauf ziehen sie nach Afrika und kommen meist mit zwei Jahren erstmals in die Brutkolonie zurück. Dort schauen sie sich als sog. Prospektoren das Brutgeschäft zunächst bei anderen Artgenossen nur an, ohne selbst zu brüten. Mit zumeist 4 bis 5 Jahren brüten sie dann als sog. Rekruten erstmals selbst. Im Laufe der folgenden Jahre werden sie immer erfahrener. Das Durchschnittsalter der Brutvögel am Banter See beträgt zehn Jahre. Einige Tiere werden deutlich älter. Der Rekord liegt inzwischen bei 27 Jahren.



Grafik 10: Gewichtsverlauf von Flusseeeschwalben-Paaren während der Brutsaison.

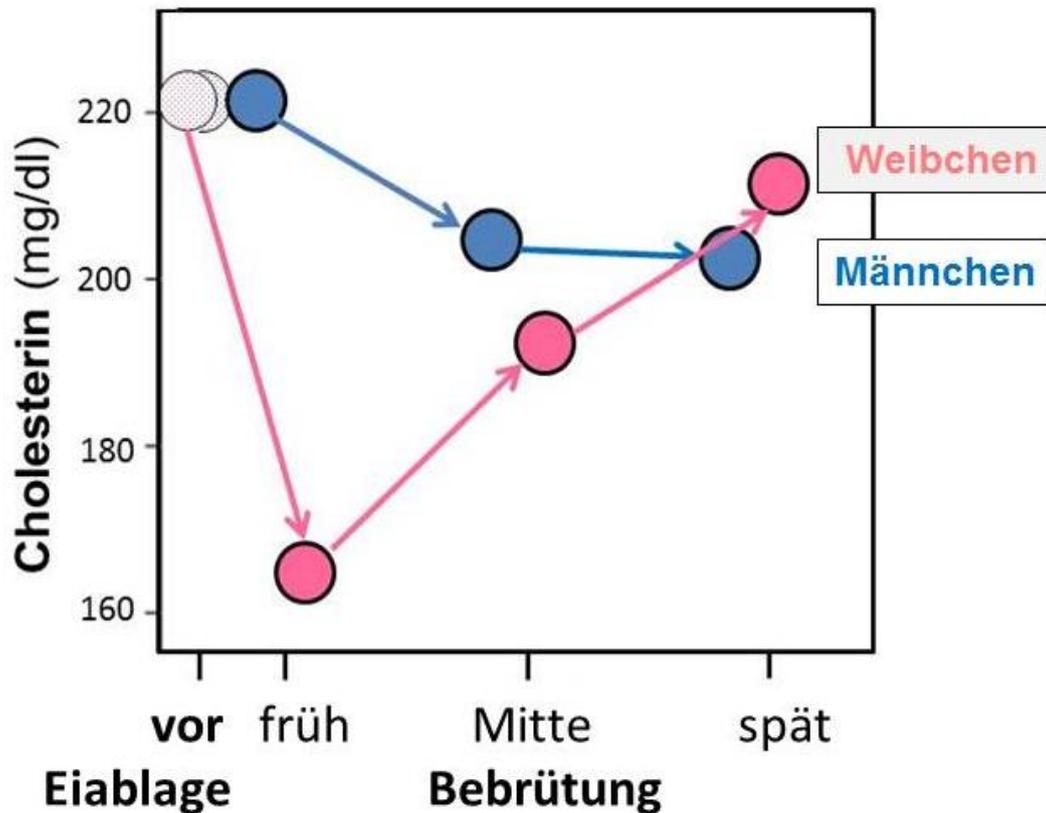
Die Daten wurden im Jahr 2002 durch automatische Wägungen am Banter See gewonnen – insgesamt 4723 Gewichtsmessungen von 116 Weibchen und 125 Männchen. Demnach nehmen die Männchen in den letzten zehn Tagen der Balz leicht ab, während die Weibchen im Zuge der Eibildung stark zunehmen. Mit der Ablage erreichen die Weibchen recht schnell wieder ihr Normalgewicht. Während der Bebrütung bleiben die Gewichte beider Partner konstant, um in den Tagen nach dem Schlüpfen der Küken die niedrigsten Werte der ganzen Saison zu erreichen. Denn Männchen wie Weibchen müssen in dieser Phase hungern. Die Väter gehen vornehmlich für die Küken auf Nahrungssuche, während die Mütter am Nest ausharren, um den Nachwuchs zu wärmen und zu beschützen. Nach Wendeln & Becker (1996), Limmer & Becker (2007).



Grafik 11: Bruterfolg von Flusseeschwalben im Laufe ihres Lebens.

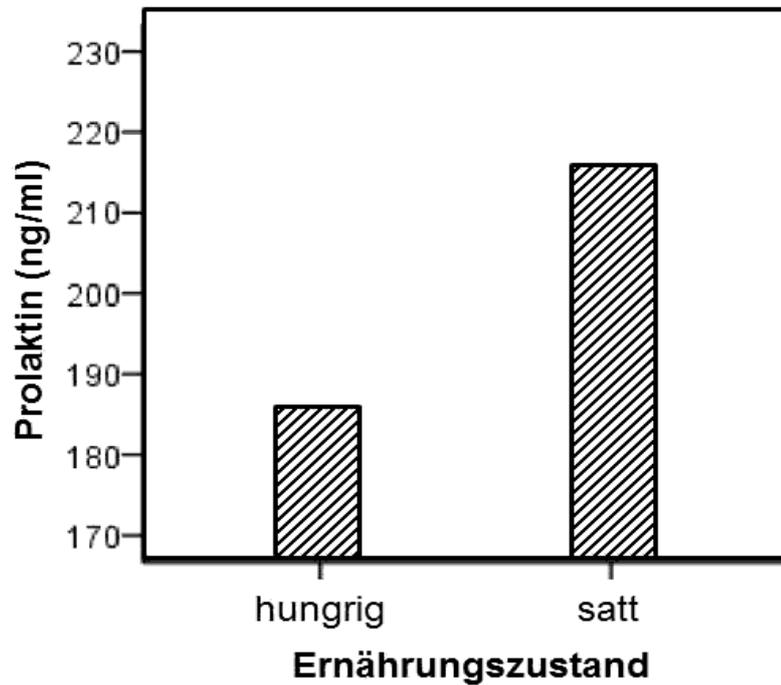
Die gestrichelte Null-Linie zeigt den durchschnittlichen Bruterfolg am Banter See (entsprechend einem flüggen Küken pro Elternpaar und Jahr). Diesen Wert erreichen die meisten Vögel mit sechs Jahren. Bis zu einem Alter von 14 Jahren steigt ihr individueller Bruterfolg weiter, um sich dann allmählich zu verringern. Doch selbst Greise können noch Küken zum Ausfliegen bringen. Dass die Kurve zuletzt fast schon zweiteilig aussieht, liegt an starken Schwankungen der Daten, weil todesbedingt immer weniger Tiere in die Auswertung einfließen. Nach Rebke et al. (2010), Zhang et al. (2015a).

