



Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein

Untersuchungen 2019

Endbericht November 2019

Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

Dominic V. Cimiotti
Martin Altemüller
Brigitte Klinner-Hötter

Michael-Otto-Institut im NABU
Goosstroot 1
24861 Bergenhusen

Dominic.Cimiotti@NABU.de

Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2019

Endbericht November 2019

Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

Dominic V. Cimiotti
Martin Altemüller
Brigitte Klinner-Hötker

Michael-Otto-Institut im NABU, Goosstroot 1, 24861 Bergenhusen
Dominic.Cimiotti@NABU.de

Titelfoto: Dominic Cimiotti

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

.....	3
Inhaltsverzeichnis	4
Zusammenfassung	5
Einleitung.....	6
Material und Methoden	7
Untersuchungsgebiete	7
Größere Schutzzonen für Sandregenpfeiferfamilien auf Fehmarn	8
Brutbiologische Untersuchungen	8
Untersuchungen zur Habitatnutzung der Küken im Beltringharder Koog	10
Fang und Beringung.....	12
Ablösungen beringter Individuen aus den Vorjahren	13
Berechnungen von Überlebensraten und des Mindestreproduktionserfolges	13
Ergebnisse (mit Ergebnisdiskussion).....	14
Schlupf- und Bruterfolge, Ursachen von Gelegeverlusten	14
Wirksamkeit der „größeren Schutzzonen“ im Bereich Fehmarn-Wagrien	17
Habitatnutzung der Küken im Beltringharder Koog	19
Berechnung von lokalen Überlebensraten und des Mindestbruterfolgs	22
Diskussion und Schlussfolgerungen.....	25
Öffentlichkeitsarbeit	26
Danksagung	26
Literatur	27

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten sind die Brutbestände des Sandregenpfeifers *Charadrius hiaticula* in Schleswig-Holstein deutlich gesunken. Der vorliegende Bericht beschreibt die im Jahr 2019 erzielten Ergebnisse einer Populationsstudie an Sandregenpfeifern im Beltringharder Koog, dem derzeit wichtigsten Brutgebiet der Art in Deutschland, sowie im Untersuchungsgebiet Fehmarn-Wagrien. Aus der Studie sollen Vorschläge für ein langfristiges Schutzkonzept entwickelt werden.

Im Jahr 2019 wurden insgesamt 153 weitere Sandregenpfeifer (40 Adulte und 113 Küken) mit individuellen Farbringkombinationen versehen. Die Berechnung lokaler Überlebensraten für die seit 2015 im Beltringharder Koog beringten Sandregenpfeifer wurde präzisiert. Demnach liegt der bestandserhaltende Bruterfolg in einer Größenordnung von 0,8 bis 0,9 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar und Jahr. Diese erste vorläufige Schätzung muss durch weitere Untersuchungen in den Folgejahren präzisiert und abgesichert werden. Die Ermittlung eines Mindestbruterfolges für eine stabile Population ist essentiell, um den Zustand von Brutgebieten der Art in Schleswig-Holstein bewerten und Schutzmaßnahmen evaluieren zu können. Außerdem wurden erstmals Rückkehraten beziehungsweise Mindest-Überlebensraten für die seit 2017 im Gebiet Fehmarn-Wagrien beringten Sandregenpfeifer berechnet.

Die Schlupferfolge des Sandregenpfeifers nach Mayfield betragen im Berichtsjahr 11% im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges (49 Nester), 25% in den Untersuchungsbiotopen auf Fehmarn (63 Nester) und 56% am nahegelegenen Festland (Gremersdorf Strand, 16 Nester). Nesträuber waren im Beltringharder Koog 2019 überwiegend Möwen, aber auch Säuger (Rotfuchs, Marderhund, Iltis) und auf Fehmarn vor allem Krähen. Auf Fehmarn und am Strand Gremersdorf wurden auch 2019 wieder Nester durch Strandbesucher zertreten, wenngleich im geringeren Umfang als im Vorjahr.

Der Bruterfolg pro Paar betrug im nördlichen Arlau-Speicherbecken 0,9 flügge Küken, was im Bereich des bestandserhaltenden Niveaus liegen dürfte. Dies deutet in Verbindung mit den Ergebnissen der Vorjahre darauf hin, dass es sich im Beltringharder Koog um eine prosperierende Population des Sandregenpfeifers handelt. Die dortigen Schutzmaßnahmen durch das LLUR und das Projekt LIFE Limosa sollten unbedingt fortgesetzt werden, insbesondere auch im Bereich des Prädationsmanagements. Die Aufnahme brutbiologischer Daten sollte fortgesetzt werden, auch um die durchgeführten Schutzmaßnahmen (z. B. den Einsatz eines Elektrozauns im Arlau-Speicherbecken) evaluieren und bei Bedarf kurzfristig anpassen beziehungsweise optimieren zu können.

In den Untersuchungsgebieten auf Fehmarn lag der Gesamtbruterfolg 2019 bei 0,8 flüggen Jungen pro Brutpaar. Er war damit erneut höher als im Vorjahr und vermutlich bestandserhaltend. Zusammen mit dem angrenzenden Festland (Gremersdorf Strand) betrug der Bruterfolg im Untersuchungsgebiet Fehmarn-Wagrien insgesamt 0,9 flügge Jungvögel pro Paar. Hier sollten die Untersuchungen zum Schlupf- und Bruterfolg sowie zu den Ursachen von Gelegeverlusten weitergeführt werden, um effektive Schutzmaßnahmen auch an touristisch genutzten Strandabschnitten entwickeln zu können. 2019 wurde begonnen, die Wirksamkeit größerer abgegrenzter Bereiche zu erproben, die auch Rückzugsräume für die Küken einschlossen. Die Ergebnisse waren hinsichtlich des Bruterfolgs nicht eindeutig, die Untersuchung dazu sollte daher im kommenden Jahr fortgesetzt werden. Des Weiteren ist für 2020 geplant, im Rahmen einer Masterarbeit die Verträglichkeit touristischer Strandnutzung für brütende Sandregenpfeifer zu quantifizieren.

Die in den Vorjahren begonnene Untersuchung zur Habitatnutzung der Küken im Beltringharder Koog wurde im Berichtsjahr fortgesetzt und abgeschlossen. Sandregenpfeifer-Küken nutzen feuchte Bereiche, die durch den Einfluss von Süß- oder Salzwasser entstanden waren. Im Hinblick auf die Vegetation wurde eine Mischung aus Offenboden und lückiger Vegetation bevorzugt. Die Ergebnisse zeigen die Bedeutung von feuchten Bereichen, deren Erhalt auch in zukünftigen trocken-heißen Sommern eine besondere Rolle zukommen wird. Die Nutzung von Quilwasserbereichen durch die Familien unterstreicht zudem den Wert von binnendeichs gelegenen Salzwasserlebensräumen im Kontext des Klimawandels und der Klimawandelanpassung des Wattenmeers. Salzwassereinfluss in Kombination mit extensiver Rinderbeweidung schafft zudem eine hohe kleinräumige Habitatdiversität, die Sandregenpfeifer-Familien gute Bedingungen schafft.

Einleitung

Noch gehören Sandregenpfeifer *Charadrius hiaticula* zu den verbreiteten Brutvögeln der Meeresküste. Wegen ihres lang anhaltenden negativen Bestandstrends gilt die Art als Brutvogel in Deutschland als „vom Aussterben bedroht“ (Südbeck et al. 2007). Auch in der neuen Publikation zum Bestandstrend der Vögel in Deutschland von Gerlach et al. (2019) wird der Sandregenpfeifer als über alle Trendzeiträume abnehmend aufgeführt. Der jährliche Rückgang im Wattenmeer betrug in den Jahren 1991 bis 2009 etwa 7% (Joint Monitoring Breeding Bird Group 2013). Er ist damit einer der stärksten unter den Brutvögeln des internationalen Wattenmeeres (Koffijberg et al. 2015). Schleswig-Holstein beherbergte laut der letzten publizierten Synchronerfassung 2006 mit fast 300 Paaren den größten Anteil am Bestand des Wattenmeeres (knapp 700 Paare). In Schleswig-Holstein wird die Art auf der Roten Liste (Knief et al. 2010) als „stark gefährdet“ geführt. Die Gründe für den raschen Rückgang des Brutbestandes sind unklar.

In Schleswig-Holstein war in den vergangenen Jahren in einem der sogenannten „Naturschutzköge“ der Westküste, dem Beltringharder Koog, ein steigender Bestand und auch ein offenkundig guter Bruterfolg zu verzeichnen. Im Jahr 2018 beherbergte er mit 194 Paaren (Klinner-Hötker & Petersen-Andresen 2018) rund 20% des deutschen Brutbestandes der Art (950 – 1100 Paare, Sudfeldt et al. 2013).

Mit dem hier vorgestellten Projekt soll ermittelt werden, welche Faktoren Sandregenpfeifer im Beltringharder Koog im Vergleich zu anderen Gebieten begünstigen und wie daraus Naturschutzmaßnahmen für diese Art abgeleitet werden können. Dabei soll ähnlich vorgegangen werden wie beim nahe verwandten Seeregenpfeifer *Charadrius alexandrinus*: Die durch gezielte Forschungen gewonnenen Ergebnisse und deren Umsetzung führten zu einer Verbesserung der Schutzmaßnahmen und somit letztendlich zu einem Anstieg der Bestände (Hötker et al. 2009, Cimiotti et al. 2015a).

Die Habitatansprüche des Sandregenpfeifers im Wattenmeerraum hatten im Mittelpunkt der Untersuchungen im Jahr 2015 gestanden. Die Daten zeigten, dass Sandregenpfeifer Bereiche mit sehr kurzer, teils auch lückiger Vegetation bevorzugten, die von kahlen Stellen unterbrochen und von Pfützen durchsetzt waren und die in der Nähe flacher Gewässer lagen (Hötker et al. 2015).

Im Jahr 2016 wurde damit begonnen, in größerem Umfang populationsbiologische Daten zu erheben (Hötker et al. 2016). Das Ziel besteht darin, mittelfristig Antworten auf folgende Fragen zu erhalten: Sind mangelnde Überlebensraten der adulten Vögel oder mangelnde Bruterfolge für die Bestandsrückgänge ursächlich? Wie hoch muss der Bruterfolg mindestens sein, um die Population zu erhalten? Aus den Ergebnissen wären gezielte Schutzmaßnahmen abzuleiten, die in ein Schutzkonzept münden sollten, das mit dem MELUND, dem LKN (Nationalparkamt und Deichbaubehörde), dem LLUR sowie mit regionalen Naturschutzstellen abzustimmen wäre.

Im Jahr 2017 (Hötker et al. 2017) wurde das Untersuchungsgebiet erweitert: Strandabschnitte der Insel Fehmarn sowie an der Festlandküste der Halbinsel Wagrien (Ostholstein) kamen hinzu, da hier offensichtlich ganz andere Lebensbedingungen herrschten als an der Westküste von Schleswig-Holstein. Auch im Gebiet Fehmarn-Wagrien wurde mit Untersuchungen zum Schlupf- und Bruterfolg sowie mit der individuellen Farbringmarkierung von Sandregenpfeifern begonnen.

In den Jahren 2018 (Cimiotti et al. 2018) und 2019 wurden die brutbiologischen Untersuchungen, die Beringungen sowie die Suche nach in den Vorjahren beringten Individuen sowohl im Beltringharder Koog als auch im Gebiet Fehmarn-Wagrien fortgesetzt. Im Beltringharder Koog wurde unter anderem die Wirksamkeit eines durch die Integrierte Station Westküste installierten Elektrozauns untersucht. Außerdem wurden hier die Untersuchungen zur Habitatnutzung der Küken abgeschlossen. Auf Fehmarn wurden – nach der Erprobung kleinflächiger Schutzzonen um Gelege der Sandregenpfeifer im Vorjahr – im Berichtsjahr nun größere Schutzzonen an touristisch genutzten Stränden erprobt.

