



Foto: Klaus Wernicke

Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein

Untersuchungen 2015

Endbericht November 2015

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

Hermann Hötter

Dominic Cimiotti

Brigitte Klinner-Hötter

Rainer Schulz

Michael-Otto-Institut im NABU

Goosstroot 1,
24861 Bergenhusen

Hermann.Hoetker@NABU.de

Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2015

Endbericht November 2015

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

Hermann Hötter
Dominic Cimiotti
Brigitte Klinner-Hötter
Rainer Schulz

Michael-Otto-Institut im NABU, Goosstroot 1, 24861 Bergenhusen
Hermann.Hoetker@NABU.de

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten sind die Brutbestände des Sandregenpfeifer *Charadrius hiaticula* im Wattenmeer deutlich gesunken. In der vorliegenden Studie sollen die Habitatansprüche von Sandregenpfeifern an der Westküste Schleswig-Holsteins und im Beltringharder Koog, dem derzeit wichtigsten Brutgebiet, ermittelt werden. Daraus sollen erste Vorschläge für ein Schutzkonzept entwickelt werden. Zusätzlich sollen durch erste brutbiologische Studien und erste Beringungen die Möglichkeiten ausgelotet werden, durch eine Populationsstudie die Rückgangsursachen der Art zu ermitteln.

Für die Analyse der Habitatansprüche wurden die Sandregenpfeifer-Brutbestände des größten Teiles (47) der Brutvogel-Monitoringgebiete des Wattenmeeres mit Habitat-Parametern verglichen. Zusätzlich wurde die Habitat-Ausstattung von 261 Zufallspunkten im und am Wattenmeer mit insgesamt 84 Beobachtungspunkten von Sandregenpfeifern im gesamten Wattenmeer verglichen. Im Beltringharder Koog erfolgte darüber hinaus innerhalb eines Gebietes ein Vergleich von ebenfalls 84 Beobachtungspunkten (davon 33 Gelege) mit ebenso vielen Zufallspunkten.

Die wesentlichen Ergebnisse der Habitatanalysen (mit GLMs) lassen sich grob wie folgt zusammenfassen: Sandregenpfeifer bevorzugen Bereiche mit sehr kurzer Vegetation, die von vegetationslosen Stellen unterbrochen werden, eine lückige („patchy“) Vegetation aufweisen, von Pfützen durchsetzt sind und nahe an flachen Gewässern liegen. Möglichkeiten, solche Lebensräume zu schaffen, existieren derzeit vor allem in den sogenannten Naturschutzkögen an der Westküste. Weitere Optionen müssen noch untersucht werden.

Der Schlupferfolg des Sandregenpfeifers im Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Koogs betrug 50 % (26 Nester, Mayfield-Methode) und am Strand von St. Peter 3 % (11 Nester, Mayfield-Methode). Der Bruterfolg im Beltringharder Koog betrug 0,8 flügge Küken pro Paar. Im Jahr 2015 wurden 14 adulte und 10 noch nicht flügge Sandregenpfeifer mit individuellen Farbringkombinationen und Ringen der Vogelwarte Helgoland markiert. Die Voraussetzungen zur Durchführung einer umfassenderen Populationsstudie sind gegeben.

Einleitung

Sandregenpfeifer *Charadrius hiaticula* sind (noch) verbreitete Brutvögel der Wattenmeerküste. Wegen ihres lang anhaltenden negativen Bestandstrends gilt die Art als Brutvogel in Deutschland als „vom Aussterben bedroht“ (Südbeck et al. 2007). Der jährliche Rückgang im internationalen Wattenmeer betrug in den Jahren 1991 bis 2009 immerhin etwa 7% (Joint Monitoring Breeding Bird Group 2013) und gehört damit zu den stärksten unter den Brutvögeln des Wattenmeeres (Koffijberg et al. 2015). Schleswig-Holstein beherbergte bei der letzten publizierten Synchronerfassung 2006 mit knapp 300 Paaren den größten Anteil am Bestand des Wattenmeeres (knapp 700 Paare). Auch 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 an der Westküste, dem Beltringharder Koog, ein steigender Bestand und auch ein augenscheinlich guter Bruterfolg zu verzeichnen. Im Jahre 2014 brüteten dort 88 Paare (Klinner-Hötker & Petersen-Andresen 2014), mehr als 8 % des deutschen Brutbestandes der Art (950 – 1100 Paare, (Sudfeldt et al. 2013).

Mit dem hier vorgestellten Projekt soll – einfach gesagt – ermittelt werden, welche Faktoren Sandregenpfeifer im Beltringharder Koog im Vergleich zu anderen Gebieten begünstigen und wie daraus Naturschutzmaßnahmen für die Art abgeleitet werden können. Dabei soll ähnlich vorgegangen werden wie beim nahe verwandten Seeregenpfeifer *Charadrius alexandrinus*, bei dem gezielte Forschungen und Anwendung der Forschungsergebnisse schließlich zu einer Verbesserung der Schutzmaßnahmen und einem Anstieg der Bestände geführt haben (Hötker et al. 2009, Cimiotti et al. 2015). Im Falle des Sandregenpfeifers sollen zunächst die Habitatansprüche und daraus resultierend die Verfügbarkeit geeigneter Brut-Lebensräume ermittelt werden. Parallel muss ermittelt werden, ob mangelnde Überlebensraten der adulten Vögel oder mangelnder Bruterfolg für die Bestandsrückgänge ursächlich sind und wie hoch der Bruterfolg mindestens sein muss, um die Population zu erhalten. Schließlich sind aus den Ergebnissen einzelne Schutzmaßnahmen abzuleiten, die in ein Schutzkonzept münden, welches mit dem MELUR, dem LKN (Nationalparkamt und Deichbaubehörde), dem LLUR sowie regionalen Naturschutzstellen abzustimmen ist.

Im Jahr 2015 sollten vorrangig zunächst die Habitatansprüche von Sandregenpfeifern untersucht werden, damit relativ rasch erste Empfehlungen für konkrete Schutzmaßnahmen entwickelt werden können. Die Analyse soll dabei auf zwei räumlichen Skalenebenen erfolgen. Großräumig kann die Verteilung der Sandregenpfeifer im schleswig-holsteinischen Wattenmeer anhand der Ergebnisse des trilateralen Wattenmeermonitorings dargestellt werden. Diese Daten werden mit geographischen und physikalischen Daten in Zusammenhang gebracht. Auf einer kleineren räumlichen Ebene können einzelne Vorkommen der Art mit zufällig ausgewählten Standorten verglichen werden. Dies ermöglicht die Analyse weiterer Parameter wie zum Beispiel landwirtschaftliche Nutzung des Gebietes, Vegetationshöhe und Abstand zu potenziellen Störquellen. Auf der niedrigsten räumlichen Ebene lassen sich die Standorte einzelner Vögel, der Gelege und der Küken mit zufällig ausgewählten Punkten aus der Umgebung vergleichen. Aus den Analysen lassen sich dann relativ genau darauf geschlossen werden, welche Faktoren für das Vorkommen von Sandregenpfeifern entscheidend sind und wo Schutzmaßnahmen ansetzen können.

Parallel sollen die Möglichkeiten für den Start einer Populationsstudie ab dem Jahr 2016 geprüft werden (Verfügbarkeit von Farbringkombinationen, Möglichkeiten zum Fang der Alt- und Jungvögel, Auffindbarkeit der Nester, Auswahl möglicher Untersuchungsgebiete). Zusätzlich sollen die verfügbaren brutbiologischen Daten für Schleswig-Holstein zusammengestellt werden.

Material und Methode

Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen zur Brutbiologie fanden 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 2014). Als zweiter Ort brutbiologischer Studien wurde das Vorland bzw. der Strand von St. Peter gewählt, an dem Sandregenpfeifer in nahezu natürlichen Lebensräumen vorkommen. Beringungen von Sandregenpfeifern fanden 2015 ausschließlich im Beltringharder Koog statt.

Brutbiologische Untersuchungen

Zu Beginn der Brutzeit wurden potentiell geeignete und aus den letzten Jahren bekannte Brutorte des Sandregenpfeifers vom PKW aus und von Deichen und Wegen aus mit Fernglas und Spektiv abgesucht um brütende Altvögel zu entdecken. 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. Am Strand von St. Peter wurden Nester auch dadurch gefunden, dass Fußspuren der Regenpfeifer im Sand verfolgt wurden. Die Nester wurden in etwa 3 m Entfernung mit kleinen, aus der Entfernung ablesbaren Plastikschildern, auf denen die Nestnummern eingetragen wurden, markiert und mit einem GPS-Gerät (Garmin GPSmap 62s) eingemessen. Der Nestinhalt wurde notiert und mindestens zwei Eier des Geleges wurden kurzfristig in ein Wasserbad gelegt um ihren Bebrütungsstatus zu bestimmen (Liebezeit et al. 2007). Die Nester wurden danach im Abstand von einigen Tagen kontrolliert. Wurde ein brütender Altvogel gesehen, wurde das Nest nicht aufgesucht. Wurde kein brütender Altvogel angetroffen, wurde zunächst aus der Entfernung mit Fernglas und Spektiv nach Küken bzw. hudernden Altvögeln in der Nähe des Nestes gesucht und danach eine Kontrolle des Nestes durchgeführt. Der Nestinhalt wurde notiert. Leere Nester wurden auf die Existenz von kleinen Eischalen, die auf den Schlupf der Jungvögel hindeuten (Mabee 1997), untersucht.