Die Kinder S. 109-135



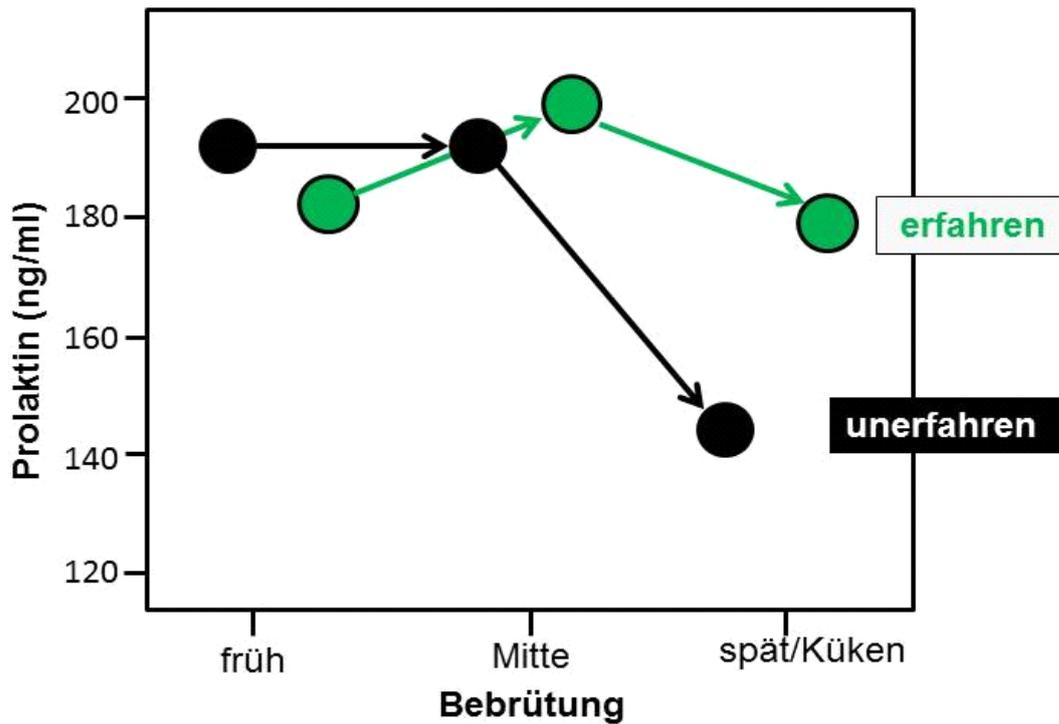
Grafik 12: Schwankungen des Blutfetts Cholesterin von Flusseeeschwalben im Zuge der Eiablage und Bebrütung des Geleges.

Dargestellt sind die Werte bei Männchen (blau) und Weibchen (pink) (jeweils 13 Individuen; späte Bebrütung: 9 Männchen, 10 Weibchen; die Werte vor der Eiablage sind geschätzt). Hohe Cholesterinwerte sind bei Vögeln ein Zeichen guter Kondition und erforderlich, um die energiezehrende Brutsaison zu überstehen. Während die Werte bei den Männchen kaum schwanken, verlieren die Weibchen durch die Eiablage sehr viel Cholesterin, das mit anderen Blutfetten in den Eidotter abgegeben wird. Dadurch sind sie zwischenzeitlich geschwächt, können die Verluste aber im Laufe der Bebrütung wieder ausgleichen. Dies gelingt jedoch vor allem den erfahrenen Weibchen, während junge Tiere sich nicht oder zu spät von den Cholesterinverlusten erholen, mit der Folge, dass sie die Brutsaison nicht erfolgreich bewältigen. Die Grafik zeigt jeweils Mittelwerte von mehreren Tieren. Nach Bauch et al. (2010).



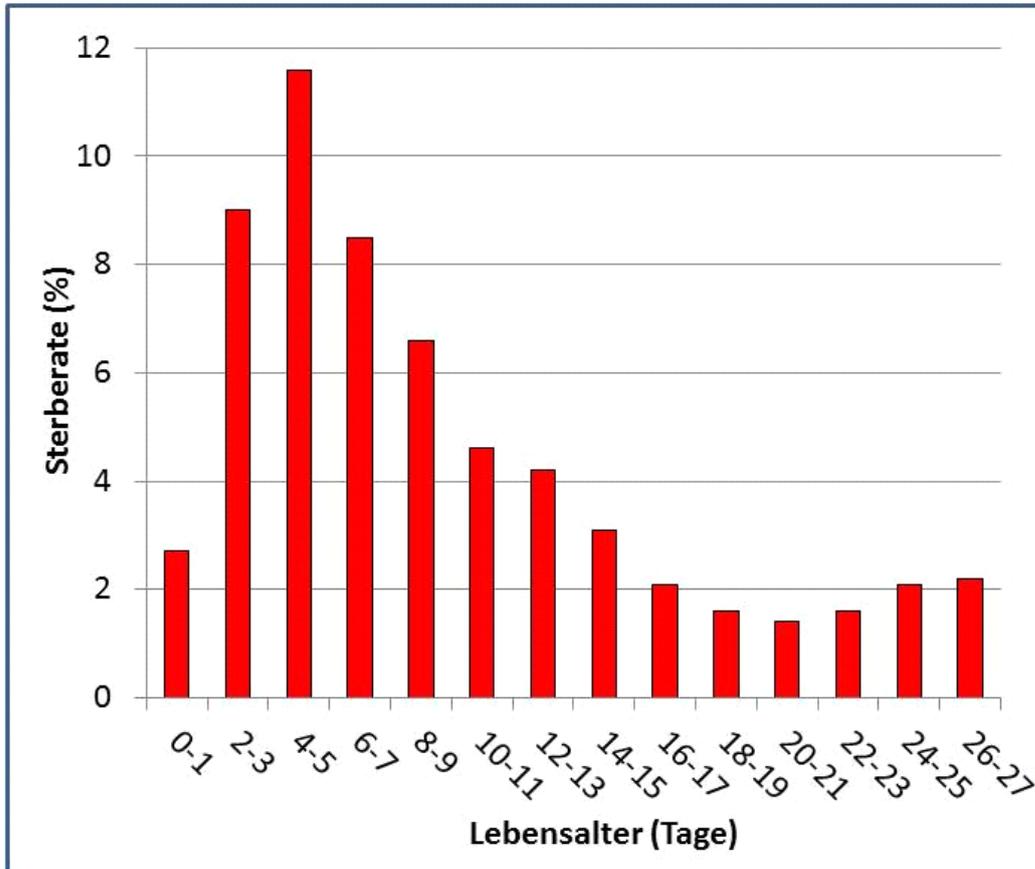
Grafik 13a: Prolaktin im Blut brütender Flusseeschwalben in Abhängigkeit vom Ernährungszustand.