Material und Methoden

Untersuchungsgebiete

An der Westküste Schleswig-Holsteins fanden die Untersuchungen zur Brutbiologie überwiegend in dem 1987 eingedeichten Beltringharder Koog (Hötker & Kölsch 1993) statt, einem der wichtigsten Brutgebiete des Sandregenpfeifers in Schleswig-Holstein (Knief et al. 2010, Klinner-Hötker & Petersen-Andresen 2018). Für die Studien wurde dort das Nordufer des Arlau-Speicherbeckens gewählt. In diesem Teilgebiet ist es möglich, eine erhöhte Verwallung zu befahren und somit – ohne größere Störungen zu verursachen – aus dem Auto heraus die Farbringkontrollen, die Suche nach Nestern sowie die Zählungen der Jungvögel durchzuführen. Das Gebiet wird als extensiver Rinderweide mit einer sehr spät im Jahr liegenden Auftriebszeit genutzt. Es weist großflächig sehr kurzrasige, teils kahle Bereiche sowie Flachwasserzonen auf.

Darüber hinaus wurde in den übrigen Teilbereichen des Beltringharder Kooges, einschließlich des Südufers des Arlau-Speicherbeckens innerhalb der Sukzessionszone des Gebietes, nach farbberingten Sandregenpfeifern gesucht. Weitere Brutgebiete der Art an der Westküste von Schleswig-Holstein wurden (meist einmalig während der Kernbrutzeit) ebenfalls auf Farbringträger hin kontrolliert. Dabei handelte es sich um das Vorland von St. Peter-Ording, das Katinger Watt mit dem Eiderdamm, den Ellenbogen auf Sylt sowie die Hallig Nordstrandischmoor.

Die unterschiedlichen Strandabschnitte im Untersuchungsgebiet Fehmarn-Wagrien waren im Bericht des Jahres 2017 (Hötker et al. 2017) ausführlich vorgestellt worden, siehe auch Übersichtskarte (Abbildung 1). Im Gegensatz zum Beltringharder Koog wurden einige der Brutgebiete auf Fehmarn sehr stark von Touristen frequentiert. Damit mögliche Zusammenhänge zum Bruterfolg aufgezeigt werden können, wurde eine grobe Kategorisierung der touristischen Aktivitäten in den einzelnen Gebieten vorgenommen:

- 0 keine touristischen Aktivitäten: Gebiet für Besucher vollkommen gesperrt
- 1 niedrige touristische Aktivitäten: Gebiet öffentlich zugänglich, aber nur schwach frequentiert (jeden Tag überwiegend ohne Menschen)
- 2 mittlere touristische Aktivitäten: Gebiet öffentlich zugänglich mit regelmäßiger touristischer Nutzung (tägliche Nutzung durch Menschen, aber auch viele Zeiten ohne Störungen)
- 3 hohe touristische Aktivitäten: Gebiet öffentlich zugänglich mit sehr starker touristischer Nutzung (Strand praktisch täglich dauerhaft und intensiv touristisch genutzt, nur wenige Zeiten ohne Störung)

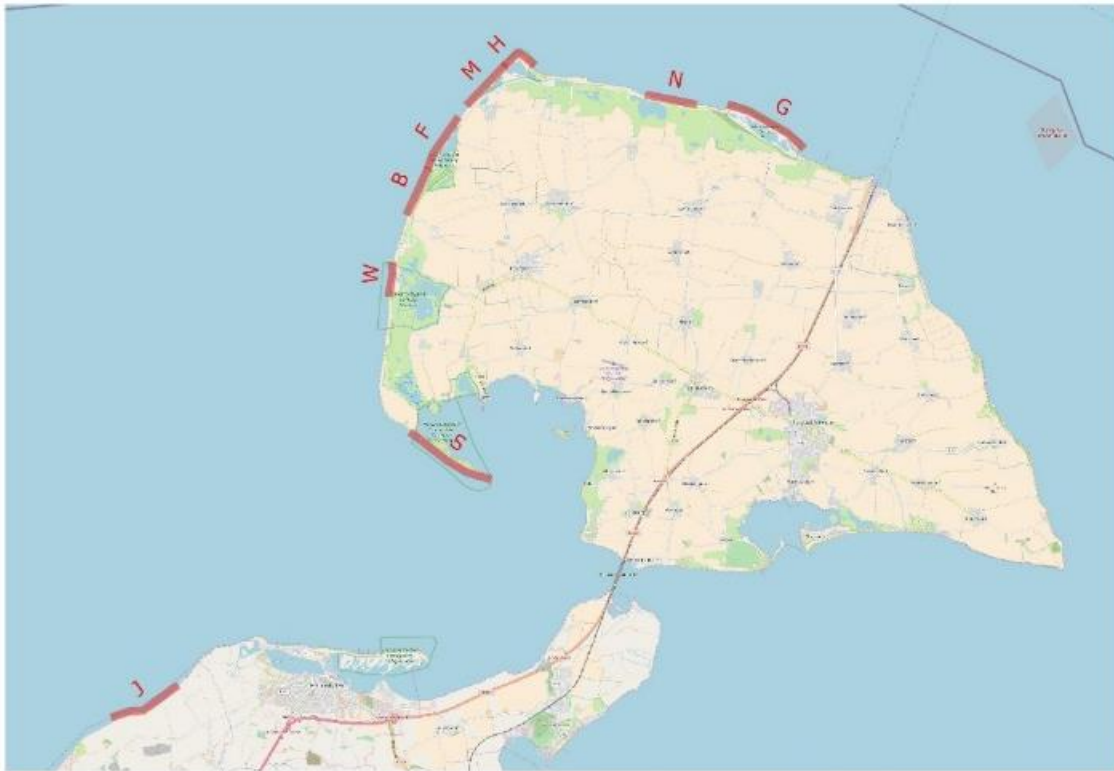


Abbildung 1 Übersichtskarte mit Lage der Gebiete auf Fehmarn. S: Krummsteert, W: Wallnau Strand, B: Bojendorf Strand, F: Fastensee, M: Westermarkelsdorf Strand, H: Markelsdorfer Huk, N: Gammendorf Strand, G: Grüner Brink, J: Gremersdorf Strand © Kartengrundlage OpenStreetMap.

Größere Schutzzonen für Sandregenpfeiferfamilien auf Fehmarn

Nachdem die 2018 errichteten kleinräumigen (ca. 5 x 5 m) Nesteinzäunungen zwar zu einen höheren Schlupf- aber nicht zu einem höheren Bruterfolg geführt hatten, wurden 2019 größere Schutzzonen erprobt.

Am Bojendorfer Strand wurden im Strandwall sechs Bereiche und am Gremersdorfer Strand vier Bereiche mit Laterneneisen und Sisalkordel eingezäunt. Die Einzäunung erfolgte an Strandabschnitten, in denen bereits im Vorjahr Sandregenpfeiferreviere festgestellt worden waren. Die Einzäunungen waren je nach örtlicher Situation zwischen 5 und 15 m breit und zwischen 15 und 65 m lang und umfassten nach Möglichkeit sowohl unbewachten Strand als auch Strandwall oder Düne mit Vegetation. Wurden bei den regelmäßigen Erfassungen Nester knapp außerhalb der Einzäunung gefunden, wurde der Zaunverlauf entsprechend angepasst.

Brutbiologische Untersuchungen

Während die Suche nach brutverdächtigen oder farbberingten Individuen im Beltringharder Koog weitgehend vom PKW aus erfolgte, fanden im Gebiet Fehmarn-Wagrien komplette Begehungen der untersuchten Strandabschnitte statt, da brütende Altvögel oft erst aufgrund des Warnverhaltens zu entdecken waren.

Wurde ein Altvogel gesehen, der längere Zeit an einem potentiellen Neststandort am Boden saß, wurde dieser Ort aufgesucht und in den meisten Fällen ein Nest gefunden. Die Nester wurden in einem Abstand von etwa zwei bis drei Metern mit kleinen Plastikschildern markiert, die mit aus der Entfernung ablesbaren Nestnummern versehen waren. In Fehmarn-Wagrien dienten unauffällige Steintürmchen zur Markierung. Es folgten das

Einmessen des Nestes mit einem GPS-Gerät (Garmin GPS 60, GPSmap 62s oder 78) sowie das Notieren des Nestinhalts. Mindestens zwei Eier des Geleges wurden kurzfristig in ein Wasserbad gelegt, um ihren Bebrütungsstatus zu bestimmen (Liebezeit et al. 2007). Danach erfolgten Nest-Kontrollen im Abstand von jeweils einigen Tagen. Brütete ein Altvogel, wurde das Nest nicht aufgesucht. War das Nest unbesetzt, wurde zunächst aus der Entfernung mit Fernglas und Spektiv nach Küken beziehungsweise nach hundernden Altvögeln in der Nestnähe gesucht und danach eine Kontrolle des Nestes durchgeführt. Der Nestinhalt wurde erneut notiert. Leere Nester wurden hinsichtlich kleiner Eischalen-Splitter, die auf den Schlupf der Jungvögel hindeuten (Mabee 1997), untersucht.

Im Bereich Fehmarn-Wagrien konnte bei der Nesterfassung 2019 ein Beobachtereffekt festgestellt werden – die Sandregenpfeifer reagierten auf die Kartierer z. T. stärker als auf normale Strandbesucher. Dies erschwerte die Nestersuche deutlich. Die geringere Zahl gefundener Nester ist aber auch auf das kalte Frühjahr (im Mai kam es zu offensichtlich witterungsbedingten Nestaufgaben) sowie eine aus Schutzgründen eingeschränkte Nestersuche im Bereich einer neu gegründeten Zwergseeschwalbenkolonie am Fastensee. Daher wurden insbesondere am Fastensee mehrere Familien gefunden, die keinem Nest zugeordnet werden konnten.

Die Gelege galten als erfolgreich, wenn sich mindestens ein schlüpfendes oder ein frisch geschlüpftes Küken in der Nestmulde befanden oder wenn kleine Eischalen-Splitter in der Nestmulde auf den Schlupf hindeuteten. Gelege galten als nicht erfolgreich, wenn Hinweise auf die Zerstörung des Nestes oder auf den Raub der Eier vorlagen oder wenn das Nest verlassen worden war. Nester wurden als ausgeraubt betrachtet, wenn die Zerstörung der Nestmulde, Spuren von Prädatoren, zerstörte Eier, große Eischalen oder Dotterreste im Nest auf den Raub der Eier hindeuteten oder wenn die Eier ohne Hinweise auf den erfolgreichen Schlupf der Jungen (Eischalen-Splitter) verschwunden waren. Im Untersuchungsgebiet Fehmarn-Wagrien konnte Vertritt durch Strandbesucher durch regelmäßiges Fotografieren der Nester bestimmt werden (z. B. stark veränderte Anordnung der Kieselsteine im Nestbereich).

Der Schlupferfolg wurde mit der Methode von Mayfield berechnet (Mayfield 1961, 1975):

$$\text{Schlupferfolg} = (1 - T_V / T_E)^{30}$$

T_V : Anzahl der Tage mit Verlusten; T_E : Nesttage (Summe der Tage, an denen alle Nester unter Kontrolle standen). Der Exponent 30 wurde gewählt, weil davon ausgegangen werden kann, dass zwischen der Eiablage und dem Schlupf eines Sandregenpfeifer-Geleges durchschnittlich 30 Tage vergehen (Laven 1940, Wallander & Andersson 2003).

Zur Identifikation potentieller Nestprädatoren wurden an einigen der Nester automatisch auslösende Wildkameras aufgestellt (Typ Moultrie Modell M-990i).

