



Wirksamkeit eines festen Prädatoren- schutzzauns im Beltringharder Koog – Untersuchungen 2023

Bericht für das Ministerium für
Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und
Natur des Landes Schleswig-Holstein

November 2023

Luis Schmidt

Dominic V. Cimiotti

Michael-Otto-Institut im NABU

Goosstroot 1

24861 Bergenhusen

Dominic.Cimiotti@NABU.de

Wirksamkeit eines festen Prädatorenschutzzauns im Beltringharder Koog – Untersuchungen 2023

Bericht für das Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes
Schleswig-Holstein

November 2023

Luis Schmidt

Dominic V. Cimiotti

Michael-Otto-Institut im NABU

Goosstroot 1

24861 Bergenhusen

Dominic.Cimiotti@NABU.de

Titelbild: Eine Austernfischerfamilie verlässt am Tag nach dem Schlupf der Küken das Nest. Im Hintergrund ist ein Sandregenpfeifer zu sehen.

INHALT

Inhalt	1
Zusammenfassung	1
1. Einleitung.....	3
2. Material und Methoden	6
2.1. Feldarbeit.....	6
2.2. Statistik	8
3. Ergebnisse.....	9
3.1. Schlupferfolg	9
3.1.1. Austernfischer	9
3.1.2. Sandregenpfeifer	11
3.2. Gelegeverlustursachen	12
3.2.1. Austernfischer	12
3.2.2. Sandregenpfeifer	13
3.3. Bruterfolg.....	16
3.3.1. Austernfischer	16
3.3.2. Sandregenpfeifer	17
4. Diskussion.....	18
4.1. Austernfischer.....	20
4.2. Sandregenpfeifer.....	21
5. Fazit und Managementempfehlungen.....	23
6. Danksagung	25
7. Literatur	26
Anhang	31

ZUSAMMENFASSUNG

Der Beltringharder Koog hat sich seit seiner Eindeichung 1987 zu einem bedeutenden Brutgebiet für zahlreiche Wiesen- und Küstenvögel entwickelt. Gleichzeitig haben auch die lokalen Bestände von bodengebundenen Prädatoren wie Rotfuchs und Marderhund zugenommen, was einen massiv negativen Einfluss auf den Bruterfolg zahlreicher Bodenbrüterarten und wohl auch auf deren Bestandsentwicklung im Gebiet hatte. Im Frühjahr 2021 wurde ein fester Antiprädatorenzaun im Beltringharder Koog errichtet, um den Zugang zu einem wichtigen Teilgebiet, dem nördlichen Arlau-Speicherbecken, für größere bodengebundene Prädatoren zu erschweren. Außerdem wurde im Herbst 2021 ein Pilotprojekt zum Prädationsmanagement mit jagdlichen Methoden im Beltringharder Koog begonnen. Im Frühjahr 2023 wurde erstmals ein zwei Kilometer langer, stromführender Mobilzaun entlang des nördlichen Arlaufers errichtet, der einen Zustrom von Prädatoren aus der Sukzessionszone im südlichen Beltringharder Koog verhindern soll. Das hier dargestellte, seit 2022 laufende Projekt hat das Ziel, am Beispiel des Austernfischers und des Sandregenpfeifers zu evaluieren, wie effektiv der Festzaun am nördlichen Arlau-Speicherbecken gefährdete Bodenbrüter vor Prädation schützt. Darüber hinaus sind die Ergebnisse dieser Untersuchung von Relevanz für die Evaluation des o. g. Pilotprojektes zum Prädationsmanagement insgesamt.

Grundlegender Ansatz ist konkret ein Vergleich von Schlupf- und Bruterfolg sowie Gelegeverlustursachen zwischen dem durch den Zaun abgeschirmten nördlichen Arlau-Speicherbecken einerseits und Kontrollflächen ohne Antiprädatorenzäune weiter nördlich im Beltringharder Koog andererseits. Aus den Ergebnissen sollen Empfehlungen zur Optimierung des Prädationsmanagements im Gebiet abgeleitet werden. Nester beider Brutvogelarten wurden zur Ermittlung ihres Schicksals regelmäßig kontrolliert, zur Erfassung etwaiger Verlustursachen wurden zusätzlich automatische Nestkameras installiert. Tägliche Überlebenswahrscheinlichkeiten der Gelege wurden mit *Nest-survival*-Modellen in Programm MARK geschätzt und Bruterfolge wurden durch regelmäßige Familienkartierungen von Austernfischern und Sandregenpfeifern auf Zaun- und Kontrollflächen bestimmt. Insgesamt wurden 47 Austernfischer- und 39 Sandregenpfeifergelege verfolgt. Beim Austernfischer wurde die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeiten der Gelege am besten durch ein *Nest-survival*-Modell erklärt, das das Jahr (2022 oder 2023) und die Gruppe (Zaun oder Kontrolle) als Faktoren enthielt. Demnach betrug 2023 die Schlupfwahrscheinlichkeit eines begonnenen Geleges im Arlau-Speicherbecken 63,5 % (2022: 61,6 %), in der Kontrollgruppe 100,0 % (2022: 47,7 %). Während der Wert sich von 2022 auf 2023 im eingezäunten Arlau-Speicherbecken also nicht wesentlich änderte, stieg es in der Kontrollgruppe deutlich an. Bei Sandregenpfeifern lagen die Schlupfwahrscheinlichkeiten bei 24 % im Arlau-Speicherbecken sowie 50 % in der Kontrollgruppe. Die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege wurden jedoch der *Nest-survival*-Modellierung zufolge nicht wesentlich von den Faktoren Jahr und Zaun beeinflusst, einer Schlupfwahrscheinlichkeit von 41,4 % war eine gute Näherung für sämtliche Gelege im Datensatz.

Das Schicksal von 42 Austernfischer- (Zaun: 21, Kontrolle: 21) und 31 Sandregenpfeifergelegen (Zaun: 15, Kontrolle: 16) konnte mittels Kamera ermittelt werden, prädiert wurden davon sechs (Zaun: 6, Kontrolle: 0) bzw. zwölf (Zaun: 8, Kontrolle 4). Unter den identifizierten Prädatoren sowohl im Arlau-Speicherbecken als auch in der Kontrollgruppe befand sich kein einziger größerer bodengebundener Prädatör. Austernfischergelege wurden in Einzelfällen von Wanderratte, Mauswiesel, Sturm- und Silbermöwe prädiert, Sandregenpfeifergelege von Wanderratte (viermal) und Möwen (achtmal, überwiegend im Arlau-Speicherbecken).

Der Bruterfolg von Austernfischern betrug im Arlau-Speicherbecken 0,58 flügge Junge/Brutpaar, auf der Kontrollfläche 0,53 flügge Junge/Brutpaar. In beiden Teilbereichen wurde damit ein

bestandserhaltender Bruterfolg von $>0,33$ flüggen Jungen/Brutpaar erreicht. Bei Sandregenpfeifern unterschieden sich die Werte stärker: Der Bruterfolg im Arlau-Speicherbecken lag bei 0,41 flüggen Jungen/Brutpaar, auf der Kontrollfläche bei 0,88 flüggen Jungen/Brutpaar. Ein bestandserhaltendes Niveau (0,5 – 0,6 flügge Junge/Brutpaar) wurde damit nur auf der Kontrollfläche erreicht.

Größere bodengebundene Prädatoren wie Rotfuchs, Marderhund, Dachs und Steinmarder haben sich im vergangenen Jahrzehnt im Beltringharder Koog als wichtigste oder wichtige Prädatoren von Gelegen verschiedener Bodenbrüterarten einschließlich Austernfischer und Sandregelpfeifer herausgestellt. Ihr vollständiges Fehlen unter den 2023 in dieser Studie identifizierten Prädatoren dürfte Grundlage für die insgesamt guten Schlupf- und Bruterfolge sein und bedeutet darüber hinaus zweierlei:

- Zur Wirksamkeit des Festzauns gegen diese Zielgruppe kann in diesem Jahr keine Aussage getroffen werden. (Allerdings erscheint es wahrscheinlich, dass das Fehlen größerer bodengebundener Prädatoren im Arlau-Speicherbecken im Berichtsjahr auch durch die Kombination aus dem Mobilzaun am Arlauufer mit dem angrenzenden Festzaun begünstigt wurde. Denn gerade im nördlichen Arlau-Speicherbecken sind „Randeffekte“ durch die nahegelegene Sukzessionszone besonders stark zu erwarten, und noch im letzten Jahr prädierten beispielsweise Marderhunde im nördlichen Arlau-Speicherbecken.)
- Offenbar ist das seit Herbst 2021 im gesamten Beltringharder Koog nördlich der Arlau durchgeführte intensive Prädatorenmanagement mit jagdlichen Mitteln inzwischen ausgesprochen wirksam.

Weiteres wichtiges Ergebnis der Studie ist 2023 das erstmals etwas umfangreichere Auftreten der Wanderratte als Prädatoren von Bodenbrütern, wenn auch noch auf niedrigem Niveau.