Die Gelege wurden als erfolgreich angesehen, wenn mindestens ein schlüpfendes oder ein frisch geschlüpftes Küken in der Nestmulde gefunden wurden, wenn kleine Eischalensplitter in der Nestmulde auf den Schlupf hindeuteten und wenn die Eier nach dem Zeitpunkt des zu erwartenden Schlupftermins verschwunden waren und keine Zeichen auf Zerstörung oder Raub vorhanden waren. Das Gelege wurde als nicht erfolgreich angesehen, wenn Hinweise auf die Zerstörung des Nestes oder den Raub der Eier vorlagen oder wenn das Nest verlassen war. Nester wurden als ausgeraubt betrachtet, wenn die Zerstörung der Nestmulde, Spuren der Prädatoren, zerstörte Eier, große Eischalen oder Dotterreste im Nest auf den Raub der Eier hindeuteten oder wenn die Eier vor Ablauf der regulären Bebrütungszeit von 27 Tagen verschwunden waren.

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 Sandregenpfeifergeleges durchschnittlich 30 Tage vergehen (Laven 1940).

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



Abbildung 1. Sandregenpfeifer-Gelege (Foto: D. Cimiotti).

Habitatwahl

Die Habitatwahl brütender Sandregenpfeifer wurde in Schleswig-Holstein auf zwei verschiedenen Skalenebenen gemessen. Auf der Skala der gesamten Westküste wurden die Sandregenpfeifer-Brutbestände aus den TMAP-Zählgebieten mit verschiedenen Eigenschaften dieser Gebiete in Zusammenhang gebracht. Auf der gleichen Skalenebene wurden einzelne Beobachtungsorte von territorialen Sandregenpfeifern, die gefundenen Neststandorte und die Beobachtungsorte von Küken mit Zufallspunkten verglichen. Auf der Skala eines Brutgebiets, des Beltringharder Koogs, wurden schließlich ebenfalls Standorte territorialer Altvögel, Nester und Küken Zufallspunkten gegenüber gestellt.

Sandregenpfeiferbrutbestände im Wattenmeer

Zur Ermittlung der bevorzugten Lebensräume des Sandregenpfeifers im schleswig-holsteinischen Wattenmeer wurden die Dichten der Brutbestände des Sandregenpfeifers in den Brutvogelzählgebieten (Gebiete 1. Ordnung) des Wattenmeeres aus den Jahren 2010 bis 2014 betrachtet. Die Bestandsdaten stammen aus der Monitoring-Datenbank des Nationalparkamtes. Lagen für ein Gebiet aus mehreren Jahren Daten vor, wurden die Mittelwerte verwendet. Die Größen der Gebiete (nur Landanteil) wurden anhand von Luftfotos ermittelt. Als erklärende Größen wurden verwendet:

Habitatkategorie

- Außensand
- Hallig
- Strand
- Koog (= Naturschutzkoog)

- Salzwiese (Vorland)
- Marsch

Oberfläche

- Gras (Salzwiesenvegetation)
- Sand (Flächenanteil über 50%)
- Mix (Mischung aus trockenem, offenem Boden (Sand, Muschelschill, Offenboden, >1% der Fläche) und Vegetation)

Insel

- ja/nein (schließt Außensände und Halligen ein, nicht aber Sylt und Nordstrand)

Vergleich von Sandregenpfeiferbeobachtungen und Zufallspunkten am Wattenmeer

Während der Brutzeit der Sandregenpfeifer wurde an der gesamten Wattenmeerküste nach revieranzeigenden Sandregenpfeifern bzw. deren Nestern und Jungvögeln Ausschau gehalten. Dazu wurde die gesamte Deichlinie von der dänischen Grenze bis nach Neufeld und zusätzlich die Inseln Sylt, Amrum, Föhr und Pellworm sowie die Halligen Hooe, Langeness, Oland, Gröde, Nordstrandischmoor sowie die Hamburger Hallig sowie die „Naturschutzköge“ Rickelsbüller Koog, Rantumbecken, Fahretofter Westerkoog, Hauke-Haien-Koog, Ockholmer Westerkoog, Beltringharder Koog, Eiderästuar, und die Meldorfer Speicherköge abgesucht. Jeder Küstenabschnitt wurde jeweils nur einmal aufgesucht um den Aufwand pro Gebiet etwa gleich zu halten. Die Beobachtungen erfolgten überwiegend von Deichen und deichnahen Wegen aus mit Ferngläsern und Spektiven. Wurde ein Brutvogel, ein Nest oder Küken gesichtet, wurden die Beobachtung auf einem Luftbild im Maßstab 1:10.000 eingetragen und für den genauen Ort der Sichtung (im Folgenden „Standort“ genannt) folgende Größen notiert:

Lage (Kategorien: Insel, Hallig, Festlandsvorländer, Festland binnendeichs)

Habitat (Kategorien: Binnengewässer, Deich, Gründach, Düne, landwirtschaftliche Nutzfläche, Priel und Gewässer im Vorland, Salzwiese im Vorland und auf den Halligen, Salzwiesen im Binnenland, Sukzessionsgebiet, Schilf, Strand, Deichbefestigung, Watt (außen), Watt (binnen), Sonstiges)

Landwirtschaftliche Nutzung (Kategorien: Grünland (Unterkategorien: extensive Beweidung durch Rinder, intensive Beweidung durch Rinder, extensive Beweidung durch Schafe, intensive Beweidung durch Schafe, Pferdeweide, Mähwiese), Kartoffeln, Kohl, Mais, Winterrraps, Sommergetreide, Wintergetreide, keine Nutzung)

Salzwasser (Kategorien: ja, nein)

Wassertiefe (Kategorien: 0 cm, 0 – 3 cm, 3 – 10 cm, über 10 cm)

Lahnungen am nächstgelegenen Watt (Kategorien: ja, nein)

Gruppen (Kategorien: ja, nein)

Relief (Kategorien: ja, nein)

Sichtbarrieren (Kategorien: ja, nein)

Vorland: Übergang zum nächstgelegenen Watt (Kategorien: Vorland, Strand, Steinschüttung)

Potenziellen Hochwasserrastplätze (Kategorien: ja, nein)

Sediment des nächstgelegenen Watts (Schlick, Mischwatt, Sand)

Art der Vegetation

Vegetationshöhe in Kategorien (0 cm, 0- 5 cm, >5 cm)

Vegetation „Patchy“? (Kategorien: ja, nein)

Standort erhöht? (Kategorien: ja, nein)

Habitatanteile im Umkreis von 10 m um den Beobachtungsort, Anteile von Tiefwasser (> 10 cm Wassertiefe), Flachwasser (< 10 cm Wassertiefe), Watt, Schlamm, offenem Boden, niedriger Vegetation (Höhe 0 – 5 cm), mittlere Vegetation, (Höhe 5 – 10 cm), hohe Vegetation (Höhe > 10 cm)

Abstände (in m) zu den jeweils nächsten Gehölzen, Röhrriechen, Zäunen, Gebäuden, Deichen, Pfützen, offenen Uferbereichen, Wasserflächen, Vorländern, Prielen, Wattflächen

Erläuterungen

Salzwasser: Wird der Standort von Salzwasser beeinflusst (ja) oder nicht (nein)?

Lahnungen am nächstgelegenen Watt: Sind am nächstgelegenen Uferabschnitt des Wattenmeers Lahnungen vorhanden (ja) oder nicht (nein)?

Gruppen: Sind am Standort Gruppen vorhanden (ja) oder nicht (nein)?

Relief: Weist die Umgebung des Standorts im Radius von 10 m Erhebungen von mehr als 10 cm Höhe aus (ja) oder ist die Fläche eben (nein)?

Sichtbarrieren: Sind am Standort in maximal 50 m Entfernung Sichtbarrieren von mindestens 50 cm Höhe vorhanden (ja) oder nicht (nein)?

Vorland: Ist am nächstgelegenen Watt ein Vorland mit Salzwiesen vorhanden (ja) oder lediglich ein Sandstrand bzw. ein Schardeich (nein)?

Potenziellen Hochwasserrastplätze: Stellen, an denen Sandregenpfeifer potenziell ungestört bei Hochwasser rasten können (Vorländer von mehr als 100 m Tiefe, große Strände, vorgelagerte Sandinseln)

Vegetation „Patchy“: Ist die Vegetation am Standort lückig und wechseln sich verschiedene Vegetationstypen auf engem Raum ab (mehr als fünf Übergänge pro 10 m: ja) oder ist die Vegetation einförmig (nein)?

Standort erhöht: Ist der Standort > 5 cm über die Umgebung erhöht (ja/nein)?

Habitatanteile im Umkreis von 10 m um den Beobachtungsort: Schätzungen in 10 %-Schritten; ist eine der genannten Habitatkategorien vorhanden, wird sie mit mindestens 10 % gewertet.

Abstände: Die Entfernungen wurden auf den Karten mit einem Lineal oder digital anhand von Luftaufnahme bestimmt. Bei geringeren Entfernungen (unter 300 m) kam ein optisches Entfernungsmessgerät (Leica Geovid) zum Einsatz. Die Genauigkeit der Entfernungsmessungen dürfte bei etwa $\pm 10\%$ gelegen haben.

