

Flusseeschwalben (*Sterna hirundo* L.) und Stinte (*Osmerus eperlanus* L.) in der Elbmündung - Die einzigartige Bestandsentwicklung und Nahrungsökologie der größten deutschen Flusseeschwalbenkolonie

Veit Hennig, Ronja Heining, Lea-Carina Mendel & Eleonora Tilse

HENNIG, V., R. HEINING, L.-C. MENDEL & E. TILSE. 2016. Flusseeschwalben (*Sterna hirundo* L.) und Stinte (*Osmerus eperlanus* L.) in der Elbmündung – Die einzigartige Bestandsentwicklung und Nahrungsökologie der größten deutschen Flusseeschwalbenkolonie. Corax 23: 87-113.

Die Flusseeschwalbenkolonie (*Sterna hirundo*) in den Salzwiesen des Neufelderkoog-Vorlands (Dithmarschen, Schleswig-Holstein) ist mit maximal 2.532 Brutpaaren (2005) die derzeit größte Flusseeschwalbenkolonie in Mitteleuropa. Mit einer jährlichen Schwankungsbreite von bis zu 580 Brutpaaren ist der Bestand zwischen 2005 und 2015 auf hohem Niveau stabil geblieben, während der gesamte sonstige Populationstrend im Wattenmeer negativ ist.

Diese Brutkolonie ist jedoch nicht nur in ihrer Größe einzigartig, auch das Verhalten der Flusseeschwalben kann mit keinem anderen Standort verglichen werden. Der Brutbestand der sich sonst eher langsam ausbreitenden Art zeigte allein 2005 einen Anstieg von über 1.700 Paaren gegenüber dem Vorjahr. Die Nahrung bestand 2015 zu 98,2 % aus diesjährigen und vorjährigen Stinten (*Osmerus eperlanus*). Sie wurden im Nahbereich der Brutkolonie in einem verschlungenen Prielsystem gejagt, das in die Medemrinne (Seitenarm im Elbe-Ästuar) entwässert. Neben der Erholung der Stintpopulation der Elbe nach einem Bestandstief in den 1970er/1980er Jahren bieten intensiv beweidete, kurzrasige Vorländer, die teilweise mehr als einen Meter über dem mittleren Hochwasser liegen, die offensichtlich einzigartig günstigen Bedingungen als Koloniestandort.

Die bis Ende August reichlich vorhandenen Beutefische (Stinte), in auch einer dem Kükenschnabel gerechten Größe, ließen das Phänomen zu, dass in mehreren Jahren noch Mitte bis Ende August Flusseeschwalbenküken flügge werden konnten. Dies ist nicht nur von keiner anderen Flusseeschwalbenkolonie, sondern auch keiner anderen Küstenvogelart bekannt. Es ist eine einzigartige Möglichkeit, Brutverluste über Ersatzbruten teilweise auszugleichen. Prädation von Küken und Altvögeln durch Raubsäuger (Fuchs, Mink und Hermelin) und einzelne hohe Spitzentiden mit Teilüberflutungen der Brutkolonie verringerten in den letzten Jahren den Bruterfolg erheblich.

Rückstandsanalysen von Flusseeschwalbeneiern der Neufelder Kolonie wiesen noch 2015 die höchsten Werte für einzelne Umweltgifte (HCB, Hg und DDT) aller untersuchten Standorte im Nordseebereich auf. Die Belastungen müssen analog zum einzigen Nahrungsorganismus - dem Stint - aus der Elbe stammen.

Veit Hennig, Zoologisches Institut, Biozentrum Grindel, Universität Hamburg, Martin-Luther-King Platz 3, D-20146 Hamburg, E-Mail: veit.hennig@uni-hamburg.de

Ronja Heining, E-Mail: ronja.heining@web.de

Lea-Carina Mendel, E-Mail: lcmendel@yahoo.de

Eleonora Tilse, E-Mail: eletfant@gmail.com

1 Einleitung

Nachdem ihr namensgebender Lebensraum, Flüsse mit vegetationsarmen Ufersäumen, verbaut worden ist, konnte sich die Flusseeschwalbe lange Zeit in ihrem Rückzugsraum, den Salzwiesen und Marschen der Küsten, mit stabilen Beständen halten. Nachdem das Sammeln von Eiern während der Weltkriege (SMIT 1981) und die Wellen von Umweltgiften in den 1960er Jahren überstanden waren (KOEMAN et al. 1968), hat sie nun mit Beeinträchtigungen ihres typischen Küstenhabitats, den vegetationsarmen Flächen knapp über der mittleren

Hochwasserlinie, zu kämpfen. Durch den Klimawandel verursachte erhöhte Tiden überfluten ihre Brutplätze (VAN DE POL et al. 2010), Raubsäuger nehmen zu, prädiere Gelege und Küken (MAUSCHERNING et al. 2014) und folglich sinkt der Bruterfolg überall stark ab (THORUP & KOFFIJBERG 2016). Da die Flusseeschwalbe vergleichsweise alt werden und sich auch im hohen Alter noch erfolgreich fortpflanzen kann, schafft es die Art, einen ausbleibenden Bruterfolg für eine gewisse Zeit zu kompensieren (EZARD et al. 2006). So blieben die Bestände zwar über eine längere Periode stabil (1985-2009), langfristig nahmen sie aber ab (SÜDBECK et al. 1998a; BirdLife

International 2015), da ohne Nachwuchs die Überalterung der Teilpopulationen fortschreitet und die Kompensation des fehlenden Bruterfolgs nicht mehr gelingt (EZARD et al. 2006).

Im Binnenland konnten sich die Bestände der Flusseeeschwalbe durch Maßnahmen im Gewässerschutz, Anpassung von Brutten auf Schwimmblattzonen und Brutflüssen wieder langsam erholen und die dort ansässigen Brutkolonien kompensieren inzwischen die Rückgänge am Zufluchtsort Küste (SUDMANN et al. 2003). Aber auch die Flusseeeschwalbe an der Küste hatte Glück: Am Banter See (Wilhelmshaven) wurde über viele Jahre ihr Privatleben bis ins Detail untersucht und in unzähligen Publikationen aus der Arbeitsgruppe von Peter H. BECKER am Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Wilhelmshaven, beschrieben. Dieses Wissen erlaubt es, die Flusseeeschwalbe in ihrer Ökologie auch an anderen Orten besser verstehen und sie damit besser schützen zu können. Die Untersuchungen am Banter See/WHV haben gezeigt, dass die Art extrem standorttreu ist, sich Rekruten erst nach jahrelangem Prospektieren in der Brutkolonie ansiedeln können und dass sie sich nur langsam durch eher vorsichtiges Erkun-

den ausbreitet (DITTMANN et al. 2005). Aber das scheint nicht das ganze Verhaltensrepertoire der Flusseeeschwalben widerzuspiegeln: So zeigen einzelne Kolonien, anders als am Banter See/WHV, keine stetigen Bestandsentwicklungen, sondern sprunghaft ansteigende oder zurückgehende Bestände – so zu beobachten in der Anfang der 1990er Jahre etablierten Seeschwalbenkolonie im Vorland des Neufelderkoogs im südlichen Dithmarschen, die zu über 90 % aus Flusseeeschwalben besteht. Während die Brutpaarzahlen in den meisten Kolonien im Wattenmeer seit Jahren zurückgehen, hält diese Kolonie den Bestand auf hohem Niveau. Im Jahr 2005 stieg der Brutbestand schlagartig um 1.724 Brutpaare gegenüber dem Vorjahr auf die bisher erreichte Maximalzahl von 2.532 Brutpaaren an (GRÜNKORN 2015). Damit brüteten in dieser Kolonie zeitweise bis zu einem Viertel des deutschen Brutbestands, der auf 9.000 bis 10.500 Brutpaare geschätzt wird (GEDEON et al. 2014, BIRDLIFE INTERNATIONAL 2015). Neben der standardmäßigen Brutbestandserfassung (HÄLTERLEIN et al. 1995) wird seit 2009 auch der Bruterfolg in dieser Kolonie bestimmt (V. HENNIG, unveröff. Daten 2009-2015). Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte seit 2010 in unsystematischen Beobachtungen eine Spezialisierung der



Blick aus dem Flugzeug auf das Gebiet der Seeschwalbenkolonie im Neufelder Vorland, erkennbar als zwei Flächen mit intensiverem Grün, da unbeweidet. Foto: N. KEMPF.

Aerial view on the tern colony area in the saltmarshes of Neufeld. Visible as two areas of more intense green colour, because of non grazing.

brütenden Flusseeeschwalben auf eine fast monotypische Nahrungswahl, die ästuartypische Fischart Stint (*Osmorus eperlanus*), festgestellt werden. In der 2014 begonnenen systematischen Jungfischerfassung im Watt direkt angrenzend an die Brutkolonie ließ sich analog ein eudominantes Vorkommen des Stints in den Fischgemeinschaften der Priele feststellen (GRAUMANN 2015).

Als weiteres Alleinstellungsmerkmal dieses Koloniestandortes ist das einzige verbliebene, in den letzten Jahren regelmäßige Brutvorkommen der Lachseeeschwalbe (*Gelochelidon nilotica*) im nördlichen Mitteleuropa zu nennen (MAUSCHERNING et al. 2011).

Mit diesen Besonderheiten fällt die Flusseeeschwalbenkolonie im Neufelderkoog-Vorland/HEI aus dem Rahmen aller sonstigen Brutkolonien im Schleswig-Holsteinischen und Hamburger Wattenmeer. Um die Zusammenhänge von Jungfischvorkommen in den Prielen des vor der Kolonie gelegenen Wattenbereichs, der Nahrungswahl der Flusseeeschwalben und ihre Reproduktionsphänologie direkt vergleichen zu können, wurden 2015 neben den genannten Standarderfassungen zu Brutbestand und Bruterfolg tiefere Untersuchungen zum zeitlichen Vorkommen von Stinten in dem Prielsystem des Neufelder Watts (HEINING 2015), zur Nahrungswahl der Flusseeeschwalben zur Brutzeit (MENDEL 2016) und ergänzend dazu vergleichende Beobachtungen zur Nahrungswahl auf der Insel Neuwerk auf der gegenüberliegenden Elbseite (TILSE 2016) durchgeführt. Im Folgenden werden diese Untersuchungen zusammengefasst und ausgewertet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse dieser Auswertung tragen dazu bei, die Besonderheiten der Neufelder Flusseeeschwalbenkolonie zu beschreiben und helfen, die innerhalb des Wattenmeeres einzigartigen stabilen Bestandstrends der letzten Jahre zu erklären.

2 Material und Methoden

2.1 Die Untersuchungsgebiete

Die Flusseeeschwalbenkolonie „Neufeld“ liegt im Vorland des Neufelderkoogs im südlichen Dithmarschen (53°53'36"N, 08°58'48"O, Abb. 1 und 2). Die Bruten verteilen sich auf eine Fläche von ca. 1.300 x 300 m, diese Fläche hat sich in den letzten Jahren nach Westen Richtung Kaiser-Wilhelm-Koog/HEI hin ausgeweitet. Der westliche größere Teil der Kolonie liegt im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, der östliche Teil ist Bestandteil des EU-Vogelschutzgebietes „Unterelbe bis Wedel“. Die Koloniefäche ist durch Küstenschutzmaßnahmen mit „Beeten“ und Grabenstrukturen („Gruppen“) regelmäßig gegliedert. Die „Beete“ haben

jeweils eine Fläche von ca. 10 x 100 m, ihre lange Kante orientiert sich senkrecht zum Deichverlauf. Die höchste Dichte erreichen die Flusseeeschwalbenbruten in der dritten Beetreihe mit dem größten Abstand zum Deich. Die gesamte Fläche wird mit Schafen beweidet, was in einer sehr kurzen Vegetation resultiert.

Die Seeschwalbenkolonie der Insel Neuwerk/HH, die zum Vergleich ausgewählt wurde, liegt dort im nördlichen Vorland (53°55'49" N, 08°29'57" O) im Nationalpark Hamburgisches Wattenmeer (Abb. 1). Das Nordvorland nimmt eine Fläche von ca. 3,14 ha ein.

Für die Erstellung der Karten in Abb. 1 und Abb. 2 wurden Daten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV, 2016) und der OpenStreetMap Foundation (OSMF, 2016) sowie eigene Kartierungen der Nahungspriele (Abb. 2) verwendet.

Das Prielsystem des Neufelder Watts

Das Prielsystem des Neufelder Watts unterlag in den letzten Jahrzehnten einer sehr starken Dynamik. Die hohe Sedimentfracht der Elbe lässt das Vorland sehr rasch nach Süden hin anwachsen. Die ehemalige Neufelder Rinne, ein tiefer Priel, der sich von Südwesten her weit in das Neufelder Watt eingeschnitten hatte, ist kaum mehr existent (ALBERS 2012). Zu Beginn der 2000er Jahre änderte sich die Abflussrichtung, mit der die Priele das Neufelder Watt inzwischen zur Medemrinne hin entwässern. Die Entwässerungsrichtung der Priele des Neufelder Watts orientiert sich somit inzwischen nach Westen. Die Priele sind in den Kleikörper des Watts zum Teil stark eingeschnitten und können darin sehr hohe Prallhänge bilden. Auch bei Niedrigwasser führen viele der Priele nahe der Medemrinne noch reichlich Wasser (20 cm bis zu 1 m Wassertiefe).

2.2 Bruterfassungen

Brutbestand

Die Erfassung des Brutbestands der Flusseeeschwalben erfolgt im Auftrag der Nationalparkverwaltung (Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein), Tönning im Rahmen des Trilateralalen Monitoring- und Bewertungsprogramms TMAP (MARENCIC 2009). Sie wurde von 1992 -1996 von T. ALFERT, V. SALEWSKI, M. SCHUMANN, T. STEGEMANN, S. KLEMP und B. GRAJETZKY und seit 1997 durch T. GRÜNKORN durchgeführt. Nach Vorgabe durch das TMAP wird der Seeschwalbenbestand innerhalb von zwei Zählungen in der letzten Mai-Dekade und der ersten Juni Dekade erfasst (HÄLTERLEIN et al. 1995).



Abb. 1: Überblick über die Lage der Untersuchungsorte Vorland Neufeld/HEI (1) und Neuwerk/HH (9) im Elbmündungsbereich. Im Süden die Landkreise Cuxhaven und Stade, auf der rechten Elbseite Dithmarschen mit dem Ort Neufeld/HEI (5).

Fig. 2: Overview on the study sites in the Elbe estuary, the saltmarshes of Neufeld/HEI (1) and the island of Neuwerk/HH (9). In the south are the administrative districts of Cuxhaven and Stade, on the right-hand side of the river Elbe (dark grey line) the district of Dithmarschen with the village Neufeld/HEI (5).

Bruterfolg

Die Brutphänologie und der Bruterfolg der Flusseeeschwalbenkolonie Neufeld/HEI werden seit 2009 von V. HENNIG erfasst. Seit 2011 geschieht dies im Auftrag der Nationalparkverwaltung im Rahmen des TMAP (THORUP & KOFFIJBERG 2016). Die Erfassung der Bruten zur Bestimmung der Legephänologie innerhalb der Kolonie in Neufeld erfolgt auf einer Probefläche von ca. 2,1 ha, wo in Abständen von 5-10 Tagen bei Begehungen etwa 5 % der Koloniefäche Neufelds und 10 % aller Brutpaare in ihrer Reproduktionsphänologie erfasst werden. Bei den Begehungen wird der Standort des Geleges mittels GPS markiert, dazu werden die Gelegegröße, Anzahl und Alter der Küken sowie ihre Kondition erfasst. Die Methode orientiert sich nach KOFFIJBERG et al. (2011). Markierungen der Nester werden systematisch von den Schafen entfernt und haben sich nur eingeschränkt bewährt. Diese Probefläche befindet sich au-

ßerhalb des Kolonieteils, in dem die Lachseeeschwalben brüten. Die Kontrollen von Lachseeeschwalbenbruten im Rahmen des vom Land Schleswig-Holstein geförderten Projekts zum Schutz der Lachseeeschwalbe (MAUSCHERING et al. 2011, 2014) sollen die Bruten innerhalb der Probefläche der Flusseeeschwalbe nicht stören und umgekehrt.

Die Brutpaare des übrigen Teils der Kolonie werden mit dem Spektiv vom Deich aus erfasst. Hierbei können jedoch nur größere Küken und brütende Altvögel gezählt werden, da Eier oder frisch geschlüpfte Junge in der Vegetation aus der Entfernung nicht gesehen werden.