Wir leiten aus unseren Ergebnissen insbesondere folgende Empfehlungen ab:

1. Das Prädatorenmanagement mit Berufsjäger sollte fortgesetzt und weiterhin mit einem Monitoring begleitet und ggf. angepasst werden.
2. Die Entwicklung der Wanderrattenpopulation im Beltringharder Koog sollte aufmerksam durch indirektes (Gelegeverlustursachen) und direktes Monitoring verfolgt werden.
3. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sollten auch die Wanderratte sowie weitere kleinere Bodenprädatoren (Marderartige) in das Prädatorenmanagement einbezogen werden.
4. Der mobile Litzenzaun entlang des nördlichen Arlauufers sollte als Ergänzung des jagdlichen Prädatorenmanagements wie 2023 auch vor den kommenden Brutsaisons installiert werden.
5. Der bestehende Festzaun sollte instandgehalten sowie optimiert werden (Verringerung der Maschenweite); ihm kommt derzeit vermutlich eine Versicherungsfunktion für Brutvögel im Arlau-Speicherbecken zu.

1. EINLEITUNG

Der Beltringharder Koog in Nordfriesland, der durch die Eindeichung der Nordstrander Bucht im Jahr 1987 entstanden ist, hat sich in den vergangenen 36 Jahren zu einem bedeutenden Brutgebiet für zahlreiche Wiesen- und Küstenvögel entwickelt (Klinner-Hötker *et al.* 2021). Allein achtzehn Arten, allesamt Bodenbrüter, kommen aktuell mit mehr als einem Prozent des deutschen Brutbestandes im Beltringharder Koog nördlich des Flusses Arlau vor (Cimiotti 2021). Mit der Eindeichung sind allerdings auch sogenannte Bodenprädatoren, d. h. Säugetiere, die u. a. als Prädatoren von Bodenbrüteregelegen und -küken auftreten, in das ehemalige Salzwiesen- und Wattgebiet eingewandert (Klinner-Hötker *et al.* 2021). Nachdem 1995 erstmals mehrere Baue des Rotfuchses *Vulpes vulpes* im Gebiet nachgewiesen wurden, hat sich die Art im Gebiet fest etabliert (Schwemmer *et al.* 2016, Klinner-Hötker *et al.* 2021, Schwemmer *et al.* 2021). Beispielsweise wurden im Jahr 2021 19 zumindest zeitweise besetzt Fuchsbaue nachgewiesen (Cimiotti 2021). Die Einwanderung des Fuchses hatte einen massiven Einfluss auf den Bruterfolg zahlreicher Bodenbrüterarten und beeinflusste wohl auch deren Bestandsentwicklung im Gebiet maßgeblich (Klinner-Hötker *et al.* 2021). Ab dem Jahr 2013 wurde zudem der invasive Marderhund *Nyctereutes procyonoides* als Prädatoren von Bodenbrüteregelegen im Beltringharder Koog nachgewiesen (Salewski *et al.* 2013, 2019) und beeinflusste den Schlupferfolg der Uferschnepfe *Limosa limosa* (Salewski & Schmidt 2017) und weiterer Arten wie Austernfischer *Haematopus ostralegus* (Cimiotti *et al.* 2021a) und Sandregenpfeifer *Charadrius hiaticula* (Cimiotti & Altemüller 2021). Als weitere bodengebundene Nesträuber wurden im Gebiet zudem Iltis *Mustela putorius* und Dachs *Meles meles* (z. B. Salewski *et al.* 2019, 2020) sowie in Einzelfällen Steinmarder *Martes foina* (z. B. Cimiotti *et al.* 2022) und Wanderratte *Rattus norvegicus* (z. B. Salewski *et al.* 2019, Cimiotti *et al.* 2022) nachgewiesen. Zudem kommen als bodengebundene potenzielle Prädatoren von Gelegen und Küken von Bodenbrütern im Beltringharder Koog Igel *Erinaceus europaeus*, Hermelin *Mustela erminea*, Mauswiesel *Mustela nivalis* und Fischotter *Lutra lutra* vor (D. V. Cimiotti, L. Schmidt, pers. Beob.).

Das Nordufer des Arlau-Speicherbeckens, ein besonders bedeutendes Teilgebiet des Beltringharder Kooges, wird an seinen beiden Längsseiten durch Wasser begrenzt (N: Salzwasserlagune, S: Arlau; Abb. 2). Um den Zugang für bodengebundene Prädatoren zu erschweren, wurde bereits vor einigen Jahren das Tor am schmalen westlichen Zugang des Gebietes verstärkt und abgedichtet, jedoch nicht erhöht oder durch stromführende Elemente gesichert. Im Frühjahr 2021 wurde dann zum selben Zweck am östlichen Gebietszugang ein fester Kombinationszaun (Maschenzaun mit zusätzlichen seitlichen Stromlitzen als Schutz gegen Überklettern) installiert (Abb. 1A, 2). In der darauffolgenden Brutsaison 2021 wurde der seit 2015 höchste Schlupf- und Bruterfolg des Austernfischers im abgezaunten nördlichen Arlau-Speicherbecken festgestellt, während im gesamten restlichen Koog vermutlich kein weiteres Küken der Art flügge wurde (Cimiotti 2021, Cimiotti *et al.* 2021a). Der gute Reproduktionserfolg im nördlichen Arlau-Speicherbecken ging daher vermutlich z. T. auf den neu installierten Zaun zurück. Da jedoch weiterhin Rotfuchs, Marderhund und Steinmarder als Nesträuber innerhalb des durch den Zaun abgeschirmten Gebietes nachgewiesen wurden (Cimiotti 2021, Cimiotti *et al.* 2021, 2022), stellte sich die Frage nach der tatsächlichen Effektivität des neuen Kombinationszauns.



Abb. 1: Antiprädatorenzäune im Osten des nördlichen Arlau-Speicherbeckens. Ein fester Kombinationszaun (A) schirmt das Gebiet nach Osten und zum flachen Bereich der nördlich gelegenen Salzwasserlagune hin ab. Um ein Umlaufen entlang des Ufers zu verhindern, führt dieser Zaun an seinem Westende in das Wasser der Salzwasserlagune hinein (A). An den Festzaun schloss sich während der Brutzeit 2023 erstmals ein rund zwei Kilometer langer mobiler Zaun aus sechs stromführenden Litzen (B) an. Dieser Mobilzaun verlief entlang des Ufers der südlich gelegenen Arlau und sollte bewirken, dass „Bodenprädatoren“ das Nordufer des Arlau-Speicherbeckens von Süden nur noch über lange Schwimmstrecken erreichen können (vgl. Abb. 2; Bilder: L. Schmidt).

Ein positiver Effekt von Gelegeschutzzäunen unterschiedlichen Flächenumfangs auf den Schlupferfolge bodenbrütender Wiesen- und Küstenvögeln konnte bereits in diversen Studien gezeigt werden, sowohl in Schleswig-Holstein (Jeromin *et al.* 2014, Meyer & Jeromin 2017, Salewski & Granke 2020, Geertz *et al.* im Druck, Salewski *et al.* im Druck; Übersicht in Salewski *et al.* 2023b) als auch auf nationaler und internationaler Ebene (Review in Cimiotti *et al.* 2021b; Boschert 2008, Schifferli *et al.* 2009, Ausden & Hirons 2011, Rickenbach *et al.* 2011, Malpas *et al.* 2013, White & Herons 2019, Verhoeven *et al.* 2022). Inwieweit der Festzaun im Osten des nördlichen Arlau-Speicherbeckens, der nicht das gesamte zu schützende Gebiet umschließt, sondern lediglich den Zugang zu Land blockiert (vgl. Abb. 2), eine ähnliche Wirkung entfaltet, wird seit 2022 durch das Michael-Otto-Institut im NABU im Rahmen eines Projektes untersucht, dessen zweiten Jahresbericht wir hier vorlegen.

Grundlegender Ansatz der Studie ist die Evaluierung der Wirksamkeit des Festzaunes durch den Vergleich von Schlupf- und Bruterfolg zweier gefährdeter Bodenbrüterarten, des Austernfischers und des Sandregenpfeifers, zwischen dem durch den Zaun abgeschirmten nördlichen Arlau-Speicherbecken einerseits und Kontrollflächen ohne Antiprädatorenzäune weiter nördlich im Beltringharder Koog andererseits. Dabei sollen Auftreten und Verhalten von Nesträubern berücksichtigt werden, einschließlich möglicher indirekter Auswirkungen des Prädatorenmanagements im Gebiet auf flugfähige Prädatoren wie Möwen und kleinere Bodenprädatoren wie einige Marderartige und Ratten. Solche Effekte der Aussperrung oder Entnahme von Topprädatoren sind beschrieben (z. B. Stantial *et al.* 2021) und waren ein Grund dafür, auch die kleineren Regenpfeifer in die Untersuchungen einzubeziehen, bei denen ein starker Einfluss von Möwen auf den Schlupferfolg nachgewiesen worden war (Cimiotti & Altemüller 2021).