Der Bruterfolg wurde aus regelmäßigen Kartierungen der Familien in etwa wöchentlichem Abstand ermittelt. Im Beltringharder Koog erfolgten diese vom PKW aus (Fernglas, Spektiv mit Fensterstativ), um die Familien möglichst nicht zu stören. Ein völlig störungsfreies Beobachten war im Bereich Fehmarn-Wagrien nicht möglich. Allerdings waren die Sandregenpfeifer an den öffentlich zugänglichen Stränden gut an den Menschen adaptiert und wiesen zum Teil sehr geringe Fluchtdistanzen auf. Gewertet wurden Küken, die gerade flügge waren, aber noch von ihren Eltern geführt wurden, und Küken, die unmittelbar vor dem Flüggewerden standen. Die Zuordnung von Familienbeobachtungen zu einer individuellen Familie erfolgte über den Standort, die Kombination aus Kükenalter und Datum, sowie farbberingte Alt- und/oder Jungvögel.

Untersuchungen zur Habitatnutzung der Küken im Beltringharder Koog

Im Jahr 2019 wurden weitere Daten zur Habitatnutzung der Küken im nördlichen Arlau-Speicherbecken aufgenommen, indem die genauen Aufenthaltsorte von Familien ($n = 155$ Einzelbeobachtungen) auf Karten digital eingetragen wurden. Bei der Verortung halfen rund 130 nummerierte Pfosten im Gelände. Die 2019 gesammelten Daten wurden zusammen mit den Daten der Vorjahre, insgesamt 354 Kükendaten, im Hinblick auf die Habitatpräferenzen der Küken analysiert.

Dafür wurde zunächst ein Untersuchungsraum definiert, der die Speicherbeckenverwaltung sowie das nördliche Arlau-Ufer bis zu einer Distanz von 300 m zur Fahrspur auf der Speicherbeckenverwaltung (Beobachtungstransect) umfasste (Abbildung 2). Damit sollten entfernt liegende Bereiche, in denen Küken nicht mehr zuverlässig beobachtet werden können, ausgeschlossen werden (z. B. Teile des Arlau-Ufers, die ca. 500 m weit von der Speicherbeckenverwaltung entfernt liegen und schlecht einsehbar sind). Die nicht innerhalb dieses Raums liegenden Kükenpunkte ($n = 14$) wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Entsprechend der 340 verbleibenden Kükenpunkte wurde 340 Zufallspunkte innerhalb des Untersuchungsraum mit dem Programm QGIS, Version 3.4.11-Madeira, erzeugt (Abbildung 2).

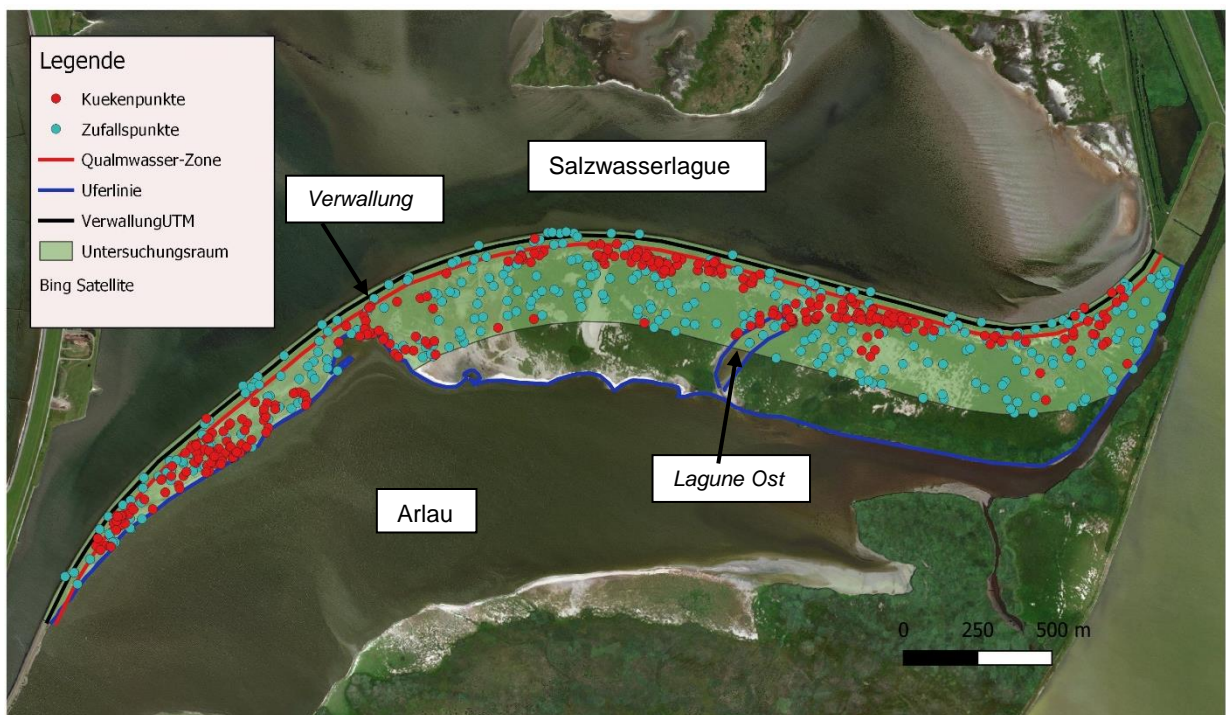


Abbildung 2 Untersuchungsraum (transparent grün) mit Küken- und Zufallspunkten sowie für die Analyse definierten Linienstrukturen (Uferlinie und Lage Qualmwasser-Zone). Außerdem ist die Fahrspur in der Mitte der Speicherbeckenverwaltung dargestellt, von wo aus die Kükenbeobachtungen durchgeführt wurden.

Die Analyse der Habitatwahl der Küken beruhte auf dem Vergleich dieser Küken- oder Zufallspunkte (Zielvariable) im Hinblick auf folgende Umweltfaktoren (erklärende Variablen):

1. Distanz zu offenem Gewässerufer (Uferlinie der Arlau und Randbereich der meist wasserführenden östlichen Lagune)
2. Distanz zur Qualmwasserzone am Fuße der Speicherbeckenverwaltung (dargestellt als Linie 30 m von der Fahrspur in der Mitte der Verwallung zur Arlau hin entfernt)
3. Flächenanteile verschiedener Habitattypen im 25 Meter-Radius um die Punkte: a) dichte Vegetation, b) lückige Vegetation, c) Offenboden

Als Grundlage für die Analysen zu Nummer 3 nutzten wir ein Luftbild (Bing Satellite). Es wurde für die Berechnungen in ein Vektor-Shape (Abbildung 3) konvertiert mittels der Funktionen „Raster RGB zu PCT“ (6 Farben) und „Vektorisieren (Raster nach Vektor)“ in QGIS. Wasserflächen mussten per Hand nacheditiert werden, da diese teilweise als Landflächen eingestuft worden waren. Die jeweiligen Flächengrößen pro Habitattyp in einem Kreis (25 Meter-Radius gepuffert um Punkte) wurde mit Hilfe der Funktion „Überlappungsanalyse“ ermittelt.

Aufgrund der nicht gegebenen Unabhängigkeit der verschiedenen erklärenden Variablen erfolgte die Auswertung der Daten unifaktoriell (einzeln pro Variable) in Form von gemischten linearen Modellen (GLM) in R (R Core Team 2019) sowie durch grafische Darstellung der Datenverteilungen (Boxplots oder Histogramme).

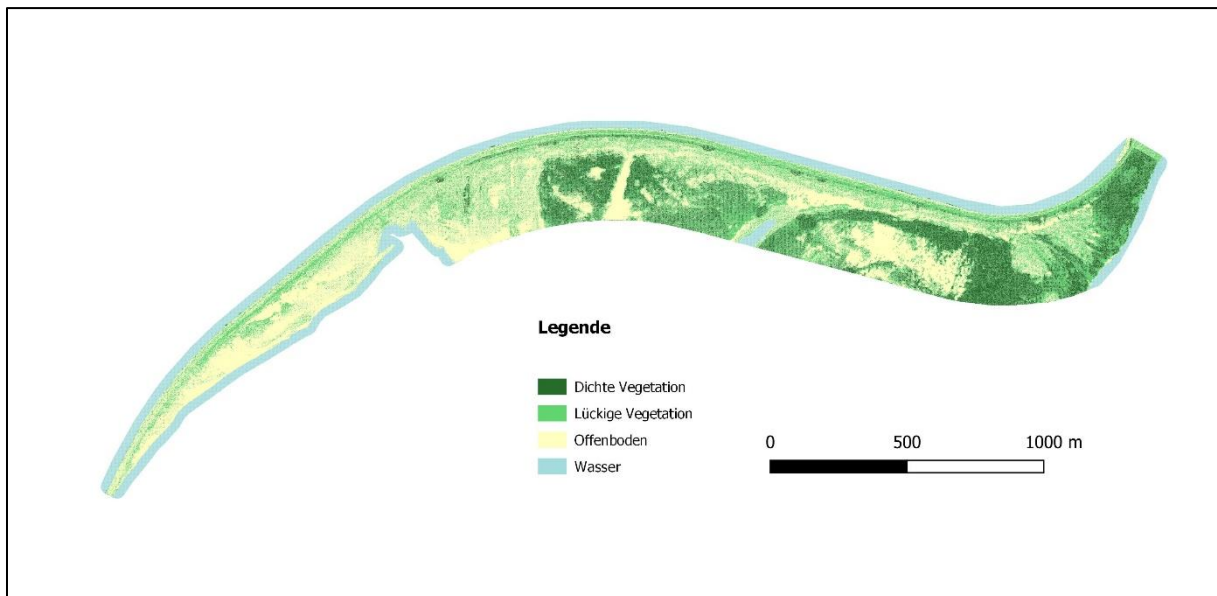


Abbildung 3 Habitateigenschaften des Untersuchungsraums (plus Puffer), erzeugt durch Konvertierung eines Luftbildes zu Polygonen, die vier verschiedene Klassen von Habitattypen repräsentieren.

Fang und Beringung

Mit dem Ziel der Ermittlung von Überlebens- und Dispersionsraten für Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein wurden auch weiterhin adulte und junge Sandregenpfeifer gefangen und mit individuellen Farbringkombinationen versehen (Abbildung 4). Im Beltringharder Koog wurden im Berichtsjahr 52 (18 adulte, 34 junge) Sandregenpfeifer neu farbberingt. Von den 34 farbberingten Jungvögeln wurden 29 später im Brutgebiet als flügge bestätigt. Im Gebiet Fehmarn-Wagrien wurden im Berichtsjahr 101 (22 adulte oder vorjährige, 79 junge) Sandregenpfeifer neu farbberingt, davon acht Jungvögel außerhalb der untersuchten Strandabschnitte im NSG Wallnau (nicht in den Tabellen zur Brutbiologie enthalten.) Von den 71 in den Untersuchungsgebieten farbberingten Jungvögeln wurden 56 später im Brutgebiet als flügge bestätigt (im Bereich des Fastensees wurden drei unberingte Jungvögel flügge, diese sind in den Tabellen zur Brutbiologie enthalten). Die übrigen Jungvögel gingen zunächst als nicht oder nicht sicher flügge geworden in die Datenbank ein.

Der Fang der Altvögel erfolgte durch Kastenfallen mit einer durch den Vogel am Gelege ausgelösten Klappe im Eingangsbereich. Auf Fehmarn erfolgte der Fang teilweise durch Prielfallen. Die verschiedenen Fallen kamen auf Nestern zum Einsatz, die bereits mindestens circa zehn Tage lang bebrütet worden waren. Die Fallen standen während der Fangversuche unter ständiger Beobachtung. Falls kein Fang erfolgte, wurden die Versuche in der Regel nach spätestens 60 Minuten abgebrochen. Im Bereich Fehmarn-Wagrien wurden Gipseier eingesetzt und die Originaleier warm verwahrt. Die Fangdauer betrug hier zwischen 20 und 120 Minuten.