Wenn Flusseeschwalben gesättigt von der Nahrungssuche zum Nest zurückkehren, sind ihre Prolaktinwerte im Vergleich zum hungrigen Zustand vor der Nahrungssuche angestiegen. Hohe Prolaktinwerte fördern die Bereitschaft zum Brüten. Niedrige Prolaktinwerte hungriger Vögel, beispielsweise nach mehrstündigem Brüten, mindern hingegen den Bruttrieb und geben stattdessen den Impuls zur Nahrungssuche. Eingeflossen sind Messungen anhand von Blutproben von 48 Flusseeschwalben. Nach Riechert et al. (2014).



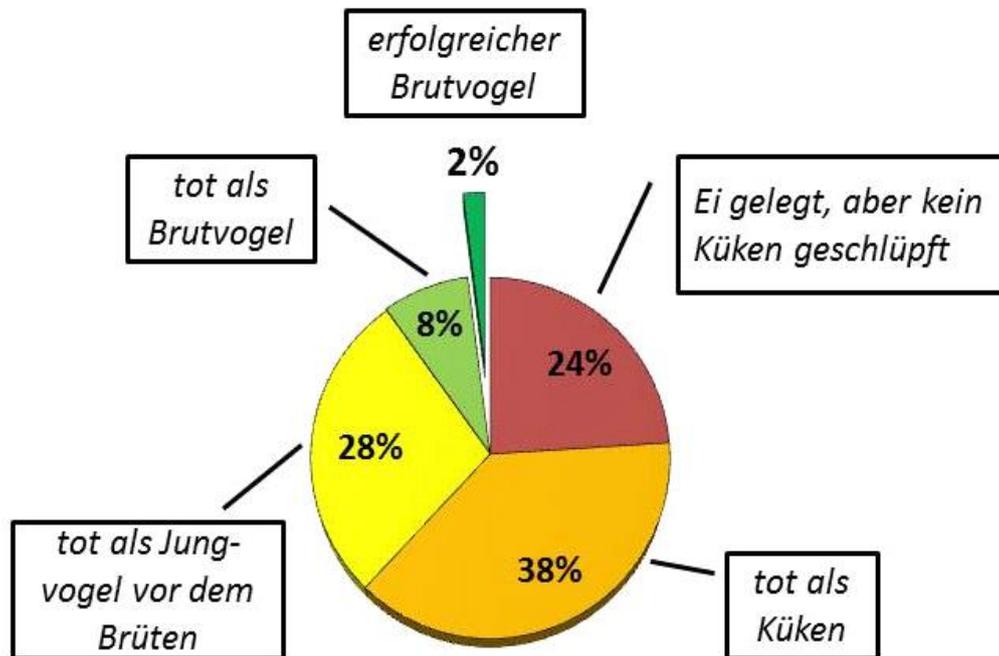
Grafik 13b: Schwankungen der Blutwerte des Hormons Prolaktin im Lauf der Brutzeit.

Die Werte bleiben bei erfahrenen Flusseeeschwalben-Eltern nahezu gleich (grüne Punkte). Hingegen nehmen sie bei unerfahrenen Tieren stark ab (schwarze Punkte), wenn in der späten Brutphase der Nachwuchs schlüpft. Offenbar hängt das damit zusammen, dass sie die Strapazen im Zuge der Nahrungsversorgung noch nicht so gut bewältigen. Dadurch sinkt die Bereitschaft, die Küken zu betreuen. Das wiederum gefährdet das Überleben der Jungvögel. Als „erfahren“ galten bei der Untersuchung Paare mit mehr als sechs Brutversuchen in der Vergangenheit, als „unerfahren“ solche mit maximal drei Brutversuchen. In jeder Brutphase erfolgten Messungen bei jeweils 46 bis 59 Paaren. Nach Riechert et al. (2014).



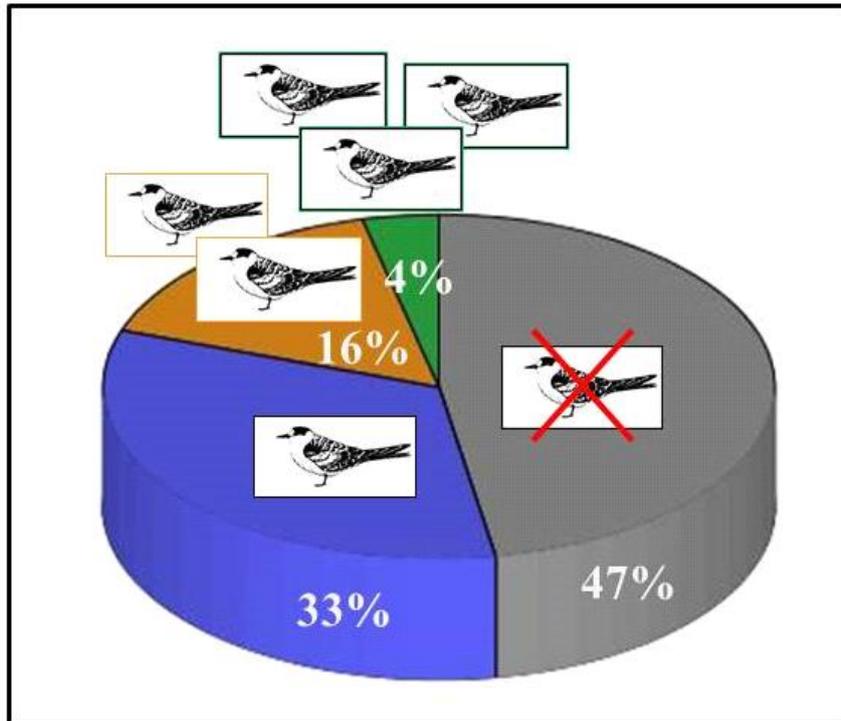
Grafik 14: Sterbezeitpunkte von Flusseeschwalben-Küken.

Die Sterblichkeit ist im Alter von zwei bis sieben Tagen am höchsten. Frisch geschlüpfte Küken kommen seltener ums Leben, da sie noch von ihren Dottervorräten aus dem Ei zehren. Bereits über 18 Tage alte Küken haben gute Chancen, flügge zu werden. Mit den ersten Flugversuchen, ungefähr ab einem Alter von drei Wochen nimmt die Sterblichkeit durch einen gesteigerten Nahrungsbedarf und neue Gefahren nochmals leicht zu. In die Auswertung flossen Angaben zu 10425 geschlüpften Küken aus den Jahren 2006 bis 2015 ein.