Aus den Ergebnissen der Studie sollen Empfehlungen zur Optimierung des Prädatorenmanagements abgeleitet werden. Dabei müssen auch zwei weitere Antiprädatorenmaßnahmen im Beltringharder Koog berücksichtigt werden: Erstens läuft hier seit Herbst 2021 ein dreijähriges Pilotprojekt zum Prädatorenmanagement mit jagdlichen Methoden (Holy 2023), welches bereits 2022 deutliche Auswirkungen auf den Prädatorenpool im Koog hatte (Cimiotti *et al.* 2022). Zweitens wurde der

Kombinationszaun im Osten des nördlichen Arlau-Speicherbeckens zur Brutzeit 2023 erstmals durch einen ca. zwei Kilometer langen Mobilzaun aus sechs stromführenden Litzen (Abb. 1B) entlang des nördlichen Arlaufufers nach Westen verlängert (Abb. 2). Nachdem ein ähnlicher Zaun von nur rund 250 m Länge bereits 2022 bestand, erreicht sein Nachfolger nun den breiten Teil der Arlau, so dass Bodenprädatoren das Nordufer des Arlau-Speicherbeckens von Süden nur noch über lange Schwimmstrecken erreichen können.



Abb. 2: Lage der Probeflächen für die Untersuchung des Bruterfolgs von Austernfischer (rot gestreift) und Sandregenpfeifer (orange gestreift) im Beltringharder Koog. Durch Antiprädatorenzäune (fest: hellblau, mobil: hellblau gestrichelt) geschützte Probeflächen im nördlichen Arlau-Speicherbecken zwischen Arlau und Salzwasserlagune sind senkrecht gestreift, Kontrollflächen sind schräg gestreift. Der mobile E-Zaun am Lüttmoordamm lag innerhalb der Kontrollfläche Austernfischer, aber wies keine Austernfischerpaare auf. Das

nördliche Arlau-Speicherbecken wird an seinem südwestlichen Ende am Holmer Siel durch ein verstärktes Tor gegen bodengebundene Prädatoren geschützt.

Im Jahr 2022, dem ersten unserer Studie, wurden sowohl beim Austernfischer als auch beim Sandregenpfeifer recht hohe Schlupferfolge und insbesondere Bruterfolge innerhalb und außerhalb des Arlau-Speicherbeckens festgestellt. Im Arlau-Speicherbecken, für das mehrjährige Datenreihen vorliegen, wurden für beide Arten die bisher höchsten Bruterfolge seit dem Beginn der Untersuchungen im Jahr 2015 verzeichnet. Die Frage, ob vor dem Hintergrund des jagdlichen Prädatorenmanagements von dem Festzaun im Osten des Arlau-Speicherbeckens eine zusätzliche Schutzwirkung ausgeht, ließ sich nicht zuverlässig beantworten. Dies erschien jedoch angesichts höherer Bruterfolge insbesondere des Austernfischers im nördlichen Arlau-Speicherbecken verglichen mit den Kontrollflächen durchaus möglich. Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse des zweiten Projektjahres 2023 vor.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. FELDARBEIT

Um einen möglichen Effekt des Kombinationszaunes im Osten des nördlichen Arlau-Speicherbeckens (sowie des Tores im Westen und des Mobilzaunes im Süden des Gebietes; vgl. Abb. 2) auf Schlupf- und Bruterfolg von Bodenbrütern zu detektieren, wurden beide Parameter auf Probeflächen einerseits innerhalb des abgeschirmten Gebietes und andererseits außerhalb desselben, weiter nördlich im Beltringharder Koog untersucht. Es wurden zwei Vogelarten betrachtet: Daten zum Austernfischer wurden im gesamten nördlichen Arlau-Speicherbecken sowie auf einer gegenüber 2022 vergrößerten Kontrollfläche am Nord- und Nordostufer der Salzwasserlagune erhoben, Daten zum Sandregenpfeifer auf zwei repräsentativen Teilflächen des nördlichen Arlau-Speicherbeckens sowie auf einer Kontrollfläche im Nordosten des Beltringharder Kooges, dem Nordöstlichen Feuchtgrünland (Abb. 2). Um die Zahl der Gelege in der Austernfischer-Kontrollgruppe zu vergrößern, wurden hierfür auch Gelege außerhalb der Kontrollfläche, aber im nördlichen Teil des Beltringharder Kooges berücksichtigt. Ebenso vergrößerten im nördlichen Arlau-Speicherbecken aber außerhalb der dortigen Probeflächen gefundene Sandregenpfeifergelege die entsprechende Stichprobe. Beides dient der Repräsentativität der aus gelegebasierten Daten abgeleiteten Aussagen, bedeutet jedoch, dass Aussagen dieser Studie zu Schlupf- und Bruterfolg nicht durchweg auf denselben Stichproben beruhen.

Die Untersuchungen fanden von Mitte April bis Anfang August 2023 statt. Die Ermittlung von Schlupf- und Bruterfolg erfolgte in Anlehnung an die Methodik früherer Untersuchungen an Austernfischer (z. B. Cimiotti *et al.* 2021) und Sandregenpfeifer (z. B. Cimiotti & Altemüller 2021) im Beltringharder Koog. Während der Brutzeit der jeweiligen Art wurden Gelege gesucht, mit wenig auffälligen Nestschildern (Abb. 3) markiert, ihre Position wurde mittels GPS aufgenommen und der voraussichtliche Schlupftermin bestimmt (Austernfischer: basierend auf Maßen und Gewicht der Eier, nach van de Pol *et al.* (2010a, 2010b); Sandregenpfeifer: basierend auf Schwimmwinkel/-höhe, nach Liebezeit *et al.* (2007)). Sobald sich ein Gelege nicht mehr in der Legephase befand bzw. nur noch ein Ei zur modalen Gelegegröße (Austernfischer: 3, Sandregenpfeifer: 4) fehlte, wurde es im Abstand von zwei bis drei Metern mit einer Nestkamera (Modell „Browning BTC 6PXD - Dark Ops Pro XD Dual Lens 24MP“) auf einer ca. 0,5 m hohen Metallstange ausgestattet (Abb. 3), um Schicksal und ggf.

Verlustursachen der Gelege zu dokumentieren. Diese Kameras lösen tags und nachts bei Bewegung im Sensorbereich (hier: der Nestumgebung) automatisch aus. Auf Basis der Untersuchungen von Salewski & Schmidt (2022) an Uferschnepfengelegen u. a. im Beltringharder Koog gehen wir davon aus, dass die Kameras die Überlebenswahrscheinlichkeit von Gelegen nicht beeinflussen. Die Einstellungen der Kameras wurden nach Gnep *et al.* (2021) vorgenommen. Der Status der Nester und die Funktionsfähigkeit der Kameras wurde regelmäßig (möglichst alle fünf Tage) kontrolliert, ihre endgültigen Schicksale anhand von Spuren im Bereich der Nestmulde (Mabee 1997), Beobachtungen der Altvögel sowie – unabhängig davon – mithilfe der Nestkamerabilder bestimmt. Als „überbrütet“ bezeichnen wir Gelege, die deutlich über den errechneten Schlupftermin hinaus ohne Erfolg bebrütet wurden, weil sie aus unbefruchteten Eiern oder solchen mit abgestorbenen Embryonen bestehen. Unter einer Teilprädation verstehen wir ein Prädationsereignis, das nicht sämtliche Eier eines Geleges betrifft.



Abb. 3: Austernfischer bebrütet ein mit Nestkamera und -schild ausgestatteten Gelege (Bild: L. Schmidt).

Der Bruterfolg wurde durch regelmäßige Kartierungen (etwa alle fünf Tage) von Austernfischer- und Sandregenpfeiferfamilien mit Anzahl und Alter ihrer Küken auf den Probeflächen ermittelt. Wie bisher wurden Küken mit einem Alter ab 23 Tagen (Sandregenpfeifer) bzw. ab 28 Tagen (Austernfischer) als flügge gewertet. Insgesamt sechs Sandregenpfeifer- und drei Austernfischerküken wurden individuell farbberingt, um die Familien im Bereich von Dichtezentren besser unterscheiden zu können und so Doppelzählungen von Küken zu vermeiden. Das Vorgehen bei der Beringung wird in den artbezogenen Berichten der Vorjahre ausführlich beschrieben (z. B. Cimiotti *et al.* 2021a, Cimiotti & Altemüller 2021). Zusätzlich dienten im Rahmen von vorausgegangenen und laufenden Projekten individuell farbberingte Altvögel als Anhaltspunkt für die Zuordnung der Küken. Brutpaarzahlen wurden den

Ergebnissen der jährlichen Brutvogelkartierung im Beltringharder Koog (Cimiotti in Vorb.) entnommen. Der Bruterfolg wird als Anzahl flügger Küken pro Brutpaar angegeben.

Alle Karten wurden mithilfe von ArcGIS, Version 10.6.1 (Esri 2018) erstellt.