Küken wurden zunächst beobachtet und dann (teilweise durch eine zweite Person) mit der Hand gefangen, im Bereich Fehmarn-Wagrien auch nachts bei der Futtersuche. Die Farbmarkierung der Küken erfolgte frühestens im Alter von 10 Tagen beziehungsweise ab einem Mindestgewicht von circa 20 Gramm.

Alle gefangenen Sandregenpfeifer erhielten unmittelbar nach dem Fang individuelle Markierungen mittels farbiger Ringe (Sablex). Die Farbkombinationen waren auf internationaler Ebene mit der International Wader Study Group abgesprochen worden.

Von den gefangenen Vögeln wurden folgende Maße genommen: Flügelänge, Fußlänge (jeweils mit einem Flügelmesslineal), Schnabellänge, Kopflänge (jeweils mit einer Schieblehre) und Körpermasse (mit einer elektronischen Waage). Bei Altvögeln wurde, soweit möglich, das Geschlecht anhand von Gefiedermerkmalen bestimmt. Bei Jungvögeln wurde das Alter anhand des Schlupfdatums bestimmt, in Fällen, in denen dies nicht möglich war, mindestens aufgrund des gesamten Entwicklungszustandes auf etwa eine halbe Woche genau abgeschätzt.



Abbildung 4 Flügger, junger Sandregenpfeifer mit individueller Farbringkombination (links rot unter schwarz unter schwarz, rechts schwarz unter rot unter dem Metallring, interner Code RNN-NRM mit N wie niger/schwarz) im Beltringharder Koog 2019. Foto: D. Cimiotti

Ablesungen beringter Individuen aus den Vorjahren

In beiden Untersuchungsgebieten (Beltringharder Koog und Fehmarn-Wagrien) erfolgten regelmäßige Kontrollen der anwesenden, farbberingten Individuen über die gesamte Brutsaison hinweg. Das Ablesen der Farbringkombinationen erfolgte mit Fernglas, Spektiv oder Kamera. Damit sollten neben denjenigen Individuen, die in den Untersuchungsgebieten selbst Brutvögel waren, auch solche Tiere erfasst werden, die die Untersuchungsgebiete nur kurzzeitig aufsuchten (zum Beispiel zu Beginn und Ende der Saison). Die betreffenden Individuen hatten sich zum Brüten mutmaßlich in anderen Gebieten angesiedelt beziehungsweise waren dorthin umgesiedelt oder hatten nicht gebrütet. Darüber hinaus wurden andere potenzielle Brutgebiete in der Umgebung zumindest einmalig aufgesucht, um diese auf die Anwesenheit von beringten Individuen zu kontrollieren (siehe Abschnitt „Untersuchungsgebiete“).

Berechnungen von Überlebensraten und des Mindestreproduktionserfolges

In diesem Bericht werden die ersten Berechnungen lokaler Überlebensraten von Sandregenpfeifern aus dem Beltringharder Koog (Cimiotti et al. 2018) aktualisiert und präzisiert. Außerdem wurden für das Gebiet Fehmarn-Wagrien erstmals Rückkehraten beziehungsweise Mindest-Überlebensraten (s.u.) ermittelt. Für dieses Gebiet erstellte erste Modelle der lokalen Überlebensraten waren nach drei Untersuchungsjahren noch nicht aussagekräftig genug, um diese hier darzustellen. Weitere Daten aus den Folgejahren können jedoch auch für das Gebiet Fehmarn-Wagrien die Ermittlung lokaler Überlebensraten ermöglichen.

Die Berechnung der Überlebensraten im Beltringharder Koog beringter Sandregenpfeifer erfolgte mit dem Programmpaket MARK (CJS-Modelle). Damit kann die lokale Überlebensrate (Φ) unter Berücksichtigung einer Wiedersichtungswahrscheinlichkeit (p) modelliert werden (Schaub & Amann 2001). Diese bedeutet, dass nicht jeder beringte Sandregenpfeifer in jedem Jahr registriert wird, sondern mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit übersehen werden kann. Nicht berücksichtigt werden kann die dauerhafte Abwanderung von Individuen aus dem Untersuchungsraum (hier: Schleswig-Holstein), was zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Überlebensrate führen kann. Deshalb ist hier von einer „lokalen Überlebensrate“ die Rede.

Es wurden verschiedene Modelle entwickelt, in denen beide Parameter (Φ und p) entweder konstant oder abhängig vom Jahr, Alter des Vogels oder Beringungsalter des Vogels modelliert wurden. Bei den jahresspezifischen Modellen wurden vier Jahre (2016, 2017, 2018, 2019; Beltringharder Koog) unterschieden, wobei jeweils das Überleben vom Vorjahr bis zum betreffenden Jahr gemeint war. Hinsichtlich des Alters erfolgte eine Einteilung in zwei Klassen (adult und 1. Lebensjahr), wobei nur sicher flügge gewordene Jungvögel in die Auswertung einbezogen wurden. Für das Beringungsalter wurden ebenfalls zwei Klassen verwendet: Küken oder adult (mindestens vorjährig), das entspricht den EURING-Altersklassen 1 und 4 beziehungsweise älter. Es wurden neun verschiedene Modelle gebildet, die biologisch sinnvoll erschienen. Die Modellauswahl erfolgte über den AICc (Akaike's Information Criterion für geringe Stichproben, Burnham et al. 2011).

Da bei vielen Jungvögeln eine dauerhafte Abwanderung angenommen werden kann (Fernansiedlungen), wurde die Überlebensrate im 1. Lebensjahr nach dem Flügge-Werden zusätzlich „per Hand“ in Form einer Rückkehrate berechnet, in die alle Ablesungen ab der Brutzeit des 2. Kalenderjahres eingeflossen sind (einschließlich Nachweisen außerhalb von Schleswig-Holstein, z. B. aus den Überwinterungsgebieten). Mit dieser „Mindest-Überlebensrate“ konnte ermittelt werden, welcher Anteil der flügge gewordenen Jungvögel mindestens das erste Lebensjahr überlebt hat.

Die Ermittlung von Rückkehraten für Altvögel (Fehmarn-Wagrien) erfolgte über den Anteil neu beringter oder abgelesener Sandregenpfeifer, die im Folgejahr wieder im Untersuchungsgebiet gesehen wurden. Die Gesamt-Rückkehrate wurde hier aus der jährlichen Rückkehrate der Jahre 2018 und 2019 (arithmetisches Mittel) berechnet.

Für die Ermittlung des Mindestreproduktionserfolges kam eine Formel aus Robinson et al. (2004) mit dem Faktor 2 zum Einsatz, da sich die Bruterfolgsberechnungen in diesem Bericht auf Paare und nicht auf Individuen bezogen.

Ergebnisse (mit Ergebnisdiskussion)

Schlupf- und Bruterfolge, Ursachen von Gelegeverlusten

Die Ergebnisse der brutbiologischen Untersuchungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Im Beltringharder Koog wurde auf der Untersuchungsfläche im nördlichen Arlau-Speicherbecken wie in den Vorjahren ein recht hoher Bruterfolg ermittelt (0,9 flügge Jungvögel pro Paar), obwohl der Schlupferfolg nach Mayfield nur 11% betrug. Nestverluste gingen 2019 vor allem auf Möwen (Lach-, Sturm- und Silbermöwen), aber in geringerem Umfang auch auf Säuger (Rotfuchs, Marderhund, Iltis) zurück. In einigen Fällen wurde nur ein Teil der Eier gefressen, während das übrige Gelege entweder aufgegeben wurde, später von einem anderen Prädator erbeutet wurde oder zum Schlupf kam. Die Prädation durch Möwen erfolgte zum Teil bereits früh morgens (um 4 Uhr).

Im Untersuchungsgebiet Fehmarn-Wagrien war der Bruterfolg erneut höher als im Vorjahr (Tabelle 1, Tabelle 2). Er lag in den untersuchten Teilgebieten auf der Insel Fehmarn offenbar erstmals seit Beginn der Untersuchungen im Bereich des vermutlich bestandserhaltenden Niveaus (vgl. nächstes Kapitel). Der Schlupferfolg war mit 13% etwas höher als in den Vorjahren. Mehr als die Hälfte der gefundenen Gelege gingen durch Prädation verloren. Der festgestellte Vertritt durch Strandbesucher war geringfügig schwächer als im Vorjahr. Am Gremersdorfer Strand wurde mit 1,0 flüggen Jungen pro Paar wieder ein sehr guter Bruterfolg erreicht; hier hatten neun von 16 Gelegen Schlupferfolg (Tabelle 2).

Die Bruterfolge der einzelnen untersuchten Strandabschnitte auf Fehmarn unterschieden sich stark voneinander mit einer Spanne von 0,0 bis 1,5 flüggen Jungen pro Paar (Tabelle 2). Auffällig ist das erneut vollständige Ausbleiben eines Bruterfolges in den Naturschutzgebieten Krummsteert, Grüner Brink sowie an der Markelsdorfer Huk wie in den Vorjahren 2017 und 2018 aufgrund sehr hoher Prädationsraten (Tabelle 2). Vermutlich in diesem Zusammenhang hat sich die Zahl der Revierpaare am Krummsteert 2019 weiter reduziert. Die höchsten Bruterfolge wurden 2019 am Wallnauer Strand, am Bojendorfer Strand sowie am Strand vor dem Fastensee ermittelt (Tabelle 2). Diese Gebiete weisen eine niedrige bis mittlere touristische Nutzungsintensität auf. Um den Zusammenhang zwischen touristischer Nutzung, Prädationsrisiko und Bruterfolg der Sandregenpfeifer aussagekräftig beurteilen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Hierzu ist für 2020 eine Masterarbeit geplant.

Auffallend ist weiterhin, dass auch im dritten Jahr der Untersuchung die stark von Hunden frequentierten Strände Bojendorf und Dazendorf einen guten Bruterfolg hatten. Ob die geringere Prädationsrate an diesen Stränden mit der Anwesenheit von Hunden zusammenhängt oder andere Ursachen hat, bleibt weiterhin unklar. Vor allem zu Beginn der Brutzeit ging von der Anwesenheit von Hunden, egal ob angeleint oder nicht, ein starker Störreiz aus. Gleichwohl ist ein negativer Effekt auf den Schlupferfolg der Sandregenpfeifer nicht nachweisbar. Ein Problem stellen aber möglicherweise nicht angeleinte Hunde für ältere, noch nicht flugfähige Küken dar. So konnte am 24.6.2019 am Dazendorfer Strand beobachtet werden, wie ein weglaufendes Küken von einem Hund gegriffen wurde. Durch das Eingreifen des Beobachters konnte dieses Küken jedoch gerettet werden und wurde später flügge.

In einzelnen, unvollständigen Gelegen wurde mit Hilfe eines Thermologgers in einem Gipsei die Temperatur erfasst. Damit konnten zum einen nächtliche Prädationsereignisse erfasst werden, zu anderen konnte gemessen werden, wie stark die Eier bei einem verlassenen Nest auskühlen bzw. an einen heißen Tag aufheizen. Bei einem nachweislich geschlüpften Gelege am Dazendorfer Strand waren sowohl ein Abkühlen auf bis zu 14,3°C in der Nacht bzw. eine Temperaturerhöhung auf bis zu 39,4°C am 30.6.2019 (heißester Tag 2019 auf Fehmarn mit 32,6° an der Wetterstation Westermarkelsdorf) zu beobachten. Somit scheinen die Altvögel die Brut bei Störungen offensichtlich auch für längere Zeit verlassen zu können, ohne dass der Schlupferfolg durch Auskühlen oder Überhitzen der Eier gefährdet wird. Bei einer Temperatur der Eier von über 40°C ist jedoch ein Absterben der Embryonen zu befürchten (cf. Weston 2019 und darin zitierte Originalquellen). So wurde beim Kappenregenpfeifer (*Thinornis cucullatus*) in Australien ein Zusammenhang zwischen dem Anteil nicht geschlüpfter Eier und der menschlichen Störung in dem jeweiligen Mikrohabitat festgestellt (Weston 2019). Störungsbedingt verringerte Bebrütungszeiten können zudem die Bebrütungsdauer eines Geleges und damit das Prädationsrisiko erhöhen (Weston 2019).