Die Beobachtungspunkte wurden mit Zufallspunkten verglichen, für die dieselben Parameter erhoben wurden. Die Zufallspunkte wurden mit Hilfe des Programms ArcGIS 10.0 und der Erweiterung Spatial Analyst ermittelt. Die Fläche, in der die Zufallspunkte generiert wurden, war folgendermaßen definiert: Seewärts 200 m der Vorlandkante bzw. Hochwasserlinie am Festland, den Inseln Sylt, Amrum, Föhr und Pellworm sowie der Halligen Hooge, Langeness, Oland, Gröde und Nordstrandischmoor; landwärts 200 m der Seedeichlinie am Festland sowie die Landflächen der genannten Inseln und Halligen. Alle „Naturschutzköge“ (siehe oben) wurden einbezogen. Auf den so definierten Flächen wurden 500 Zufallspunkte verteilt. Zufallspunkte, die in offensichtlich nicht von Sandregenpfeifern besiedelbaren Gebieten lagen (vor allem tiefe Wasserflächen, Siedlungen, Wald) und die im Inneren (mehr als 200 m vom Seedeich bzw. Strand) der genannten Inseln lagen, wurden nicht gewertet. Die Zufallspunkte wurden auf Luftbildern im Maßstab 1:10.000 eingetragen. Die Punkte wurden mit Hilfe von GPS-Geräten geortet. In den meisten Fällen wurden die Zufallspunkte wie die Vögel von Wegen und vom Deich aus bewertet.

Vergleich von Sandregenpfeiferbeobachtungen und Zufallspunkten im Beltringharder Koog

Um zu überprüfen, ob die im gesamten Wattenmeer gewonnenen Erkenntnisse zur Erklärung der räumlichen Verteilung von Sandregenpfeifern auch innerhalb eines kleineren Gebietes zutreffen, wurden Beobachtungspunkte von Adulten, Küken und Gelegen im wichtigsten Brutgebieten der Art in Schleswig-Holstein mit diesen Beobachtungspunkten zugeordneten Zufallspunkten verglichen. Die Beobachtungen von Sandregenpfeifern erfolgten bei Exkursionen in die Brutgebiete im Beltringharder Koog. Es wurden jeweils die ersten angetroffenen Vögel registriert, es sei denn, ihr Verhalten deutete darauf hin, dass es sich nicht um örtliche Brutvögel handelte (Aufenthalt in einem Schwarm von mehr als vier Vögeln, Verlassen des Beobachtungsgebiets während der Beobachtung). Es wurde darauf geachtet, bei jeder Exkursion unterschiedliche Gebiete aufzusuchen, um so weitgehend auszuschließen, dass einzelne Individuen mehrfach registriert wurden.

Zu jedem Beobachtungspunkt wurde ein Zufallspunkt ermittelt. Die Lage der Zufallspunkte wurden wie folgt ermittelt: Auf einer Karte im Maßstab 1:25.000 wurde der Beobachtungspunkt eingezeichnet. Um diesen Punkt wurde ein Kreis mit 1 km Radius konstruiert. Innerhalb dieses Kreises wurde mittels eines Zufallszahlengenerators ein zweiter Punkt zufällig ausgewählt. Fiel der Zufallspunkt auf einen durch Sandregenpfeifer nicht besiedelbaren Bereich (Gehölz, Gebäude, Verkehrsfläche, tiefe Wasserfläche), wurde der Vorgang wiederholt.

Für alle Beobachtungs- und alle Zufallspunkte wurden die gleichen Parameter ermittelt wie für die Beobachtungen im gesamten Wattenmeerraum (siehe oben).

Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mit dem Programm R (R Development Core Team 2013) vorgenommen.

Zunächst wurde für jeden Habitatparameter einzeln untersucht, ob sich dessen Ausprägung zwischen Beobachtungspunkten und Zufallspunkten unterschied. Unterschiede kategorialer Größen wurden mit Exakten Tests von Fisher, die übrigen mit Rangsummentests nach Kruskal-Wallis auf ihre Signifikanz geprüft.

In einem weiteren Schritt wurde versucht, die Besiedlung durch Sandregenpfeifer mittels Generalisierter Linearer Modelle (GLM) zu analysieren. Als Fehlerfunktionen wurden für die Bestandsdaten aus dem Wattenmeer die Quasipoisson-Verteilung und für die Vergleiche von Zufallspunkten mit Beobachtungspunkten und Nestern jeweils die Binomial-Verteilung verwendet (jeweils Log-Link). Die Modellauswahl erfolgte durch sukzessives Entfernen der am wenigsten signifikanten Parameter, bis ein Modell mit ausschließlich signifikanten Parametern gefunden war. Die endgültige Auswahl unter allen konstruierten Modellen erfolgte anhand des Akaike-Informationskriteriums, das zwischen der Passgenauigkeit und der Komplexität von Modellen abwägt. Die Modelle wurden nach den in Zuur et al. (2009) genannten Methoden überprüft. Zur Darstellung der Wirkung von potentiellen Störkulissen wurden Generalisierte Additive Modelle (GAMs) benutzt.

Ergebnisse

Bruterfolg

Der Bruterfolg der Sandregenpfeifer wurde im Beltringharder Koog und am Strand von St. Peter untersucht. Im nördlichen Teil des Arlau-Speicherbeckens des Beltringharder Kooges brüteten 30 Paare. Es wurden insgesamt 26 Nester gefunden und untersucht. Siebzehn davon schlüpften und neun gingen verloren, sieben davon durch Prädation und zwei durch Aufgabe. Insgesamt ergaben sich 394 Kontrolltage. Mit den neun Verlusttagen ergibt sich daraus nach (Mayfield 1975) eine tägliche Überlebensrate von 0,977 und ein Schlupferfolg von 50%. An 11 Nestern wurden Wildkameras aufgestellt. Sechs dieser Kameras lieferten verwertbare Daten. An fünf der Kameranester schlüpften die Küken, an einem Nest konnte ein Marderhund *Nyctereutes procyonoides* als Nesträuber identifiziert werden.

Es konnten insgesamt 24 flügge Jungvögel beobachtet werden, was einem jährlichen Bruterfolg von 0,8 flüggen Küken pro Paar entspricht.

In St. Peter wurden sechs Gelege gefunden, von denen eines schlüpfte, drei prädiert wurden, eines überflutet wurde und eines aus unbekanntem Gründen verloren ging. Aus den 46 Kontroll- und 5 Verlusttagen errechnet sich nach (Mayfield 1975) eine tägliche Überlebensrate von 0,891 und eine Schlupfwahrscheinlichkeit von 3%. Der Bruterfolg wurde in St. Peter nicht gemessen.

Habitatwahl

Vergleich der Gebiete im Wattenmeer

Es lagen Daten über Sandregenpfeiferbrutbestände aus insgesamt 47 Gebieten des Wattenmeeres vor, darunter vier Außensände, sieben Halligen, zwei Inseln, zwei Inselmarschen, drei Inselvorländern, sechs Naturschutzkögen, einem Dünenkomplex, drei Festlandsmarschen, vier Festlandsstrände und 15 Festlandsvorländer. Die Summe der Bestandsmittel der Jahre 2010 – 2015 betrug 268 Paare; damit dürfte der größte Teil des Brutbestandes an der schleswig-holsteinischen Westküste repräsentiert worden sein. Um die Größe der verschiedenen Erfassungsgebiete zu berücksichtigen, wurden für die weitere Auswertung die Dichten der Sandregenpfeifer verwendet (Paare/km²).

Die Sandregenpfeiferdichten zeigten eine sehr hohe Streuung, unterschieden sich aber deutlich zwischen den Gebietstypen. In den Naturschutzkögen waren die Siedlungsdichten am höchsten, gefolgt von den Halligen, den Stränden, den Außensänden und den Salzwiesen. In den Naturschutzkögen brüteten 42 % und auf den Halligen 12 % der hier betrachteten Sandregenpfeifer (Abbildung 2).

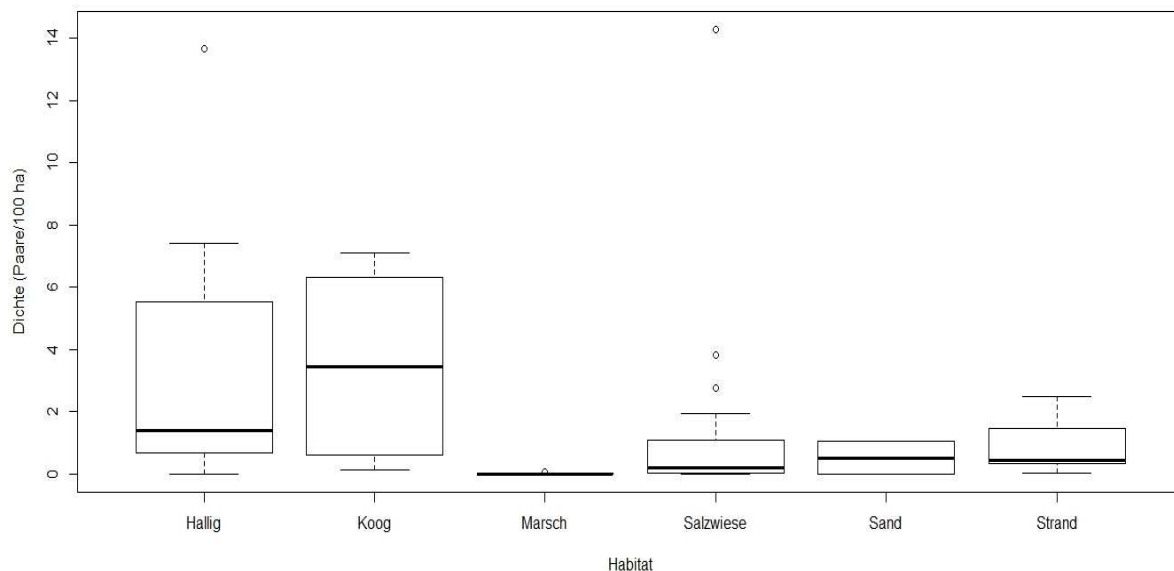


Abbildung 2. Siedlungsdichten von Sandregenpfeifern in den Jahren 2010-2014 in verschiedenen Regionen des schleswig-holsteinischen Wattenmeeres. Die dicke waagerechte Linie der Boxplots zeigt den Median, die breiten Säulen umfassen die oberen und unteren 25 Prozent der Datenpunkte, die gestrichelten Linien markieren die Gesamtstreuung der Daten bis auf Ausreißer, die als kleine Kreisflächen dargestellt sind.