2.2. STATISTIK

Grundlage der Analyse des Schlupferfolgs waren die Gelegekontrolldaten der Gelege aus den Jahren 2023 und 2022 (dargestellt in Cimiotti et al 2022), während Aussagen zu Verlustursachen von Gelegen auf der Auswertung der Kamerabilder des Jahres 2023 beruhten. Überbrütete Gelege wurden aus der Stichprobe für den Ermittlung des Schlupferfolgs entfernt. Wenn der genaue Schlupftag (des ersten Kükens) anhand der Nestkontrollen nicht exakt ermittelt werden konnte, wurde er basierend auf dem regelmäßigen Ablauf des Schlupfprozesses (pers. Beob.) wie folgt festgelegt: War bei der letzten vorausgegangenen Kontrolle bereits ein Loch in der Schale eines Eis zu sehen, wurde ein Tag zu dem Kontrolltermin addiert, bei erkennbaren Sprüngen in der Eischale zwei Tage, und bei Fehlen erster Schlupfspuren drei Tage. Letzteres entsprach bei einem angestrebten Nestkontrollintervall von fünf Tage regelmäßig dem arithmetischen Mittel des letzten Kontrolldatums vor und des Kontrolldatums nach dem Schlupf des ersten Kükens (vgl. Cimiotti et al. 2022).

Die täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit Φ von Gelegen schätzten wir mithilfe im Programm MARK, Version 9.0 (White 2021) implementierter *Nest-survival*-Modelle (Dinsmore & Dinsmore 2007). Dafür wurden für Austernfischer und Sandregenpfeifer getrennt jeweils acht Modelle verglichen: Das globale Modell [$\Phi(\text{Jahr} * \text{Zaun} * T)$] ging davon aus, dass Φ abhängig von den Faktoren „Jahr“ (2022 oder 2023), „Zaun“ (Lage inner- oder außerhalb des vom Antiprädatorenzaun abgeschirmten nördlichen Arlau-Speicherbeckens) und „T“ (stetig auf- oder absteigender Trend über die gesamte Zeit der Brutsaison) sowie den zweifaktoriellen Interaktionen aller drei Faktoren variiert. Entsprechend konstruiert wurden die zweifaktoriellen Modelle [$\Phi(\text{Jahr} * \text{Zaun})$], [$\Phi(\text{Jahr} * T)$] und [$\Phi(\text{Zaun} * T)$] mit zweifaktoriellen Interaktionen und die monofaktoriellen Modelle [$\Phi(\text{Jahr})$], [$\Phi(\text{Zaun})$] und [$\Phi(T)$]. Schließlich ging das Modell [$\Phi(.)$] von einer konstanten täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege unabhängig von Jahr, Zaun oder Tag der Brutsaison aus. Modelle, die den Tag der Brutsaison als solchen und nicht in Form eines Trends enthalten, wurden nicht in den Modellsatz aufgenommen. Grund dafür war, dass sie im vorliegenden Fall deutlich mehr zu schätzende Parameter enthalten hätten, als der Datensatz Gelege umfasst, was generell zu unzuverlässigen Schätzwerten führt (Burnham & Anderson 2002).

Die Modelle wurden mithilfe des Akaike-Informationskriteriums für kleine Stichproben (AIC_c) verglichen (Burnham et al. 2011); das Modell mit dem kleinsten AIC_c -Wert stellt den besten Kompromiss zwischen einer möglichst guten Erklärung der Daten und einer möglichst geringen Komplexität des Modells (d.h. möglichst wenige Modellparameter) dar. Die Differenz zwischen dem AIC_c -Wert eines Modells und dem des Modells mit dem niedrigsten AIC_c -Wert wird als ΔAIC_c -Wert angegeben. Dieser ist ein Maß dafür, um wieviel „schlechter“ das betreffende Modell von den Daten gestützt wird als das „beste“ Modell. Das AIC_c -Gewicht wiederum gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit das betreffende Modell das „beste“ ist. Schätzwerte der tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit von Gelegen werden angegeben als $\Phi \pm$ Standardfehler.

Die Schlupfwahrscheinlichkeit eines Geleges ergibt sich aus seiner täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit Φ sowie der Dauer der Legephase ab dem ersten Ei und der Bebrütungsphase. Der Austernfischer legt meist drei Eier im Abstand von ein bis zwei Tagen (Bauer et al. 2005), die Bebrütungsphase dauert im Mittel 27 Tage (Drent & Klaassen 1989, Visser & Beintema

1991). Beim Sandregenpfeifer sind es vier Eier im Abstand von zwei Tagen (Lavan 1940) und eine Bebrütungszeit von 24 Tagen (Visser & Beintema 1991). Daher wird hier, auch zwecks Vergleichbarkeit mit Daten aus früheren Jahren, für beide Arten eine Gesamtdauer von 30 Tagen angenommen. Die Schlupfwahrscheinlichkeit, also die Wahrscheinlichkeit, dass ein einmal begonnenes Gelege zum Schlupf kommt, wird folglich für beide Arten als Φ^{30} berechnet. Um Schlupferfolgsdate des Jahres 2023 methodeneinheitlich mit Altdaten (in Abb. 13, 14, Anhang 1) sowie später im Rahmen des Trilateralen Überwachungs- und Bewertungsprogramms (TMAP) mit Daten aus anderen Gebieten des Wattenmeers vergleichen zu können, wurden sie zusätzlich auch wie in Cimiotti *et al.* (2022) beschrieben nach Mayfield (1961, 1975) berechnet).

3. ERGEBNISSE

3.1. SCHLUPFERFOLG

3.1.1. AUSTERNFISCHER

2023 wurden 47 Austernfischergelege gefunden, von denen sieben (Arlau: 2, Kontrolle: 5) überbrütet wurden (Abb. 4A). Von den übrigen 23 Gelegen im Arlau-Speicherbecken und 17 Gelegen in der Kontrollgruppe kamen 16 (70 %) bzw. alle 17 (100 %) zum Schlupf. Im Arlau-Speicherbecken gingen die übrigen sieben Gelege (30 %) durch Prädation verloren, in der Kontrollgruppe war dies bei keinem einzigen Gelege der Fall.

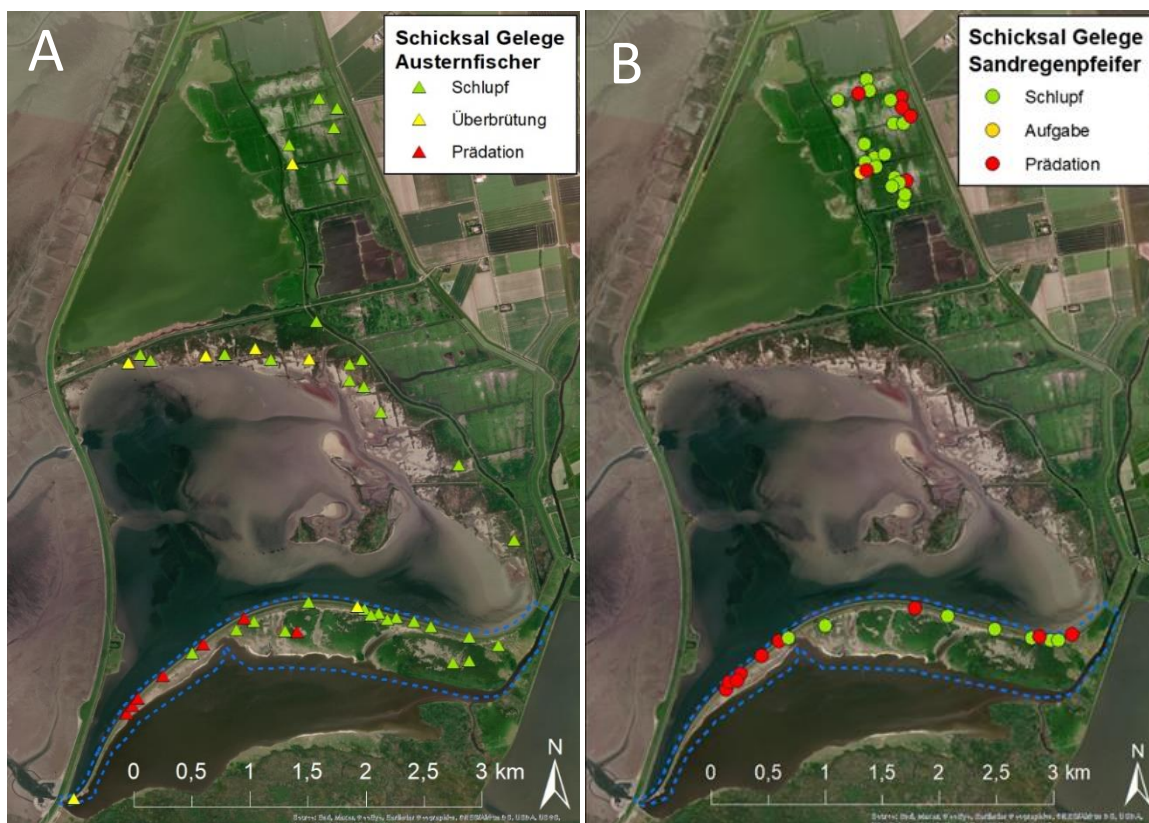


Abb. 4: Lage und Schicksal aller 2023 gefundenen Gelege von Austernfischer (A) und Sandregenpfeifer (B) im Beltringharder Koog. Das durch einen festen Antiprädatorenzaun abgeschirmte nördliche Arlau-Speicherbecken ist blau gestrichelt umrahmt.