Tabelle 1 Schlupf- und Bruterfolge sowie Ursachen von Gelegeverlusten von Sandregenpfeifern in den Untersuchungsgebieten des Projektes in den Jahren 2017 bis 2019. na = keine Daten erhoben. Krähe = Rabenkrähe *Corvus corone* bzw. Hybriden zwischen Raben- und Nebelkrähen *Corvus corone* x *C. cornix*.

Gebiet	Jahr	Anzahl Paare	Anzahl flügger Jungvögel	Bruterfolg (flügge Junge pro Paar)	Schlupf-erfolg (Mayfield)	Anzahl gefundene Nester	Anzahl geschlüpft	Anzahl prädiert	Anzahl überflutet	Anzahl zertreten	Anzahl aufgegeben	Anzahl sonstige / unbekannte Verlustursache	Anzahl mit Kamera	Nesträuber
Beltringharder Koog, nördliches Arlau-Speicherbecken	2017	61	55	0,9	18%	71	25	34	3	0	8	1	34	Fuchs (1), Dachs (3), Marderhund (3), Sturmmöwe (6), Silbermöwe (2), alle nach Kamerabildern
	2018	53	51	1,0	29%	46	22	21	1	0	2	0	39	Iltis (4), Dachs (5-6), Silbermöwe (2); Teilpräädation von Eiern: Sturmmöwe (2), Lachmöwe (1), alle nach Kamerabildern
	2019	46	40	0,9	11%	49	12	35	0	0	1	1	42	Fuchs (2), Marderhund (2), Iltis (3), Lachmöwe (9), Sturmmöwe (6), Silbermöwe (2) sowie Teilverluste durch Fuchs (2-3), Lachmöwe (4-6), Silbermöwe (1) sowie Vertritt von Teilgelegen durch Graugans und Feldhase (je 1 Fall); alle Daten nach Kameras.
Fehmarn-Wagrien, Untersuchungsgebiete auf Fehmarn	2017	56	17	0,3	8%	67	16	25	2	4	6	14	10	Fuchs 4 (1 Kamera, 3 nach Spuren), Krähe 6 (5 Kamera, 1 Spuren)
	2018	62	39	0,6	7%	117	23	76	2	11	0	5	11	Fuchs 2 (Spuren), Marder 1 (Spuren), Krähe 8 (2 live, 3 Kamera, 3 Spuren), Sturmmöwe 1 (Kamera)
	2019	56	47	0,8	13%	63	16	34	2	5	2	4	2	Fuchs 3 (Temperaturlogger, Spuren), Vogel 4 (Spuren), Nebelkrähe 2 (Kamera)
Fehmarn-Wagrien, Gremersdorf Strand	2017	11	na	na	na	10	5	0	1	0	0	4	0	keine Daten vorhanden
	2018	9	17	1,9	29%	19	11	1	0	6	0	2	0	keine Daten vorhanden
	2019	12	12	1,0	48%	16	9	0	1	1	3	2	0	keine Präädation festgestellt

Tabelle 2 Bruterfolge von Sandregenpfeifern in ausgewählten Küstenabschnitten des Gebietes Fehmarn-Wagrien 2017 bis 2019, siehe Kürzel in Karte Abb. 1. na = keine Daten erhoben. Intensität Tourismus: 0 = keine Menschen außer Kartierer bis 3 = sehr starke Frequentierung (siehe Abschnitt zu Untersuchungsgebieten im Methodenteil).

Teilgebiet	Kürzel	Status	Intensität Tourismus	Jahr	Anzahl Paare	Anzahl flügender Jungvögel	Flügge Junge pro Paar	Anzahl Nester	Bemerkungen Nestschicksale
Krummsteert	S	NSG, Betretungsverbot	0	2017	24	0	0,0	21	14 prädiert, 2 überflutet
			0	2018	14	0	0,0	23	alle prädiert
			0	2019	10	0	0,0	2	beide prädiert
Wallnauer Strand	W	NSG, öffentlich zugänglich mit Sperrung von Teilflächen	1	2017	2	0	0,0	3	alle prädiert
			1	2018	4	2	0,5	8	7 prädiert
			2	2019	2	3	1,5	4	2 prädiert, 1 überflutet
Bojendorfer Strand	B	Hundestrand	2	2017	5	7	1,4	16	2 prädiert, 3 zertreten
			2	2018	11	15	1,4	28	8 prädiert, 7 zertreten, 2 überflutet
			2	2019	9	13	1,4	11	5 prädiert, 1 zertreten
Fastensee Strand	F	NSG, öffentlich zugänglich mit Sperrung von Teilflächen	1	2017	5	3	0,6	11	4 prädiert
			1	2018	13	22	1,7	25	14 prädiert, 1 zertreten
			1	2019	21	30	1,4	28	16 prädiert, 2 zertreten, 1 überflutet, 1 aufgegeben
Westermarkelsdorfer Strand	M	öffentlicher Strand	3	2017	8	0	0,0	8	2 prädiert, 1 zertreten
			3	2018	7	0	0,0	10	8 prädiert, 2 zertreten
			3	2019	5	0	0,0	9	4 prädiert, 1 aufgegeben, 4 unbekannt
Markelsdorfer Huk	H	NSG - teils öffentlich zugänglich, teils Betretungsverbot	1	2017	2	0	0,0	2	
			2	2018	3	0	0,0	5	alle prädiert
			2	2019	3	0	0,0	0	
Gammendorfer Strand	N	öffentlicher Strand	2	2017	3	7	2,3	2	
			3	2018	6	0	0,0	13	7 prädiert, 1 mutwillig zerstört
			3	2019	3	1	0,3	6	2 prädiert, 2 zertreten
Grüner Brink	G	NSG - teils öffentlich zugänglich, teils Betretungsverbot	1	2017	7	0	0,0	4	
			1	2018	4	0	0,0	5	4 prädiert
			1	2019	3	0	0,0	3	alle prädiert
Gremersdorfer Strand	J	öffentlicher Strand	1	2017	11	na	na	10	1 überflutet, Bruterfolg nicht vollständig erfasst
			2	2018	9	17	1,9	19	1 prädiert, 6 zertreten
			2	2019	12	12	1,0	16	1 zertreten, 1 überflutet, 3 aufgegeben, 2 unbekannt

Wirksamkeit der „größeren Schutzzonen“ im Bereich Fehmarn-Wagrien

Die größeren Schutzzonen führten im Vergleich zu uneingezäunten Bereichen zu einem etwas höheren Bruterfolg. Der Bruterfolg lag bei 1,4 flüggen Jungen pro Paar im Bereich von Zäunen und bei 1,0 flüggen Jungen pro Paar abseits von Zäunen (betrachtet wurden alle Paare am Bojendorfer und Gremersdorfer Strand, n = 21, davon 9 mit und 12 ohne Zaun; aufgrund der geringen Stichprobe wurde kein statistischer Test durchgeführt). Am Gremersdorfer Strand (Abbildung 5) schützten die Zäune gut gegen Vertritt, nachdem hier im Vorjahr noch 6 von 19 gefundenen Gelegen zertreten worden waren. Insbesondere in den stärker genutzten östlichen Strandbereichen kam hier kein Gelege außerhalb von Einzäunungen zum Schlupf, innerhalb der Einzäunungen schlüpften hier insgesamt 5 von 7 Gelegen. Am Bojendorfer Strand (Abbildung 6) entfalteten die Zäune vor allem eine Leitwirkung für die Strandbesucher, die vor dem Aufstellen der Zäune den gesamten Strandwall nutzten. Davon profitierten dann auch Paare ohne Schutzzone.

Die Jungvögel nutzten allerdings nicht nur die eingezäunten Bereiche, sondern generell Strandwallvegetation als Rückzugsort bei Störungen. Somit scheint die Habitatqualität des Aufzuchtgebietes eine deutlich größere Rolle zu spielen als der Schutz durch einen Zaun. Aufgrund der geringen Fallzahl ist eine abschließende Bewertung noch nicht möglich, daher soll die Untersuchung dazu 2020 fortgesetzt werden. Es zeichnet sich allerdings ab, dass die Intensität der touristischen Nutzung am Strand einen entscheidenden Einfluss auf die Eignung als erfolgreiches Brutgebiet hat, der nicht durch einfache Einzäunung kompensiert werden kann. Der Einfluss der touristischen Nutzung soll 2020 im Rahmen einer Masterarbeit quantifiziert werden.



Abbildung 5 Lage der Zäune und Erfolg von Sandregenpfeifer-Paaren am Gremersdorfer Strand 2019 (östliches Teilgebiet Dazendorf).

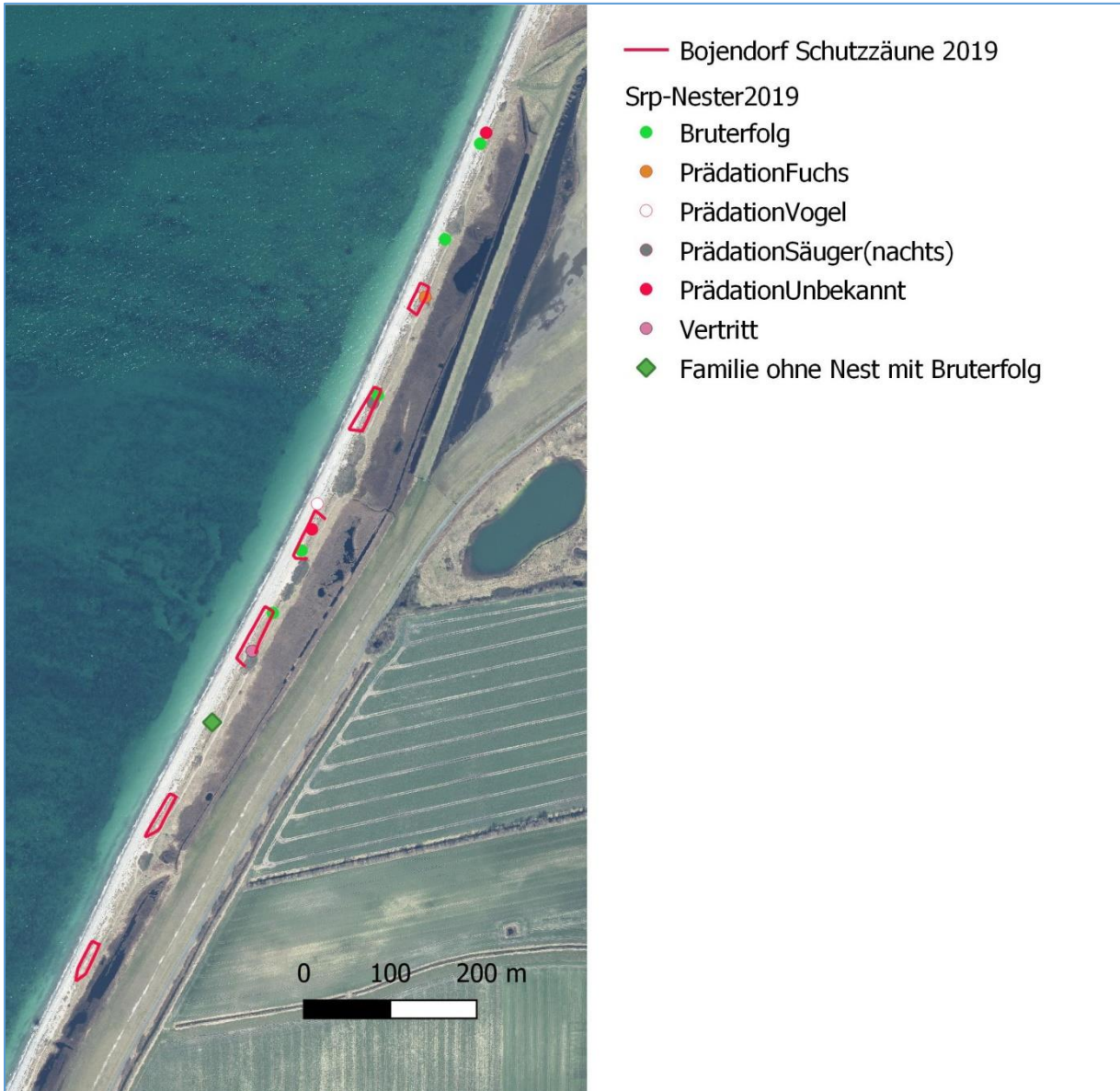


Abbildung 6 Lage der Zäune und Erfolg von Sandregenpfeifer-Paaren am Bojendorfer Strand 2019.