Um die Legephänologie der Flusseeeschwalben in der Kolonie zu bestimmen, sind die genauen Werte des Legedatums notwendig. Da jedoch aus Gründen der Störungsvermeidung in der Kolonie keine hinreichend häufigen Kontrollen durchgeführt werden können,

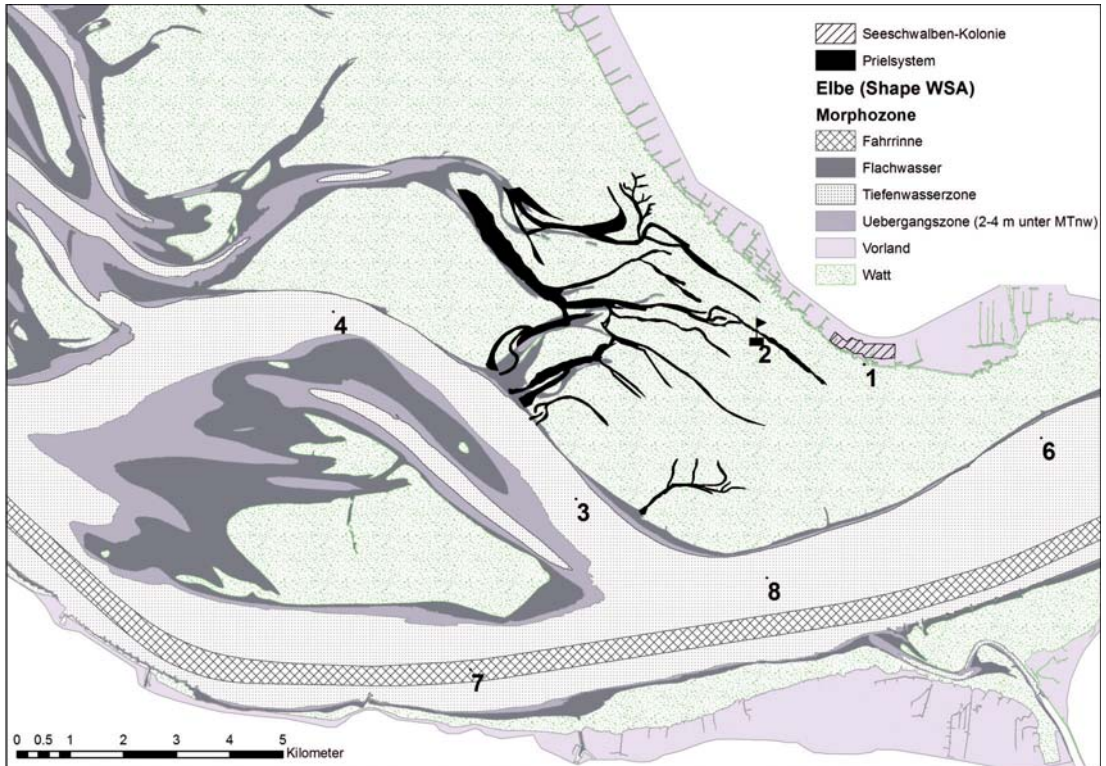


Abb. 2: Übersicht der Umgebung der Flusseeeschwalbenbrutkolonie Neufeld/HEI (1); Standort Fischmonitoring (2); Medemrinne (3); Medembogen (4); Neufelder Sand (6); Elbe Fahrwasser (7) und Elbehauptarm (8). In schwarz, das Prielsystem, das hauptsächlich von den Flusseeeschwalben zur Nahrungssuche (Jagd) genutzt wird.

Fig. 3: Overview of the surroundings of the Neufeld Common Tern colony (1); location of the fish monitoring site (2); the major tidal channel of the area Medemrinne (3) with Medembogen (4); Neufelder Sand (6), the main shipping route of the river Elbe (7) and the main river bed of the river Elbe (8). In black, the tidal creeks predominately used as foraging (fishing) areas by Common Terns.

wurde das Legedatum der vorgefundenen Eier über den täglichen Masseverlust der Eier in der Bebrütungsphase zurückgerechnet (HOYT 1979). Dabei wurde der Brutindex (Eimasse [g]/ Eivolumen [mm³]) berechnet. Der Näherungswert eines Eivolumens wird wie folgt bestimmt: (Eibreite [mm]² * Länge [mm])/10³; HARRIS 1964). Dieser Wert des Eivolumens wurde in ein artspezifisches lineares Polynom eingesetzt, das von REUFSTECK (2004) erarbeitet wurde. Der Fehler bei der Bestimmung des Legetages kann dabei in Einzelfällen bei bis zu +/- 3 Tagen liegen.

Das Alter der vorgefundenen Flusseeeschwalbenküken wurde über die Kopf-Schnabel-Länge (KSL) berechnet. Die Länge [mm] wird in folgendes Polynom eingesetzt (SCHIFFLER 2011):

$$\text{Alter} = 0,0119 * \text{KSL}^2 - 0,516 * \text{KSL} + 6,358$$

Das so errechnete Alter des Kükens wurde auf den Tag des Schlüpfens zurückgerechnet und so die Schlüpfphänologie bestimmt. Der von BECKER & WINKE (2002) ab dem 20. Lebenstag beschriebene Geschlechtsdimorphismus wurde hier bei Küken bis zu einem Alter von drei Wochen vernachlässigt. Ab der dritten Lebenswoche sind die Küken sehr mobil und können keinen spezifischen Brutbereichen (bzw. Brutpaaren) mehr zugeordnet werden. Sie wurden ab diesem Zeitpunkt als „flügge“ definiert.

2.3 Nahrungsbeobachtungen

Die Erfassung von durch Flusseeeschwalben erbeuteter Nahrung in der Neufelder Kolonie/HEI wurden von Lea-Carina MENDEL (2016), die analogen Beobachtungen dazu auf Neuwerk durch Eleonora TILSE durchgeführt (TILSE 2016). In 15 Minuten-Einheiten wurde versucht, alle Beutetiere anfliegender Seeschwalben nach Artzuge-

hörigkeit zu bestimmen. Der Beobachtungsaufwand in Neufeld belief sich auf insgesamt 20 Stunden. Dabei wurde angestrebt, alle Tideperioden mit Sichtungsintervallen abzudecken. Die Größe der Beute wurde bei Fischen im Verhältnis zur Schnabellänge abgeschätzt. Bei der Auswertung wurden die Beuteobjekte mit einer mittleren Schnabellänge von Flusseeschwalben (36 mm) (GLUTZ VON BLOTZHEIM 1999a) ins Verhältnis gesetzt und so ihre Größe bestimmt. Die heringsartigen Fische wie Hering (*Clupea harengus*), Sprotte (*Sprattus sprattus*) und Finte (*Alosa fallax*) können in der Regel nicht bei der Beobachtung im Schnabel unterschieden werden und wurden als „Heringsartige“ bestimmt. Ebenso konnte bei Sandaalen (Ammodytidae), Grundeln (Gobiidae) und Plattfischen (Pleuronectiformes) nicht bis auf das Artniveau bestimmt werden.

2.4 Methodik der Fischerfassung

Die Fischerfassung wurde mit einer Flügelreuse (Sonderanfertigung durch Fa. Engel-Netze GmbH & Co. KG, Abb. 3) von Ronja HEINIG und Veit HENNIG durchgeführt (HEINIG 2016). Die Reuse wurde in einem Priel, der durch vorhergehende Beobachtungen als Seeschwalben-Jagdgebiet identifiziert wurde, mit sechs, jeweils einem Meter langen Minierstahlstangen fixiert. Die Leitflügel (10 mm Maschenweite) sind jeweils 10 m lang und führen zu einem Einlauftrichter (8 mm Maschenweite), der in einem dreiteiligen Reusensteert (6 mm Maschenweite) endet. Die Netzhöhe beträgt 3 m, die oberen Kanten sind mit Schwimmern versehen, der untere Rand ist mit Bleistücken besetzt. Durch die enge Maschenweite entsteht ein gewisser Staudruck, der von adulten Fischen erkannt wird, und diese werden daher nicht gefangen. Das

Fangverfahren ist somit ausschließlich zur Erfassung von Jungfischen geeignet. Diese Methode wird seit 2011 vor Hallig Hooe/NF erprobt und dort als Verfahren zum Monitoring von Jungfischen eingesetzt, die als Seeschwalbennahrung geeignet sind (HENNIG, unveröff. Daten).

Die Reuse wurde jeweils bei Niedrigwasser in einen Priel ca. 400 m westlich der Brutkolonie gestellt (Abb. 2, Punkt 2). Auch 2014 wurde bereits der gleiche Standort für die Erfassung gewählt (GRAUMANN 2015). Dabei wurde darauf geachtet, auch die Öffnungsbreite der Leitflügel immer exakt gleich zu halten. Die Fangtage 2015 sind Tab. 1 zu entnehmen. Die Wassertiefe am Reusenstandort beträgt bei mittlerem Hochwasser ca. 2,30 m. Der Priel fällt auch bei Niedrigwasser nicht trocken, in der Regel fließt bis zu 1,5 Stunden in der Flutphase an diesem Standort noch Wasser ab und es verbleibt bei Niedrigwasser eine Wassertiefe von 20–30 cm. Die Netzleerung erfolgte jeweils nach einer Hochwasserperiode beim nachfolgenden Niedrigwasser. Die Gesamtfangmenge wurde in Litern bestimmt. Eine Unterprobe des Fangs von 15 l wurde jeweils genau ausgezählt, die Arten bestimmt und Standardlänge und Masse (Feinwaage mit Genauigkeit 0,001 g) vermessen.

2.5 Auswertung

Um die zum Teil nicht exakt gleichen Erfassungstage von Nahrungsbeobachtungen und Fischfängen vergleichen zu können, wurden die Beobachtungstage der Nahrungserfassungen auf Neuwerk/HH und im Neufelder Vorland/HEI, ebenso wie die Tage der Fischerfassung sechs Perioden zugeordnet (Tab. 1).

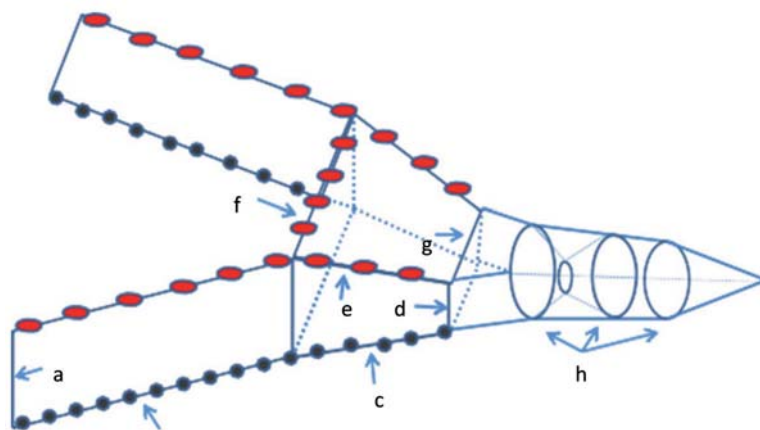


Abb. 3: Bau und Maße der zum Fischfang genutzten Flügelreue (Flügelreue mit Einlauftrichter). Schwimmer (rote Punkte) und Blei (schwarze Punkte) sorgen für die Netzöffnung. Längen: a = 3 m, b = 10 m, c = 4,1 m, d = 0,8 m, e = 4,5 m, f = 3,6 m, g = 1,2 m, h = 0,55 m Durchmesser; (Grafik und Reusenbeschreibung von BRAUER (2012).

Fig. 4: Fish trap, used for monitoring demersal fish communities. The fish trap is fixed with steel poles (not shown). The red dots are floaters, the black dots are sinkers and both keep the net open. Length: a = 3 m, b = 10 m, c = 4,1 m, d = 0,8 m, e = 4,5 m, f = 3,6 m, g = 1,2 m, h = 0,55m diameter. Graph and description BRAUER (2012).

Tab. 1: Aufteilung der Beobachtungstage zur Nahrungserfassung und des Jungfischmonitorings in Neufeld und auf Neuwerk in sechs Perioden in 2015. In Klammern sind die jeweiligen Pentaden angegeben.

Table 1: Dates of observations on feeding ecology in Neufeld and Neuwerk as well as the corresponding fish monitoring dates in Neufeld, divided into six periods in 2015. Pentades are given in brackets.

Nahrungserfassung Neufeld	Jungfischmonitoring Neufeld	Nahrungserfassung Neuwerk	Periode (Pentaden)
21.06.2015 (35) 22.06.2015 (35)	09.06.2015 (33)	15.06.2015 (34) 18.06.2015 (35)	1 (33-35)
27.06.2015 (36)	30.06.2015 (37)	30.06.2015 (37)	2 (36-37)
03.07.2015 (37) 07.07.2015 (38)	-	01.07.2015 (37) 02.07.2015 (37) 03.07.2015 (37)	3 (37-38)
19.07.2015 (41)	19.07.2015 (41)	-	4 (41)
10.08.2015 (45)	11.08.2015 (45)	-	5 (45)
23.08.2015 (48)	-	-	6 (48)

3 Ergebnisse

3.1 Bestandsentwicklung

Zu Beginn der 1980er Jahre brüteten die meisten Flusseeeschwalbenpaare Schleswig-Holsteins in Nordfriesland auf den Halligen sowie im Dithmarscher Wattenmeer auf Trischen/HEI. Erst 1992 konnten nennenswerte Ansiedlungen im südlichen Dithmarschen im Vorland des Neufelderkoogs an der Elbmündung festgestellt werden (Abb. 4). 1995 konnten dort schon 1.181 Paare gezählt werden. Der größte Sprung einer Bestandsveränderung fand 2005 statt, als die Kolonie gegenüber dem Vorjahr eine Zunahme von 1.724 neuen Brutpaaren verzeichnen konnte. Damit einhergehend wurde der bis heute höchste Stand von 2.532 Brutpaaren erreicht. Bis zum Jahr 2010 sank der Bestand wieder etwas ab (2010: 1.662 Brutpaare), erreichte aber 2014 fast wieder die gleiche Dimension wie 2005. Im Untersuchungsjahr 2015 brüteten 1.875 Brutpaare in der Kolonie.

Der jährliche Wechsel der Anzahl der Brutpaare in der Kolonie ist nach wie vor hoch. Die Brutpaarzahl nahm von 2014 auf 2015 um fast 600 Paare ab, im Jahr zuvor nahm sie um etwa 400 Paare zu (Abb. 4). Die Spannweite der jährlichen Schwankungen reicht von einer Abnahme von fast 700 Paaren bis zu einer Zunahme von gut 1.700 Paaren (Abb. 5).

3.2 Brutphänologie und Bruterfolg

Durch ein Landunter am 08.07.2015 wurde die Brutperiode 2015 in Neufeld/HEI in zwei Phasen aufgeteilt

(Abb. 6). Kein Gelege in der Probefläche und auch innerhalb etwa 90 % der gesamten Koloniefäche überlebte dieses Hochwasserereignis (GRIEGER et al. 2015).

Im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings wurden 2015 in der ersten Brutphase (bis zum Landunter am 08.07.) 196 Brutereignisse, das heißt begonnene Bruten erfasst. Dies entspricht nicht einer Summe von 196 Paaren, da in dieser Zeit schon Ersatzbruten von vermutlich gleichen Paaren nach Brutverlust durch Prädation neu begonnen wurden. Beim frühesten Gelege wurde mit der Brut am 15.05. begonnen, bei den letzten drei neuen Gelegen der ersten Brutphase wurden die Gelege am 01.07. vervollständigt. Der Median aller begonnenen Bruten in der ersten Brutphase war der 21.05. Allein in der 29. Pentade (20.05.-24.05.) wurden 119 Bruten begonnen, das heißt über 50 % aller Eiablagen erfolgten sehr synchron innerhalb von nur 5 Tagen. Die mittlere Gelegegröße betrug 1,49 Eier pro Brut (Standardabweichung = 0,42).

Das erste Küken schlüpfte etwa am 10.06. Bis zum 08.07. wurden nur 256 geschlüpfte Küken bei den Kontrollen erfasst (Abb. 7). In der Zeit des Schlüpfens und den ersten Lebenstagen wurde eine starke Prädation auf die Küken durch den Fuchs (*Vulpes vulpes*) festgestellt. Kein Küken erreichte ein Alter über 12 Lebenstage. Die Dimension der Prädation ist in dem Unterschied der hypothetischen Summe von Küken, die eigentlich vorhanden sein müssten, gegenüber der tatsächlich festgestellten Menge an Küken erkennbar (Abb. 7).