Der *Nest-survival*-Modellierung zufolge wurde das Modell am besten durch die Daten gestützt, das die Faktoren Jahr und Zaun (sowie deren Interaktion) enthielt (Tab. 1). Demnach betrug die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit Φ eines Austernfischergeleges 2023 im Arlau-Apeichebecken $0,985 \pm 0,006$, in der Kontrollgruppe $1,000 \pm 0,000$. Die Wahrscheinlichkeit eines begonnenen Geleges, zum Schlupf zu kommen, betrug hier demnach 63,5 % bzw. 100,0 %. 2022 betrug Φ diesem Modell zufolge $0,984 \pm 0,007$ im Arlau-Speichebecken und $0,972 \pm 0,011$ in der Kontrollgruppe, was Schlupfwahrscheinlichkeiten von 61,6 % bzw. 47,7 % entspricht. Folglich unterschied sich im Wesentlichen die hohe tägliche Überlebensrate Φ der Kontrollgelege 2023 einerseits von den Arlau-Gelegen 2023 und beiden Gelegegruppen 2022 andererseits. Während sich Φ von 2022 auf 2023 im eingezäunten Arlau-Speicherbecken nicht wesentlich änderte, stieg es in der Kontrollgruppe deutlich an (Abb. 5).

Tab. 1: Modelle zur Schätzung der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit Φ von Austernfischergelegen im Beltringharder Koog in Abhängigkeit von Jahr (Jahr), Lage des Geleges inner- oder außerhalb des durch einen festen Antiprädatorenzaun geschützten Arlau-Speicherbeckens (Zaun), einem stetigen zeitlichen Trend über die Brutsaison (T) oder keinem Faktor (.). Für jedes Modell sind das Akaike-Informationskriterium für kleine Stichproben (AIC_c), ΔAIC_c , das AIC_c -Gewicht und die Anzahl der geschätzten Parameter angegeben.

Modell	AIC_c	ΔAIC_c	AIC_c -Gewicht	Anzahl Parameter
$\Phi(\text{Jahr} * \text{Zaun})$	124,9	0,0	0,64	4
$\Phi(\text{Jahr} * \text{Zaun} * \text{T})$	127,8	2,9	0,15	7
$\Phi(\text{Jahr})$	129,6	4,7	0,06	2
$\Phi(\text{T})$	129,8	4,9	0,06	2
$\Phi(\text{Jahr} * \text{T})$	130,3	5,4	0,04	4
$\Phi(.)$	131,1	6,1	0,03	1
$\Phi(\text{Zaun})$	132,5	7,6	0,01	2
$\Phi(\text{Zaun} * \text{T})$	133,3	8,4	<0,01	4

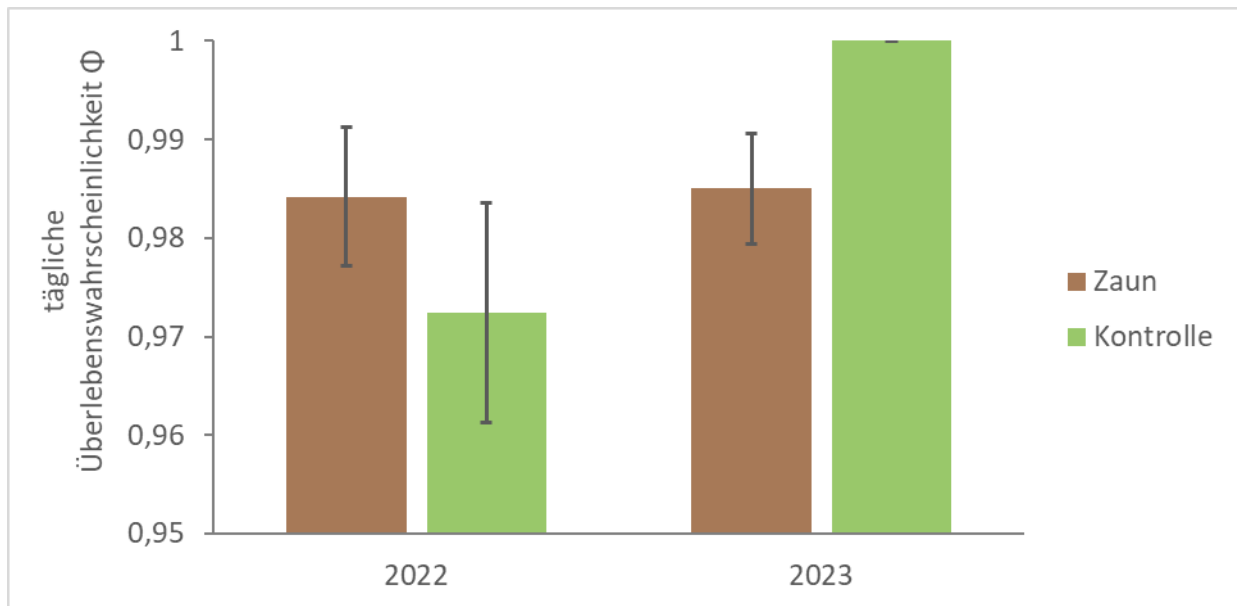


Abb. 5: Tägliche Überlebenswahrscheinlichkeiten Φ von Austernfischergelegen im Beltringharder Koog, getrennt nach Jahr und in Zaun- und Kontrollgruppe. Dargestellt sind die Schätzwerte \pm Standardfehler aus der *Nest-survival*-Modellierung (Tab. 1). Beachte, dass die Skala der y-Achse nicht bei null beginnt.

3.1.2. SANDREGENPFEIFER

2023 wurden 39 Sandregenpfeifernester (Arlau: 16, Kontrolle: 23) gefunden (Abb. 4B). Im Arlau-Speicherbecken kamen sieben (44 %) zum Schlupf, in der Kontrollgruppe waren es 16 (70 %). Die übrigen neun Gelege (56 %) im Arlau-Speicherbecken wurden prädiert, die übrigen sieben in der Kontrollgruppe gingen durch Prädation (6x, 26 %) und Aufgabe (1x, 4 %) verloren.

Die Daten stützten das *Nest-survival*-Modell am besten, das von einem stetigen zeitlichen Trend T der täglichen Überlebensrate Φ der Sandregenpfeifergelege über die Brutsaison ausgeht, aber weder von einem Jahres- noch von einem Zauneffekt (Tab. 2). Der Trend war leicht abfallend. Nicht wesentlich schlechter ($\Delta AIC_c < 2$; Burnham & Anderson 2002) wurde das Modell gestützt, das von einer konstanten täglichen Überlebensrate Φ aller Sandregenpfeifergelege ausging (Tab. 2). Der von diesem Modell geschätzte Φ -Wert von $0,971 \pm 0,006$ stellt eine gute Annäherung an einen Durchschnittswert über die gesamte Brutsaison dar und entspricht einer Schlupfwahrscheinlichkeit von 41,4 %. Das bedeutet, dass beim Sandregenpfeifer nicht von einem starken Einfluss von Jahr und Gelegegruppe (Zaun vs. Kontrollgruppe) auf den Schlupferfolg ausgegangen werden kann. Das Modell $\Phi(\text{Jahr} * \text{Zaun})$ wurde schlechter ($\Delta AIC_c > 2$; Burnham & Anderson 2002) von den Daten gestützt (Φ -Schätzungen für 2022: Zaun $0,980 \pm 0,010$ (d. h. Schlupfwahrscheinlichkeit 55 %), Kontrolle $0,968 \pm 0,012$ (Schlupfwahrscheinlichkeit 38 %); für 2023: Zaun $0,953 \pm 0,015$ (Schlupfwahrscheinlichkeit 24 %), Kontrolle $0,977 \pm 0,008$ (Schlupfwahrscheinlichkeit 50 %)).

Tab. 2: Modelle zur Schätzung der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit Φ von Sandregenpfeifergelegen im Beltringharder Koog in Abhängigkeit von Jahr (Jahr), Lage des Geleges inner- oder außerhalb des durch einen festen Antiprädatorenzaun geschützten Arlau-Speicherbeckens (Zaun), einem stetigen zeitlichen Trend über die Brutsaison (T) oder keinem Faktor (.). Für jedes Modell sind das Akaike-Informationskriterium für kleine Stichproben (AIC_c), ΔAIC_c , das AIC_c -Gewicht und die Anzahl der geschätzten Parameter angegeben.