Habitatnutzung der Küken im Beltringharder Koog

Abstand zur Qualmwasserzone

Sandregenpfeifer-Küken hielten sich im Vergleich zu den Zufallspunkten näher an der Qualmwasserzone am Fuße der Speicherbeckenverwallung auf (GLM: $p < 0,001$; siehe Abbildung 7).

Dieser Bereich weist Salzkonzentrationen ähnlich wie in der Salzwasserlagune oder sogar hypersaline Bedingungen und ein diverses Nahrungsangebot auf (eigene, unpublizierte Daten). Er wird auch von vielen anderen Watvogelküken zur Nahrungssuche aufgesucht (vor allem Kiebitz, Seereggenpfeifer, Rotschenkel).

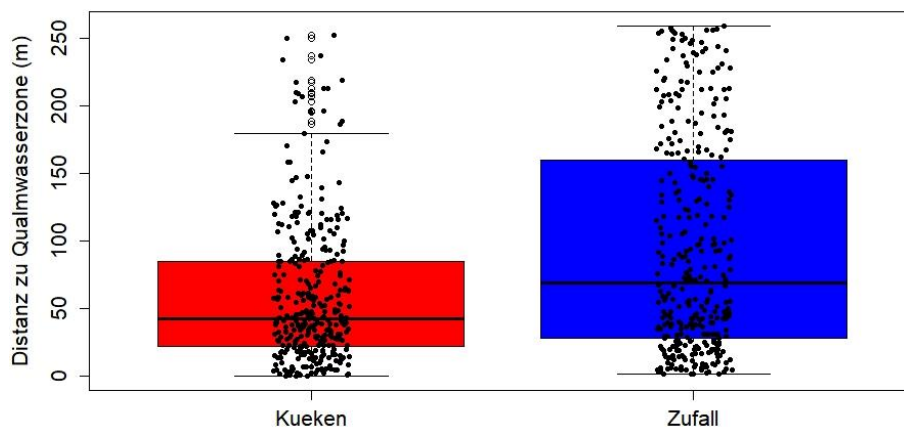


Abbildung 7 Distanz zur Qualmwasserzone am Fuße der Speicherbeckenverwallung (ausgedrückt als Linie 30 m südlich der Mitte der Verwallung) im Vergleich zwischen Küken- und Zufallspunkten.

Abstand zu Uferlinien

In Bezug auf die Distanz der Punkte zu offenen Gewässeruferrn (Uferlinie der Arlau sowie Rand der zumeist wasserführenden östlichen Lagune, siehe blaue Linien in Abbildung 2) ergab sich insgesamt kein signifikanter Unterschied zwischen Küken- und Zufallspunkten (GLM: $p = 0,245$).

Es liegen jedoch fast doppelt so viele Küken- als Zufallspunkt in einem Abstand von 0-50 Metern zu Uferlinien (siehe Abbildung 8). Insbesondere spät in der Brutsaison (Juli), wenn viele temporäre Wasserstellen ausgetrocknet sein können, zeigte sich eine starke Bindung der Küken an die flachen Ufer der wasserführenden Körper (Arlau, östliche Lagune), siehe Abbildung 9.

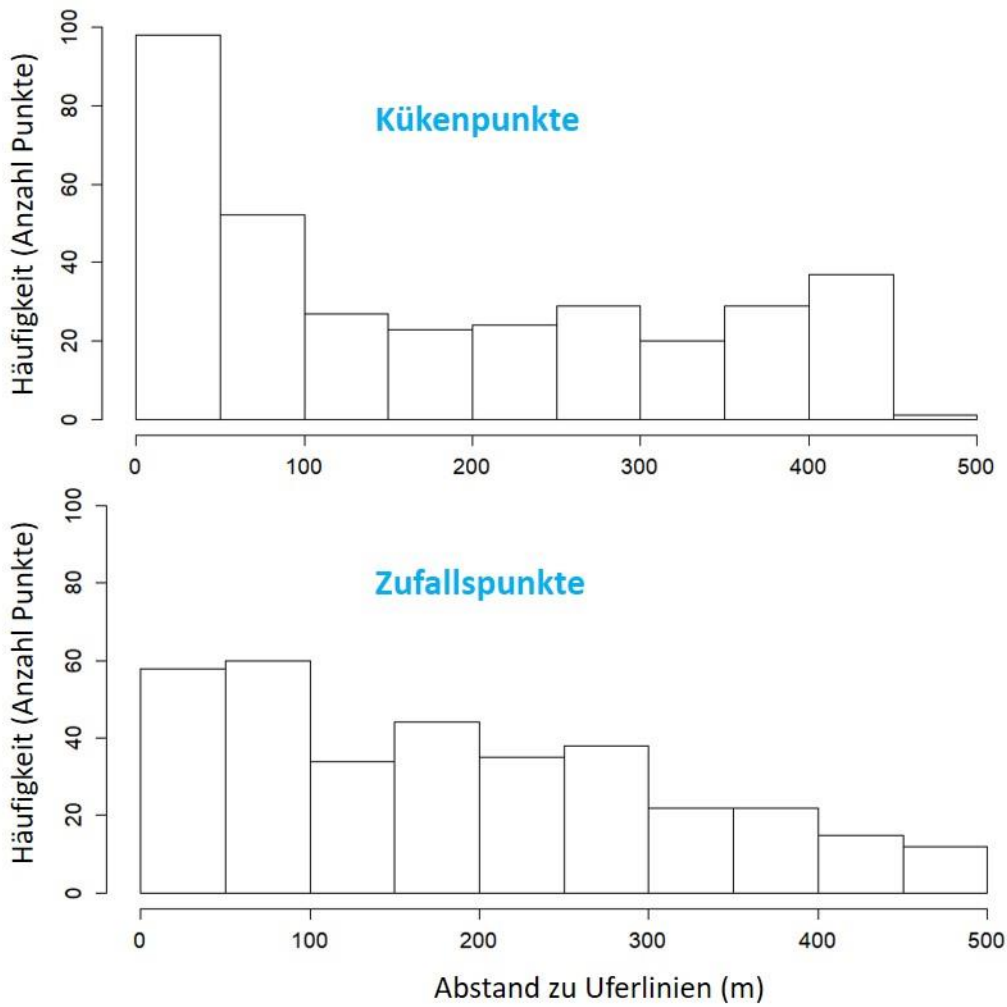


Abbildung 8 Distanz von Kükenpunkten (oben) und Zufallspunkten (unten) zu Uferlinien im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges.

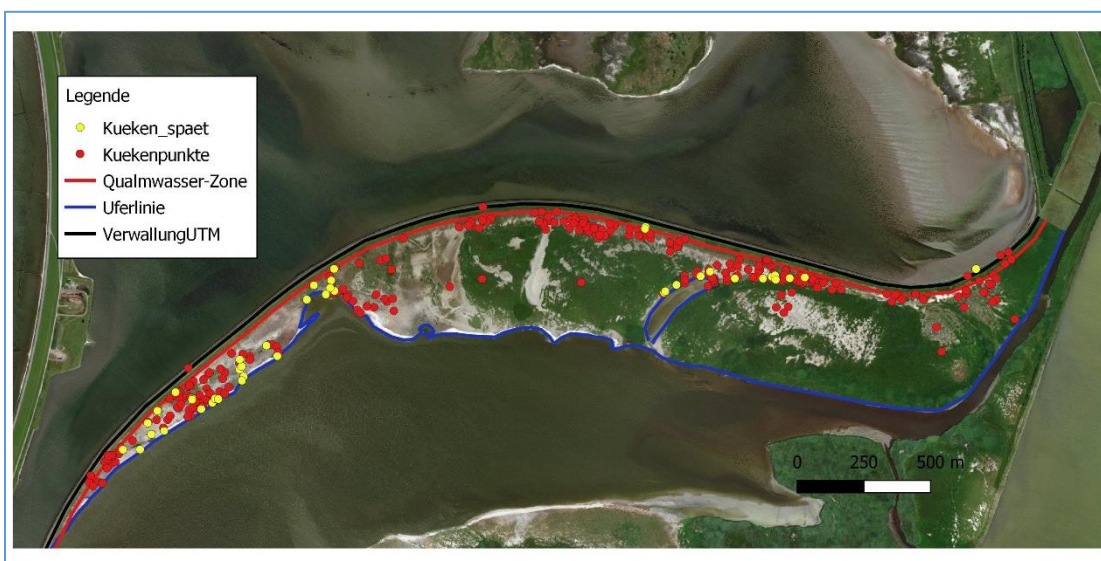


Abbildung 9 Aufenthaltsorte von Sandregenpfeifer-Küken im nördlichen Arlau-Speicherbecken in den Jahren 2017 bis 2019. Späte Beobachtungen (Juli) sind gelb markiert.

Flächenanteile verschiedener Habitattypen im Umfeld der Punkte

Sandregenpfeifer-Küken hielten sich in Bereichen auf, die im Median zu über 60% Offenboden und weniger als 40% dichte oder lückige Vegetation aufwiesen (Abbildung 10). Damit unterschieden sich die Aufenthaltsorte der Küken deutlich von den Zufallspunkten (alle Unterschiede hochsignifikant in GLMs).

Sandregenpfeifer-Küken bevorzugten damit offenere Bereiche. Allerdings hielt sich nur ein Viertel der Küken in Bereichen auf, die zu mehr als 78% vegetationslos waren. Vegetation spielt nach eigenen Beobachtungen unter anderem als Deckung bei Gefahr eine Rolle. Sandregenpfeifer suchen demnach keine homogenen Flächen auf, sondern sie nutzen Bereiche, die eine Mischung aus vegetationsfreien und bewachsenen Stellen aufweisen. Hier zeigen sich Parallelen zum Seereggenpfeifer, die eine hohe Habitatdiversität bevorzugten (Cimiotti et al. 2015b).