Die ersten Ersatzbruten nach dem Landunter vom 08.07. wurden am 15.07. begonnen. Der Median der zweiten

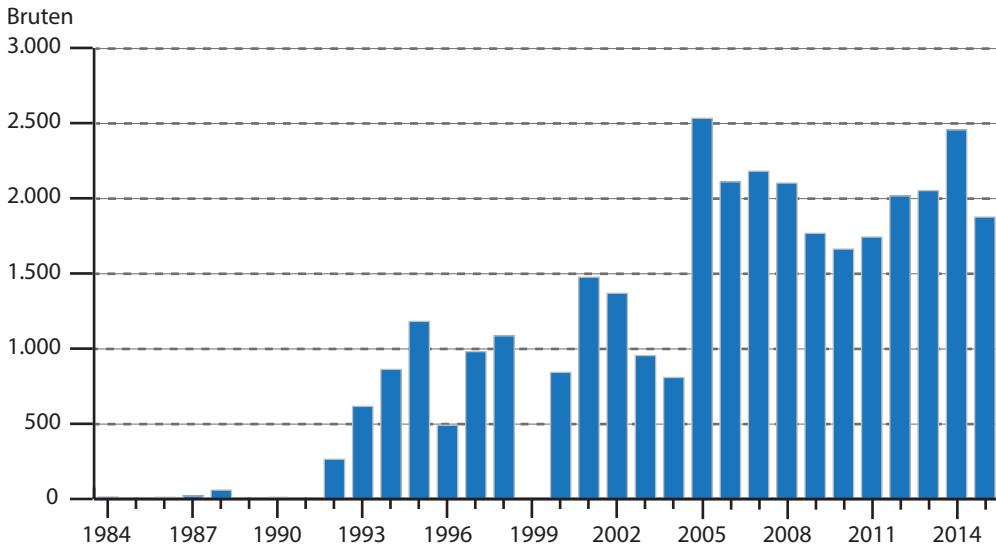


Abb. 4: Bestandentwicklung der Flusseeeschwalbenkolonie Neufeld/HEI (Daten LKN – TMAP; GRÜNKORN).

Fig. 4: Trend of breeding pairs of the colony of Common Terns in Neufeld/HEI (Data: LKN – TMAP; GRÜNKORN).

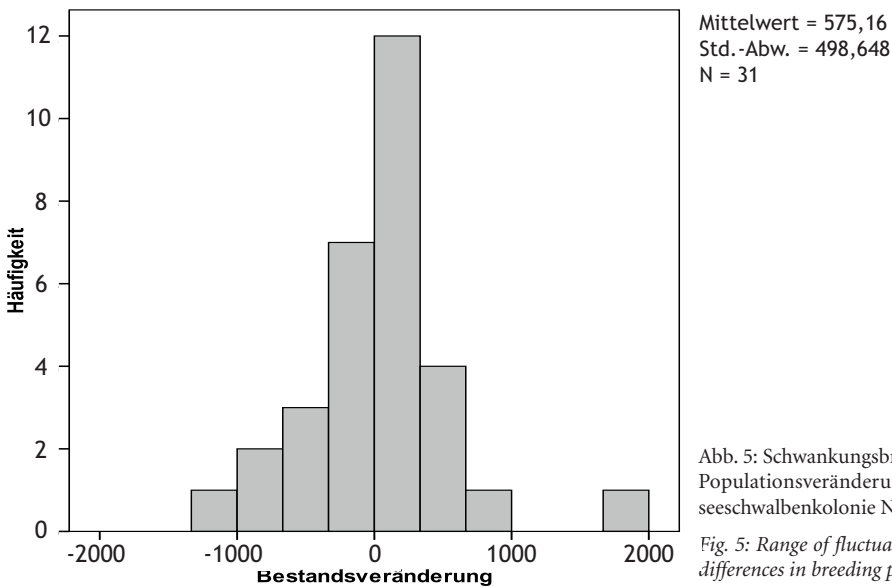


Abb. 5: Schwankungsbreite der jährlichen Populationsveränderungen in der Flusseeeschwalbenkolonie Neufeld/HEI.

Fig. 5: Range of fluctuation of year to year differences in breeding pair numbers.

Legewelle war am 22.07. Am 10.08. wurden die letzten drei neuen Gelege vervollständigt. In der zweiten Legewelle (Abb. 7). Am 23.08. wurde noch ein Gelege mit schlüpfenden Küken festgestellt. In der zweiten Legewelle erreichte durch zunehmende Prädation kein Küken ein Alter von mehr als fünf Tagen.

Am 09.08. schlüpfte das erste Küken der zweiten Legewelle (Abb. 7). Am 23.08. wurde noch ein Gelege mit schlüpfenden Küken festgestellt. In der zweiten Legewelle erreichte durch zunehmende Prädation kein Küken ein Alter von mehr als fünf Tagen.

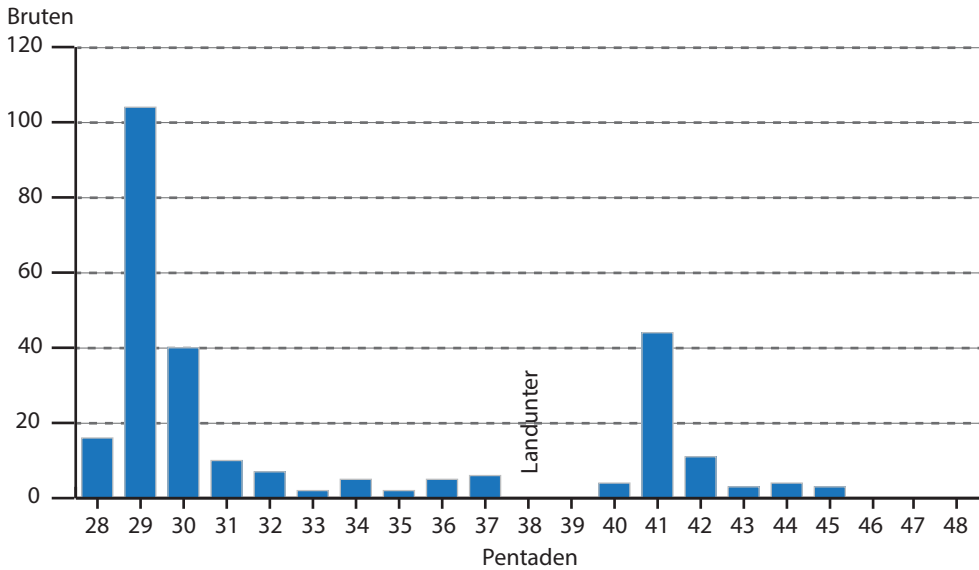


Abb. 6: Legephänologie der Flusseeeschwalben 2015 im Neufelder Vorland/HEI.

Fig. 6: Seasonal distribution of Common Terns starting with egg laying in the tern colony of Neufeld/HEI. In pentade 38 the colony was completely flooded.

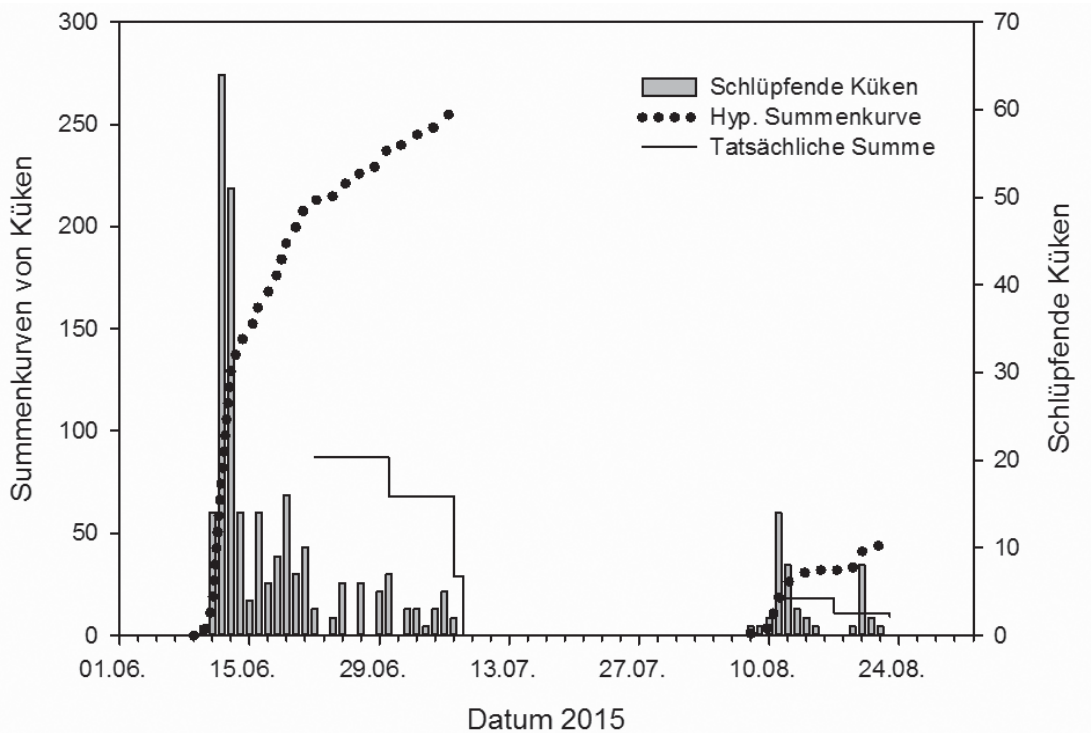


Abb. 7: Zeitliche Phänologie schlüpfender Flusseeeschwalbenküken in Neufeld/HEI 2015.

Fig. 7: Seasonal phenology of hatching chicks in 2015. The left y-axis shows the hypothetical cumulative sum of chicks, the right y-axis gives the number of observed chicks hatched.

Somit wurde kein Küken der Probefläche flügge und der Bruterfolg in diesem Koloniebereich entsprach einem Totalausfall. Dies traf auf etwa 80-90 % der gesamten Koloniefäche zu. Der übrige Teil der Brutfläche wurde mittels eines elektrischen Schafzauns zum Schutz der dort brütenden Lachseeschwalben geschützt. Da dies der höchste Teil des Vorlands ist, wurde er auch am 08.07. nicht überflutet. So konnten dort 240-260 Flusseeeschwalbenküken überleben und flügge werden.

Der Bruterfolg der Flusseeeschwalben in der Neufelder Kolonie lag zwischen 2010 und 2015 zwischen 0,13 und 1,09 flüggen Jungen pro Brutpaar (Tab. 2). Hauptfaktoren für die Verluste waren Prädation und Landunter. Bis auf das Jahr 2013, in dem überwiegend ein Mink (*Neovison vison*) als Prädator zu einem sehr niedrigen Bruterfolg geführt hat, waren ansonsten in erster Linie

Füchse (*Vulpes vulpes*) für das Erbeuten von Küken und auch das Zerbeißen von Eiern kurz vor dem Schlüpfen verantwortlich, in wenigen Fällen auch Hermeline (*Mustela erminea*). Bis Ende Juli versuchen sich die Seeschwalben in jedem Jahr mit Ersatzgelegen. Vor allem 2012 konnten noch Anfang August geschlüpfte Küken erfolgreich flügge werden (eigene unveröff. Beobachtungen).

In drei Jahren gab es Verluste durch Teillandunter (Tab. 2). Die deichnahen Beete der Salzwiesen liegen sehr niedrig, hier gehen regelmäßig Bruten verloren. In den Beeten nahe der Abbruchkante werden nur selten die Bruten von solchen Teilüberflutungen erfasst, dort liegen die höchsten Bereiche des Vorlands.

In der Kolonie auf Neuwerk/HH wurden von 585 Brutpaaren der Flusseeeschwalbe 90 Paare für Nahrungsbe-

Tab. 2: Bruterfolg und Verlustursachen der Flusseeeschwalben in der Kolonie Neufeld/HEI. Angegeben sind flügge Junge bezogen auf alle Brutpaare.

Table 2: Breeding success of Common Terns (fledged chicks per breeding pair) in Neufeld/HEI between 2010 -2015 and the main causes of failure.

Jahr	Bruterfolg	Verlustursache(n)	Quelle:
2010	0,45	Prädation; Teillandunter	Daten HENNIG et al. (Daten LKN, TMAP) in (THORUP & KOFFJUBERG 2016); 2010 und 2011 Daten SCHIFFLER & HENNIG (SCHIFFLER 2011)
2011	0,61	Prädation; Teillandunter Juli	
2012	0,51	Prädation	
2013	0,21	Prädation durch Mink	HENNIG et al. (Daten LKN, TMAP)
2014	1,09	Geringe Prädation; Teillandunter	HENNIG et al. (Daten LKN, TMAP) (FLIESSBACH 2015)
2015	0	Probefläche; Prädation; Landunter	HENNIG et al. (Daten LKN, TMAP)
	0,13	Bezogen auf Gesamtkolonie	

Tab. 3: Übersicht über die in die Brutkolonien Neufeld/HEI und Neuwerk/HH eingetragenen Nahrungsorganismen.

Table 3: Prey organisms fed by Common Terns in the breeding colonies of Neufeld/HEI and Neuwerk/HH.

Beutearart	Neufeld/HEI [n]	Anteil [%]	Neuwerk/HH [n]	Anteil [%]
Stint (<i>Osmerus eperlanus</i>)	325	98,2	49	40,5
Heringsartige (Clupeidae)			49	40,5
Plattfische indet.	5	1,5	1	0,8
Sandaal (Ammodytidae)			12	9,9
Garnele (Crangonidae)			6	5,0
Grundel (Gobiidae)			1	0,8
Krabbe (Brachiura)			1	0,8
Fisch indet.			1	0,8
Wattwurm (<i>Arenicola marina</i>)	1	0,3	1	0,8
Summe	331	100	121	100

obachtungen im nördlichen Vorland ausgewählt. Hier schlüpfen die ersten Seeschwalbenküken schon am 03.06.2015 (mündliche Mitteilung HIMMEL, Verein Jordsand 2015), das ist eine Woche früher als in der Neufelder Brutkolonie. Es konnten keine flüggen Küken auf Neuwerk beobachtet werden.

3.3 Nahrungsbeobachtungen

3.3.1 Artenspektrum

In der Kolonie Neufeld wurden 331 Beuteobjekte der Flusseeeschwalben bestimmt. Im Gebiet wurden überwiegend die Flusseeeschwalben beobachtet, die sich innerhalb der Elektrozäune, die die Seeschwalben vor dem Fuchs schützen sollen, und in naher Umgebung befanden. Bei den Beutearten bildete der Stint mit 98,2 % den größten Anteil, dazu kamen noch einige Plattfische (Pleuronectiformes) und ein Wattwurm (*Arenicola marina*). Folglich trat bei den Flusseeeschwalben in Neufeld der Stint als stark dominierende Art in der Nahrung auf (MENDEL 2016).

Auf Neuwerk war die Stichprobengröße erfasster Beutefische wesentlich geringer, da zu einem frühen Zeitpunkt die meisten Bruten aufgegeben wurden (Erfassung der

Brutphänologie auf Neuwerk von den Betreuern des Verein Jordsand). Dennoch zeigten sich deutliche Unterschiede in der Wahl der Nahrungsfische. Der Stint und Heringsartige waren mit einem gleich hohen Anteil von jeweils 40,5 % der Beutetiere vertreten (Tab. 3). Der Anteil an Wirbellosen war mit insgesamt fast 7 % deutlich höher als in Neufeld (TILSE 2016, Tab. 3).

3.3.2 Beutegrößen in Neufeld/HEI

Die einzelnen Beobachtungsperioden zeichneten sich durch unterschiedliche Verteilungen in der Beutegröße aus (Abb. 8). In Periode 1 lag die mittlere Beutegröße bei $7,5 \pm 2,4$ cm. Von Periode 2 bis 3 stieg die mittlere Beutegröße von $6,8 \pm 1,7$ cm über $8,0 \pm 2,2$ cm auf $8,3 \pm 2,6$ cm, und in Periode 5 und 6 war die mittlere Beutegröße mit $7,0 \pm 2,5$ cm und $7,1 \pm 2,4$ cm wieder vergleichbar mit derjenigen in Periode 2. Ein Vergleich der Mittelwerte ergab einen signifikanten Unterschied der Beutegröße zwischen den einzelnen Perioden (ANOVA: FG = 5; F = 4,043; p = 0,001). Mit einem angehängten Post-hoc-Test konnte festgestellt werden, dass es einen signifikanten Unterschied in der Beutegröße zwischen Periode 2 und 3 (Bonferroni: SD = 0,371; p = 0,027) sowie Periode 4 und 5 (Bonferroni: SD = 0,450; p = 0,049) gab.