Modell	AIC_c	ΔAIC_c	AIC_c -Gewicht	Anzahl Parameter
$\Phi(T)$	172,3	0,00	0,34	2
$\Phi(.)$	173,3	0,96	0,21	1
$\Phi(\text{Jahr} * T)$	174,3	2,03	0,12	4
$\Phi(\text{Zaun})$	174,9	2,61	0,09	2
$\Phi(\text{Jahr})$	175,0	2,70	0,09	2
$\Phi(\text{Zaun} * T)$	175,0	2,75	0,08	4
$\Phi(\text{Jahr} * \text{Zaun})$	176,2	3,86	0,05	4
$\Phi(\text{Zaun} * \text{Jahr} * T)$	177,5	5,17	0,03	7

3.2. GELEGEVERLUSTURSACHEN

An 81 der 86 gefundenen Austernfischer- und Sandregenpfeifergelegen konnten Nestkameras installiert werden. Acht dieser Kameras lieferten keine Erkenntnisse zum Schicksal der Gelege, und zwar wegen technischer Probleme (4) oder weil sie wegen früher Rinderbeweidung vorzeitig abgebaut werden mussten (4). Die von den Kameras festgehaltenen Schicksale der übrigen 73 Gelege werden im Folgenden dargelegt.

3.2.1. AUSTERNFISCHER

Im Arlau-Speicherbecken und in der Kontrollgruppe konnten die Schicksale von jeweils 21 Austernfischergelegen dokumentiert werden (Tab. 3). Im Arlau-Speicherbecken kamen davon 13 zum Schlupf, zwei wurden überbrütet und sechs prädiert. Die identifizierten Prädatoren (Tab. 3, Abb. 6) waren hier je einmal Sturmmöwe *Larus canus*, Silbermöwe *Larus argentatus* (Abb. 7) und Wanderratte *Rattus norvegicus* (Abb. 8; durch letztere zusätzlich eine Teilprädation), in den drei übrigen Fällen wurde der Prädatör nicht dokumentiert. In der Kontrollgruppe kamen 16 Gelege zum Schlupf, in fünf wurde überbrütet. Hier wurde keine einzige Prädation festgestellt, allerdings wurde eine Teilprädation durch ein Mauswiesel *Mustela nivalis* (Abb. 9) verzeichnet (Tab. 3, Abb. 6).

Tab. 3: Mittels Nestkamera ermittelte Gelegesicksale 2023 getrennt nach Brutvogelart (Austernfischer, Sandregenpfeifer) und Gruppe (Zaun, Kontrolle). Zahlen in Klammern sind zusätzliche Teilprädatoren, d. h. Prädatoren nur eines Teils der Eier eines Geleges.

	Austernfischer		Sandregenpfeifer		Summe
	Zaun	Kontrolle	Zaun	Kontrolle	
n (Gelege)	21	21	15	16	73
Schlupf	13	16	7	12	48
überbrütet	2	5			7
Unbekannt	3			2	5
Wanderratte <i>Rattus norvegicus</i>	1 (+1)		2	2	5 (+1)
Mauswiesel <i>Mustela nivalis</i>		0 (+1)			0 (+1)
Austernfischer <i>Haematopus ostralegus</i>			0 (+1)		0 (+1)
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	1		6 (+1)		7 (+1)
Silbermöwe <i>Larus argentatus</i>	1				1

3.2.2. SANDREGENPFEIFER

Von den im Arlau-Speicherbecken mit Kameras beobachteten 15 Sandregenpfeifernestern kamen sieben zum Schlupf, acht wurden prädiert (Tab. 3). Prädatoren waren hier Wanderratte (2x) und Sturmmöwe (6x; Abb. 10) (Tab. 3), beide Arten prädierten überwiegend im Westen des Arlau-Speicherbeckens (Abb. 6). Zusätzlich wurde dort je eine Teilprädatoren durch Austernfischer (Abb. 11) und Sturmmöwe dokumentiert (Tab. 3). In der Kontrollgruppe von 16 Sandregenpfeifernestern mit Kamera kamen zwölf zum Schlupf und vier wurden prädiert, je zweimal durch die Wanderratte und einen unbekanntem Prädatoren (Tab. 3, Abb. 6).

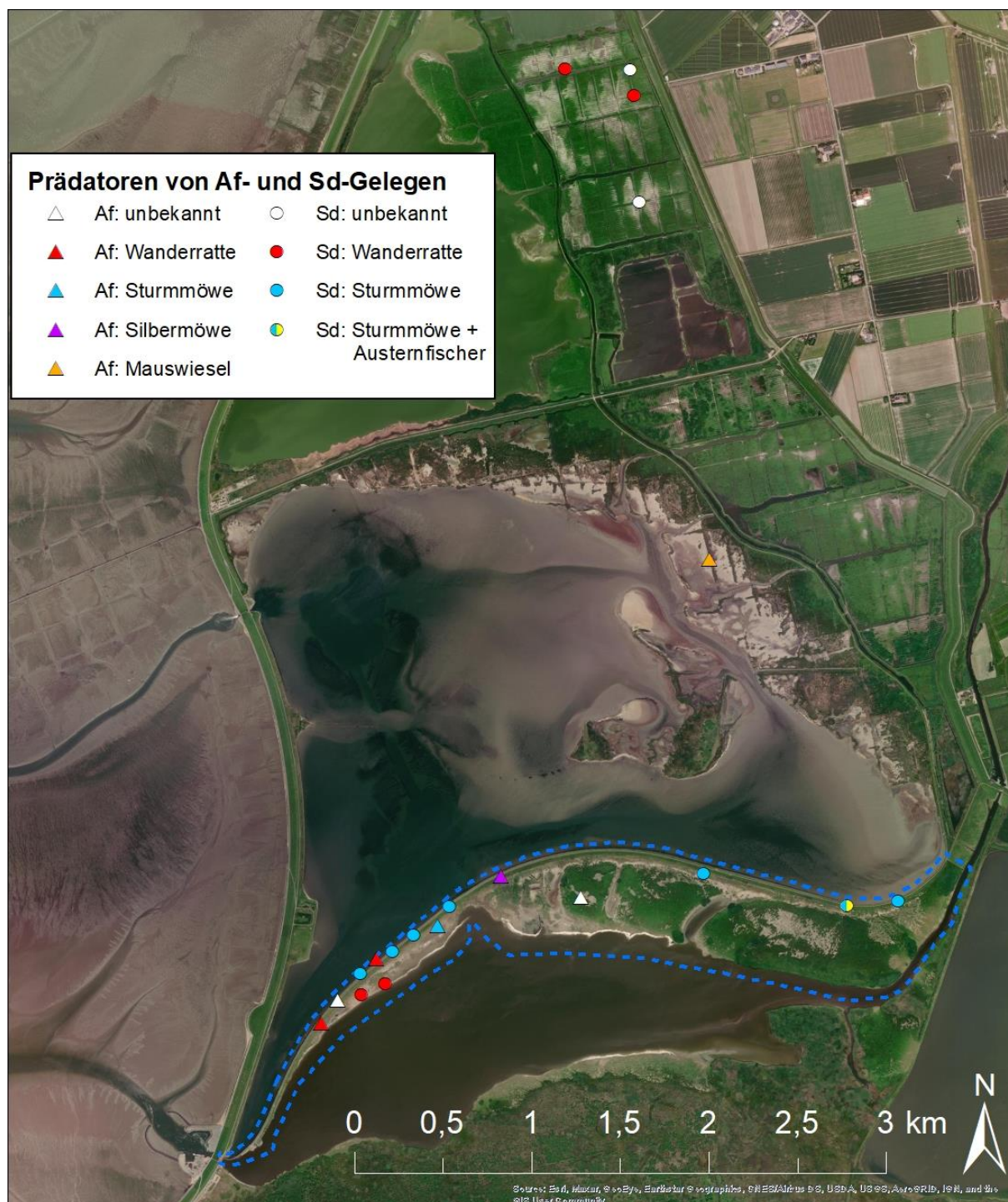


Abb. 6: Räumliche Verteilung und Urheber aller 2023 mittels Nestkamera im Beltringharder Koog festgestellten Prädationsereignisse (inkl. Teilprädationen) an Austernfischergelegen (Af; Dreiecke) und Sandregenpfeifergelegen (Sd; Kreise). Unterschiedliche Farben kennzeichnen die verschiedenen Prädatoren. Das durch einen festen Antiprädatorenzaun abgeschirmte nördliche Arlau-Speicherbecken ist blau gestrichelt umrahmt.



Abb. 7: Silbermöwe bei der Prädation eines Austernfischergeleges.



Abb. 8: Wanderratte bei der Prädation eines Austernfischergeleges.



Abb. 9: Mauswiesel kurz vor der Prädation eines Austernfischergeleges.



Abb. 10: Sturmmöwe bei der Prädation eines Sandregenpfeifergeleges.



Abb. 11: Austernfischer bei der Teilprädation des bereits in Abb. 10 gezeigten Sandregenpfeifergeleges.

3.3. BRUTERFOLG

3.3.1. AUSTERNFISCHER

Im Arlau-Speicherbecken wurden 18 Austernfischerküken (in elf Familien) flügge, insgesamt wurden dort 31 Brutpaare kartiert (Cimiotti in Vorb.). Auf der Kontrollfläche wurden zehn flügge Junge (in sieben Familien) gezählt, es brüteten 19 Paare auf der Fläche (Cimiotti in Vorb.). Der Bruterfolg betrug folglich im Arlau-Speicherbecken 0,58 flügge Junge/Brutpaar, auf der Kontrollfläche 0,53 flügge Junge/Brutpaar (Abb. 12). In beiden Teilbereichen wurde damit ein bestandserhaltender Bruterfolg (ab 0,33 flüggen Jungen/Brutpaar nach van de Pol *et al.* (2010a, 2010b) erreicht (Abb. 12)).