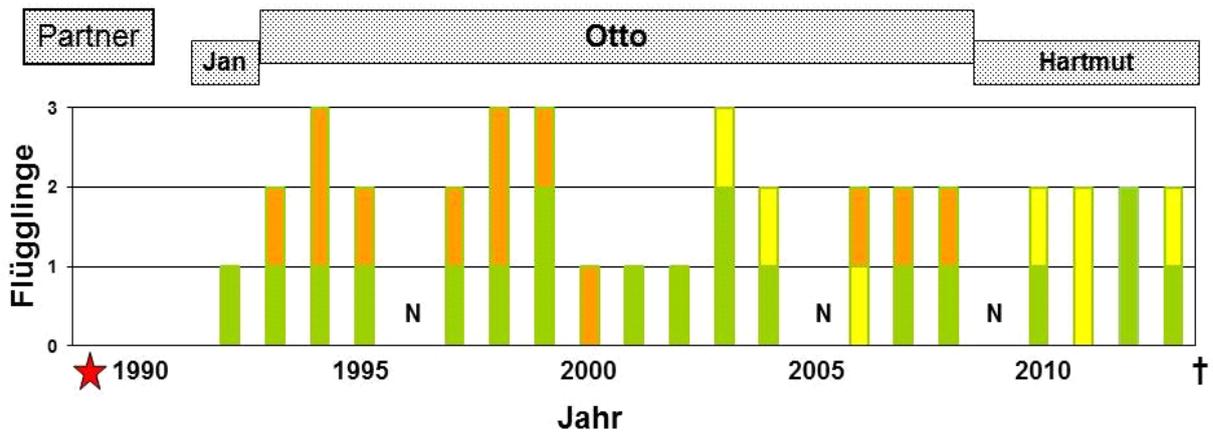
Grafik 15: Schicksal von Flusseeeschwalben in den verschiedenen Lebensstadien (Eibasis).

Knapp zwei Drittel der Verluste entfallen bereits auf die Ei- und Kükenphase. Nur aus 10 Prozent aller Eier gehen Brutvögel hervor – und sogar bloß aus 2 Prozent aller Eier wird einmal ein "erfolgreicher Brutvogel". Ein solcher zieht so viele Küken groß, dass er sich selbst im Laufe seines Lebens in der Kolonie ersetzt. Es muss also mindestens einer seiner Flügglinge seinerseits zum Brutvogel werden.



Grafik 16: Schicksal von Gelegen am Banter See.

Die Grafik fasst Daten zu 3133 Gelegen aus den Jahren 1992 bis 2015 zusammen. Bei 47 Prozent dieser Gelege mit durchschnittlich drei Eiern wurde kein einziges Küken flügge – nur bei 4 Prozent alle drei. Das zeigt die großen Unterschiede zwischen Brutpaaren und wie unterschiedlich die elterlichen Fähigkeiten sind.



Grafik 17: Bruterfolg und Schicksal der Flüglinge von Lotti.

Lotti wurde 1989 am Banter See geboren und brütete von 1992 bis 2013 stets auf Insel A (s. Grafik 7). Im Lauf ihres langen Lebens hatte sie drei Partner: zunächst Jan, ein Jahr später Otto, 2009 dann Hartmut. Lottis jährliche Bruterfolge sind als Säulen dargestellt – und blieben in einigen Jahren aus, trotz Ersatzgelegen (N). Insgesamt wurden 38 von Lottis Küken flügge. Bis 2015 kehrten 19 aus dem afrikanischen Winterquartier in die Kolonie zurück (orange, gelb). 12 wurden ihrerseits zu Brutvögeln (orange). Hinsichtlich des Lebensbruterfolgs wie auch der Zahl fortpflanzungsfähiger Nachkommen ist Lotti die erfolgreichste unter den bislang untersuchten Flusseeeschwalben der Banter-See-Kolonie. 2015 hatte Lotti bereits 95 Enkel und 60 Urenkel. Ergänzt nach Becker (2015a).

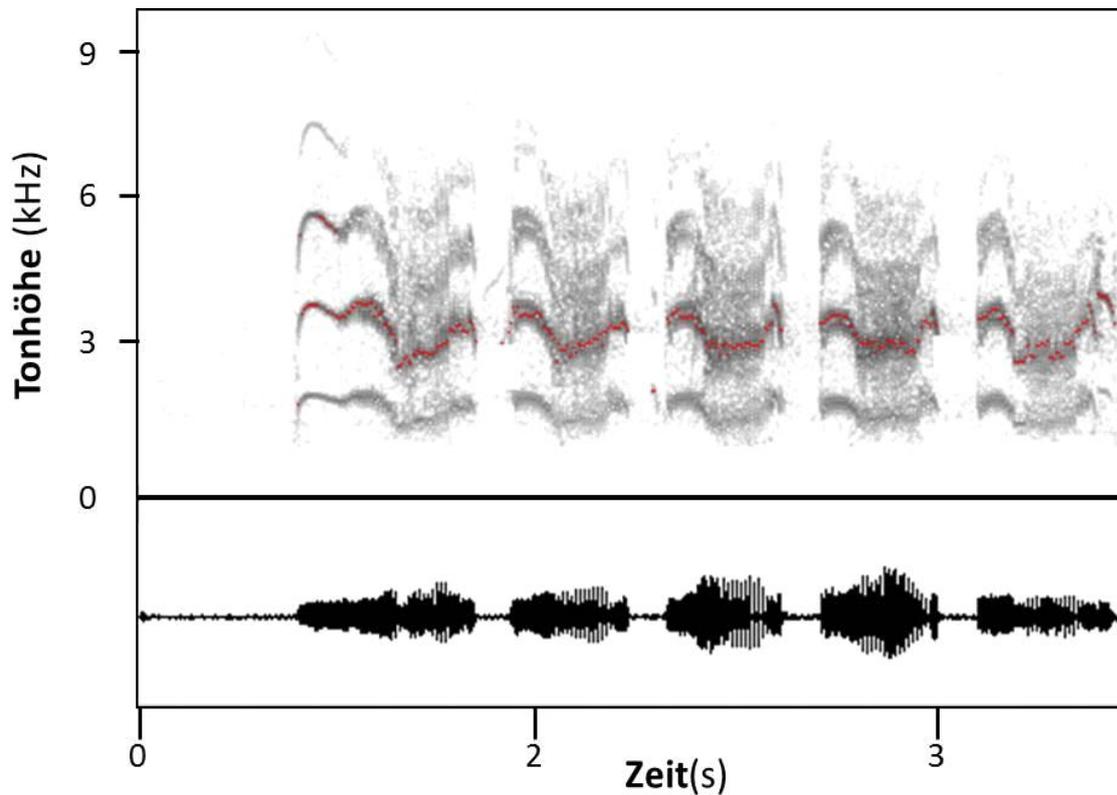
Zu Grafik 17:

Tabelle zum Schicksal der Familie von Lotti als Urmutter einer großen Familie und Nachkommenschaft. Die Partner und Anzahl der Nachkommen (kleine Zahl fett, jeweils hinter dem Namen) bis 2015 sind aufgeführt – Kinder, Enkel, Urenkel und Ururenkel, über fünf Generationen. Die Nachkommen sind namentlich genannt, sofern sie zur Heimatkolonie am Banter See zurückkehrten und selbst dort brüteten (nur die letzten beiden Stellen der Brutjahre 1996-2015 sind kursiv angezeigt). Drei der Ururenkel von Lotti sind in Klammer gesetzt, da sie zwar schon als Prospektor am Banter See registriert waren, aber bis 2015 noch nicht gebrütet hatten.