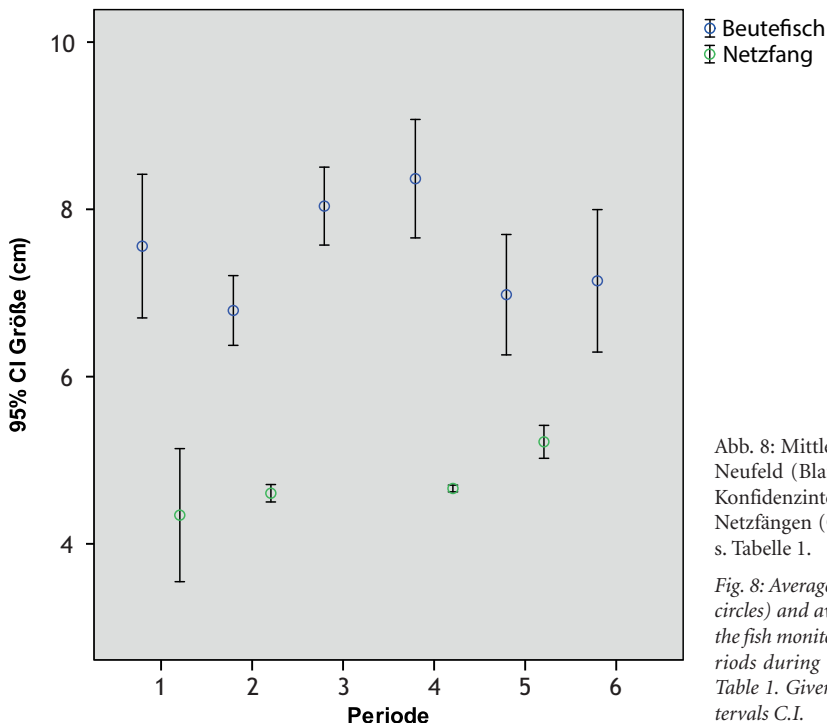


Abb. 8: Mittlere Größen verfütterter Stinte in Neufeld (Blaue Kreise Mittelwerte und 95% Konfidenzintervalle) und mittlere Größen den Netzfängen (Grüne Kreise). Für die Perioden s. Tabelle 1.

Fig. 8: Average size of Smelt fed in Neufeld (blue circles) and average size of Smelt caught during the fish monitoring (green circles) at different periods during the study period. For periods see Table 1. Given are mean \pm 95% confidence intervals C.I.

3.3.3 Abhängigkeit von der Tide

Es konnten unterschiedliche Anzahlen in die Kolonie eingetragener Beute in Abhängigkeit von den Tiden festgestellt werden. Die meisten Beutefänge wurden bei Ebbe (45,3 %) beobachtet. Danach folgten in der Häufigkeit Niedrigwasser (22,1 %), Flut (17,2 %) und Hochwasser (15,4 %). Ein Pearson-Chi-Quadrat-Test ergab, dass in den Tidephasen Ebbe, Flut, Hochwasser und Niedrigwasser von Periode 1–6 signifikant unterschiedliche Beutefänge gezählt wurden ($\chi^2 = 352,737$; $FG = 15$; $p < 0,005$).

Von den genauen Jagdorten der in Neufeld brütenden Seeschwalben liegen bisher nur zufällige Beobachtungen vor (eigene unveröff. Beobachtungen). Telemetriedaten zu genauen Jagdorten oder eine flächenhafte systematische Erfassung zu den Seeschwalben Neufelds wurden nicht durchgeführt. Die zufälligen Erfassungen ergeben folgendes Bild: Nach Ankunft der Flusseeeschwalben in der Brutkolonie Mitte April und in der Balzperiode kommen Flusseeeschwalben mit ihrer Beute aus diffusen südlichen Richtungen, die alle Bereiche von Oststüdost bis Südwest überstreichen. Im Verlauf der Brutzeit ändert sich der Richtungsschwerpunkt der mit Beute in der Kolonie ankommenden Seeschwalben in einen Bereich aus den Himmelsrichtungen von Süd bis West. Nahrungsflüge nach Osten nehmen deutlich ab (V. HENNIG, unveröff. Daten 2009–2015). Während der Phase des größten Wachstums der Küken (Ende Juni/Anfang Juli) konnten die meisten mit Beute ankommenden Seeschwalben aus Südwest, allerdings mit einer großen Streubreite festgestellt werden. Während der Fischerfassungen im Prielsystem konnten intensive Flugbewegungen aus südsüdwestlicher Richtung zur Kolonie hin beobachtet werden.

3.4 Fischfangdaten

In der Fangperiode vom 09.06.2015 bis zum 11.08.2015 wurden aus den untersuchten Proben insgesamt 2.717 Fische bestimmt und vermessen. Hierbei konnten insgesamt sieben verschiedene Fischarten unterschieden werden. Vier dieser sieben Arten(gruppen) waren in jedem Fang vertreten. Dazu gehören Stint, Plattfische, Hering und Grundeln. Zu den übrigen drei Arten, die nicht jedes Mal in der Unterprobe enthalten waren und auch dann in nur geringer Individuenzahl auftraten, zählten Seenadeln (*Syngnathus spec.*), Dreistachliger Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) und Finte (*Alosa fallax*; Tab. 4).

Die Gesamtindividuenzahlen der vier Fänge unterscheiden sich stark. Der individuenärmste Fang wurde zu Beginn am 09.06.2015 eingeholt ($N = 83$). Der darauffolgende vom 30.06.2015 war der individuenreichste Fang ($N = 1.234$). Danach nahm die Individuenzahl pro Fang wieder ab (19.07.2015: 1.090 Individuen; 11.08.2015: 269 Individuen). Eine Besonderheit bei dem August-Fang war die Finte, die nun erstmalig, vertreten durch drei Individuen, in der Probe auftauchte (Tab. 4).

In allen Fängen stellte der Stint die eudominante Fischart dar. Am 19.07. waren 91,7 % der gefangenen Fische Stinte. Vorjährige Stinte (> 80 mm) machten dabei einen Anteil von maximal etwa 9 % aus (am 09.06.). Ihr Anteil sank im Verlauf der Brutzeit und neu ankommende diesjährige Stinte dominierten stärker (Tab. 5).

Die Größenverteilung der gefangenen Stinte teilt sich in zwei getrennte Verteilungsmuster auf (Abb. 9). Tiere unter 80 mm gehören zu den diesjährigen Stinten (Tab. 5 und 6), Fische größer 80 mm können in der Regel den vorjährigen Tieren zugeordnet werden (Tab. 5).

Tab. 4: Übersicht über die beim Fischmonitoring in Neufeld/HEI gefangenen Fischarten [Individuen pro Unterprobe].

Table 4: Overview of fish species caught at the fish monitoring in Neufeld/HEI [individuals per subsample].

	09.06.2015	30.06.2015	19.07.2015	11.08.2015
Finte (<i>Alosa fallax</i>)	0	0	0	3
Stichling (<i>Gasterosteus spec.</i>)	8	3	1	0
Seenadeln (<i>Syngnathidae</i>)	0	1	0	4
Heringe (<i>Clupea harengus</i>)	2	28	5	2
Plattfische (<i>Pleuronectiformes</i>)	21	209	83	21
Stint (<i>Osmerus eperlanus</i>)	42	986	996	269
Grundel (<i>Pomatoschistus spec.</i>)	10	7	5	11

Tab. 5: Häufigkeitsverteilung diesjähriger (< 80 mm) und vorjähriger (> 80 mm) Stinte der Einzelfängen [Individuen pro Unterprobe].

Table 5: Differences in numbers between age-0 (< 80mm) and 1-year old (>80mm) Smelt [individuals per subsample].

Fang-Nr.	Datum	< 80 mm	%	> 80 mm	%	Σ
1	09.06.2015	38	91	4	9	42
2	30.06.2015	933	95	52	5	985
4	19.07.2015	994	< 100	2	> 0	996
5	11.08.2015	255	95	14	5	269

Tab. 6: Minimum-, mittlere und Maximum-Größe [mm] diesjähriger Stinte (< 80mm), sowie Standardabweichung (Std.) und Gesamtzahl (N).

Table 6: Minimum, mean and maximum size [mm] of hatch-year Smelt (< 80mm), standard deviation (Std.) and total numbers (N) in the 15l subsamples of the respective catches.

Fang-Nr.	Datum	Min	Mittelwert	Maximum	Std.	N
1	09.06.2015	21	35.52	46	4.42	38
2	30.06.2015	30	42.4	46	4.42	934
4	19.07.2015	36	46.42	65	4.31	994
5	11.08.2015	38	47.9	67	6.25	255

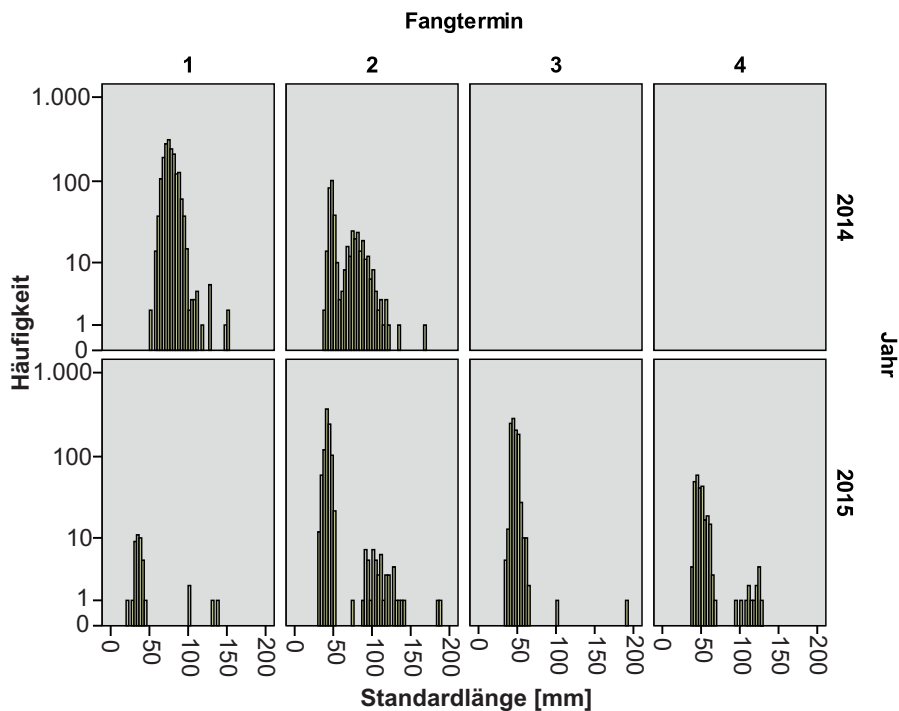


Abb. 9: Größenverteilung [mm] der gefangenen Stinte 2014 und 2015. Für die Fangtermine (Perioden) s. Tabelle 1.

Fig. 9: Frequency distribution of body size [mm] in Smelt caught in the fish trap 2004 and 2015. For dates (periods) see Table 1.

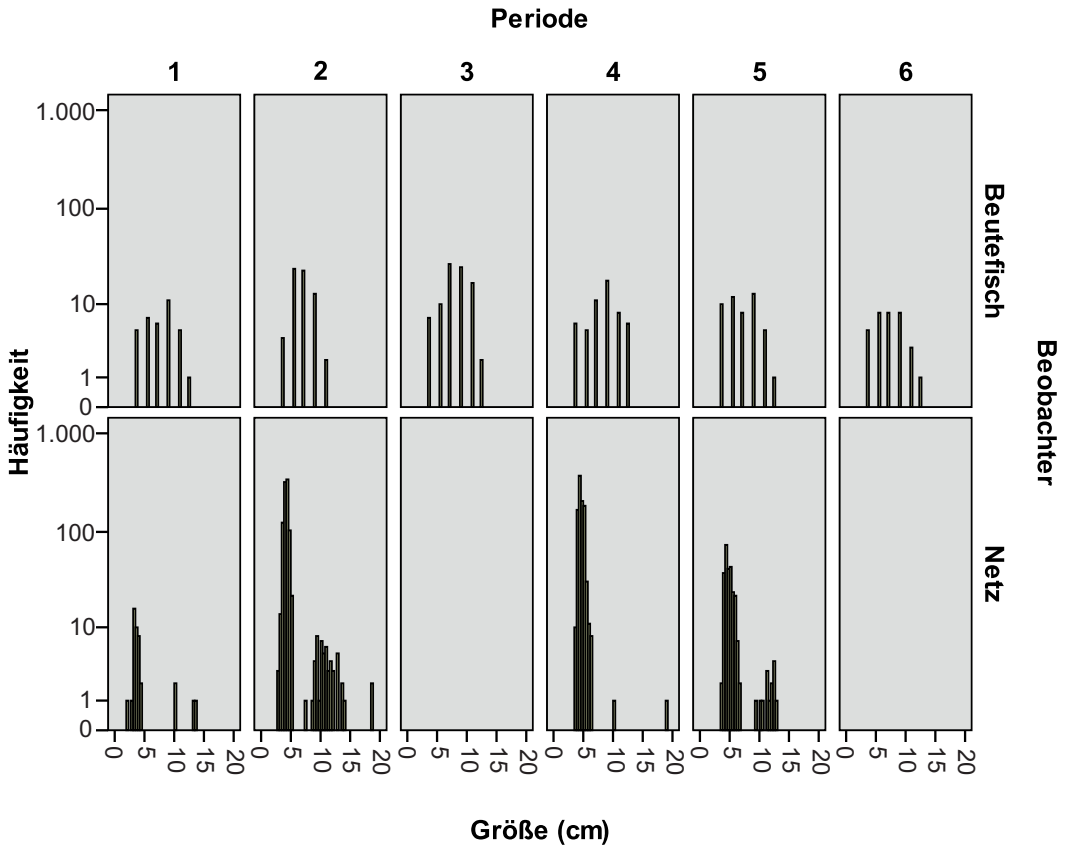


Abb. 10: Vergleich der Größenverteilungen [cm] von Beutefischen und Fischen beim Netzfang beim Netzfang 2015 vor Neufeld/HEI.

Fig. 10: Comparison of Smelt sizes [cm] fed by Common Terns and caught in the fish trap in 2015 at Neufeld/HEI.

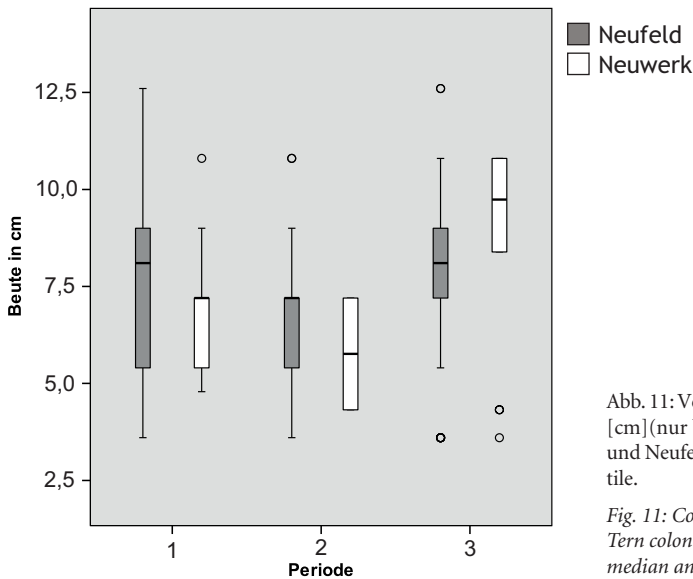


Abb. 11: Vergleich der unterschiedlichen Beutefischgrößen [cm](nur bezogen auf den Stint) zwischen Neuwerk/HEI und Neufeld/HH. Dargestellt sind die Mediane und Quartile.

Fig. 11: Comparison of Stint sizes [cm], fed in the Common Tern colonies of Neufeld/HEI and Neuwerk/HH. Shown are median and quartiles.



Das Areal der Seeschwalbenkolonie im Hintergrund, vom beweideten Bereich aus gesehen. Foto: P. REUFSTECK.

Tern colony area in the background, seen from the grazing part.

Die diesjährigen Stinte hatten im Untersuchungszeitraum eine Wachstumsrate von im Mittel 0,196 mm/Tag. Das mittlere Wachstum der Stinte 2015 lässt sich mit folgendem Polynom beschreiben:

$$y = -0,0032x^2 + 271,86x - 6E+06 \quad (R^2 = 0,99).$$

Die Flusseeeschwalben verfütterten bevorzugt die größten Tiere der diesjährigen Stinte und die kleinsten Individuen der vorjährigen Stinte. Im Gegensatz zu den in der Reuse gefangenen Fischen war der Anstieg in der Größenverteilung der durch Flusseeeschwalben eingebrachten Fische nicht kontinuierlich, sondern in Periode 2 und 5 (Ende Juni und Mitte August) wurden wieder kleinere Fische eingebracht (Abb. 10). Die Mittelwerte schwankten über die Beobachtungszeit hinweg. Dabei zeigte sich ein hoch signifikanter Unterschied in den Streuungen zwischen den Perioden und den Fischgrößen bei Beutetieren und Netzfängen (ANOVA, $p = 0,0001$, $F = 16,419$, $N_{\text{Beutefisch}} = 325$, $N_{\text{Netz}} = 2,293$).