3.3.2. SANDREGENPFEIFER

Insgesamt 13 Sandregenpfeiferküken wurden auf den beiden untersuchten Teilflächen im Arlau-Speicherbecken (Abb. 2) flügge, 32 Brutpaare wurden hier kartiert (Cimiotti in Vorb.). Auf der Kontrollfläche waren es 38 flügge Küken und 43 Brutpaare (Cimiotti in Vorb.). Der Bruterfolg betrug damit für Sandregenpfeifer im Arlau-Speicherbecken 0,41 flügge Junge/Brutpaar und auf der Kontrollfläche 0,88 flügge Junge/Brutpaar (Abb. 12). Der für den Bestandserhalt für Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein als notwendig erachtete Bruterfolg von ca. 0,5 – 0,6 flüggen Jungen/Brutpaar (Cimiotti & Altemüller 2022) wurde folglich auf der Kontrollfläche deutlich überschritten, im nördlichen Arlau-Speicherbecken jedoch nicht erreicht (Abb. 12).

Innerhalb des Arlau-Speicherbeckens war der Bruterfolg auf der untersuchten Teilfläche im Osten (8 flügge Junge von 15 Brutpaaren, d. h. 0,53 flügge Junge pro Brutpaar) höher als auf der untersuchten Teilfläche im Westen (5 flügge Junge von 17 Brutpaaren, d. h. 0,29 flügge Junge pro Brutpaar). Da die Teilfläche im Osten repräsentativ für den größeren Teil des nördlichen Arlau-Speicherbeckens und der dort brütenden Paare ist (ca. 51 vs. 21 Brutpaare), könnte der Bruterfolg im gesamten Arlau-Speicherbecken näher am Wert der östlichen Teilfläche gelegen haben.

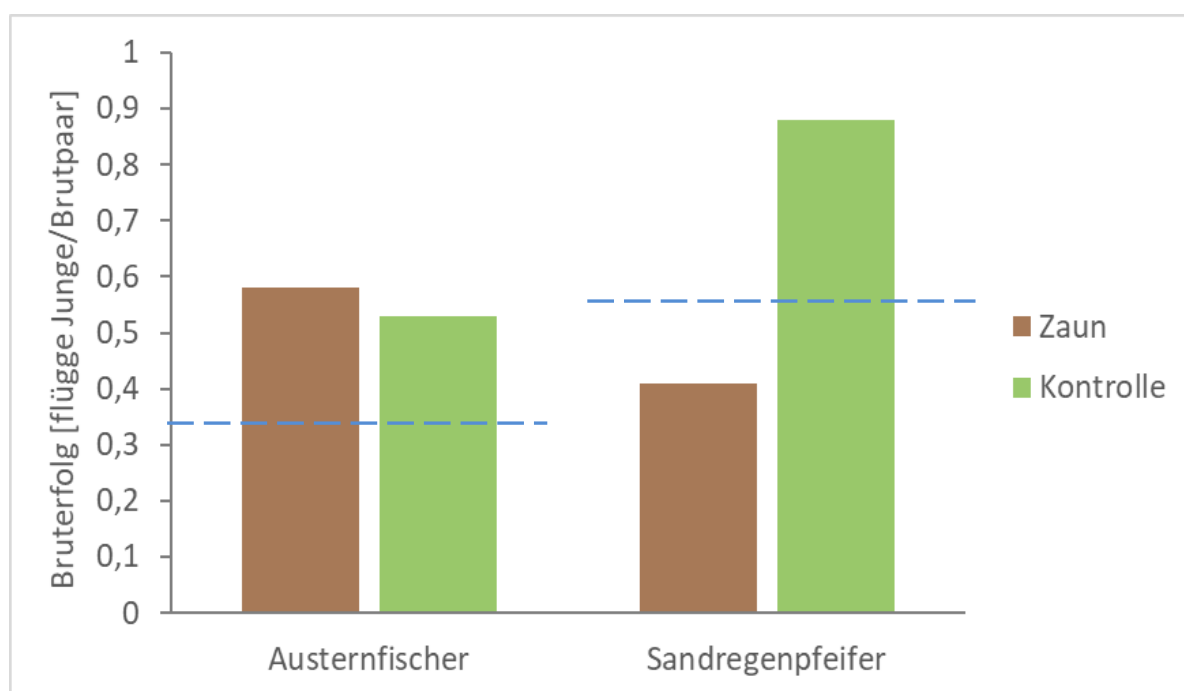


Abb. 12: Bruterfolge von Austernfischer und Sandregenpfeifer im Beltringharder Koog 2023. Verglichen werden jeweils die Werte für die Zaunfläche (nördliches Arlau-Speicherbecken) und die Kontrollfläche im Norden des Koogs. Der für den Bestandserhalt der jeweiligen Art als notwendig erachtete Bruterfolg (Austernfischer: 0,33 flüggen Junge/Brutpaar (van de Pol *et al.* 2010a, 2010b), Sandregenpfeifer: 0,5 – 0,6 flüggen Junge/Brutpaar (Cimiotti & Altemüller 2022)) ist mit einer blau gestrichelten Linie markiert.

4. DISKUSSION

Größere bodengebundene Prädatoren wie Rotfuchs, Marderhund, Dachs und Steinmarder haben sich in den vergangenen zehn Jahren in Untersuchungen des Michael-Otto-Instituts im NABU im Beltringharder Koog als wichtigste (Austernfischer: Anhang 1, Cimiotti *et al.* 2017, 2018a, 2020, 2021; Cimiotti & Klinner-Hötter 2019; Uferschnepfe: u. a. Salewski *et al.* 2019) bzw. wichtige Prädatoren (Seeregenpfeifer: Hötter *et al.* 2009, 2010, 2011; Cimiotti *et al.* 2012, 2013a, 2013b, 2014, 2015a, 2015b, 2016; Sandregenpfeifer: Hötter *et al.* 2015, 2016, 2017; Cimiotti *et al.* 2017, 2018b, 2018c, 2019; Cimiotti & Altemüller 2021, 2022a, 2022b) von Bodenbrütergelegen herausgestellt.

Deshalb ist es ausgesprochen bemerkenswert, dass 2023 im Rahmen unserer Arbeiten trotz Wildkameras an 81 Nestern in keinem einzigen Fall ein größeres bodengebundenes Säugetier als Prädatör festgestellt wurde. Zwar wurden einige Prädatoren von der Kamera am Nest nicht dokumentiert; trotzdem dürften größere bodengebundene Prädatoren in den vorliegenden Daten nicht aus technischen Gründen unterrepräsentiert sein, da gerade wegen ihrer Größe zu erwarten ist, dass die Kameras zuverlässig auslösen. Unsere Daten decken sich mit den Beobachtungen und der Einschätzung des Berufsjägers, nach denen die Dichte größerer bodengebundener Prädatoren im Beltringharder während der Brutsaison 2023 sehr niedrig war (M. von Graevemeyer, pers. Komm.). Mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ist das weitgehende Fehlen dieser Arten in erster Linie auf das seit Herbst 2021 im Rahmen eines Pilotprojektes (Holy 2023) durchgeführte intensive Prädatorenmanagement mit jagdlichen Mitteln im gesamten Beltringharder Koog nördlich der Arlau zurückzuführen. Die hier vorgestellten Ergebnisse sind insofern auch für die Evaluation des Pilotprojektes zum jagdlichen Prädatorenmanagement relevant. In zweiter Linie dürfte auch der zur Brutsaison 2023 neu aufgestellte, rund zwei Kilometer lange Litzenzaun, der entlang des nördlichen Arlaufers an o. g. Festzaun anschließt (Abb. 2), zu einer Reduktion der Dichten größerer bodengebundener Prädatoren beigetragen haben. Für die Sukzessionszone südlich der Arlau ist von größeren Beständen insbesondere des Marderhunds auszugehen (Holy 2023, N. Gaedecke pers. Komm.). Dieser kann Gewässer zur Nahrungssuche durchschwimmen (Dahl & Åhlén 2019). Die neue Sperre entlang des Ufers der Arlau im Bereich ihrer geringsten Breite im Beltringharder Koog dürfte dies nun deutlich erschweren.