Lottis (1989-2013) Familie und Nachkommen

<i>Jahr</i>	<i>Partner</i>	<i>Kinder</i>	<i>Enkel</i>	<i>Urenkel</i>	<i>Ururenkel</i>
1992	Jan 1				
1993	Otto 29	Lotta 96-03, 10	Veron 03-11, 14	Novella 13-15, 3	
				Colifa 09-15, 9	(Fairy)
					(Polio)
				Andi 11, 1	
				Cooper 11-15, 3	
			Melissa 02, 0		
			Helge 08, 0		
			Ajax 04-15, 16	Nanouk 14-15, 1	
				Hamlet 11-15, 5	(Ubke)
			Finn 08, 0		
1994		Eli 97-08, 9	Robert 12-15, 2		
1994		Emma 97-06, 9	Bogdan 04-15, 15		
			Claas 04-07, 0		
1995		Ciara 98-01, 7			
1997		Ada 07, 1			
1998		Brutus 01-12, 13	Svensson 12, 0		
			Isaak 15, 0		
1998		Ruth 01-15, 15			
1999		Barnabas 02-09, 9			
2000		Ayla 03-15, 16	Ibrahim 07-15, 16	Pepper 15, 1	
2006		Adalbert 10-11, 1			
2007		Lesley 10-12, 0			
2008		Kain 12-15, 3			
2010-13	Hartmut 8				

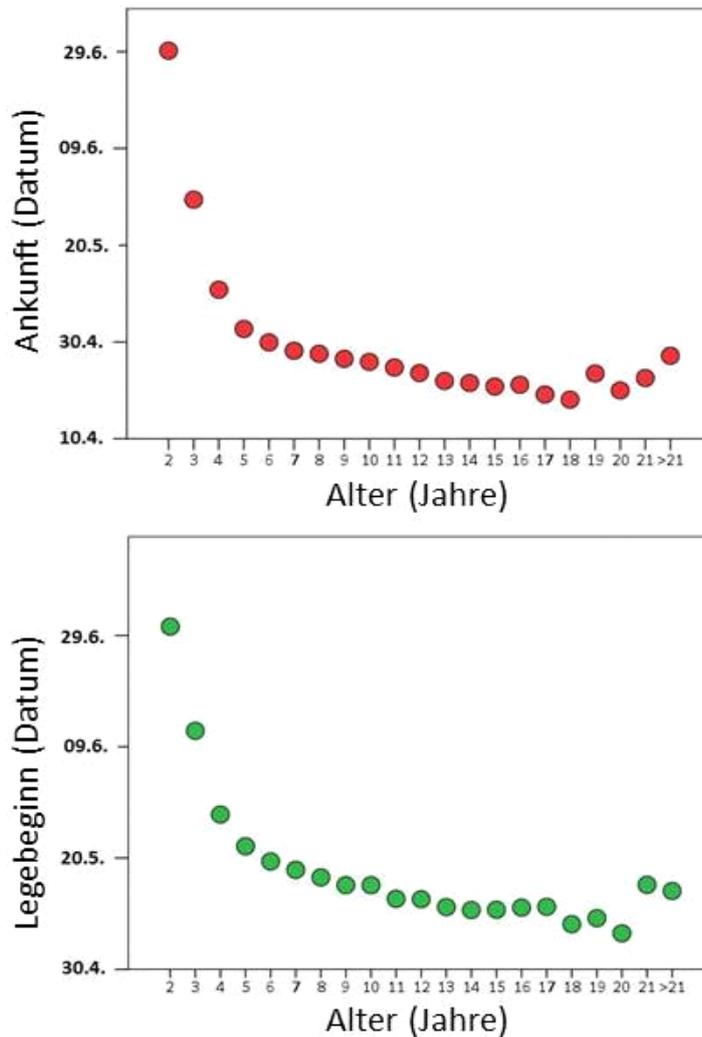
Gesprächsstoff S. 137-149



Grafik 18: Folge von fünf Fischrufen der Flusseeeschwalbe, grafisch veranschaulicht.

Lesen lässt sich das Ganze von links nach rechts als Zeitverlauf in Sekunden. Der obere Teil der Abbildung zeigt die Vogelrufe als sogenanntes Sonagramm mit Tonhöhen. Der untere Teil veranschaulicht als Oszillogramm die Lautstärken: Je weiter sich der Ausschlag nach oben und unten von der Grundlinie wegbewegt, desto höher die Lautstärke. Der Fischruf ist individuell sehr unterschiedlich und vor allem von den Männchen zu hören, wenn sie den Weibchen und Küken Nahrung bringen. Tonaufnahme und Grafik nach M. Dragonetti (2005) www.birdsongs.it/songs/sterna_hirundo/spectro2.html in www.birdsongs.it. Wir danken M. Dragonetti für die Überlassung.

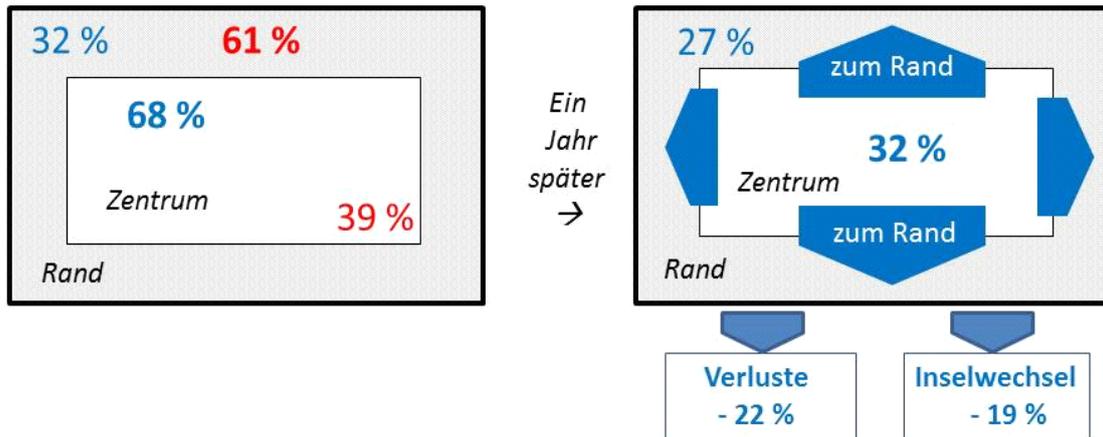
Gedankenspiele S. 151-169



Grafik 19: Ankunft und Legebeginn in Abhängigkeit vom Alter.