Sandregenpfeifer zeigten eine klare Präferenz für Gebiete, in denen eine kurze Vegetationsdecke an wenigstens einigen Stellen von vegetationslosen Flächen wie Muschelschillflächen, Sandflächen oder kahlem Boden unterbrochen waren. Reine Sandflächen oder Gebiete ohne solche Kahflächen wurden deutlich weniger dicht besiedelt (Abbildung 3).

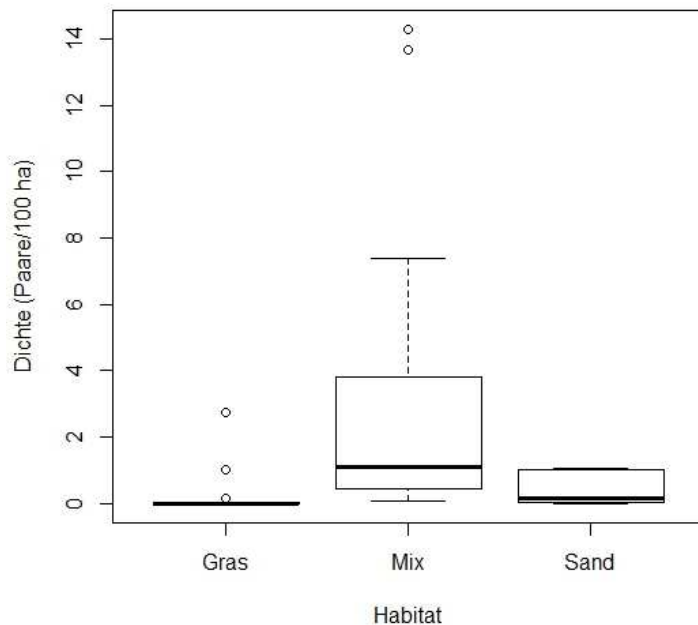


Abbildung 3. Siedlungsdichten von Sandregenfeiern in den Jahren 2010-2014 in auf verschiedenen Oberflächen im schleswig-holsteinischen Wattenmeer Die dicke waagerechte Linie der Boxplots zeigt den Median, die breiten Säulen umfassen die oberen und unteren 25 Prozent der Datenpunkte, die gestrichelten Linien markieren die Gesamtstreuung der Daten bis auf Ausreißer, die als kleine Kreisflächen dargestellt sind.

Zur Erklärung der unterschiedlichen Siedlungsdichten der Sandregenpfeifer in verschiedenen Gebieten wurde ein Generalisiertes Lineares Modell mit einer Quasipoisson-Fehlerverteilung konstruiert. Erklärende Faktoren waren Habitatkategorie, Oberfläche (Gras, Mix, Sand) und Insel (ja/nein). Als bestes Modell wurde dasjenige gewählt, das nur aus dem Achsenabschnitt und dem Faktor „Oberfläche“ bestand (Tabelle 1).

Tabelle 1: Generalisiertes Lineares Modell mit Quasipoisson-Fehlerverteilung zur Erklärung der Siedlungsdichte (Mittelwerte aus den Jahren 2010-2014) in 47 Zählgebieten im und am schleswig-holsteinischen Wattenmeer, Durch das Modell erklärte Devianz: 31,9 %.

Parameter	Parameterausprägung	Koeffizient	SE	t	p	Sign.
Konstante		-1,3056	0,9491	-1,376	0,1759	
Oberfläche	Gras	1				
	Mix	2,3995	0,9736	2,464	0,0177	*
	Sand	0,3835	1,5606	0,246	0,807	

Vergleich von Beobachtungs- und Zufallspunkten im Wattenmeer

Für die Analyse der Habitatwahl von Sandregenpfeifern im Wattenmeer konnten 15 Gelege, 60 Beobachtungen adulter Sandregenpfeifer und neun Beobachtungen von Küken ausgewertet werden. Die Beobachtungspunkte wurden mit den Daten von 261 Zufallspunkten verglichen. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 2 bis 5 dargestellt.

Der Vergleich von Sandregenpfeiferbeobachtungen und Zufallspunkten in verschiedener Regionen des Wattenmeeres (Tabelle 2) zeigte, dass sich die Verteilungen von nahrungssuchenden Altvögeln und Küken jeweils signifikant von der der Zufallspunkte unterschied (Exakte Tests nach Fisher; Altvögel: $p=2,028e-05$; Küken: $p=0,000532$). Halligen waren jeweils überrepräsentiert, das Festland unterrepräsentiert. Die Verteilungen von Nestern und Zufallspunkten unterschieden sich nicht signifikant.

Tabelle 2: Verteilung von Sandregenpfeiferbeobachtungsorten (Neststandorte, Küken, nahrungssuchender Altvögel) und Zufallspunkten auf Regionen der Wattenmeerregion Schleswig-Holsteins.

Region	Zufallspunkte	Nester	Küken	Nahrungssuche Altvögel	Summe Sand- regenpfeifer- beobachtungen
Hallig (einschl. Watt)	18	3	5	16	24
Insel (einschl. Watt)	20	1	0	10	11
Festland Vorland (inkl. Watt, Strand, Dünen)	127	6	1	19	26
Binnendeichs (inkl. Deich)	96	5	3	15	23
Summe	261	15	9	60	84

Hinsichtlich der Wahl des Lebensraums (Tabelle 3) zeigte sich bei nahrungssuchenden Altvögel eine signifikante Bevorzugung von Stränden (Exakter Test nach Fisher, $p=0,00102$).

Tabelle 3: Verteilung von Sandregenpfeiferbeobachtungsorten (Neststandorte, Küken, nahrungssuchender Altvögel) und Zufallspunkten auf verschiedene Habitatkategorien der Wattenmeerregion Schleswig-Holsteins.

Habitat	Zufallspunkte	Nester	Küken	Nahrungssuche Altvögel	Summe Sand- regenpfeifer- beobachtungen
Binnengewässer	10	0	0	9	9
Deich	15	0	0	0	0
Dach	0	0	1	0	1
Düne	9	4	0	0	4
Landwirtschaftliche Nutzfläche	62	5	0	4	9
Gaben im Vorland	6	0	1	1	2
Salzwiese Vorland und Hallig	71	5	2	23	30
Salzwiese Binnenland	2	0	2	3	5
Schilf	8	0	0	0	0
Strand	10	1	1	10	12
Deichbefestigung	2	0	0	1	1
Watt	66	0	2	9	11
Summe	261	15	9	60	84

Die Ausprägungen verschiedener Habitatfaktoren übten einen deutlichen Einfluss auf das Vorkommen von Sandregenpfeifern aus (Tabelle 4). So wirkte sich die Salinität des Wassers auf die Verteilung der Nester (Exakter Test nach Fisher, $p=6,945e-05$) und der nahrungssuchenden Altvögel ($p=0,00865$) aus, Salzwasser-geprägte Lebensräume waren jeweils bevorzugt. Altvögel bevorzugten trockene Bereiche für die Nahrungssuche (Exakter Test nach Fisher, $p=0,000205$). Sie hielten sich bevorzugt dort auf, wo es keine Lahnungen gab (Exakter Test nach Fisher, $p=0,0000965$). Die Verteilung nahrungssuchender Altvögel war durch den Übergang von Land und Meer beeinflusst (Exakter Test nach Fisher, $p=0,000362$). Sie bevorzugten Stellen, an denen dieser Übergang durch Strände oder Vorländer und nicht durch Steinschüttungen geprägt war. Auch das Sediment spielte eine Rolle: Sowohl nahrungssuchende Altvögel (Exakter Test nach Fisher, $p=0,00105$) als auch Küken (Exakter Test nach Fisher, $p=0,0240$) bevorzugten sandigere Sedimente.

Tabelle 4: Verteilung von Sandregenpfeiferbeobachtungsorten (Neststandorte, Küken, nahrungssuchender Altvögel) und Zufallspunkten auf verschiedene Ausprägung von Habitatparametern in der Wattenmeerregion Schleswig-Holsteins.