Der zeitliche um eine Woche versetzte Brutbeginn auf Neuwerk/HH gegenüber Neufeld/HEI spiegelte sich in der Beutegröße wieder (Abb. 11). Die gewählten Beutefische waren auf Neuwerk in Periode 3 (Anfang Juli) deutlich größer als in Neufeld (korrigiertes Gesamtmodell Varianzanalyse ANOVA: $FG = 5$; $F = 4,655$ $p < 0,001$). In den unkorrigierten Modellen konnte nur für die Periode (ANOVA: $FG = 2$; $F = 6,122$; $p = 0,003$) ein

signifikanter Unterschied festgestellt werden. Für den Ort (ANOVA: $FG = 1$; $F = 2,068$; $p = 0,486$) und die Interaktion Periode * Ort (ANOVA: $FG = 2$; $F = 7,163$; $p = 0,187$) gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen Neufeld und Neuwerk. Jedoch ließ sich ein Trend ahnen, der besonders in Periode 3 erkennbar war. Zu diesem Zeitpunkt lag der Mittelwert für den Beutefisch Stint in Neufeld bei $8,0 \pm 2,2$ cm, auf Neuwerk waren die Stinte im Vergleich dazu mit $8,7 \pm 2,6$ cm etwas größer (Abb. 11).

4 Diskussion

4.1 Bestandsentwicklung

BIRDLIFE INTERNATIONAL beschreibt den Trend des deutschen Flusseeeschwalbenbestandes sowohl in einem kürzeren Zeitraum (1998-2009) als auch im Langzeitrend (1985-2009) als stabil. Für den Zeitraum 2005-2009 wird für Deutschland ein Brutbestand von 9.000-10.500 Brutpaaren angegeben (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2015). Diese Gesamtbilanz gibt jedoch nicht die Verhältnisse im deutschen Wattenmeer wieder. Einen extremen Rückgang mussten die Flusseeeschwalben in der Zeit von 1950 bis 1970 erleiden, als die Brutpaarzahl an der deutschen Nordseeküste stark gesunken war (BECKER & ERDELEN 1987, HÄLTERLEIN et al. 2000). Bis Anfang der 1980er hatte sich der Bestand etwas erholt und schwankte bis Anfang der 1990er zwischen 9.000 und 10.000 Brutpaaren. Ein hoher Anteil von unbestimmten „Rotfüßigen

Sterna-Arten“ (in der gleichen Dimension wie die eindeutig bestimmten Flusseeeschwalben und Küstenseeschwalben) verschleierte etwas die genaue Anzahl, nicht jedoch den gesamten Trend. 1995 geben SÜDBECK et al. (1998) einen Bestand für die gesamte deutsche Küste von 7.557 Paaren an und bilanzieren dies als ein Viertel des Bestandes von 1939 an der deutschen Nordseeküste (SCHULZ 1947). Entgegen des insgesamt negativen Trends zeigen SÜDBECK et al. (1998) aber auch schon den starken Anstieg des Flusseeeschwalbenbestands im Bereich des Elbtrichters an (Nigehörn/HH und Neufeld/HEI). In der Gesamtbilanz war der Trend zwischen 1982 bis 1997 sowohl in Niedersachsen/Hamburg als auch in Schleswig-Holstein negativ. Der größte Rückgang fand dabei im Bereich Nordfriesland und auf der Insel Trischen/HEI statt.

2006 betrug die Summe für das schleswig-holsteinische Wattenmeer 3.268 Brutpaare, im niedersächsischen Wattenmeer brüteten 3.049 Paare (HÖTKER et al. 2010). Der Bestand der Neufelder Kolonie nahm davon mit 2.109 Paaren einen Anteil von 33,9 % ein.

Für den Zeitraum 2006-2009 gilt die Neufelder Kolonie als die größte Brutkolonie der Flusseeeschwalbe in Mitteleuropa (GEDEON et al. 2014), das ist sie bis heute noch. Sie allein macht etwa ein Viertel des deutschen Bestandes aus. Gleichzeitig ging der Wattenmeerbestand der Flusseeeschwalbe im Zeitraum 1991-2013 in Deutschland, Dänemark und den Niederlanden insgesamt zurück (KOFFIJBERG et al. 2015b).

Dass die Neufelder Kolonie zu einer Zeit, in der alle sonstigen Brutkolonien im Wattenmeer zurückgehen, einen stabilen Trend zeigt, ist nicht die einzige Besonderheit der Kolonie. Das eigentlich Ungewöhnliche sind die zum Teil gewaltigen Sprünge, die die Brutpaarzahlen in Neufeld aufweisen. Der größte Sprung war 2005, als die Kolonie um 1.724 Paare gegenüber dem Vorjahr angewachsen ist. Ein Phänomen, das völlig untypisch für die Populationsdynamik der Flusseeeschwalbe ist und für das es bis heute noch keine Erklärung gibt. Die Art hat als Ausbreitungsmechanismus eine eher langsame Explorationsstrategie, mit eher vorsichtigem Erkunden neuer Kolonien im Lebensalter von 2-6 Jahren, dem Prospektieren (DITTMANN & BECKER 2003; DITTMANN et al. 2005; DITTMANN et al. 2007). Ein solch sprunghafter Anstieg, wie er in Neufeld 2005 festzustellen war, kann nicht (alleine) durch eine positive Reproduktion in einem Jahr aus anderen Gebieten oder gar der Eigenrekutierung resultieren. Die wahrscheinlichste Erklärung für eine solche schlagartige Zuwanderung liegt in der Aufgabe

anderer Kolonien. Es sind jedoch keine einzelnen Gebiete bekannt, in denen innerhalb des Jahres 2005 die Bestandszahlen derart eingebrochen sind. Daher kann nur eine summarische Abwanderung aus mehreren Gebieten diese Menge an zugewanderten Flusseeeschwalbenpaaren ergeben. Der eher langsame Rückgang der Flusseeeschwalbe in Nordfriesland reicht dafür als alleinige Erklärung jedoch nicht aus, die zugewanderten Paare in Neufeld müssen auch aus anderen Regionen stammen. Zudem mussten die lokalen ökologischen Rahmenbedingungen in Neufeld, was das Nahrungsangebot und die Struktur des Bruthabitats betrifft, überregional herausragend gewesen sein. Zum einen spielte wahrscheinlich das vergleichsweise hohe Vorland, das relativ große Sicherheit vor Überflutung bietet, und die durch intensive Beweidung kurze Vegetation eine bedeutende Rolle. Diese Parameter sind in der flächenhaften Ausdehnung bis heute im gesamten südlichen Wattenmeer nur im Neufelder Vorland vorzufinden. Als zweiter wichtiger Faktor musste sich gleichzeitig eine vorhandene Nahrungsquelle sprunghaft positiv entwickelt haben, denn sonst hätte sich der Koloniebestand kontinuierlicher aufgebaut. Die beweideten Salzwiesen bestanden ja schon längere Zeit vorher. Die Flusseeeschwalbenkolonie Neuwerks weist, zwar mit nur etwa einem Drittel des Bestandes im Vergleich zur Neufelder Kolonie, eine fast deckungsgleiche Entwicklung auf. Lediglich in der Periode des starken Anstiegs Neufelds zwischen 2004 und 2005 gab es parallel dazu einen Bestandseinbruch auf Neuwerk (Brutvogelndatenbank Verein Jordsand; Abb. 12). In einigen Jahren wurde sowohl auf Hallig Hooge/NF, als auch auf Neuwerk ein hoher Anteil von unbestimmten Rotfüßigen Seeschwalben in den Bruterfassungen geführt. Diese etwas ungenauen Zahlen wurden über Interpolation der Verhältnisse Küstenseeschwalben zu Flusseeeschwalben aus der Serie der Gesamtentwicklung korrigiert. Mit jährlichen Schwankungen ist der Bestandstrend auf Hooge zwischen 1985 und 2015 negativ.

Parallel zum Hochschnellen der Bestände der Neufelder Kolonie gab es auch bei der Brutkolonie am Banter See/WHV im inneren Jadebusen einen starken Anstieg mit der größten Zunahme der Brutpaarzahl ebenfalls im Jahr 2005 (SZOSTEK & BECKER 2012). Ebenfalls zur gleichen Zeit gab es im westlichen Wattenmeer (Niederlande) eine starke Verschiebung der Brutpopulation der Flusseeeschwalbe aus dem Wattenmeerbereich in die Bereiche des Ijsselmeers beziehungsweise des Deltagebiets (STIENEN et al. 2009).

Die Brutbestände des Wattenmeers und auch der sonstigen Nordsee hängen stark von den Herings- und Sprot-

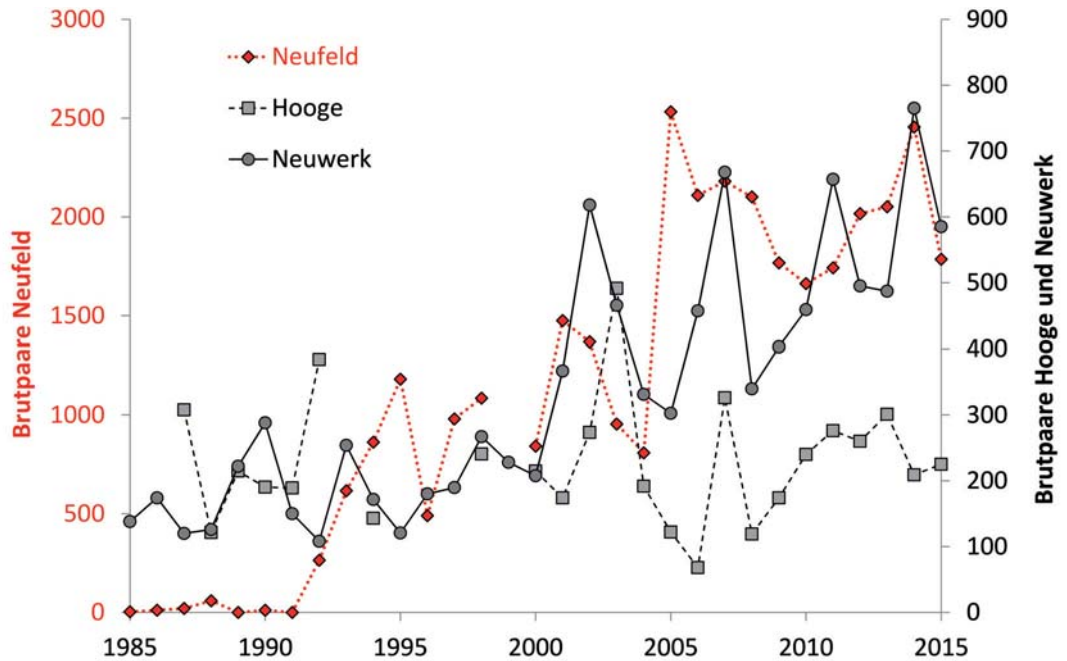


Abb. 12: Bestandsentwicklungen der Flusseeeschwalbenkolonien in Neufeld, Insel Neuwerk und auf Hallig Hooge. Beachte die unterschiedlichen Y-Achsen: die linke Y-Achse spiegelt die Kolonie Neufeld wider; die rechte Y-Achse ist um den Faktor 3 niedriger und repräsentiert die Bestände auf Neuwerk und Hooge.

Fig. 12: Population dynamics of the Common Tern breeding colonies in Neufeld, the island of Neuwerk (HH) and the island of Hooge. Mind the differences in Y-axis scaling: the left Y-axis shows the Neufeld colony data, the right Y-axis is reduced by factor 3 and gives the Neuwerk and Hooge numbers.

ten-Zyklen ab (DÄNHARDT & BECKER 2011b; JENNINGS et al. 2012). Eine einfache Erklärung für das sprunghafte Ansteigen der Neufelder Kolonie im Jahr 2005 kann nach wie vor nicht gegeben werden. Lediglich ein zentraler Einbruch der Nahrungsfische der Nordsee in der Periode von 1990 bis 2000, bei gleichzeitiger Erholung der Stintbestände in den Ästuarbereichen der großen Flüsse die in die Nordsee münden, kann eine solche zeitgleiche Verschiebung der Brutbestände von den Inseln und Halligen hin zu den Ästuarbereichen im westlichen und östlichen Wattenmeer erklären.

4.2 Brutphänologie und Bruterfolg

Die Flusseeeschwalben Neufelds beginnen mit ihren Bruten häufig erst in der zweiten Maihälfte. 2009 wurde das früheste Gelege schon am 08.05. gezeitigt, ein Jahr später erst am 26.05. (SCHIFFLER 2011). Mit dem 15.05. lag der Brutbeginn 2015 genau in der Mitte dieser für die Kolonie Neufeld typischen Spanne. Die zeitliche Legeverteilung zeigt ein linkssteiles Muster, 50 % der Bru-

ten werden in der Regel in nur einer, seltener in zwei Pentaden sehr synchron angefangen (SCHIFFLER 2011; FLIESSBACH 2015). Damit beginnen die Bruten in Neufeld in der Regel etwa 10-14 Tage später als in Nordfriesland (KRAUSE et al. 2010, FLIESSBACH 2015, KÜHN & HENNIG unveröffentlichte Daten im Rahmen des TMAP). Besonders stark war der Unterschied zur Brutkolonie am Banter See/WHV 2015, wo das erste Ei schon am 29.04.2015 gelegt wurde und erste Küken bereits am 19.05.2015 geschlüpft waren (www.lottiweb.de). Neuwerk lag mit dem Brutbeginn vom 12.05.2015 dazwischen (C. HIMMEL, Verein Jordsand, mündl. Mitteilung 2015). Noch auffälliger an der Brutphänologie Neufelds ist allerdings die außergewöhnliche zeitliche Ausdehnung der Brutzeit in den Sommer hinein. In den Jahren 2010 und 2013 erstreckte sich die Brutzeit mit erfolgreich ausfliegenden Jungen bis Ende August. Ende Juli schlüpfende Junge kamen in allen Jahren vor, ebenfalls ein einmaliges Phänomen. Auch 2015 schlüpfen junge Flusseeeschwalben noch Anfang August, wegen sehr starker Prädation durch den Fuchs wurde jedoch keines dieser Küken flügel. Es



Flusseeeschwalbengelege kurz vor dem Schlupf des ersten Kükens. Foto: P. REUFSTECK.

Clutch of Common Tern shortly before the first chick will hatch.

ist im Wattenmeerbereich keine andere Kolonie bekannt, die eine solch extrem verlängerte Brutzeit in den August hinein hat wie die Flusseeeschwalbenkolonie in Neufeld. Dass in der Neufelder Flusseeeschwalbenkolonie auch noch spät schlüpfende Küken flügge werden können, liegt sehr wahrscheinlich ausschließlich am konstant vorhandenen Nahrungsangebot (s.u.). Die Hauptverlustursachen Prädation und (Teil-)Landunter, wie sie in den meisten anderen Kolonien ebenfalls vorkommen, können in der Kolonie Neufeld teilweise durch sehr späte Ersatzbruten kompensiert werden, die durch das vorhandene Nahrungsangebot noch gute Chancen haben, flügge zu werden. Mehrere Legewellen tragen zu einer Stabilisierung der Kolonie bei.

In den meisten Jahren haben die Brutpaare der Neufelder Kolonie einen sehr hohen Schlupferfolg. In den vier Untersuchungsjahren 2009-2012 lag er zwischen 72 und 86 % der untersuchten Bruten (HENNIG in THORUP & KOFFIJBERG 2016). Die Verluste durch Prädation steigen erst am Ende der Brutphase an, wenn insbesondere Eier mit schon piepsenden Küken offensichtlich vom Fuchs zerbissen und oft liegen gelassen werden. Frühe Hochwässer können den Schlupferfolg ebenfalls stark reduzieren. Überflutungen können in der gesamten Brutzeit zwischen Mai und Ende August vorkommen. Bei dem Hochwasser am 08.07.2015 waren bei einem Pegel von

113 cm über dem mittleren Hochwasser 90 % der Kolonie überflutet (GRIEGER et al. 2015). Ab einem Wasserstand von etwa 70 cm über dem normalen Hochwasser können erste Gelege in niedrigeren Bereichen des Koloniestandorts verloren gehen. Zumeist liegen bei Landunterereignissen Wetterlagen mit Hauptwindrichtungen aus NW vor. Für Cuxhaven kommt der Wind über das Jahr hinweg im Mittel aus westlichen Richtungen. In den Monaten Mai und Juli liegen dagegen häufig NW-Windwetterlagen vor (https://de.windfinder.com/windstatistics/duhnen?fspot=cuxhaven_sahlenburg).

Der Bruterfolg kann in manchen Jahren, in denen keine außergewöhnliche Prädation durch Raubsäuger und kein Landunter auftreten, ebenfalls hoch ausfallen. So wurden 2014 auf der Probefläche ($n = 174$ Brutpaare) trotz eines Teillandunters 1,09 Junge/Pair festgestellt. Auch wenn dieser Wert nicht auf alle 2.455 Brutpaare übertragen werden darf, da sich außerhalb der Probefläche Prädations- und Überflutungsraten lokal unterscheiden können, dürfte das Jahr 2014 eines mit dem größten Bruterfolg der ganzen letzten Jahre darstellen (V. HENNIG unveröffentlichte Daten TMAP). Über 1.500 in der gesamten Kolonie 2014 gezählte flügge Flusseeeschwalben lassen einen Bruterfolg von mindestens 0,61 Jungen/Pair annehmen.