Die **obere Grafik** zeigt, dass sich das Ankunftsdatum der Flusseeeschwalben am Banter See mit zunehmendem Alter verfrüht. Besonders groß sind die Unterschiede am Lebensanfang. Die zweijährigen, besonders unerfahrenen Vögel kommen etwa einen Monat später an als die Dreijährigen, die ihrerseits gegenüber den Vierjährigen um etwa drei Wochen verspätet sind. Erst in einem sehr hohen Alter ab 19 Jahren lassen sich die Flusseeeschwalben wieder vermehrt Zeit für die Rückreise aus Afrika. Einbezogen sind 9396 Messungen von 1993 - 2015.

Die **untere Grafik** verdeutlicht, dass sich – ähnlich wie das Ankunftsdatum – auch der Legebeginn der Weibchen mit zunehmendem Alter verfrüht. Erst in sehr hohem Alter verzögert er sich wieder etwas. Einbezogen sind 5907 Messungen von 1993 – 2015. Nach Ezard et al. (2007), Zhang et al. (2015a).

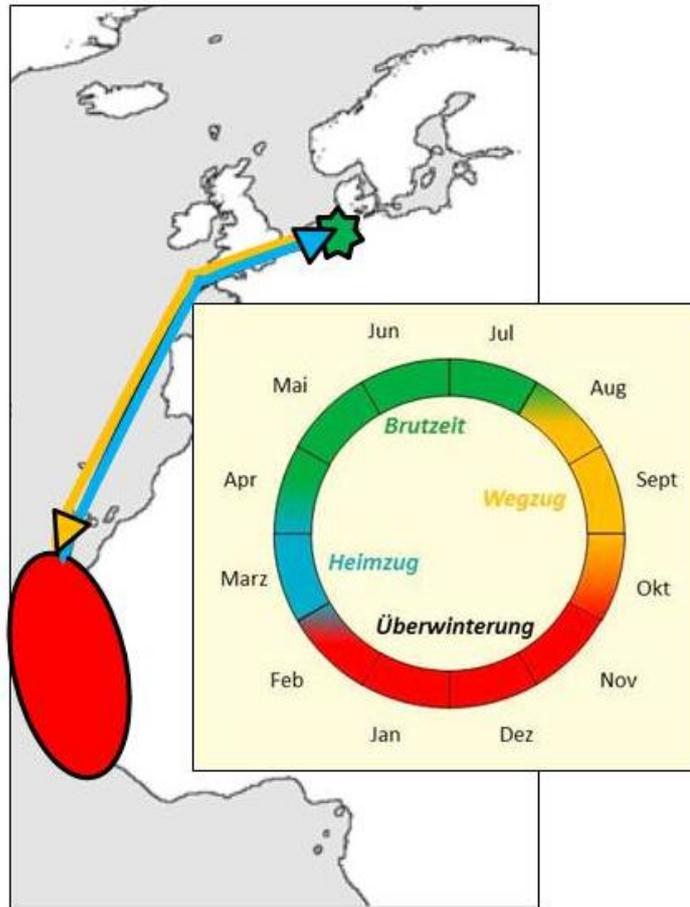


Grafik 20: Besiedlung einer Brutinsel durch erfahrene Brutvögel und unerfahrene Erstbrüter.

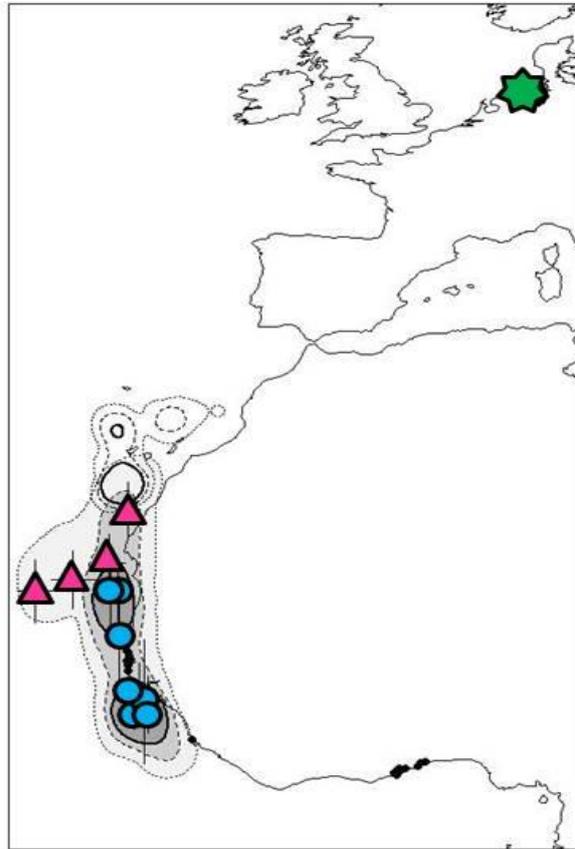
Im Gegensatz zum Zentrum einer durchschnittlichen Insel am Banter See ist der Randbereich dicht besiedelt mit erfahrenen Brutvögeln (Grafik links, Prozentzahlen in rot). Bei den unerfahrenen Erstbrütern (Prozentzahlen in blau) verhält es sich genau umgekehrt – die wenigsten ergattern am Rand einen Platz (vgl. Grafik 6a).

Die **rechte Grafik** zeigt wichtige Veränderungen im Folgejahr. Manche der vorjährigen Erstbrüter haben einen Platz am Rand erobert, manche die Brutinsel gewechselt – meist weiter weg vom gefährlichen Seeufer. Andere brüten nicht oder sind aus der Kolonie verschwunden. Als Summe dieser Entwicklungen verringert sich die Dichte der Tiere im Zentrum, das auf diese Weise wieder Platz für neue unerfahrene Erstbrüter bietet. Eingeflossen sind Daten zu 2045 erfahrenen männlichen Brutvögeln und 801 unerfahrenen Erstbrütern. Nach Becker (2015b).