Parameter	Ausprägung	Zufallspunkte	Nester	Küken	Nahrungssuche Altvögel	Summe Sand- regenpfeifer- beobachtungen
Wasser	Salzwasser	164	10	6	44	60
	Brackwasser	4	4	1	4	9
	Süßwasser	93	1	2	12	15
Wasser- tiefe	Null	213	15	9	59	83
	Niedrig (0-3 cm)	1	0	0	1	1
	Mittel (3-10 cm)	5	0	0	0	0
	Hoch (>10 cm)	42	0	0	0	0
Lahnung	ja	149	8	4	20	32
	nein	112	7	5	40	52
Grüppen	ja	64	2	0	8	10
	nein	197	13	9	52	74
Relief	ja	40	2	1	16	19
	nein	221	13	8	44	65
Sicht- barriere	ja	82	7	6	30	43
	nein	179	8	3	30	41
Vorland	Steinschüttung	67	5	3	12	20
	Strand	24	0	0	18	18
	Vorland	170	10	6	30	46
Sediment	Mischwatt	63	4	6	22	32
	Sandwatt	56	5	1	21	27
	Schlickwatt	142	6	2	17	25
Summe		261	15	9	60	84

In einigen Fällen war es sinnvoll, den Vergleich von Sandregenpfeiferbeobachtungen und Zufallspunkten auf den Landbereich zu beschränken (Tabelle 5). Zwischen dem Vorhandensein von Grüppen oder eines Reliefs auf dem Boden und Sandregenpfeifern konnte jeweils kein signifikanter Zusammenhang entdeckt werden. Sichtbarrieren hatten einen signifikanten negativen Einfluss auf das Vorkommen nahrungssuchender Altvögel (Exakter Test nach Fisher, $p=0,0102$). Kükenbeobachtungen waren signifikant mit dem Vorhandensein einer lückigen Vegetationsverteilung („Patchy“) assoziiert (Exakter Test nach Fisher, $p=0,0460$). Die Vegetationshöhe spielte sowohl für Nester (Exakter Test nach Fisher, $p=1,711e-07$), Küken ($p=0,000471$) als auch nahrungssuchende Altvögel ($p=2,2e-16$) eine wichtige Rolle: Stellen ohne oder mit nur sehr kurzer Vegetation wurden bevorzugt. Entsprechend war der Anteil kurzer Vegetation (0 cm – 5 cm) sowohl in der Umgebung von Nestern (Kruskal-Wallis-Test, $p=3,073e-08$), von Küken ($p=1,085e-06$) und nahrungssuchenden Altvögeln ($p<2,2e-16$) hochsignifikant höher als in der Nähe von Zufallspunkten.

Tabelle 5: Verteilung von Sandregenpfeiferbeobachtungsorten (Neststandorte, Küken, nahrungssuchender Altvögel) und Zufallspunkten auf verschiedene Ausprägung von Habitatparametern in der Wattenmeerregion Schleswig-Holsteins. Im Gegensatz zu Tabelle 4 sind hier nur Standorte an Land berücksichtigt.

Parameter	Ausprägung	alle Zufallspunkte	Nester	Küken	Nahrungssuche Altvögel	Summe Sandregenpfeiferbeobachtungen
Gruppen	ja	59	2	0	11	13
	nein	125	13	7	36	56
Relief	ja	35	2	0	16	18
	nein	149	13	7	31	51
Sichtbarriere	ja	55	7	6	23	36
	nein	129	8	1	24	33
Vegetation "Patchy"	ja	79	10	6	25	41
	nein	105	5	1	22	28
Standort erhöht	ja	10	4	0	5	9
	nein	174	11	7	42	60
Höhe der Vegetation	0 cm	24	7	5	29	41
	0-5 cm	12	6	1	18	25
	> 5 cm	148	2	1	0	3
Anzahl		184	15	7	47	69

Neben der Ausprägung von Habitatmerkmalen wurde auch die Entfernung zu bestimmten, möglicherweise attraktiven Lebensraumelementen sowohl für Zufallspunkte als auch für Sandregenpfeiferbeobachtungspunkte gemessen. Für die Gelege und Küken zeigte sich, dass diese signifikant näher an Pfützen (Kruskal-Wallis-Tests, Gelege: $p=4,182e-06$, Küken: $p=0,0190$) lagen als Zufallspunkte. Für die anderen Entfernungsmaße ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Auch nahrungssuchende Altvögel hielten sich signifikant näher an Pfützen auf, als dies durch die Verteilung der Zufallspunkte zu erwarten gewesen wäre (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,00369$). Ähnliches gilt für ihre Nähe zu Flachwasser ($p=0,00850$) und zu Wasser insgesamt ($p=0,0336$). Nahrungssuchende Altvögel wurden signifikant näher an Vorländern ($p=0,00198$) und an potenziellen Hochwasserrastplätzen ($p=0,000324$) angetroffen als durch die Verteilung der Zufallspunkte hätte angenommen werden können.

Bezüglich des Abstandes zu bestimmten Störkulissen zeigten sich Auswirkungen von Schilfbeständen und Gehölzen (Beispiele siehe Abbildung 4 und 5). Nester hatten einen signifikant höheren Abstand zu Gehölzen als Zufallspunkte (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,010$) und nahrungssuchende Altvögel einen signifikant höheren Abstand zu Röhrichten als Zufallspunkte (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,0257$).

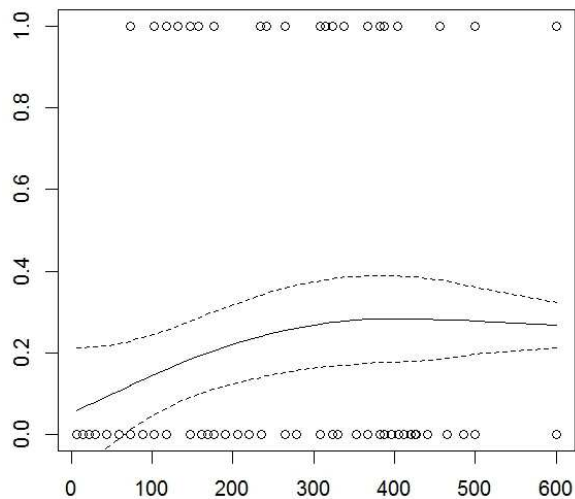


Abbildung 4. Abstände zu Gehölzen (in m, X-Achse) von nahrungssuchenden Sandregenpfeifern (n=60, obere Symbolreihe) und Zufallspunkten (n=261, untere Symbolreihe). Da Punkte mit den gleichen Werten übereinander liegen können, ist die Zahl der abgebildeten Symbole geringer als der Stichprobenumfang. Die gerade Linie gibt die durch ein GAM-Modell berechnete Wahrscheinlichkeit an, dass ein Punkt ein Beobachtungspunkt eines Sandregenpfeifers ist (Y-Achse), die gestrichelten Linien geben das 95%-Konfidenzintervall an.

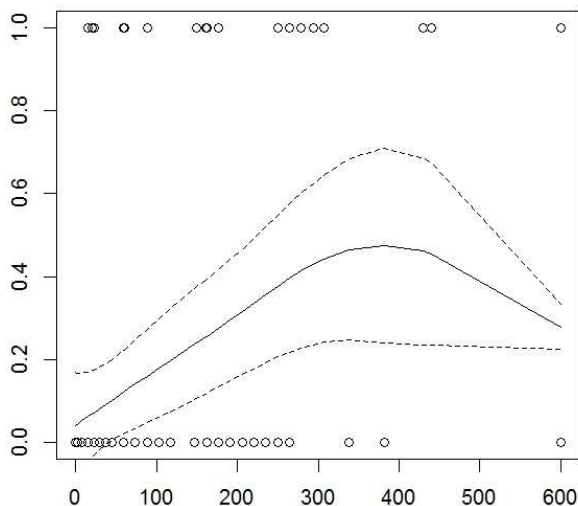


Abbildung 5. Abstände zu Schilfbeständen (in m, X-Achse) von nahrungssuchenden Sandregenpfeifern (n=60, obere Symbolreihe) und Zufallspunkten (untere Symbolreihe). Da Punkte mit den gleichen Werten übereinander liegen können, ist die Zahl der abgebildeten Symbole geringer als der Stichprobenumfang. Die gerade Linie gibt die durch ein GAM-Modell berechnete Wahrscheinlichkeit an, dass ein Punkt ein Beobachtungspunkt eines Sandregenpfeifers ist (Y-Achse), die gestrichelten Linien geben das 95%-Konfidenzintervall an.

Da die bisher einzeln betrachteten Habitatfaktoren sich gegenseitig beeinflussen und zum Teil sogar miteinander korreliert sind, lassen sich die wirklich entscheidenden Faktoren eher durch multivariate Verfahren ermitteln, durch die jeweils viele Faktoren gleichzeitig betrachtet werden. Die Ergebnisse entsprechender Analysen finden sich in den folgenden Tabellen 6 und 7. Die Beobachtungen von Altvögeln und Küken wurden zur Erhöhung des Stichprobenumfangs jeweils zusammengefasst, da sich keine offensichtlichen Unterschiede ergaben, Küken immer von Altvögeln begleitet wurden und vergleichsweise wenige Kükenbeobachtungen vorlagen.

Für die Analyse der Neststandorte wurde nach Entfernung interkorrelierter Faktoren folgendes globale Modell aufgestellt:

Nest/Zufallspunkt ~ Habitat + Salzwasser + Gruppen + Sichtbarriere + Sediment + "Patchyness" der Vegetation + Erhöhung + Anteil niedriger Vegetation + Gehölzabstand + Entfernung Pfützen + Entfernung Flachwasser + Entfernung Watt + Entfernung Priel.

Das durch Faktorenreduktion aus diesem Modell entstandene Optimalmodell ist mit seinen Koeffizienten in Tabelle 6 dargestellt. Es enthält die Faktoren Salzwasser, Sichtbarriere, Sediment, "Patchyness" der Vegetation, Anteil niedriger Vegetation, Entfernung Pfütze und Entfernung Priel. Die Nester waren also bevorzugt in durch das Salzwasser geprägten Lebensräumen, an kahlen Stellen oder in sehr niedriger, lückiger Vegetation (patchy) auf sandigem Untergrund, in der Nähe von Sichtbarrieren, Pfützen und Prielen angelegt worden.

Tabelle 6. Habitatmodell (GLM, Family = Binomial) für Sandregenpfeifer-Neststandorte im Wattenmeer. Durch das Modell erklärte Devianz: 59,2%.