Der Bruterfolg im Jadebusen (Banter See/WHV) schwankt zwischen $0,46 \pm 0,09$ flüggen Jungvögeln/Paar und $1,37 \pm 0,19$ Jungvögeln /Paar (SZOSTEK & BECKER 2012). Der mittlere Bruterfolg der Jahre ab 2009 Jahre ist für das Wattenmeer mit $0,41$ flüggen Jungen pro Paar beschrieben, dabei liegen die mittleren Werte in Niedersachsen bei $0,83$, in Schleswig-Holstein bei $0,41$ und in den Niederlanden bei $0,45$ Jungvögeln/Paar (KOFFIJBERG et al. 2015a).

Der hohe Bruterfolg in Niedersachsen ist durch den Bruterfolg der Kolonie am Banter See/WHV beeinflusst. Dort hatten die Flusseeeschwalben auf dem vor Prädation und Hochwasser geschützten Brutfluss mit $1,13$ Jungvögeln/Paar den höchsten Bruterfolg (THORUP & KOFFIJBERG 2016).

4.3 Nahrungsbeobachtungen

Flusseeeschwalben haben im Vergleich zu Küstenseeschwalben einen geringeren Anteil an krebsartigen Tieren im Beutespektrum. Die selektierten Fische sind in der Regel größer als die von den Küstenseeschwalben erjagten Tiere. Normalerweise werden opportunistisch die in der Nähe am häufigsten und in der notwendigen Größe vorkommenden Fischarten gewählt. Das Spektrum an gewählten Fischarten kann lokal stark differieren (GLUTZ VON BLOTZHEIM 1999a). Diese grundlegenden Befunde werden durch die vorliegende und andere aktuelle Untersuchungen im Wattenmeer bestätigt (KRAUSE 2011; TILSE 2016; HOPPENHÖFT 2015). In einer vergleichenden Arbeit beschreiben BECKER et al. (1987), dass im Nahrungsspektrum der Flusseeeschwalbe im Wattenmeer Heringsartige, Plattfische oder Krebse dominieren, an der Festlandsküste Stichlinge aus Binnengewässern. Es zeigten sich Unterschiede von innerem Jadebusen (Gebiete Banter See/WHV und Augustgroden/BRA) gegenüber äußerem Jadebusen (Minsener Olde Oog/FRI). Aus einem noch früheren Zeitraum beschreibt COMES (1978) für Neuwerk die Nahrungswahl der Flusseeeschwalbe sortiert nach der Häufigkeit: Heringsartige, Sandaale und Plattfische, Nordseegarnelen (*Crangon crangon*), Stichlinge, Seenadeln und Grundeln, Steinpicker (*Ago-nus cataphractus*) und Schwimmkrabben (*Liocarcinus holsatus*).

Wie die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, ist die Nahrungswahl der Neufelder Kolonie mit keiner anderen Kolonie im Wattenmeer vergleichbar. Über 98 % der Beuteorganismen bestand 2015 aus diesjährigen und vorjährigen Stinten (MENDEL 2016). Bei zufälligen Nahrungsbeobachtungen konnte dies schon in den Jahren

2009-2014 beobachten werden (V. HENNIG, unveröffentl. Beobachtungen). 2015 ist daher kein Ausnahmejahr, sondern entspricht den Vorjahren. Lediglich in den Jahren 2010 und 2012 wurden in den Balzperioden Ende April/Anfang Mai Anteile von bis zu 40 % Heringen festgestellt. Diese reduzierten sich jeweils bis zum Schlüpfen der Jungen stark und auch in diesen Jahren wurde später fast nur Stint an die Küken verfüttert.

Die Größe der eingetragenen Stinte variierte deutlich zwischen den unterschiedlichen Untersuchungsperioden 2015. In Periode 1 (Mitte Juni) wurden schon kleine Fische für Küken, gleichzeitig aber auch Beutefische für den Partner eingebracht (Mittelwert $7,5$ cm). In der zweiten Periode, Ende Juni, war das Gros der Küken geschlüpft und die Beutegröße sank auf mittlere $6,8$ cm ab. In der 3. und 4. Periode (1. Julihälfte) wurden zunehmend größere Fischchen gewählt. Mit über 8 cm Beutegröße waren zahlreiche vorjährige Stinte im ausgewählten Beutespektrum vorhanden. Nach der 4. Periode war mit dem Landunter ein komplettes „Reset“ festzustellen. Kein Küken aus der Probefläche hatte das Landunter überlebt, lediglich in dem höchsten Teil der Neufelder Kolonie konnten $240-260$ Küken noch beobachtet werden. Mit neu geschlüpften Küken in Periode 5 (um den 10. August) sank die gewählte Beutegröße entsprechend wieder ab. Wie in Abb. 10 zu erkennen ist, konnten die Flusseeeschwalben zumindest in den vier Untersuchungsperioden 1, 2, 4 und 5, in denen Nahrungsbeobachtungen und Fischfangdaten vorliegen, jeweils aus einer Spannweite von ca. $4,5$ cm bis 15 cm langen Jungstinten ein gleich großes Beutespektrum auswählen. Die Wahl der Beutegröße wurde jedoch selektiv an das Alter der Küken angepasst.

Die Stichprobenzahl der Sichtbeobachtungen von Beuteobjekten auf Neuwerk ist wegen des frühen Brutabbruchs sowohl von Küsten- als auch Flusseeeschwalben sehr niedrig. Beide Arten hatten 2015 keinen Reproduktionserfolg im Untersuchungsbereich des nördlichen Vorlands. Auffällig war hier jedoch, dass neben dem Stint in ähnlichem Umfang auch Heringsartige genutzt wurden, was nahelegt, dass die Nahrungsbedingungen auf Neuwerk anders waren als in Neufeld. Möglicherweise erreichen die jungen Stinte der Elbe die Wattbereiche Neuwerks nicht, da die Hauptströmungsrichtung in der südöstlichen Nordsee gegen den Uhrzeigersinn verläuft und die Jungfische der Elbe vermutlich eher nach Norden treibt (BSH: <http://www.bsh.de/akt-dat/modell/stroemungen/>). So liegt die Vermutung nahe, dass die verfütterten Stinte auf Neuwerk eher aus der Laichpopulation der Weser stammen.

Eine schlüssige Erklärung für die vollständige Aufgabe der Brutpaare auf Neuwerk/HH lag auch dem betreuenden Verband (VEREIN JORDSAND e.V.), der dort die Bruterfassungen durchführt, nicht vor. Die geringe Stichprobe der Nahrungsorganismen lässt keine weitreichenden Folgerungen zu, jedoch weist der Anteil von 5,8 % Krebsartigen in der Nahrung auf ein Fehlen qualitativ hochwertiger Nahrung hin. Krebsartige werden von den adulten Flusseeeschwalben eher als Eigennahrung verwendet und nicht zur Kükenfütterung in die Kolonie eingetragen. DÄNHARDT et al. (2011) werten das Verfüttern solch minderwertiger Nahrung an die Küken als Indiz für den Mangel in der Verfügbarkeit besserer Nahrung.

Fast die Hälfte (45,3 %) der Jagdereignisse wurden bei ablaufendem Wasser beobachtet. Dies entspricht den Beobachtungen von FRESEMANN (2008) und KRAUSE (2011). Dagegen hatten SCHWEMMER et al. (2009) die Hauptaktivität der Jagd von Küstenseeschwalben am Eidersperrwerk zu Hochwasser festgestellt. Am Eidersperrwerk liegen jedoch besondere Verhältnisse vor, die mit anderen Fangumständen im Wattenmeer schwer verglichen werden können. Die Seeschwalben jagen am Eidersperrwerk in tiefem Wasser, wo durch die extrem starke Strömung durch das Sperrwerk die Fische in der Hauptströmungsphase an die Oberfläche gewirbelt werden. BECKER et al. (1993a) stellten bei telemetrischen Untersuchungen fest, dass sich der Zeitpunkt der Jagd im Verhältnis zur Tide von Gebiet zu Gebiet stark unterscheidet.

SCHWEMMER et al. (2009) werteten systematische Erfassungen von Seevögeln vom Schiff an der gesamten schleswig-holsteinischen Westküste von den Jahren 2002 bis 2006 aus. Seeschwalben jagten dabei in der Brutzeit bevorzugt in der Nähe der Brutkolonien. Auch im Elbmündungsbereich, in der Nähe der Neufelder Kolonie konnte eine Häufung von Beobachtungen festgestellt werden. In der Arbeit wird allerdings nicht zwischen Fluss- und Küstenseeschwalben unterschieden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass es sich bei dem Gros der Sichtungen um Flusseeeschwalben handelte, denn die nächste größere Küstenseeschwalbenkolonie befand sich im Untersuchungszeitraum bei Neuwerk im Hamburger Wattenmeer. Bei SCHWEMMER et al. (2009) wurde eine Koloniegröße von 1.475 Flusseeeschwalben im Neufelder Vorland angenommen, das ist die Koloniegröße aus dem Jahr 2001, die damals noch deutlich niedriger lag als heute. Dichten von jagenden Seeschwalben mit mehr als einer Seeschwalbe pro Quadratkilometer wurden an 5 Rasterpunkten im Elbtrichter festge-

stellt. Dies sind zwei Standorte im Hauptfahrwasser der Elbe nördlich von Otterndorf/CUX, ein Standort an der Hauptfahrwasserkante südlich der Brutkolonie, ein Standort in der Medemrinne und ein Standort am Neufelder Sand. Das Prielsystem (süd-)westlich der Brutkolonie (siehe Abb. 2) konnte mit dem zur Untersuchung genutzten Schiff „Elbsande“ wegen des zu großen Tiefgangs nicht befahren werden, damit fehlen alle Sichtungen in den Flachwasserbereichen (P. SCHWEMMER, mündl. Mitteilung). Somit konnte einer der aktuellen Hauptjagdbereiche, das flache Prielsystem westlich der Kolonie, damals nicht erfasst werden. Eine zeitliche Differenzierung innerhalb der Brutzeit wurde nicht gemacht. Jedoch konnten SCHWEMMER et al. (2009) aus der Gesamtheit aller Beobachtungen signifikante positive Zusammenhänge zwischen jagenden Seeschwalbendichten mit Bereichen starker Strömung in Bereichen mit einer Wassertiefe von 15-20 Metern sowie eine negative Korrelation mit der Distanz zur nächsten Brutkolonie feststellen.

SAFINA & BURGER (1985) stellten zwar eine Häufung jagernder Flusseeeschwalben in Bereichen hoher Beutefischdichte fest, konnten aber keine direkte Korrelation der absoluten Dichteverteilung der Beutefische mit den Jagdbereichen der Seeschwalben feststellen. Es zeigte sich jedoch eine Abhängigkeit von der Wassertiefe und dem Vorkommen der gewählten Beutefische. Nur oberflächennah verfügbare Beute wurde genutzt, da die Seeschwalben nur eine geringe Eintauchtiefe beim Stoßtauchen haben. Dies entspricht den Beobachtungen von DÄNHARDT & BECKER (2011a)

KRAUSE (2011) beschreibt ausführlich, dass sich bei Flusseeeschwalben selbst innerhalb eines Brutstandortes, der Hallig Hooge/NF, die Nahrungswahl zwischen den Teilkolonien unterscheidet. Bei Teilkolonien nahe von Prielen auf der Hallig selbst dominierten gefangene Stichlinge, bei Teilkolonien näher zur Wattkante (insbesondere zum Rummeloch) hin, überwogen Heringe im Nahrungsspektrum. So versuchen Flusseeeschwalben offensichtlich, energieaufwändige Flugdistanzen zu minimieren, auch wenn sie Jagdflüge mit großen Distanzen zurücklegen können. Bei BECKER et al. (1993a) lag der mittlere Jagdradius von 91 gemessenen Jagdflügen in einer Distanz von $6,3 \pm 2,4$ km. Da Seeschwalben keinen Kropf zum Transport der Beutefische nutzen können, muss jeder Fisch einzeln im Schnabel in die Kolonie getragen werden. Dies ist bei starkem Wind energieaufwändig und birgt die Gefahr des Kleptoparasitismus durch andere Seevogelarten (RATCLIFFE et al. 1997). Die Nähe der im Wesentlichen genutzten und offensichtlich

ergiebigen Nahrungsprielen (Bereich zwischen 500 m und 5 km) ist ein entscheidendes Merkmal der außergewöhnlichen Brutkolonie im Neufelder Vorland/HEI. Sie erlaubt es den Flusseeeschwalben, in unmittelbarer Nähe zur Brutkolonie erfolgreich auf Nahrungssuche zu gehen und somit die eigenen Risiken und Anstrengungen weiter Flugstrecken zu minimieren und die Aufenthaltsdauer in der Kolonie zum Schutz der Küken zu maximieren.

4.4 Fischbestände

Die besondere Rolle des Stints als Nahrungsfisch in der Nestlingsphase junger Flusseeeschwalben der Neufelder Kolonie wurde schon bald nach Beginn des Bruterfolgsmonitorings erkannt (SCHIFFLER et al. 2010). 2014 wurde daher mit einer systematischen Erfassung der Jungfische vor der Kolonie begonnen, um die Jungfischgemeinschaft in ihrer Zusammensetzung zu beschreiben (GRAUMANN 2015). Schon bei den Fängen 2014 zeigte sich eine monotypische Dominanz des Stints. Der Anteil einjähriger Stinte war jedoch höher als bei den Fängen 2015, in denen diesjährige Stinte die Fänge dominierten (HEINING 2015).

Stinte wandern zum Laichen die Flüsse hinauf und laichen in beruhigten Flachwasserbereichen oberhalb des Salzwassereinflusses im Frühjahr ab. Für die Elbe galt der März als Hauptablaichphase (LILLELUND 1965). Während der milden Winter nach 2012 waren jedoch schon ab Dezember/Januar laichbereite Stinte am wichtigen Abblaiplatz östlich von Hamburg bei Hoopete/WL festzustellen. Das Jahr 2014 war eines der ertragreichsten Stintjahre für die Fischer, schon Anfang März wurde die Fischerei auf den Stint eingestellt, da die Zielerträge erreicht wurden (W. GRUBE, mündliche Mitteilung 2015). Nach 20-35 Tagen schlüpfen die Larven aus den befruchteten Eiern und ernähren sich vorwiegend von Kleinkrebsen des Planktons (SCHULTZ 2007). Der calanoide Copepode *Eurytemora affinis* ist dabei Hauptnahrung der frisch geschlüpften Stinte (THIEL 2001; SCHULTZ 2007). Die Larven driften in ihrer Entwicklung zum Jungfisch langsam Richtung Ästuarmündung. An 11 Stationen zwischen Neßsand (Elbkilometer 638) und Medem-Reede (Elbkilometer 716) untersuchte WUNSCH (2013) das Verteilungsmuster der Jungstinte in der Zeit von Mai 2009 bis Mitte Juni 2010. Im Juni 2009 wurde die höchste Stintlarvenabundanz bei Ebbe an der Station Schwarztonnen-sand, bei Flut in der Hahnöfer Nebelbe festgelegt. Die geringste Larvenzahl wurde jeweils bei der Station Medem-Reede festgestellt. Dies deckt sich mit unseren Ergebnissen 2014 und 2015, nach denen die diesjährigen

Stinte erst Anfang/Mitte Juni in den Prielen vor der Flusseeeschwalbenkolonie erscheinen. Nach MÖLLER & DIEKWISCH (1991) tauchten diesjährige Stinte erst im Juni kurz vor Brunsbüttel/HEI auf. Nach EHRENBAUM (1894) erreichten diesjährigen Stinte in der Elbe im Juli eine Länge von 23 mm, im August von 30-40 mm. SEPULVEDA (1994) untersuchte das Wachstum von Stintlarven, die im April und Mai 1993 zwischen Hahnöfer Nebelbe und Mühlenberger Loch gefangen wurden. Eine große Anzahl von Larven sind demnach in der Zeit vom 07.04. bis Ende April geschlüpft. In der vorliegenden Untersuchung erreichten diesjährige Stinte in den Prielen NeufeldsI schon am 09.06.2015 eine Maximallänge von 46 mm, Anfang August waren die Jungfische im Mittel schon 47,9 mm, maximal sogar 67 mm groß (Tab. 6). Sie müssen daher früher geschlüpft sein als Anfang April. Zwar gibt es eine temperaturabhängige kumulative Wachstumsrate des Stints, die aber mit höherer Wassertemperatur die großen Jungfische im Bereich Neufeld allein nicht durch höheres Wachstum erklären kann (POWER & ATTRILL 2007). Eine in Jahren mit warmen Wintern deutlich verfrühte Laichphänologie in der Elbe und eine dadurch längere Wachstumsphase wäre hingegen eine Erklärung. Die Flusseeeschwalben Neufelds beginnen von allen bekannten Populationen im Wattenmeer am spätesten mit der Brut, obwohl sie zeitgleich mit den Tieren anderer Kolonien den Brutstandort NeufeldI erreichen. Das frühere Laichen der Stinte in den letzten Jahren und die Ankunft schon relativ großer Jungstinte Anfang Juni im Prielsystem vor Neufeld scheint dem Brutzeitrhythmus dieser Seeschwalbenkolonie sehr entgegen zu kommen.