Die Auszeit S. 185-207

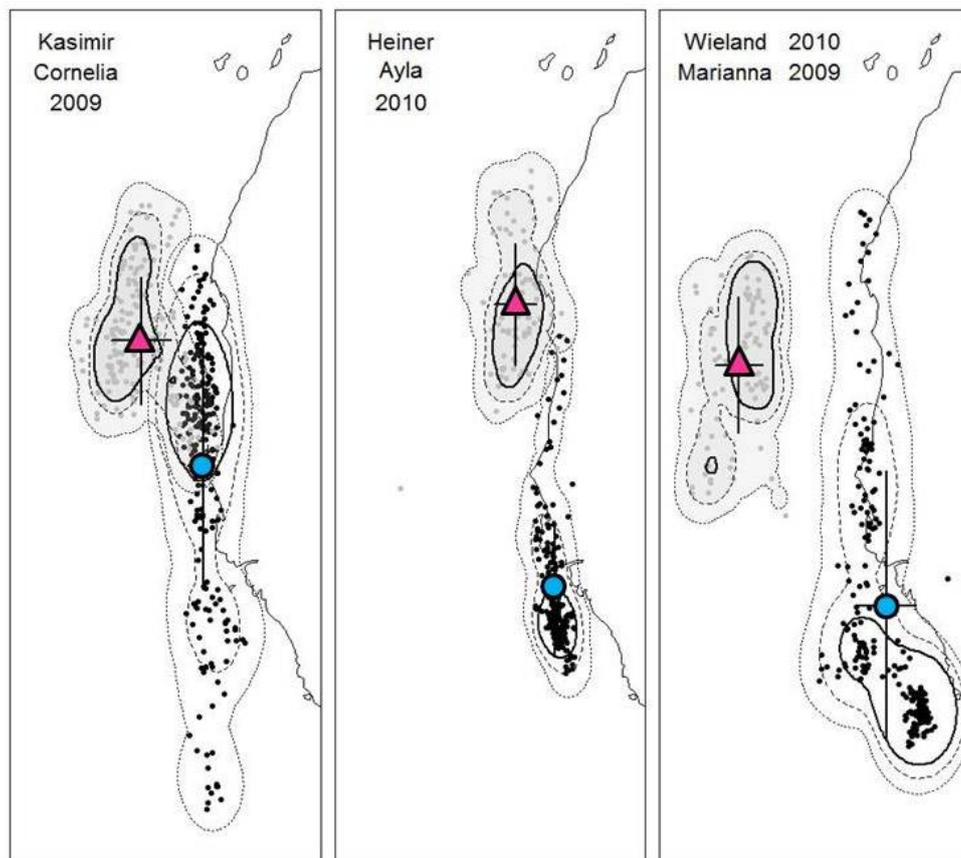
**Grafik 21: Jahreszyklus und Jahreslebensraum der Flusseeeschwalben vom Banter See.**

Die Vögel verschieben ihren Lebensraum geographisch mit der Saison: Zur Brut suchen sie für etwa vier Monate von April bis August das Brutgebiet auf (grüner Stern). Danach geht es auf dem Wegzug (gelb) entlang den Küsten in Richtung Afrikanische Westküste, die sie etwa sechs Wochen später erreichen, um dort zu überwintern. Im Februar treten sie den Heimzug (blau) an, und ab Mitte April treffen sie wieder im Brutgebiet ein. Auf dem Zug unterwegs sind sie weniger als ein Drittel des Jahres. Nur die Jungvögel verhalten sich anders: Wenn die älteren Artgenossen den Heimzug antreten, bleiben sie in Afrika, wo sie auch den folgenden Sommer verbringen und dabei viel weiter bis zu den Küsten Südwestafrikas umherstreifen. Erst im folgenden Frühjahr treten sie mit zwei Jahren erstmalig den Heimzug an, erreichen das Brutgebiet aber erst viel später als die Altvögel. Nach Becker et al. (2016), Becker (2010), Bairlein et al. (2014), Dittmann & Becker (2003).



Grafik 22a: Überwinterungs- und Zwischenrastgebiete (Kanarische Inseln) von 12 Flusseeschwalben.

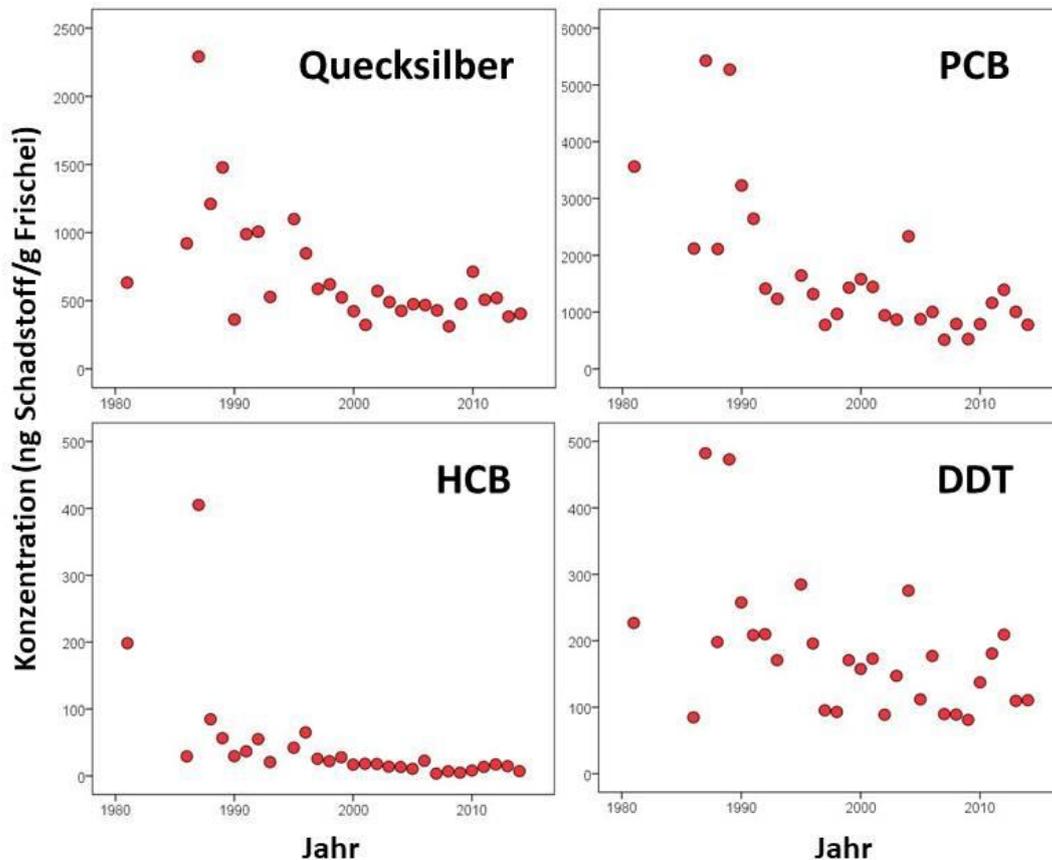
Diese waren von 2009-2011 mit Geolokatoren ausgestattet. Mittlere Standorte der Männchen sind als blaue Punkte, der Weibchen als lila Dreiecke angezeigt. Brutkolonie Banter See: grüner Stern. Gebiete, die 95% der Peilungen enthalten, sind gepunktet und weiß dargestellt (75%: gestrichelt, hellgrau; 45 %: durchgezogene Linie, dunkelgrau). Die kleinen schwarzen Punkte an der Küste zeigen Ringfunde von Altvögeln an, die in Nordwestdeutschland beringt worden waren. Nach Becker et al. (2016), Bairlein et al. (2014).