Parameter	Parameterausprägung	Koeffizient	SE	Z	p	Sign.
Konstante		1,06720	1,64578	0,648	0,5167	
Salzwasser	nein	-2,48865	1,57385	-1,581	0,1138	
Sichtbarriere	nein	-1,73682	0,99137	-1,752	0,0798	
Sediment	Sand	2,62983	1,15104	2,285	0,0223	*
Patchyness	nein	-2,61619	1,02810	-2,545	0,0109	*
Anteil niedriger Vegetation		0,05905	0,01620	3,645	0,0003	***
Entfernung Pfütze		-0,01750	0,00543	-3,224	0,0013	**
Entfernung Priel		-0,00220	0,00128	-1,721	0,0853	

Für die Analyse der Beobachtungsorte von nahrungssuchenden Altvögeln und Küken wurde folgendes globale Modell aufgestellt, nachdem interkorrelierter Faktoren entfernt worden waren:

Sandregenpfeiferbeobachtung/Zufallspunkt ~ Habitat + Salzwasser + Wassertiefe + Lahnung + Gruppen + Sichtbarriere + Vorland + Sediment + "Patchyness" der Vegetation + Erhöhung + Anteil niedriger Vegetation + Gehölzabstand + Entfernung Pfützen + Entfernung Flachwasser + Entfernung Watt + Entfernung Priel.

Das durch Faktorenreduktion aus diesem Modell entstandene Optimalmodell ist mit seinen Koeffizienten in Tabelle 7 dargestellt. Es enthält die Faktoren Habitat, Lahnung, Sichtbarriere, Vorland, Sediment, "Patchyness" der Vegetation, Erhöht, Anteil niedriger Vegetation, Entfernung Pfütze, Entfernung Priel und Entfernung Watt. Die Beobachtungen zeigten eine Bevorzugung von landwirtschaftlich genutzten und von Strandlebensräumen, von Stellen mit nahen Sichtbarrieren, von erhöhten Stellen mit Vorländern, von sandigem Untergrund, von kahlen Stellen oder sehr niedriger, lückiger Vegetation (patchy), von der Nähe von Sichtbarrieren, Pfützen und dem Watt. Gemieden wurden Lahnungen.

Tabelle 7. Habitatmodell (GLM, Family = Binomial) für Sandregenpfeifer-Altvögel und -Küken im Wattenmeer. Durch das Modell erklärte Devianz: 57,7%.

Parameter	Parameterausprägung	Koeffizient	SE	Z	p	Sign.
Konstante		5,54	1,73	3,203	0,00136	**
Habitat	Binnengewässer	1,00				
	Düne	-19,03	1163,00	-0,016	0,98694	
	Landwirtschaft	-3,56	1,25	-2,845	0,00444	**
	Priel	-1,14	2,05	-0,554	0,57957	
	Sonstiges	-2,61	1,86	-1,408	0,15927	
	Strand	-3,34	1,69	-1,973	0,04851	*
	Salzwiese	-0,65	1,47	-0,443	0,65811	
Watt	1,30	1,58	0,821	0,41159		
Lahnung	nein	1,06	0,59	1,787	0,07389	
Sichtbarrieren	nein	-1,41	0,53	-2,653	0,00797	**
Vorland	Kein Vorland	1,00				
	Strand	1,48	0,96	1,542	0,12314	
	Vorland	1,65	0,81	2,047	0,04067	*
Sediment	Sand	1,56	0,62	2,532	0,01135	*
Patchyness	nein	-1,80	0,62	-2,895	0,0038	**
Erhöht	nein	-2,63	0,91	-2,876	0,00403	**
Anteil niedriger Vegetation		0,0617	0,0097	6,359	2,03E-10	***
Entfernung Pfüte		-0,0102	0,0036	-2,797	0,00516	**
Entfernung Flachwasser		-0,0065	0,0022	-2,991	0,00278	**
Entfernung Watt		-0,0023	0,0009	-2,431	0,01506	*

Vergleich von Beobachtungs- und Zufallspunkten im Beltringharder Koog

Im derzeit größten Brutgebiet des Sandregenpfeifers im Beltringharder Koog wurden ebenfalls Untersuchungen zur Habitatwahl durchgeführt. Auf eine Darstellung der Ergebnisse zu den Einzelfaktoren wird hier aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Wie schon für das Material zum gesamten Wattenmeer wurden die Beobachtungen von Küken und nahrungssuchenden Altvögeln zusammengefasst.

Für die Analyse der Neststandorte (n=33) wurde nach Entfernung interkorrelierter Faktoren folgendes globale Modell aufgestellt:

Nest/Zufallspunkt ~ Salzwasser + Gruppen + Relief + Sichtbarriere + "Patchyness" der Vegetation + Erhöhung + Anteil niedriger Vegetation + Anteil Flachwasser + Entfernung Gehölz + Entfernung Röhricht + Entfernung Pfüten + Entfernung Flachwasser.

Das durch Faktorenreduktion aus diesem Modell entstandene Optimalmodell ist mit seinen Koeffizienten in Tabelle 8 dargestellt. Es enthält die Faktoren Gruppen, Sichtbarriere, "Patchyness" der Vegetation, Anteil niedriger Vegetation, Entfernung Röhricht und Entfernung Flachwasser. Die Nester im Beltringharder Koog wurden demnach bevorzugt in begrüpten Gebieten, in der Nähe von Sichtbarrieren, an kahlen Stellen oder in sehr niedriger, lückiger Vegetation (patchy), in der Nähe von Flachwasser und in größerer Entfernung von Schilfbeständen angelegt.

Tabelle 8. Habitatmodell (GLM, binomiale Fehlerfunktion) für Sandregenpfeifer-Nester (n=33) im Beltringharder Koog. Durch das Modell erklärte Devianz: 52,3%.

Parameter	Parameterausprägung	Koeffizient	SE	Z	p	Sign.
Konstante		-1,179067	2,867113	-0,411	0,6809	
Gruppen	nein	-5,52033	1,933793	-2,855	0,00431	**
Sichtbarrieren	nein	-1,569979	0,81296	-1,931	0,05346	
Patchyness	nein	-3,263433	1,252367	-2,606	0,00917	**
Anteil niedriger Vegetation		0,065304	0,025914	2,52	0,01173	*
Entfernung Schilf		0,007192	0,002817	2,553	0,01067	*
Entfernung Flachwasser		-0,010324	0,008357	-1,235	0,21665	

Für die Analyse der Beobachtungen nahrungssuchender Altvögel und Küken (n=51) wurde nach Entfernung interkorrelierter Faktoren folgendes globale Modell aufgestellt:

Sandregenpfeiferbeobachtung/Zufallspunkt ~ Brutstatus + Gruppen + Relief + Sichtbarriere + "Patchyness" der Vegetation + Erhöhung + Anteil niedriger Vegetation + Anteil Flachwasser + Entfernung Gehölz + Entfernung Röhricht + Entfernung Pfützen + Entfernung Flachwasser.

Das durch Faktorenreduktion aus diesem Modell entstandene Optimalmodell ist mit seinen Koeffizienten in Tabelle 9 dargestellt. Es enthält die Faktoren Anteil Flachwasser, Anteil niedriger Vegetation, Entfernung Gehölz und Entfernung Flachwasser. Die Sandregenpfeifer im Beltringharder Koog hielten sich demnach bevorzugt in der Nähe von Flachwasser, an kahlen Stellen oder in sehr niedriger Vegetation und in größerer Entfernung von Gehölzen auf.

Tabelle 9. Habitatmodell (GLM, binomiale Fehlerfunktion) für Sandregenpfeifer-Altvoegel und -Küken (n=51) im Beltringharder Koog. Durch das Modell erklärte Devianz: 36,0 %.

Parameter	Parameterausprägung	Koeffizient	SE	Z	p	Sign.
Konstante		-5,271953	1,541291	-3,42	0,000625	***
Anteil Flachwasser		0,05873	0,033414	1,758	0,078812	
Anteil niedriger Vegetation		0,043722	0,010023	4,362	1,29E-05	***
Entfernung Gehölz		0,004751	0,002152	2,208	0,027267	*
Entfernung Flachwasser		-0,004497	0,003342	-1,346	0,178333	

Voraussetzung für den Beginn einer Populationsstudie am Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein

Für eine Populationsstudie müssen die Reproduktionsrate, die Überlebensrate von Jung- und Altvögeln sowie Zu- und Abwanderungsraten bestimmt werden. Die Untersuchungen im Jahr 2015 haben gezeigt, dass es im Beltringharder Koog leicht möglich ist, eine ausreichende Zahl von Nestern zu finden und den Schlupferfolg zu bestimmen. Der Einsatz von Nestkameras zur Ermittlung von Verlustursachen ist ebenfalls unproblematisch. Die Zahl flügge gewordener Jungvögel konnte relativ leicht und relativ genau bestimmt werden. Die Genauigkeit der Bruterfolgsmessung ließe sich sicher durch eine intensive Markierung der Jung- und Altvögel durch Farbringkombinationen noch erhöhen. Auch in anderen Untersuchungsgebieten (St. Peter) konnten Nester gefunden werden, die allerdings überwiegend erfolglos waren (siehe oben). Auch konnten in anderen Gebieten Jungvögel verschiedener Altersstufen beobachtet werden, so dass davon ausgegangen werden kann, dass auch dort bei entsprechenden zeitlichen Aufwand Reproduktionsraten gemessen werden könnten.