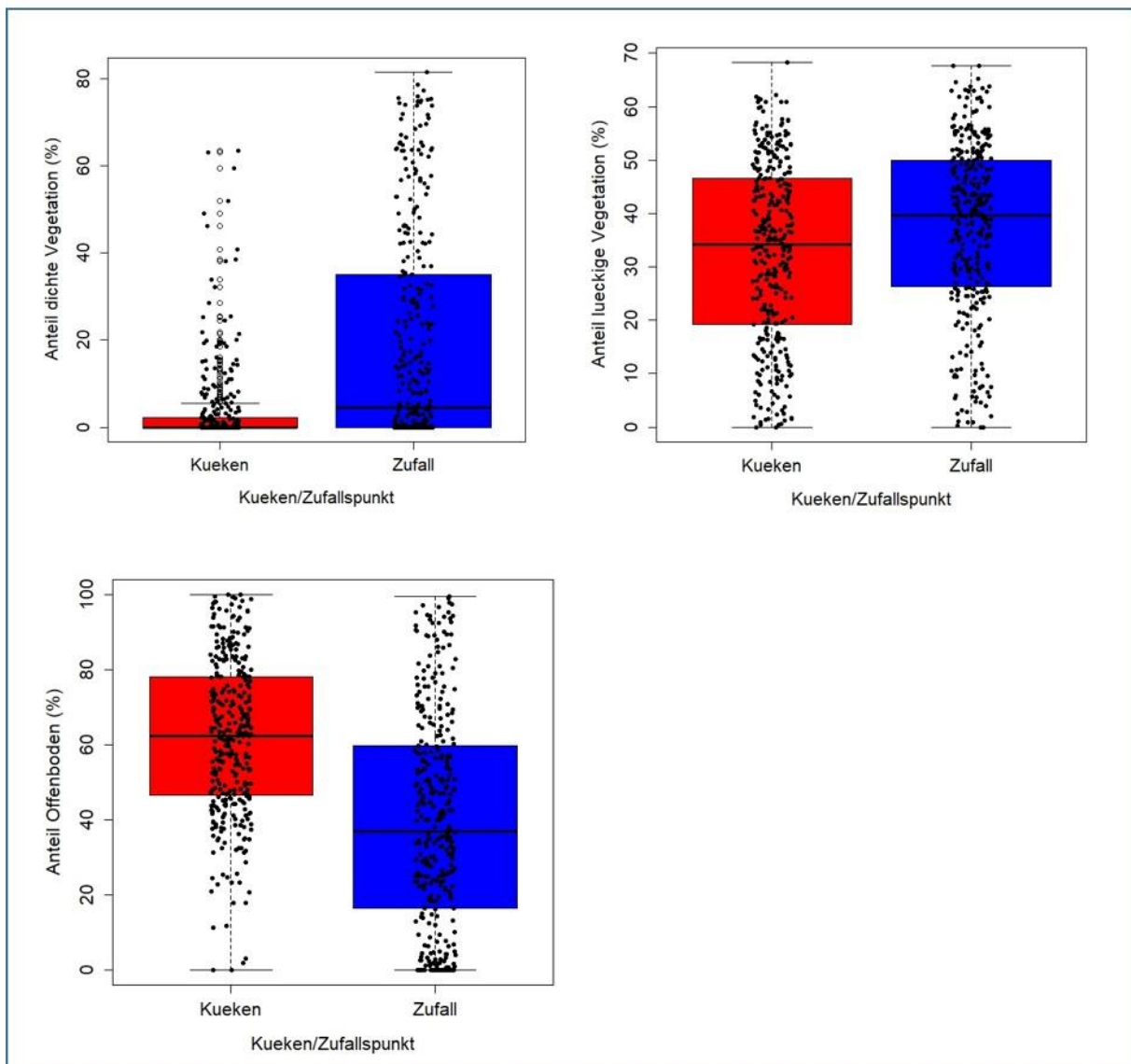


Abbildung 10 Vegetationseigenschaften im Umfeld der Küken- und Zufallspunkte (25 Meter-Radius um die Punkte).

Berechnung von lokalen Überlebensraten und des Mindestbruterfolgs

Beltringharder Koog

Für die Analyse standen Daten von 143 Sandregenpfeifern zur Verfügung, die ab dem Jahr 2015 im Beltringharder Koog farbberingt worden waren (72 als Altvögel und 71 als später sicher flügge gewordene Jungvögel).

Unter den neuen Modellen (Tabelle 3) war dasjenige das beste (Modell Nr. 1), welches für die lokale Überlebensrate drei verschiedene Möglichkeiten des Vogelalters (1. Lebensjahr, adult/als Küken beringt, adult/als Altvogel beringt) sowie eine konstante Sichtungswahrscheinlichkeit zu Grunde legte.

Auf Grundlage dieses Modells ergibt sich eine jährliche lokale Überlebensrate der Altvögel (adult beringt) von 82% (Tabelle 4). Als Küken beringte Individuen besaßen ab dem 2. Lebensjahr eine jährliche lokale Überlebensrate von lediglich 53% (vermutlich bedingt durch teilweise Abwanderung, s.u.). Die lokale Überlebensrate im 1. Lebensjahr lag bei 40% (Tabelle 4). Die Sichtungswahrscheinlichkeit war mit 93% hoch. Die Konfidenzintervalle aller Schätzwerte sind jedoch noch sehr groß.

Die Rückkehrate der als Küken im Beltringharder Koog beringten Sandregenpfeifer nach Schleswig-Holstein lag (ohne Berücksichtigung der Sichtungswahrscheinlichkeit) bei 38% (27 von 71). Neben den 27 sicher nach Schleswig-Holstein zurückgekehrten Küken wurden sechs weitere in den Jahren nach ihrem Schlupf im Herbst oder Winter gemeldet (Dänemark, Niederlande, Frankreich, Großbritannien). Entweder wurden diese Individuen zur Brutzeit in Schleswig-Holstein übersehen oder sie haben sich weiter von ihrem Geburtsort entfernt angesiedelt (dauerhafte Abwanderung). Rechnet man diese sechs Individuen zu den 27 hinzu, ergibt sich eine Überlebensrate im 1. Lebensjahr von mindestens 46,5% (33 von 71).

Drei ehemalige Jungvögel aus dem Beltringharder Koog wurden 2019 zur Brutzeit in anderen Gebieten beobachtet (zwei Römö, einer Hallig Langeneß). Die beiden auf Römö beobachteten Individuen wurden jedoch am Ende der Brutzeit auch im Beltringharder Koog beobachtet, sodass alle drei Vögel normal als „anwesend“ in die Berechnungen eingegangen sind. Die Beobachtungen zeigen jedoch, wie weit Fernansiedlungen (mindestens) gehen können.

Auf Grundlage der jährlichen lokalen Überlebensrate der adult beringten Altvögel von 82% sowie der Mindestüberlebensrate im 1. Jahr von 46,5% ergibt sich ein Mindestbruterfolg von 0,8 bis 0,9 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar und Brutsaison für einen stabilen Bestand. Die Spanne ergibt sich aus der Tatsache, dass bisher nicht hinreichend geklärt werden konnte, welcher Anteil der Sandregenpfeifer im 2. beziehungsweise 3. Kalenderjahr in das Brutgeschehen eintritt. Die Schätzung des Mindestbruterfolgs ist vor allem aufgrund der großen Unsicherheit der bisher ermittelten Überlebensraten noch als unsicher und vorläufig anzusehen. Der Mindestbruterfolg wird möglicherweise überschätzt, da vermutlich ein Teil der Individuen dauerhaft abwandert.

Tabelle 3 Vergleich der Modelle zur Abschätzung der Überlebensraten beringter Sandregenpfeifer anhand der Ablesungen der Jahre 2016 bis 2019. * = Differenz von AICc zum niedrigsten AICc-Wert im Modellsatz

Nr.	Model	AICc	Delta AICc*	AICc-Gewicht	Modellwahrscheinlichkeit	Anzahl Parameter	Devianz
1	{Phi(Age*BerAge)p(.)}	309,7	0	0,51	1,00	4	48
2	{Phi(Age*BerAge)p(Age*BerAge)}	311,5	1,8	0,21	0,41	6	45
3	{Phi(Age*BerAge)p(Age)}	311,5	1,8	0,21	0,40	5	48
4	{Phi(Age)p(.)}	314,8	5,1	0,04	0,08	3	55
5	{Phi(Age*BerAge)p(t)}	315,6	6,0	0,03	0,05	7	47
6	{Phi(Age*BerAge)p(Age*t)}	320,3	10,6	0,00	0,00	11	43
7	{Phi(Age*t)p(.)}	321,4	11,7	0,00	0,00	9	49
8	{Phi(BerAge*t)p(BerAge*t)}	327,2	17,5	0,00	0,00	16	39
9	{Phi(Age*t)p(Age*t)}	334,2	24,5	0,00	0,00	16	46

Die Bezeichnungen der Modelle in den Modellsätzen enthalten folgende Kürzel:

- (.) Modell mit konstanter Wahrscheinlichkeit
- (t) Modell mit zeitabhängiger Wahrscheinlichkeit (1 Parameter je Jahr: 2016, 2017, 2018, 2019)
- (Age) Modell mit altersabhängiger Wahrscheinlichkeit (1. Lebensjahr, adult)
- (RingAge) Modell berücksichtigt Beringungsalter (als Küken oder als Altvogel beringt)
- (Age*RingeAge) Modell mit drei Altersstufen (1. Lebensjahr, adult/als Küken beringt, adult/als Altvogel beringt)

Tabelle 4 Schätzungen der Überlebenswahrscheinlichkeit Φ und der Sichtungswahrscheinlichkeit p von Sandregenpfeifern aus dem Beltringharder Koog.

Parameter	Schätzwert	Standardfehler (SE)	95%-Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
Phi (adult/als Altvogel beringt)	0,82	0,04	0,74	0,88
Phi (1. Lebensjahr)	0,40	0,06	0,29	0,52
Phi (adult/als Küken beringt)	0,53	0,11	0,33	0,73
p	0,93	0,03	0,84	0,97

Fehmarn-Wagrien

Die Rückkehrate adulter Sandregenpfeifer lag bei hohen 96% von 2017 zu 2018 (25 von 27 im ersten Jahr der Untersuchung farbberingter Individuen) sowie bei 76% von 2018 zu 2019 (41 von 54 Individuen). Im zweiten Zeitraum (2018 zu 2019) unterschieden sich die Rückkehraten der beiden Beringungsjahrgänge aus 2017 (nur 16 von 25 im Vorjahr zurückgekehrten Individuen) sowie 2018 (25 von 29 Individuen). Viele der 2017 am Krummsteert beringten Altvögel haben nicht nur dieses Teilgebiet mit in allen Jahren sehr schlechten Bruterfolgen, sondern offenbar das gesamte Untersuchungsgebiet Fehmarn-Wagrien mindestens vorübergehend verlassen (oder könnten zwischen der Brutsaison 2018 und 2019 gestorben sein).

Als arithmetischer Mittelwert der beiden jährlichen Rückkehraten der Altvögel von 96% und 76% ergibt sich eine Rate von 86%.

Insgesamt 25 von 54 (46%) der in den Jahren 2017 und 2018 als Küken beringten und später sicher gewordenen Jungvögel wurden ab der Brutzeit des 2. Kalenderjahres wiedergesichtet (s. methodisches Vorgehen bei den Jungvögeln des Beltringharder Kooges).

Unter Annahme einer jährlichen Überlebensrate (auf Basis der Rückkehrate) von 86% bei Altvögeln und 46% im ersten Lebensjahr würde sich analog zur obigen Berechnung ein Mindestbruterfolg von 0,6 bis 0,7 flüggen Jungen pro Paar und Jahr ergeben. Diese Spanne muss jedoch durch weitere Untersuchungen sowie die Modellierungen mit dem Programm MARK überprüft und präzisiert werden.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Die ermittelten Bruterfolge waren in den Untersuchungsgebieten des Jahres 2018 wieder sehr unterschiedlich. Im nördlichen Arlau-Speicherbecken im Beltringharder Koog wurde seit dem Beginn des Projektes 2015 jedes Jahr ein Bruterfolg im Bereich von 0,8 bis 1,0 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar ermittelt. Verglichen mit dem vorläufigen Wert des Mindestbruterfolges von 0,8 bis 0,9 flüggen Jungen pro Paar und Brutsaison kann angenommen werden, dass in diesem Gebiet ein bestandserhaltender Bruterfolg erreicht oder Jahrweise überschritten wird. Dies stützt die Vermutung, dass es sich im Beltringharder Koog um eine prosperierende Sandregenpfeifer-Population handelt. Um diese zu erhalten, kommt unter anderem dem Prädationsmanagement (z. B. Elektrozaun im Arlau-Speicherbecken) eine wichtige Rolle zu, da die Untersuchungen zumindest eine Beteiligung von Bodenprädatoren (in diesem Jahr Fuchs, Marderhund und Iltis) belegen.