Schon beim ersten Fischfang in Neufeld am 09.06.2015 dominierten diesjährige Stinte in den Prielen die Fischgemeinschaft. In den Fängen der Perioden 2,4 und 5 (2015) waren diesjährige Stinte, die zwischen Ende Juni und Mitte August nur ein langsames mittleres Wachstum von 35,5 mm auf 48,7 mm zeigten, am häufigsten. Von den Seeschwalben wurden erstaunlicherweise selektiv mittlere Beutegrößen gewählt, die in den Netzfängen nur wenig vertreten waren. Während in Kolonien, in denen der Hering als Beutetier dominiert, ein Zeitdruck auf den Seeschwalben lastet, weil die Beute mit einer idealen Größe für die Küken durch das rasche Wachstum schnell selten wird, haben die Neufelder Flusseeeschwalben bis in den August hinein die freie Auswahl an kleinen Beutetieren. Das Verteilungsmuster junger Stinte im Juni zwischen Hamburg und der Medem-Rinne, mit einem Schwerpunkt im Bereich zwischen Mühlenberger Loch und Wedel lassen ahnen, dass bis Ende der Brutzeit ein Nachschub an Jungfischen aus der Elbe vorhanden ist



Flusseeschwalbenküken kurz nach dem Schlüpfen, der Eizahn ist noch erkennbar. Foto: P. REUFSTECK.

Chicks of Common Tern shortly after hatching with egg tooth still visible.

(WUNSCH 2013). Dies ist offensichtlich das Geheimnis der einzigartig verlängerten Brutphase der Neufelder Seeschwalben bis in den August hinein.

Eine geschlossene, direkt vergleichbare Zeitreihe der Entwicklung der Stintpopulation der Unteren Elbe liegt publiziert nicht vor. Die Erholung der Stintbestände wird jedoch in den Erfassungsserien zwischen der Elbmündung und Hamburg deutlich. MÖLLER & DIEKWISCH (1991) wiesen in der Zeit von 1985–1986 nur in 59 % aller Proben Stinte nach. Von 1989 bis Dezember 1992 hatten THIEL et al. (1995) in fast 100 % aller Fänge der Stationen zwischen Medemsand und dem Mühlenberger Loch Stinte. Bei THIEL & POTTER (2001) stieg bei Untersuchungen zwischen 1989 und 1993 der Anteil von Stinten pro Fang bei der Station A (Medemsand) von 50,9 % auf einen Anteil von 98,5 % bei den Fängen bei Station E (zwischen den Mündungen von Lühe und Schwinge) elbaufwärts an. Mit der höchsten Dominanz gegenüber anderen Fischarten wurde der Stint in den Untersuchungen von EICK & THIEL (2014) bei der gleichen Abfolge der Stationen zwischen Medemrinne und Neßsand festgestellt.

Nach THIEL & THIEL (2015) hat sich der Stintbestand offensichtlich kurzfristig gut erholt, nachdem er in den 1970/80er Jahren nur noch in geringen Beständen in der

Elbe vorkam. Somit kann das Anwachsen der Flusseeeschwalbenkolonie Neufelds in den letzten 20 Jahren grundsätzlich mit einer Erholung des Stints erklärt werden. Allerdings erwarten THIEL & THIEL (2015) auf lange Sicht wieder zurückgehende Bestände des Stints, was möglicherweise negative Folgen für die Neufelder Flusseeeschwalbenkolonie haben könnte.

4.5 Ausblick

Der Stint, eine Schlüsselart in der Elbe

Nach PETERS (1933) war zu Beginn des letzten Jahrhunderts der Stint für im Herbst an der Elbe durchziehende Flusseeeschwalben und Trauerseeschwalben die fast ausschließliche Hauptnahrung. PETERS (1933) berichtete von „Tausenden“ von Seeschwalben. Insofern kann man die Ernährung der Flusseeeschwalben Neufelds als eine Rückbesinnung auf eine schon früher intensiv genutzte Ressource sehen. Vermutlich ist der Stint auch für Zander (*Sander lucioperca*) und andere Raubfische, sowie für den auch saisonal in den letzten Jahren im Frühjahr wieder in die Elbe einschwimmenden Schweinswal (*Phocoena phocoena*) (D. WENGER, unveröffentlicht) eine ökologische Schlüsselart. Die Abhängigkeit von einer einzigen Beutetierart, macht die Flusseeeschwalbenkolonie Neufelds auch extrem stark abhängig von deren

Populationsschwankungen und -trends. Auch wenn der Stint nicht in einer Roten Liste als gefährdet geführt wird, sollte er als Schlüsselart für weitere Arten umfangreich geschützt werden.

Schadstoffbelastung

Die Untersuchung von Flusseeeschwalbeneiern im Rahmen von Schadstoffmonitoringprogrammen wurde schon in den 1980er Jahren begonnen (BECKER 1989). Die Schadstoffanalytik bei Flusseeeschwalbe und Austernfischer (*Haematopus ostralegus*) wurde in Folge davon als ein Parameter des –TMAP aufgenommen (BECKER & CIFUENTES 2004). Im aktuellen Bericht über die Schadstoffbelastung stechen die Seeschwalben Neufelds mit hohen Belastungswerten der Eier aus allen Wattenmeerkolonien heraus (DITTMANN et al. 2011). Für Hexachlorbenzol (HCB) wurde im Untersuchungsjahr 2010 der mit Abstand höchste Wert in den Eiern Neufelds, mit einem sogar noch zunehmenden Trend 2008-2010 nachgewiesen. Bei Quecksilber (Hg) erreichte die Kolonie ebenfalls die höchste Belastung. Besonders bei diesem Schadstoff fällt auf, dass Eier der Stationen westlich der Elbmündung (Niederlande und Niedersachsen) noch sehr niedrige Werte aufweisen. In Neufeld liegen die Gehalte von Quecksilber in den Eiern gegenüber diesen Stationen dreimal höher, um dann in der Hauptström-

mungsrichtung über die Probestandorte Trischen/HEI, Hallig Hooge/NF bis nach Langli (DK) langsam wieder abzunehmen. Auch DDT erreicht den mit großem Abstand höchsten Wert aller Wattenmeerprobestandorte in Neufeld.

Die Schlupferfolge der Flusseeeschwalben Neufelds liegen im Rahmen anderer Flusseeeschwalbenkolonien, ein negativer Einfluss durch die toxikologische Belastung kann daher aktuell nicht gefolgert werden. BECKER et al (1993b) berichten allerdings für das Jahr 1993 über einen reduzierten Schlupferfolg der Flusseeeschwalben von 6-8 % am Hullen/STD (Untereibe, 6 km südlich Neufeld) als Folge hoher Schadstoffbelastungen.

Mit dem Wissen um die monotypische Ernährung der Flusseeeschwalben Neufelds durch den Fang von Stinten sind die hohen toxikologischen Belastungswerte jedoch in anderer Hinsicht besonders zu bewerten. Unter der Annahme, dass die Flusseeeschwalben unterschiedlicher Kolonien des Wattenmeeres, auf dem Zug und im Überwinterungsgebiet eine ähnlich belastete Nahrung aufnehmen, reicht offensichtlich der eine Monat zwischen der Ankunft im Brutgebiet und der Eiablage, um eine solch hohe Belastung zu erreichen. Die Anreicherung mit Schadstoffen kann demnach ausschließlich über einjährige Elbstinte von Mitte April bis Mitte Mai innerhalb von



Adulte Flusseeeschwalbe als Prädationsopfer durch Mink. Foto: P. REUFSTECK.

Adult Common Tern as predation victim of European Mink.

4-5 Wochen erfolgen. Ein bedrohlicher Fingerzeig nicht nur auf die hohe Belastung festliegender Schlämme und Sedimente, sondern auch einer nach wie vor einer hohen Rate gelöster Schadstoffe im Wasserkörper.

Die Flusseeeschwalbe als „Gastgeber“

Mit unter 50 Paaren ist der Bestand der Lachseeeschwalbe auf weniger als 10 % der ehemaligen cimbrischen Population geschrumpft (MAUSCHERNING et al. 2011, 2014). Diese Art sucht zum Schutz vor Prädatoren den Brutstandort obligatorisch innerhalb großer Kolonien anderer Seevögel, vor allem von Lachmöwen und Flusseeeschwalben (GLUTZ VON BLOTZHEIM 1999B, MØLLER 1982, SEARS 1978). Auch für das Vorkommen der Lachseeeschwalbe im Wattenmeer ist der Bestand der Neufelder Flusseeeschwalbenkolonie somit existentiell.

Zukünftige Bedrohungen

Der Anstieg des Meeresspiegels ist ein potenziell bedrohlicher Aspekt für viele Brutvogelarten des Wattenmeers (VAN DE POL et al. 2010). Auch wenn die hohen Sedimentationsraten in der Elbmündung ein vertikales Mitwachsen der Salzwiesen vermuten lassen, sind schon jetzt einzelne Spitzentiden neben einer hohen Prädation Hauptursache für Verluste (Tab. 2). Im Rahmen der geplanten Fahrinnenanpassung der Elbe bis Hamburg sollen die Medemrinne und der Neufelder Sand mit Baggergut teilweise verfüllt werden (Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg - Hamburg Port Authority 2006). Das Wissen um die Hauptjagdgebiete der Flusseeeschwalben Neufelds genau in diesen Bereichen lässt die Sorge um einen negativen Einfluss der Baumaßnahmen aufkommen. Vor allem indirekte Effekte der Maßnahmen, beispielsweise durch Erhöhung einzelner Spitzentiden bei Nordwestwindlagen oder Änderungen im Sedimentregime mit negativen Folgen auf die Beutefische können schwer abgeschätzt werden. In der Literatur liegen keine vergleichbaren Untersuchungen zu den Folgen eines so groß dimensionierten Bauwerks auf die Fischfauna in einem Wattstrom vor.

5 Summary: Common Terns (*Sterna hirundo*) and Smelts (*Osmerus eperlanus*) in the estuary of the Elbe river at Neufeld - A unique population development and feeding ecology of Germans largest Common Tern colony.

With a maximum of 2,532 breeding pairs (in 2005), the Common Tern (*Sterna hirundo*) colony of Neufeld (Dithmarschen, Schleswig-Holstein) has recently been

considered as the largest Central European breeding colony. Numbers of breeding pairs fluctuate annually by up to 580 pairs. Yet, the population currently remains stable at a high level whereas everywhere else in the Wadden Sea numbers are declining.

The Neufeld colony is not only distinctive in its size but also the behavior of the Common Terns themselves is uncharacteristic. While this species is known for its long prospecting phase as immatures as well as their site fidelity as adults, the Neufeld colony has faced a sudden increase by more than 1,700 pairs in only one year from 2004 to 2005. The origin of these immigrants has so far remained unknown.

In 2015 diet of the Common Terns consisted of 98.2% hatch-year and one-year old Smelt (*Osmerus eperlanus*). The prey was caught in the immediate vicinity of the colony, in a widely branching system of tidal channels and gullies that are connected to the Medemrinne, a main branch of the river Elbe in the outer Elbe estuary.

The positive trend of the Neufeld Common Tern breeding population is unique for the Wadden Sea and likely to be driven by two factors: the recovery of the Smelt population of the river Elbe after a population low in the 1970s and 1980s, and optimal nesting conditions in the short vegetation of the intensively grazed saltmarshes which, in turn, are as high as 1 m and more above mean high tide, protecting the colony from frequent flooding.

However, the colony is threatened by predation (mainly fox, mink and stoat), and by extreme high tide events. When at least parts of the colony are flooded, both factors have reduced breeding success considerably in recent years. Yet, prey (Smelt) is highly abundant until the end of August in size classes suitable for feeding chicks. a phenomenon that consistently allows for chicks to fledge even as late as mid to late August. This is unknown from any other Common Tern or even any other breeding bird colony in the North Sea, and a unique chance to at least partially compensate for losses due to predation and flooding earlier in the season.

Residue analyses of environmental pollutants of Common Tern eggs of the Neufeld colony show the highest values of all studied areas in the North Sea for HCB, Hg and DDT even in 2015. Contaminations are likely to be accumulated via the single prey organism of the Common Tern, the Smelt of the river Elbe.

6 Danksagung

Wir danken: Bernd HÄLTERLEIN (Nationalparkverwaltung, Tönning/NF) für die gute Zusammenarbeit; Thomas GRÜNKORN für die kontinuierlichen und guten Bestandserfassungen im Rahmen des Trilateralen Monitoring- und Bewertungsprogramms für das Wattenmeer (TMAP); den Mitarbeitern des Betriebshofes des Landesbetriebs für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz im Kaiser-Wilhelm-Koog/HEI, insbesondere Andreas KATH, für die konstruktive Unterstützung von Maßnahmen und Untersuchungen; der Schäferei Torsten und Reimer BÄHRS für die unkomplizierten Absprachen; allen Helfern bei Zählungen und Erfassungen.

7 Literaturverzeichnis

- ALBERS, T. 2012. Messung und Analyse morphologischer Änderungen von Ästuarwatten. Untersuchungen im Neufelder Watt in der Elbmündung. Techn. Univ., Institut für Wasserbau, Dissertation.—Hamburg-Harburg, 2012. Hamburg: TuTech-Verl. (Hamburger Wasserbau-Schriften, 15).
- BECKER, P. H. 1989. Seabirds as monitor organisms of contaminants along the German North Sea coast. In: Helgoländer Meeresuntersuchungen 43 (3-4), S. 395–403.
- BECKER, P. H. & J. M. CIFUENTES. 2004. Contaminants in bird eggs. In: Wadden Sea Quality Status Report, S. 123–134.
- BECKER, P. H. & M. ERDELEN. 1987 Die Bestandsentwicklung von Brutvögeln der deutschen Nordseeküste 1950–1979. J. Orn 128 (1), 1–32.
- BECKER, P. H. & M. WINKE. 2002. Geschlechtsabhängige Größenunterschiede von Flüglingen der Flusseeeschwalbe (*Sterna hirundo*). J. Orn 143 (1): 51–56.
- BECKER, P. H., D. FRANK & S. R. SUDMANN. 1993a. Temporal and spatial pattern of common tern (*Sterna hirundo*) foraging in the Wadden Sea. Oecologia 93: 389–393.
- BECKER, P. H., D. FRANK & U. WALTER. 1987. Geographische und jährliche Variation der Ernährung der Flusseeeschwalbe (*Sterna hirundo*) an der Nordseeküste. J. Orn. 128: 457–475.
- BECKER, P. H., S. SCHUHMAN & C. KOEPFF. 1993b. Hatching failure in common terns (*Sterna hirundo*) in relation to environmental chemicals. Environmental Pollution 79 (3): 207–213.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. 2015. Species factsheet: *Sterna hirundo*. http://www.birdlife.org/datazone/userfiles/file/Species/erlob/supplementarypdfs/22694623_sterna_hirundo.pdf (07.04.2016)
- BRÄUER, U. 2012. Dynamik des Jungfischvorkommens über die Frühjahrsperiode im nordfriesischen Wattenmeer. Masterarbeit. Universität Hamburg, Fachbereich Biologie.
- COMES, P. 1978. Die ornitho-ökologischen Verhältnisse im Seevogelschutzgebiet Scharhörn und im Scharhörn-Neuwerk-Watt. (Eine Untersuchung im Zusammenhang mit der Planung des Tiefwasser- und Industriefafens bei Scharhörn). Unter Mitarbeit von F. GOETHE und H. ROHDE. Hamburg (Hamburger Küstenforschung, 38).
- DÄNHARDT, A. & P. H. BECKER. 2011a. Does small-scale vertical distribution of juvenile schooling fish affect prey availability to surface-feeding seabirds in the Wadden Sea? J. Sea Research 65 (2): 247–255.
- DÄNHARDT, A. & P. H. BECKER. 2011b. Herring and Sprat Abundance Indices Predict Chick Growth and Reproductive Performance of Common Terns Breeding in the Wadden Sea. Ecosystems 14 (5): 791–803.
- DÄNHARDT, A., T. FRESEMANN & P. H. BECKER (2011): To eat or to feed? Prey utilization of Common Terns *Sterna hirundo* in the Wadden Sea. J. Orn 152 (2): 347–357.
- DITTMANN, T. & P. H. BECKER. 2003. Sex, age, experience and condition as factors affecting arrival date in prospecting common terns, *Sterna hirundo*. Animal Behaviour 65 (5): 981–986.
- DITTMANN, T.; EZARD, T. H. & P. H. BECKER. 2007. Prospectors' colony attendance is sex-specific and increases future recruitment chances in a seabird. Behavioural Processes 76 (3): 198–205.
- DITTMANN, T., D. ZINSMEISTER & P. H. BECKER. 2005. Dispersal decisions. Common terns, *Sterna hirundo*, choose between colonies during prospecting. Animal Behaviour 70 (1): 13–20.
- DITTMANN, T., P. H. BECKER, J. BAKKER, A. BIGNERT, E. NYBERG, M. G. PEREIRA et al. 2011. The EcoQO on mercury and organohalogenes in coastal bird eggs: report on the pilot study 2008–2010. Research Institute for Nature and Forest. Brussels (INBO.R.2011.43)).
- EHRENBAUM, E. 1986. Beiträge zur Naturgeschichte der Elbfische. Wiss. Meeresunters. Helgoland.
- EICK, D. & R. THIEL. 2014. Fish assemblage patterns in the Elbe estuary. Guild composition, spatial and temporal structure, and influence of environmental factors. Mar. Biodiv. 44 (4): 559–580
- EZARD, T. H., P. H. BECKER & T. COULSON. 2006. The contributions of age and sex to variation in common tern population growth rate. J. Animal Ecol. 75 (6): 1379–1386.
- FLIESSBACH, K. 2015. Die Brutphänologie von Fluss- und Küstenseeschwalben (*Sterna hirundo* und *S. paradisaea*) in unterschiedlichen Nahrungsregimes im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Vergleich. Vergleich der Brutsaison 2014 auf Hallig Hooge, Hallig Südfall und im Vorland des Neufelder Koogs. Masterarbeit. Universität Hamburg, Fachbereich Biologie. Institut für Zoologie.
- FRESEMANN, T. 2008. Nahrungsgebiete, Jagderfolg und Nahrungswahl brütender Flusseeeschwalben (*Sterna hirundo*) auf Minsener Oog. Diplomarbeit. Fachhochschule Eberswalde. FB Landschaftsnutzung und Naturschutz.
- GEDEON, K., C. GRÜNEBERG, A. MITSCHKE, C. SUDFELDT, W. EIKHORST, S. FISCHER, M. FLADE, S. FRICK, I. GEIERSBERGER, B. KOOP, M. KRAMER, T. KRÜGER, N. ROTH, T. RYSLAVY, F. SCHLOTMANN, S. STÜBING, S. R. SUDMANN, R. STEFFENS, F. VÖKLER & K. WITT. 2014. Atlas Deutscher Brutvogelarten. Stiftung Vogelmonitoring Deutschland und Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster.

- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.). 1999a. Charadriiformes (3. Teil): Schnepfen-, Möwen- und Alkenvögel. Handbuch der Vögel Mitteleuropas. 2. Auflage. Wiesbaden/Wiebelsheim: Aula Verlag (Band 8/II).
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. (Hrsg.). 1999b. *Sterna nilotica* Gmelin 1789 - Lachseeeschwalbe. 2. Auflage. 14 Bände. Wiesbaden: Aula Verlag; GmbH (Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Band 8 (Teil 2) Charadriiformes 942-969).
- GRAUMANN, J. 2015. Vergleich von Jungfischgemeinschaften im norddeutschen Wattenmeer von Dithmarschen und Hallig Hooge. Masterarbeit. Universität Hamburg. Zoologisches Institut.
- GRIEGER, L., C. LIPKA & K. J. PAPKE. 2015. Sonderbericht zum Hochwasser 8.7. und 9.7.2015. Unveröff. Rundmail des Lachseeeschwalbenprojektes.
- GRÜNKORN, T. 2015. Bruterfassungen im Auftrag der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein. Unveröffentlichte Datenreihe der Nationalparkverwaltung.
- HÄLTERLEIN, B. 1986. Laro-Limikolen-Brutbestände an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste 1983-1985. *Corax* 11: 332-398.
- HÄLTERLEIN, B., D. M. FLEET, R. HENNEBERG, T. MENNEBÄCK, L. M. RASMUSSEN, P. SÜDBECK, O. THORUP & R. VOGEL. 1995. Anleitungen zur Brutbestandsfassung von Küstenvögeln im Wattenmeerbereich. Seevögel 16: 3-24.
- HARRIS, M. P. 1964. Aspects of breeding biology of the gulls. *Ibis* 106(4): S. 432-456.
- HEINIG, R. 2016. Phänologie von Jungfischen des Stints (*Osmerus eperlanus* L.) im Elbeästuar am Neufelder Koog. Bachelor-Thesis. Universität Hamburg, Hamburg. Institut für Zoologie.
- HOPPENHÖFT, G. I. 2015. Nahrungszusammensetzung der Fluss- und Küstenseeschwalbe (*Sterna hirundo* & *Sterna paradisaea*) auf Hallig Norderoog. Bachelorarbeit Universität Hamburg, Fachbereich Biologie. Hamburg.
- HÖTKER, H., S. SCHRADER, P. SCHWEMMER, N. OBERDIEK & J. BLEW. 2010. Status, threats and conservation of birds in the German Wadden Sea. Hrsg. v. NABU-Bundesverband. Berlin. 112 S. https://www.nabu.de/downloads/NABU_Status_Report_Birds_WaddenSea.pdf
- HOYT, D. F. 1979. Practical Methods of Estimating Volume and Fresh Weight of Bird Eggs. *The Auk* 96(1): 73-77.
- JENNINGS, G., D. J. MCGLASHAN & R. W. FURNESS. 2012. Responses to changes in sprat abundance of common tern breeding numbers at 12 colonies in the Firth of Forth, east Scotland. *ICES Journal of Marine Science* 69 (4): 572-577.
- KOEMAN, J. H., J. VEEN, E. BROUWER, L. HUISMAN-DE BROUWER, & J. L. KOOLEN. 1968. Residues of chlorinated hydrocarbon insecticides in the North Sea environment. *Helgolander Wiss. Meeresunters* 17(1-4): 375-380.
- KOFFIJBERG, K.; S. SCHRADER & V. HENNIG. 2011. Monitoring Breeding Success of Coastal Breeding Birds in the Wadden Sea. Methodological Guidelines and Field Work Manual. Second Version. Joint Monitoring Group for Breeding Birds (JMBB).
- KOFFIJBERG, K., P. DE BOER, F. HUSTINGS, F.; A. VAN KLEUNEN, K. OSTERBEEK, & J. CREMER. 2015a. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2011-2013. Hg. v. IMARES Sovon Vogelonderzoek Nederland. Texel & WOT/Alterra, Wageningen (Sovon-rapport, 2015/61). https://www.wageningenur.nl/upload_mm/1/f/c/a9b395cf-8a4d-45f3-92a4-2e3cfef165d7_WOT-technical%20report%2051%20webversie.pdf
- KOFFIJBERG, K., K. LAURSEN, B. HÄLTERLEIN, G. REICHERT, J. FRIKKE & L. SOLDAAT 2015b. Trends of Breeding Birds in the Wadden Sea 1991 - 2013. Wadden Sea Ecosystem No. 35. Common Wadden Sea Secretariat, Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven, Germany. http://www.waddensea-secretariat.org/sites/default/files/downloads/breb_progress_report_2015.pdf
- KRAUSE, J. 2011. Brutphänologie, Bruterfolg und Nahrungsökologie rotfüßiger Seeschwalben (*Sterna hirundo* & *Sterna paradisaea*) auf Hallig Hooge 2010. Masterarbeit. Universität Hamburg. Zoologisches Institut.
- KRAUSE, J., F. RICHTER, P. REUFSTECK, F. STUMPE, M. VOIGT & V. HENNIG. 2010. Bruterfolg rotfüßiger Seeschwalben mit besonderem Hinblick auf die Nahrungsökologie im Nordfriesischen Wattenmeer. 8. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium. AG Seevogelschutz. Stralsund, 28.11.2010.
- LILLELUND, K. 1965. Weitere Untersuchungen über den Hermaphroditismus bei *Osmerus eperlanus* (L.) aus der Elbe. *Z. Morph. u. Okol. Tiere* 55 (4): 410-424.
- MARENCIC, H. 2009. The Wadden Sea - Introduction. Thematic Report No. 1. in: Quality Status Report 2009. Hrsg. v. Harald MARENCIC & J. DE VLAS. Common Wadden Sea Secretariat (CWSS). Wilhelmshaven, Germany (Wadden Sea Ecosystem, No. 25).
- MAUSCHERNING, I., K. GÜNTHER, B. HÄLTERLEIN, V. HENNIG, & M. RISCH. 2011. Lachseeeschwalben-Schutzprojekt Dithmarschen 2011. Jagd und Artenschutz, Jahresbericht 2011, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel: 94-97.
- MAUSCHERNING, I., M. RISCH, C. HERDEN, B. HÄLTERLEIN, H. FÖRSTER & K. GÜNTHER. 2014. Artenschutzprojekt für die Lachseeeschwalbe in Dithmarschen. J Jagd und Artenschutz, Jahresbericht 2014, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel: 75-79.
- MENDEL, L.-C. 2016. Nahrungsökologie von Flusseeeschwalben (*Sterna hirundo*) während der Brutzeit im Neufelderkoog 2015. Bachelor - Thesis. Universität Hamburg, Hamburg. Institut für Zoologie.
- MÖLLER, A. P. 1982. Coloniality and colony structure in Gull-billed Terns (*Gelochelidon nilotica*). *J. Orn.* 123(1): 41-53.
- MÖLLER, H. & B. DIECKWISCH. 1991. Larval fish production in the tidal River Elbe 1985-1986. *Journal of Fish Biology* 38 (6): 829-838.
- OPENSTREETMAP FOUNDATION (OSMF). 2016. Open Geo-Data - Open Street map. Open Data Commons Open Database

- Lizenz (ODbL). Online verfügbar unter <http://www.openstreetmap.org/>.
- PETERS, N. (1933): Über den Einfluß der Fischnahrung auf die Lebensgewohnheiten der Seeschwalben. Ornithologische Monatsberichte 41 (1): 5–13.
- POWER, M. & M. J. ATTRILL. 2007. Temperature-dependent temporal variation in the size and growth of Thames estuary smelt *Osmerus eperlanus*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 330: 213–222.
- RATCLIFFE, N., D. RICHARDSON, R. L. SCOTT, P. J. BOND, C. WESTLAKE & S. STENNETT. 1997. Host Selection, Attack Rates and Success Rates for Black-Headed Gull Kleptoparasitism of Terns. Colonial Waterbirds 20 (2): 227–234.
- REUFSTECK, P. 2004. Zeitliche und räumliche Brutphänologie koloniebrütender Seevogelarten auf Hallig Norderoog. Diplomarbeit. Universität Tübingen. Fakultät für Biologie.
- SAFINA, C. & J. BURGER. 1985. Common Tern Foraging: Seasonal Trends in Prey Fish Densities and Competition with Bluefish. Ecology 66 (5): 1457–1463.
- SCHIFFLER, M. 2011. Entwicklung und Dynamik der Flusseeeschwalben- (*Sterna hirundo*) Kolonie im Vorland des Neufelder Koogs im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Diplomarbeit. Universität Hamburg, Fachbereich Biologie. Zoologisches Institut.
- SCHIFFLER, M.; HÄLTERLEIN, B.; ERB, C. & V. HENNIG. 2010. Populationsentwicklung von Küsten- und Flusseeeschwalben (*Sterna paradisaea* und *Sterna hirundo*) im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer von 1980 bis heute. 8. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium. AG Seevogelschutz. Stralsund, 28.11.2010.
- SCHULTZ, S. 2007. Mageninhaltungsuntersuchungen an Larven von Stint (*Osmerus eperlanus* LINNAEUS 1758) und Finte (*Alosa fallax* LACÉPÈDE 1803). Diplomarbeit. Universität Hamburg, Hamburg.
- SCHULZ, H. 1947. Die Welt der Seevögel: ein Führer durch die Vogelbrutstätten der deutschen Küsten. A. Lettenbauer, Hamburg.
- SCHWEMMER, P., S. ADLER, N. GUSE & N. MARKONES. 2009. Influence of water flow velocity, water depth and colony distance on distribution and foraging patterns of terns in the Wadden Sea. Fisheries Oceanography 18 (3): 161–172.
- SEARS, H. F. 1978. Nesting Behavior of the Gull-Billed Tern. Bird-Banding 49 (1): 1–16.
- SEPULVEDA, A. 1994. Daily growth increments in the otoliths of European smelt *Osmerus eperlanus* larvae. Marine Ecology Progress Series 108 (1): 33–42.
- SMIT, C. J. 1981. Distribution, ecology and zoogeography of breeding birds on the Wadden Sea islands. Terrestrial and freshwater fauna of the Wadden Sea area. Report 10: 169–231.
- STIENEN, E. W., A. BRENNINKMEIJER & J. VAN DER WINDEN. 2009. De achteruitgang van de Visdief in de Nederlandse Waddenzee. Exodus of langzame teloorgang? Limosa 82: 171–186.
- SUDMANN, C., M. BOSCHERT & H. ZINTL. 2003. Hat die Flusseeeschwalbe (*Sterna hirundo*) an Flüssen noch eine Überlebenschance. Charadrius 39: 48–57.
- SÜDBECK, P., B. HÄLTERLEIN, W. KNIEF & U. KÖPPEN. 1998a. Bestandsentwicklung von Fluß-*Sterna hirundo* und Küstenseeschwalbe *S. paradisaea* an den deutschen Küsten. Vogelwelt 119: 147–163.
- SZOSTEK, K. L. & P. H. BECKER. 2012. Terns in trouble. Demographic consequences of low breeding success and recruitment on a common tern population in the German Wadden Sea. J. Orn. 153(2): 313–326
- THIEL, R. 2001. Spatial gradients of food consumption and production of juvenile fish in the lower River Elbe. Archiv für Hydrobiologie. Supplementband. Large rivers 12(2-4): 441–462.
- THIEL, R. & I. C. POTTER. 2001. The ichthyofaunal composition of the Elbe Estuary. An analysis in space and time. Marine biology 138(3): 603–616.
- THIEL, R. & R. THIEL. 2015. Atlas der Fische und Neunaugen Hamburgs. Hrsg.: Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt. Universität Hamburg. <http://www.hamburg.de/contentblob/4457730/data/download-fischgutachten-2015.pdf>
- THIEL, R., A. SEPULVEDA, R. KAFEMANN & W. NELLEN. 1995. Environmental factors as forces structuring the fish community of the Elbe Estuary. J Fish Biology 46(1): 47–69
- THORUP, O. & K. KOFFIJBERG. 2016. Breeding success in the Wadden Sea 2009–2012. Wadden Sea Ecosystem 36. Common Wadden Sea Secretariat (CWSS), Wilhelmshaven, Germany. Wilhelmshaven, http://www.waddensea-secretariat.org/WSE36-Breb_success.pdf.
- TILSE, E. 2016. Nahrungsbeobachtungen an Fluss- und Küstenseeschwalben (*Sterna hirundo* & *S. paradisaea*) auf Neuwerk während der Brutsaison 2015. Bachelor - Thesis. Universität Hamburg, Hamburg. Institut für Zoologie.
- VAN DE POL, M., B. J. ENS, D. HEG, L. BROUWER, J. KROL, M. MAIER, K.-M. EXO, K. OOSTERBEEK, T. LOK, C. M. EISING & K. KOFFIJBERG. 2010. Do changes in the frequency, magnitude and timing of extreme climatic events threaten the population viability of coastal birds? J. Applied Ecology 47 (4): 720–730.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT HAMBURG - HAMBURG PORT AUTHORITY (Hrsg.). 2006. Anpassung der Fahrinne von Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt. Gutachten zur ausbaubedingten Änderung von Hydrodynamik und Salztransport. Unter Mitarbeit von M. J. BOEHLICH, G. SEISS, H. WEILBEER, A. SOHRMANN, F. BÖKER & S. SPOHR. Bundesanstalt für Wasserbau. Hamburg (BAW-Nr. A3955 03 10062, H.1 c).
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSVERWALTUNG DES BUNDES (WSV). 2016. Daten-Download aus dem Zentrales Datenmanagement (ZDM) - Portal Tideelbe. Datensatz: Topographie: Morphologie 2010. Online verfügbar unter https://www.portaltideelbe.de/Funktionen/Liste_der_vorhandenen_Daten/Download_Kartenthemen/index.html.
- WUNSCH, N. 2013. Untersuchungen zur Verbreitung von Larven des Stintes *Osmerus eperlanus* (Linnaeus, 1758) im Elbeästuar. Bachelorarbeit. Universität Hamburg, Fachbereich Biologie.