Eine wichtige Voraussetzung zur Messung von Überlebensraten und Zu- und Abwanderungsraten ist die individuelle Markierung. In Absprache mit der International Wader Study Group, der Beringungszentrale des Instituts für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ und Klaus Günther (Schutzstation Wattenmeer) konnten Farbringkombinationen für Sandregenpfeifer gefunden werden, die weltweit noch nicht verwendet wurden und so eine individuelle Markierung sicherstellen. Im Jahr 2015 wurden bereits 14 adulte und 10 noch nicht flügge Sandregenpfeifer mit individuellen Farbringkombinationen und Ringen der Vogelwarte Helgoland markiert. Hinzu kamen vier nur mit Metallringen der Vogelwarte beringte Küken, die noch zu klein für eine Farbberingung waren. Der Fang einer ausreichenden Anzahl von Vögeln erscheint deshalb ebenfalls möglich zu sein.



Abbildung 6. Individuell farbberingter adulter Sandregenpfeifer (Foto A. Cosin).

Der Beltringharder Koog bietet insbesondere im Arlau-Speicherbecken mit der leicht erhöhten Speicherbeckenverwaltung, von der aus aus dem Auto wie aus einem Tarnzelt heraus beobachtet werden kann, sicherlich fast ideale Untersuchungsbedingungen. Nestersuche, Fang und individuelle Beringung und Messen des Bruterfolgs sind in anderen Gebieten eventuell mit einem höheren Zeitaufwand verbunden, dürften aber prinzipiell ohne weiteres möglich sein. Dem Beginn einer Populationsstudie steht also nichts im Wege.

In der Zwischenzeit ist das MOIN vom niederländischen BirdLife-Partner Vogelbescherming Nederland eingeladen worden, an der Beantragung eines EU-Life Projekts über Strandvögel teilzunehmen. Im Rahmen dieses Projektes sind neben dem Beltringharder Koog folgende Untersuchungsgebiete avisiert: St. Peter, Hallig Nordstrandischmoor, Ellenbogen auf Sylt. In allen Gebieten sind im Falle einer vollständigen Projektgenehmigung Messungen des Bruterfolgs und individuelle Markierungen von Jung- und Altvögeln vorgesehen. Falls das Life-Projekt nicht oder nicht vollständig genehmigt wird, sollte auf jeden Fall neben dem Beltringharder Koog ein zweites Untersuchungsgebiet in einem außendeichs gelegenen Bereich eingerichtet werden. Hier bietet sich wegen ihrer räumlichen Nähe zum Beltringharder Koog die Hallig Nordstrandischmoor an.



Abbildung 7. Individuell farbberingter fast flügger Sandregenpfeifer (Foto D. Cimiotti).

Diskussion

Sandregenpfeifer sind bereits oft und seit langer Zeit Gegenstand brutbiologischer Untersuchungen gewesen (Tabellen 10 und 11). So führte Laven (1940) an Sandregenpfeifern eine der weltweit ersten ornithologischen Freilandstudien mit Hilfe individueller Farbberingungen durch und konnte nachweisen, dass Sandregenpfeifer - im Gegensatz zu allen übrigen einheimischen Watvögeln - regelmäßig zwei Jahresbruten durchführen.

Die publizierten Daten zum Schlupferfolg zeigen eine sehr große Streuung. Offensichtlich konnten Sandregenpfeifer in der Arktis des Öfteren einen sehr hohen Schlupferfolg erreichen, während in den gemäßigten Breiten zumeist deutlich mehr als 50% der Gelege verloren gingen (Tabelle 10). Der in dieser Studie festgestellt Wert von 50 % im Beltringharder Koog liegt im oberen Bereich der nicht-arktischen Werte, der von 3 % in St. Peter im unteren Bereich.

Die in dieser Untersuchung festgestellten Ursachen für die Verluste von Gelegen entsprechen grob den bereits in der Literatur beschriebenen. So wurden in den für die Tabellen 10 und 11 ausgewerteten Literaturstellen acht Mal die Prädation, zweimal die Landwirtschaft und einmal Überflutungen als wichtigste Verlustursachen für Gelege genannt.

Auch die Werte für den Bruterfolg (jährliche Anzahl flügger Jungvögel pro Paar) unterschieden sich deutlich zwischen den Studien (Tabelle 11). Die im Beltringharder Koog ermittelten 0,8 flüggen Jungvögel pro Paar stellen einen relativ hohen Wert dar, der die Vermutung stützt, dass es sich im Beltringharder Koog um eine prosperierende Sandregenpfeiferpopulation handelt

Tabelle 10. Publierte Werte des Schlupferfolgs von Sandregenpfeifern. Methoden: * Traditionell (Anzahl erfolgreicher Gelege / Anzahl gefundener Gelege), ** Traditionell, bezogen auf Eier (Anzahl geschlüpfter Küken / Anzahl gefundener Eier), sonst: (Mayfield 1975).

Ort	Land	Untersuchungsjahre	Schlupferfolg (%)	Quelle
Home Bay, Baffin Island	Kanada	vor 1980	85*	zitiert in Pienkowski 1984
Mestervig	Grönland	1974	38	Pienkowski 1984 a, b
Danmarks Havn	Grönland	1975	78*	zitiert in Pienkowski 1984
Öland	Schweden	2004	20	Ottval 2005
Nidingen	Sweden	1994-1998	33	Wallander & Andersen 2003
Uists	Großbritannien	1973	46	zitiert in Pienkowski 1984
Äußere Hebriden	Großbritannien	1996-1997	14	Jackson & Green 2000 (zit. In Ottval 2005)
Morecambe Bay Region Küste	Großbritannien	1978-1980	35	Briggs 1983
Morecambe Bay Region Binnenland	Großbritannien	1978-1980	14	Briggs 1983
Lindisfarne	Großbritannien	1975	15	Pienkowski 1984 a, b
Lindisfarne	Großbritannien	1976	11	Pienkowski 1984 a, b
Farne Islands	Großbritannien	1975	34	zitiert in Pienkowski 1984
St. Cyrus	Großbritannien	1974	29	zitiert in Pienkowski 1984
St. Cyrus	Großbritannien	1975	2	zitiert in Pienkowski 1984
Wash	Großbritannien	1996-1998	46	Liley 1999, Liley & Sutherland 2007
	Großbritannien	vor 1973	13%-33%	Prater 1974 (zit. In Holz 1987 und Briggs 1983)
Kurische Nehrung, Ostpreußen	Russland	1936-1939	37**	Laven 1940
Wilhelmshaven, Niedersachsen	Deutschland	1948-1957	50**	Bub 1962
Neuer Bessin	Deutschland	1973-1992	27**	Siefke 2011
Neuer Bessin	Deutschland	1974-1983	28*	Siefke 1982 (zit. In Holz 1987)
Krummhörn	Deutschland	2009	0	Andretzke et al. 2009
Leysiel, Krummhörn, Schillbank Campen und Dollart	Deutschland	2010-2014	34	Daunicht 2014
Terschelling, Griend	Niederlande	1997	36	Tulp 1998

Tabelle 11. Publierte Werte der Überlebensraten von Küken und des Bruterfolgs von Sandregenpfeifern.

Ort	Land	Jahr	Überlebensrate Küken	Bruterfolg (fl. Junge/Paar)	Bemerkungen	Quelle
Mestervig	Grönland	1974	50			Pienkowski 1984 a, b
Lindisfarne	Großbritannien	1975 u. 1976	45			Pienkowski 1984 a, b
	Großbritannien			0,64		Prater 1974 (zit. In Holz 1987 und Briggs 1983)
Wash	Großbritannien	1996-1998	20	0,42	eigene Berechnungen	Liley 1999, Liley & Sutherland 2007
Kurische Nehrung, Ostpreußen	Russland	1936-1939	46	0,92		Laven 1940
Neuer Bessin	Deutschland	1974-1983		0,82	eigene Berechnungen aus Holz 1987 Tab. 10	Siefke 1982 (zit. In Holz 1987)
Greifswalder Bodden Strand	Deutschland	1980-1984	41	0,2		Holz 1987
Greifswalder Bodden Acker	Deutschland	1980-1984	49	0,75		Holz 1987
Krummhörn	Deutschland	2009		0	Gelegeschutz	Andretzke et al. 2009
Leysiel, Krummhörn, Schillbank Campen und Dollart	Deutschland	2010-2014		0,39	Gelegeschutz	Daunicht 2014
Terschelling	Niederlande	1997		0,4		Tulp 1998
Griend	Niederlande	1997		0,67	nur vier Reviere	Tulp 1998

Die Habitatwahl von Sandregenpfeifern zur Brutzeit ist im schleswig-holsteinischen Wattenmeer bisher noch nicht im Detail untersucht worden. Einen ersten Hinweis auf die Faktoren, die für die Wahl des Brutortes ent-

scheidend sein könnten, liefert die räumliche Verteilung der Brutvorkommen im Wattenmeerraum. Die mit Abstand bedeutendsten Lebensräume für Sandregenpfeifer waren die sogenannten Naturschutzköge, gefolgt von den Halligen und Inseln. Der wohl wichtigste Faktor, der in allen Modellen, sowohl denen für die Gelege als auch die für Altvögel und Küken, signifikant ist, war der Flächenanteil vegetationsloser Stellen bzw. niedriger Vegetation. Offensichtlich war ein wenigstens kleiner Anteil von offenen Bodenflächen (trockener Klei, Sand, Muschelschill) inmitten eines größeren Bereichs sehr niedriger Vegetation entscheidend für die Ansiedlung. Reine Sandflächen schienen deutlich weniger attraktiv zu sein. Die „Patchyness“, also die Lückigkeit der Vegetation, war ebenfalls in der Mehrzahl der Modelle vorhanden. Weitere, in allen Modellen auftauchende Faktoren waren die Abstände zu Pfützen bzw. zu Flachwasserzonen. Störkulissen wie Schilfstreifen und Gehölze beeinflussten zwar die räumliche Verteilung der Sandregenpfeifer, aber nicht so stark, dass sie in sämtliche Modelle Eingang fanden. Die Kombination von kurzer, lückiger Vegetation, eingestreuten kahlen Stellen, Pfützen und Flachwasserzonen war vor allem in den bereits genannten Naturschutzkögen präsent, in gewissen Maße auch auf den Halligen. In beiden Gebieten entstanden diese Strukturen durch längeren Überstau mit Wasser, der stellenweise die Vegetation zum Absterben brachte, durch eine Beweidung durch Rinder und Schafe und durch eine sehr intensive Beweidung durch rastenden Gänse, vor allem Nonnengänse *Branta leucopsis*, Ringelgänse *Branta bernicla* und Graugänse *Anser anser*. Die ermittelten Modelle enthalten relativ viele verschiedene Faktoren, sie erklären aber auch einen beträchtlichen Teil der Varianz der Vorkommen, so dass sie als brauchbare Instrumente für den weiteren Schutz der Sandregenpfeifer angesehen werden können.