Grafik 22b: Westafrikanische Überwinterungsgebiete der Partner von drei Paaren.

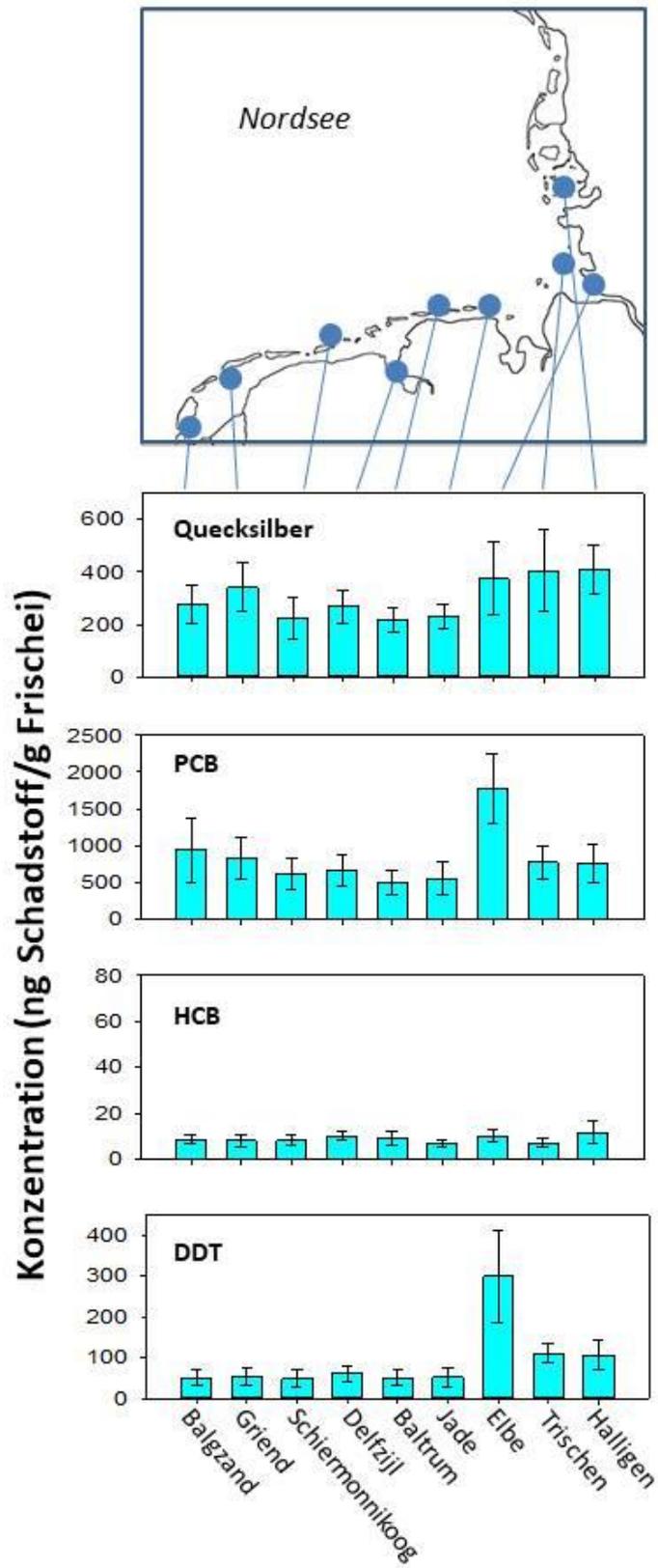
Die Lokalisationen der Individuen werden mit kleinen Punkten dargestellt (Männchen schwarz, Weibchen grau), die Mittelwerte durch farbige Symbole (Männchen blaue Punkte, Weibchen lila Dreiecke). Die Paarpartner halten sich im Winter in verschiedenen Meeresgebieten an der westafrikanischen Küste auf und treffen sich nicht. Außerdem wird klar, dass die Weibchen engere und weiter seewärts gelegene Überwinterungsgebiete nutzen als ihre Partner, deren Aufenthalte sich dagegen über größere Breiten (von Nord nach Süd) verteilen. Nach Becker et al. (2016).

Unter Menschen S. 209-223



Grafik 23: Flusseeschwalben als Bioindikatoren für die Belastung des Wattenmeeres mit Umweltchemikalien – Langzeittrends.

Dargestellt sind über den Zeitraum von 1981 bis 2014 die Konzentrationen von Quecksilber, PCB (polychlorierte Biphenyle), HCB (Hexachlorbenzol) und DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan) mit seinen Abbauprodukten DDE (Dichlordiphenyldichlorethan) und DDD (Dichlordiphenyldichlorethan) in Flusseeschwalbeneiern, gesammelt auf der Insel Trischen im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Die Punkte zeigen Mittelwerte von jeweils 10 pro Jahr untersuchten Eiern. In den 1980er Jahren hatten hohe Gehalte an PCB noch den Schlüpfertag verringert. Von den 1990er Jahren an nahmen die Konzentrationen aller Schadstoffe ab, als nach der Wiedervereinigung durch die Stilllegung von Industrien oder die Ergreifung von Umweltschutzmaßnahmen die Einträge von Umweltgiften in die Elbe zurückgingen. Nach Becker et al. (1993), (2001), Becker & Dittmann (2009), Mattig (2017).



Grafik 24: Flusseeeschwalben als Bioindikatoren für die Belastung des Wattenmeeres mit Umweltchemikalien – geografische Unterschiede.

Dargestellt sind die Konzentrationen von Quecksilber, PCB, HCB, DDT und Metaboliten (siehe Grafik 23) in Flusseeeschwalbeneiern entlang der Wattenmeerküste im Jahr 2014. Die Säulen zeigen Mittelwerte von jeweils 10 pro Gebiet untersuchten Eiern.

Während HCB überall an der Küste in ähnlicher Konzentration vorkam, wiesen die anderen Substanzen starke geografische Unterschiede auf, die auf ihren Eintragsweg in das Wattenmeer hinweisen. Die hohen Eikonzentrationen von PCB, DDT und Quecksilber an der Elbe zeigen die Bedeutung dieses Stromes als wesentliche Eintragsquelle vieler Umweltchemikalien in die Nordsee an. Die leicht erhöhten Werte von Quecksilber und PCB im westlichen Wattenmeer deuten auf Einträge niederländischen Ursprungs hin. Die Strömungen an der südlichen Nordseeküste verlaufen von West nach Nordost. Sie sorgen dafür, dass sich die Chemikalien im Wasser wie auch in Lebewesen mit zunehmender Entfernung vom Ort des Eintrags verdünnen. Nach Becker et al. (2001), Becker & Dittmann (2009), Mattig (2017).