Die Ergebnisse der Analyse zur Habitatwahl der Sandregenpfeiferküken im Beltringharder Koog weisen darauf hin, dass feuchte Bereiche (Qualmwasserzone, Uferbereiche der Arlau und einer Lagune) eine besondere Bedeutung als Aufzuchtsthabitat für die Küken besitzen. Eine gute Nahrungsversorgung der Küken ist wichtig, um die hohen Gelegeverluste ausgleichen und einen insgesamt hohen Bruterfolg erzielen zu können. Da in den o.g. Bereichen auch viele andere Watvogelküken beobachtet werden, ist dort von einem guten Nahrungsangebot auszugehen. Mittel- und langfristig könnten sich Hitze- und Trockenheitsphasen, wie diese in den Jahren 2018 und 2019 aufgetreten sind, negativ auf den Bruterfolg auswirken. Naturschutzköge sollten so gemanagt werden, dass auch in solchen Phasen ausreichend Wasser in den Brutlebensräumen der Sandregenpfeifer vorhanden ist.

Eine hohe Bedeutung besaß in dem untersuchten Teilgebiet (nördliches Arlau-Speicherbecken) zudem das Vorhandensein von Salzwasser in Form von Qualmwasser, welches aus der im Vergleich zur Arlau höhergelegenen Salzwasserlagune in das Gebiet eindringt. Dies unterstreicht die Bedeutung der Schaffung von binnendeichs gelegenen Salzwasserlebensräumen im Rahmen der Klimawandelanpassung des Wattenmeers (vgl. MELUND 2015). In binnendeichs gelegenen Salzwasserlebensräumen können Küstenvögel wie der Sandregenpfeifer vor Sturmfluten geschützt brüten, während außendeichs die Gefahr von Überflutungen steigt und die Lebensräume durch Klimaveränderungen insgesamt gefährdet sind (van de Pol et al. 2010, MELUND 2015).

Der kleinräumigen Habitatdiversität kommt eine große Bedeutung zu, da Sandregenpfeifer-Familien keine homogenen Flächen, sondern eine Mischung aus unbewachsenen und bewachsenen Stellen bevorzugten. Ein solches Mosaik kann vor allem durch den Einfluss von Salzwasser (kleine Salzpflanzen umgeben von Vegetation) sowie eine entsprechende Beweidung wie mit den Gallowayrindern im Arlau-Speicherbecken erreicht werden.

In den Untersuchungsflächen des Gebietes Fehmarn-Wagrien auf Fehmarn lag der Bruterfolg 2019 mit 0,9 flüggen Jungen pro Paar erneut höher als im Vorjahr und war vermutlich bestandserhaltend. Der Zusammenhang zwischen touristischer Nutzung, Prädationsrisiko und Bruterfolg auf Fehmarn muss im folgenden Jahr dringend weiter untersucht werden, um daraus Managementempfehlungen ableiten zu können. Die 2018 erprobten kleinen Nestschutzzonen (ca. 3x4 m) auf Fehmarn erwiesen sich als nicht zielführend. (s. Cimiotti et al. 2018). Aber auch die im Jahr 2019 erprobten größeren Nestschutzzonen hatten keinen sehr überzeugenden Erfolg. Aufgrund der geringen Fallzahl muss deren Wirksamkeit aber im nächsten Jahr erneut getestet werden.

Die hier berechneten lokalen Überlebensraten von Sandregenpfeifern weisen auf einen bestandserhaltenden Bruterfolg in der Größenordnung von 0,8 bis 0,9 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar und Jahr hin. Die Berechnung eines solchen Mindestbruterfolgs ist essentiell, um zukünftig die Situation der Art auch in anderen Gebieten bewerten zu können sowie die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen evaluieren zu können. Der ermittelte Wert ist jedoch noch sehr unsicher und bedarf dringend einer weiteren Untersuchung. Dafür müssen die Beringungsaktivitäten in den Untersuchungsgebieten noch mindestens ein Jahr lang fortgeführt werden. Auch dem kontinuierlichen Ablesen der beringten Individuen in den Untersuchungsgebieten, aber auch außerhalb (z. B. weiteren Gebiete in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Dänemark), kommt eine hohe Bedeutung zu, um die Lebensgeschichten der Individuen verfolgen und mögliche Fernansiedlungen und Abwanderungen feststellen zu können.

Öffentlichkeitsarbeit

Das Sandregenpfeifer-Projekt wurde in Form von zwei öffentlichen Vorträgen im Rahmen der Informationsveranstaltungen zum Naturschutzgebiet Beltringharder Koog im Holmer Siel am 15.3.2019 sowie am 12.04.2019 vorgestellt:

Cimiotti, D., B. Klinner-Hötter & H. Hötter: Untersuchungen an Sand- und Seeregenpfeifern im Beltringharder Koog.

Auf Fehmarn wurde das Projekt am 19.3.2019 im Rahmen der Jahreshauptversammlung des Betreuungsvereins des NSG Nördliche Seeniederung / Fehmarn, „Haff und Huk“ öffentlich vorgestellt:

Altemüller, M: Sandregenpfeifer-Monitoring auf Fehmarn - Farbberingungsprogramm

Auch beim „Tag der offenen Tür“ des NABU-Wasservogelreservats Wallnau am 18.7.2019 wurde das Projekt wieder in Form eines Standes mit Informationen für Erwachsene und Kinder vorgestellt.

Darüber hinaus wurden bei den Erfassungen am Strand im Bereich der öffentlichen Strände regelmäßig Strandbesucher über das Projekt unterrichtet und für das Thema Strandbrüter sensibilisiert.

Die beste Resonanz erhielt dabei die Öffentlichkeitsarbeit direkt am Strand!

Danksagung

Wir danken dem MELUND für die Finanzierung des Projekts und folgenden Helfer/innen im Feld: Dagmar und Niklas Cimiotti, Norbert Schmell, Charlotte Winter, Frank Suikat, Julia Altemüller, Benjamin Weigelt, Finn Brunßen, Maria Vetter und Wiltrud Koppensteiner. Dagmar Cimiotti unterstützte die Analysen zur Habitatwahl der Küken im Beltringharder Koog. Wir danken Klaus Günther für die Überlassung von Farbringkombinationen sowie allen Melderinnen und Meldern von Farbringablesungen für ihre Daten.

Literatur

- Cimiotti, D. V., Schulz, R., Klinner-Hötter, B. & Hötter, H. (2015a): Seltene Vogelarten in Deutschland: Seeregenpfeifer. *Der Falke* 62: 24-29.
- Cimiotti, D.V., Schulz, R., Klinner-Hötter, B. & H. Hötter (2015b): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2015. Michael-Otto-Institut im NABU, Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Cimiotti, D.V., Altemüller, M. & Klinner-Hötter, B. (2018): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2018. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Gerlach, B., R. Dröschmeister, T. Langgemach, K. Borkenhagen, M. Busch, M. Hauswirth, T. Heinicke, J. Kamp, J. Karthäuser, C. König, N. Markones, N. Prior, S. Trautmann, J. Wahl & C. Sudfeldt (2019): Vögel in Deutschland – Übersichten zur Bestandssituation. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Hötter, H. & Kölsch, G. (1993): Die Vogelwelt des Beltringharder Kooges. Ökologische Veränderungen in der eingedeichten Nordstrander Bucht. *Corax* 15, Sonderheft: 1-145.
- Hötter, H., Schulz, R., Cimiotti, D., Günther, K., Klinner-Hötter, B., Rasran, L., Schrader, S. & Vogt, N. (2009): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2009. Michael-Otto-Institut im NABU, Abschlussbericht für das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Hötter, H., Cimiotti, D., Klinner-Hötter, B. & Schulz, R. (2015): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2015. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Hötter, H., Cimiotti, D.V., Leyrer, J., Klinner-Hötter, B., Avé, M. & Hoffmann, H. (2016): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2016. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Hötter, H., Altemüller, M., Cimiotti, D.V., Leyrer, J., Klinner-Hötter, B. & Remmers, T. (2017): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2017. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Joint Monitoring Breeding Bird Group (2013): Breeding Birds in Trouble. Preparation of an action plan for proper management of threatened breeding birds in the Wadden Sea. Joint Monitoring Breeding Bird Group, Wilhelmshaven.
- Klinner-Hötter, B. & Petersen-Andresen, W. (2018): Ornithologisches Gutachten Nordstrander Bucht/Beltringharder Koog. Ergebnisse aus den Zählgebieten nördlich der Arlau, Jahresbericht 2018. Unveröffentlichtes Gutachten Naturschutzstation Westküste, Schlüttsiel.
- Koffijberg, K., Laursen, K., Hälterlein, B., Reichert, G., Frikke, J., & Soldaat, L. (2015): Trends of Breeding Birds in the Wadden Sea 1991 - 2013 (Wadden Sea Ecosystem no. 35). Wilhelmshaven, Germany: Common Wadden Sea Secretariat, Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea.
- Knief, W., Berndt, R. K., Hälterlein, B., Jeromin, K., Kiekbusch, J. J. & Koop, B. (2010): Die Brutvögel Schleswig-Holsteins, Rote Liste. 5: 7-102. Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein,
- Koffijberg, K., Laursen, K., Hälterlein, B., Reichert, G., Frikke, J. & Soldaat, L. (2015): 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. Wadden Sea Ecosystem No. 35. Common Wadden Sea Secretariat, Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven.
- Laven, H. (1940) Beiträge zur Biologie des Sandregenpfeifers (*Charadrius hiaticula* L.). *Journal Für Ornithologie* 88: 183-287.
- Liebezeit, J. R., Smith, P. A., Lanctot, R. B., Schekkerman, H., Tulp, I., Kendall, S. J., Tracy, D. M., Rodriguez, R. J., Melfofo, H., Robinson, J. A., Gratto-Trevor, C., Maccafferty, B. J., Morse, J. & Zack, S. W. (2007): Assessing

- the development of shorebird eggs using the floating method: species-specific and generalized regression models. *Condor* 109: 32-47.
- Mabee, T. J. (1997): Using eggshell evidence to determine nest fate of shorebirds. *Wilson Bulletin* 109: 307-313.
- Mayfield, H. (1961): Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255-261.
- Mayfield, H. (1975): Suggestions for calculating nesting success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.
- MELUND (2015): Strategie für das Wattenmeer 2100. Kiel. http://www.schleswig-holstein.de/DE/Fachinhalte/N/nationalpark_wattenmeer/bericht_strategie_wattenmeer2100.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- van de Pol, M., Ens, B.J., Heg, D., Brouwer, L., Krol, J., Maier, M., ... & K. Koffijberg (2010a): Do changes in the frequency, magnitude and timing of extreme climatic events threaten the population viability of coastal birds? *Journal of Applied Ecology* 47: 720–730
- R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. Version 3.6.1 (5.7.2019)
- Schaub, M. & F. Amann (2001): Saisonale Überlebensraten von Sumpfmäusen *Parus palustris*. *Ornithol. Beobachter* 98: 223-235.
- Südbeck, P., Bauer, H.-G., Boschert, M., Boye, P. & Knief, W. (2007): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 4. Fassung, 30. November 2007. *Berichte zum Vogelschutz* 44: 23-81.
- Sudfeldt, C., Dröschmeister, R., Frederking, W., Gedeon, K., Gerlach, B., Grüneberg, C., Karthäuser, J., T. Langgemach, Schuster, B., Trautmann, S. & Wahl, J. (2013): *Vögel in Deutschland – 2013*. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Wallander, J. & Andersson, M. (2003): Reproductive tactics of the ringed plover *Charadrius hiaticula*. *Journal of Avian Biology* 34: 259-266.
- Weston, M.A. (2019): Human Disturbance, Pp. 277-308 in Colwell & Haig (Hrsg.): *The Population Ecology and Conservation of Charadrius Plovers* (no. 52), CRC Press, Boca Raton, Florida/USA.