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand wäre ein Schutz der Sandregenpfeifer vor allem durch die Herstellung geeigneter Brutlebensräume zu bewerkstelligen: Bereiche mit sehr kurzer Vegetation, die von vegetationslosen Stellen unterbrochen werden, einig lückige („patchy“) Vegetation aufweisen, von Pfützen durchsetzt sind und nahe an flachen Gewässern liegen. Dies scheint gegenwärtig vor allem in den sogenannten Naturschutzkögen der Fall zu sein. Sollten sich diese als Populationsquellen herausstellen, welches anhand der Untersuchungen der nächsten Jahre überprüft werden kann, würden hier Maßnahmen besonders sinnvoll sein. Die Maßnahmen könnten darin bestehen, weitere Areale in den Kögen in Beweidung zu nehmen um ein kurze Vegetationsdecke zu erzeugen, weitere Pfützen, Flachgewässer und Überstauungsbereiche anzulegen, auch um trockene Schlammflächen zu erzeugen und Schilfkulissen zu beseitigen. Da in den Naturschutzkögen weitere Naturschutzziele verfolgt werden, wie zum Beispiel der Schutz von Uferschnepfe *Limosa limosa*, Kampfläufer *Philomachus pugnax* und Alpenstrandläufer *Calidris alpina* durch das EU-Life-Projekt LifeLimosa und der Schutz des Seeregenpfeifers *Charadrius alexandrinus* (Cimiotti et al. 2013), sind hier möglicherweise vorhandene Zielkonflikte zu berücksichtigen. Allerdings verfügen Sand- und Seeregenpfeifer über sehr ähnliche Habitatansprüche (Hötker, Hermann et al. 2009) und die Maßnahmen, die zum Schutz von Uferschnepfen ergriffen werden (Beweidung, Abflachung von Grabenufern, Anlage von Flachwasserzonen) dürften größtenteils auch Sandregenpfeifern zu Gute kommen.

Welche konkreten Maßnahmen auf den Halligen und Inseln zur Erhöhung der Sandregenpfeiferbestände ergriffen werden können, müssen weitere Untersuchungen dort ergeben. Dies gilt auch für die Frage, welche Rolle Störungen an Stränden für das Vorkommen und den Bruterfolg von Sandregenpfeifern spielen. Die Art besitzt genau wie Seeregenpfeifer (Schulz 1991, Schulz & Stock 1992) nachweislich eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber Störungen (Liley, D. 1999, Liley, Durwyn & Sutherland 2007).

Fazit

Die Voraussetzungen für eine Populationsstudie an Sandregenpfeifern mit dem Ziel, ein Populationsmodell für Schleswig-Holstein aufzustellen, sind offensichtlich sehr gut. Sowohl die Ermittlung des Bruterfolgs als auch der Überlebensraten scheinen mit vertretbarem Aufwand möglich zu sein. Als Maßnahmen für den Bestandserhalt von Sandregenpfeifern in Schleswig-Holstein bieten sich aufgrund der Habitatmodelle Aktivitäten in den sogenannten Naturschutzkögen an der Westküste an, die größtenteils mit den Schutzziele bezüglich anderer Vogelarten konform gehen: Beweidung, Anlage von Pfützen, Flachgewässer und Überstauungsbereichen, Beseitigung von Schilfkulissen.

Danksagung

Wir danken Klaus Günther für die Überlassung von Farbringkombinationen und Bernd Hälterlein für die Zusammenstellung der Bestandsdaten aus dem Bereich des schleswig-holsteinischen Wattenmeers.

Literatur

- Andretzke, H., Berndt, A., Bruzinski, J. & Noorman, K. (2009): Artenschutzmaßnahme Sandregenpfeifer im Außendeichsbereich Krummhörn sowie Erfolgskontrolle 2009 Artenschutzkonzept für den Erhalt der Sandregenpfeifer-Population an der Krummhörn. Unveröffentlichter Bericht, BIOS, im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Norderney.
- Briggs, K. B. (1983): The distribution and reproduction of Ringed Plovers breeding coastally and inland in north-west England. *Bird Study* 30: 222-228.
- Bub, H. (1962): Planberingungen am Sandregenpfeifer (*Charadrius hiaticula*). *Journal für Ornithologie* 103: 243-249.
- Cimiotti, D. V., Schulz, R., Klinner-Hötter, B. & Hötter, H. (2015): Seltene Vogelarten in Deutschland: Seeregenpfeifer. *Der Falke* 62: 24-29.
- Cimiotti, D. V., Schulz, R., Bellebaum, J., Cimiotti, D. S., Klinner-Hötter, B. & Hötter, H. (2013): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2013. Michael-Otto-Institut im NABU, Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.
- Daunicht, W. (2014): Evaluations- & Abschlussbericht des NABU Niedersachsen für das Artenschutzprojekt Vögel der Binnengewässer für das Projektjahr 2014. Unveröffentlichter Bericht, im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) in Zusammenarbeit mit der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer und der Staatlichen Vogelschutzwarte (NLWKN).
- Holz, R. (1987): Populationsentwicklung des Sandregenpfeifers (*Charadrius hiaticula*) im südwestlichen Ostseeraum: Ursachen und Konsequenzen veränderter Habitatnutzung. *Natur und Naturschutz in Mecklenburg* 25:
- 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.
- Jackson, D. B. & Green, R. E. (2000): The importance of the introduced hedgehog (*Erinaceus europaeus*) as a predator of the eggs of waders (*Charadrii*) on machair in South Uist, Scotland. *Biol. Conserv.* 93: 333-348.
- 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. (2014): Ornithologisches Gutachten Nordstrander Bucht/Beltringharder Koog. Jahresbericht 2014. Unveröffentlichtes Gutachten Naturschutzstation ETS und Westküste, Schlüttsiel.
- 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. *Journal für Ornithologie* 88: 184-287.

- 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. *The Condor* 109: 32-47.
- Liley, D. (1999): Predicting the consequences of human disturbance, predation and sea-level rise for Ringed Plover populations. PhD thesis. University of East Anglia, Norwich.
- Liley, D. & Sutherland, W. J. (2007): Predicting the population consequences of human disturbance for Ringed Plovers *Charadrius hiaticula*: a game theory approach. *Ibis* 149: 82-94.
- 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.
- Ottvall, R. (2005): Boöverlevnad hos strandängshäckande vadare: den relativa betydelsen av predation och trampskador av betesdjur. *Ornis Svecica* 15: 89-96.
- Pienkowski, M. W. (1984a): Breeding biology and population dynamics of Ringed plovers *Charadrius hiaticula* in Britain and Greenland: nest-predation as a possible factor limiting distribution and timing of breeding. *Journal of Zoology* 202: 83-114.
- Pienkowski, M. W. (1984b): Behaviour of young Ringed Plovers *Charadrius hiaticula* and its relationship to growth and survival to reproductive age. *Ibis* 126: 133-155.
- Schulz, R. (1991): Der Einfluß von Störungen auf die Verteilung und den Bruterfolg des Seeregenpfeifers *Charadrius alexandrinus*, L. 1758 im Vorland von St. Peter-Böhl. Diplomarbeit, Universität Kiel, Kiel.
- Schulz, R. & Stock, M. (1992): Seeregenpfeifer und Touristen. Der Einfluss der touristischen Nutzung von Strandgebieten auf die Ansiedlung und den Bruterfolg des Seeregenpfeifers. Bericht, Landesamt für den Nationalpark 70. Tönning.
- Siefke, A. (1982): Größe und Struktur eines Brutbestandes des Sandregenpfeifers, *Charadrius hiaticula*, in ihrer Beziehung zu Dismigration und lokalen Umwelteinflüssen. *Beiträge zur Vogelkunde* 28: 89-106.
- Siefke, A. (2011): Studien an einer farbberingten Sandregenpfeiferpopulation (*Charadrius hiaticula*). 1. Zum Einfluss der Prädation auf Reproduktion und Bestand. *Acta ornithoecologia* 7: 15-48.
- 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.
- Tulp, I. (1998): Reproductie van Strandplevieren *Charadrius alexandrinus* en Bontbekplevieren *Charadrius hiaticula* op Terschelling, Griend en Vlieland in 1997. *Limosa* 71: 109-120.
- Wallander, J. & Andersson, M. (2003): Reproductive tactics of the ringed plover *Charadrius hiaticula*. *Journal of Avian Biology* 34: 259-266.