Angesichts ihrer großen Bedeutung als Prädatoren von Bodenbrütergelegen ist die Abnahme von Rotfuchs, Marderhund, Dachs und Steinmarder auf anscheinend sehr niedrige Dichten im Beltringharder Koog aus Sicht der Küsten- und Wiesenvogelschutzes sehr erfreulich. Hauptziel der vorliegenden Untersuchung ist jedoch – gemäß ihrem Titel – die Evaluation der Wirksamkeit des festen Antiprädatorenzauns im Ostern des nördlichen Arlau-Speicherbeckens, welcher größere Bodenprädatoren vom Eindringen in dieses Teilgebiet des Beltringharder Koogs abhalten soll. In weitgehender Abwesenheit solcher Prädatoren im gesamten Untersuchungsgebiet, also sowohl innerhalb des vom Zaun abgeschirmten Arlau-Speicherbeckens als auch auf den Kontrollflächen außerhalb, ist diese Frage nach der Wirksamkeit des Festzauns gegen eben diese Prädatoren nicht zu beantworten. Dies wird sich erst ändern, wenn das parallel zu dieser Studie laufende Prädatorenmanagement mit jagdlichen Mitteln weniger erfolgreich sein oder nicht mehr durchgeführt werden sollte. Bis dahin bleiben als Hinweis auf die Wirksamkeit des Festzauns die Daten aus der Brutsaison 2021, als der Festzaun gerade gebaut worden war, aber noch kein intensives jagdliches Prädatorenmanagement im Beltringharder Koog betrieben wurde. In diesem Jahr stiegen bei

Austernfischern im nördlichen Arlau-Speicherbecken sowohl die Schlupfwahrscheinlichkeit als auch der Bruterfolg deutlich, letzterer sogar erstmals seit Beginn der Datenaufnahme 2015 auf ein bestandserhaltendes Niveau (Abb. 13; Cimiotti *et al.* 2021). Dies mag auf einen Effekt des Festzauns hinweisen, eine solche Interpretation ist aber insofern spekulativ, als parallel keine Kontrollfläche untersucht wurde, und sagt ohnehin nichts über die Dauerhaftigkeit des möglicherweise beobachteten Effekts aus. Allerdings erscheint es wahrscheinlich, dass das Fehlen größerer bodengebundener Prädatoren im Arlau-Speicherbecken im Berichtsjahr auch durch die Kombination aus dem Mobilzaun am Arlauufer mit dem angrenzenden Festzaun begünstigt wurde. Denn gerade im nördlichen Arlau-Speicherbecken sind „Randeffekte“ durch die nahegelegene Sukzessionszone besonders stark zu erwarten, und noch im letzten Jahr prädierten beispielsweise Marderhunde im nördlichen Arlau-Speicherbecken.

Jenseits der Frage nach der Effektivität des Festzauns konnte diese Studie wichtige Erkenntnisse sammeln: Während die größeren bodengebundenen Prädatoren aus der Liste der nachgewiesenen Gelegeprädatoren (Tab. 3) verschwanden und Möwen eine wichtige Gruppe blieben, trat die Wanderratte im Jahr 2023 erstmals in etwas größerer Zahl aber immer noch auf niedrigem Niveau als Prädatör von Bodenbrüteregelegen im Beltringharder Koog auf. Bis 2022 trat sie hier in dieser Rolle basierend auf Nestkameradaten des Michael-Otto-Instituts im NABU nur vereinzelt und unregelmäßig auf; konkret wurde sie als Gelegeprädatör an Austernfischergelegen in acht Untersuchungsjahren keinmal festgestellt (Anhang 1, siehe Referenzen oben), an Uferschnepfengelegen in zehn Untersuchungsjahren einmal (Salewski *et al.* 2019, und Berichte seitdem), an Sandregenpfeifergelegen in sieben Jahren keinmal (siehe Referenzen oben; im Jahr 2022 evtl. einmal als Teilprädatation, Cimiotti *et al.* 2022) und an Seeregenpfeifergelegen *Charadrius alexandrinus* in zwölf Jahren keinmal (siehe Referenzen oben und neuere unveröff. Daten). 2023 stellten wir insgesamt fünf Gelegeprädatationen und eine Teilprädatation fest, was 35 % aller Prädatationsereignisse entspricht, die einer Prädatorenart zugeordnet werden konnten. Während dieses Auftreten der Wanderratte in absoluten Zahlen überschaubar erscheint und 2023 auch nicht zu einem insgesamt schlechten Schlupf- und Bruterfolg (Abb. 12) führte, könnte es sich um den Beginn einer Entwicklung handeln, die aufmerksam verfolgt werden sollte. Der Ausschluss oder die Entfernung von Topprädatoren aus einem System kann zu ausgeprägter Vermehrung von Mesoprädatoren führen, sei es, weil ihre direkten Fressfeinde verschwunden sind oder weil ihr Nahrungsangebot durch wegfallende Konkurrenz steigt (Stantial *et al.* 2021). In anderen Gebieten im Raum schleswig-holsteinisches Wattenmeer haben sich Wanderratte bereits zu einer erheblichen Bedrohung für Wiesen- und Küstenvogelpopulationen entwickelt (vgl. Gnep *et al.* 2022).

Die Zahl der nachgewiesenen Gelegeverluste durch größere Säugetiere sank im Berichtsjahr auf null, bezüglich kleinerer Marderartiger ergab sich jedoch ein anderes Bild. So wurde im Rahmen dieser Untersuchung eine Teilprädatation durch ein Mauswiesel nachgewiesen. Zusätzlich wurde ein Seeregenpfeifergelege im nördlichen Arlau-Speicherbecken durch ein Hermelin prädiert (pers. Beob). Darüber hinaus wurde 2023 unmittelbar außerhalb des Beltringharder Koogs, am ehemaligen Arlau-Schöpfwerk, ein Mink beobachtet (D. V. Cimiotti, V. Salewski, pers. Beob). Ähnlich wie bei den Ratten erscheint auch bei Arten wie Hermelin, Mauswiesel, Iltis und Mink in Folge der Entnahme der größeren Säugetiere eine Zunahme möglich.

Im Folgenden werden Ergebnisse zu beide untersuchten Brutvogelarten detaillierter eingeordnet.

4.1. AUSTERNFISCHER

Für Austernfischer wurden im Jahr 2023 sehr gute (63,5 % im nördlichen Arlau-Speicherbecken) bis extrem gute (100 % in der Kontrollgruppe) Schlupfwahrscheinlichkeiten festgestellt. Letzterer Wert fiel im Vergleich zum Vorjahr positiv heraus (Tab. 1, Abb. 5). Während eine sehr hohe tägliche Gelegeüberlebenswahrscheinlichkeit in einer Teilstichprobe sicherlich durch die erfolgreiche Arbeit des jagdlichen Prädatorenmanagements deutlich wahrscheinlicher geworden ist, ist der Wert von 100 % nicht überzubewerten. Darauf weisen u. a. die Tatsachen hin, dass es in der Kontrollgruppe eine Teilprädation durch ein Mauswiesel gab und dass hier Prädationen von Sandregenpfeifergelegen durch die Wanderratte verzeichnet wurden, die grundsätzlich auch Austernfischergelege prädiert (Tab. 3, Abb. 6). Die im Vergleich niedrigere Schlupfwahrscheinlichkeit im nördlichen Arlau-Speicherbecken ist immer noch die höchste seit Beginn der Datenerhebungen 2015 gemessene (Abb. 13). Wanderratte und Silbermöwe wurden hier erstmals als Prädator von Austernfischergelegen registriert (Abb. 6, Anhang 1).

Der Bruterfolg des Austernfischers war im Jahr 2023 auf beiden Probeflächen sehr gut und lag deutlich über dem für den Bestandserhalt notwendigen Niveau von 0,33 flüggen Jungen/Brutpaar (van de Pol *et al.* 2010a, 2010b; Abb. 12). Über Kükenschicksale ist generell wesentlich weniger bekannt als über Gelegesicksale (Salewski & Cimiotti 2022), und die Prädatorenengilden für Gelege und Küken können sich durchaus unterscheiden (z. B. bei Kiebitz und Uferschnepfe (Teunissen *et al.* 2008)). Nichtsdestotrotz lassen die guten Bruterfolge 2023 vermuten, dass sich das intensive Prädatorenmanagement im Beltringharder Koog nicht nur positiv auf den Schlupferfolg, sondern auf den Bruterfolg auswirkte. Im nördlichen Arlau-Speicherbecken, für das zum Bruterfolg eine Zeitreihe seit 2015 vorliegt, wurde 2023 der nach 2022 zweithöchste Wert gemessen (Abb. 13). Es ist bemerkenswert, dass dort ein bestandserhaltender Bruterfolg erstmals nach der Errichtung des festen Kombinationszauns 2021 festgestellt werden konnte und dass deutlich darüber liegende Werte erst ab 2022, nach dem Beginn des intensiven Prädatorenmanagements verzeichnet wurden (Abb. 13). Auf die Frage, was zum Rückgang des Austernfischer-Bruterfolgs im nördlichen Arlau-Speicherbecken von 2022 auf 2023 geführt hat, kann eine parallelaufende Untersuchung zu Kükenschicksalen mittels Dauertelemetrie (Salewski & Cimiotti 2022, Salewski *et al.* 2023a) vorerst noch wenig Licht werfen: 2023 wurde ein ähnlicher Anteil der verfolgten Küken flügge wie 2022, und einem gewachsenen Anteil prädiert Küken stand ein verringerter Anteil an Krankheit o. ä. gestorbener Küken gegenüber (V. Salewski, pers. Komm.). Diese Ergebnisse sind vorläufig und auch wegen der kleinen Stichprobe 2022 mit Vorsicht zu interpretieren.

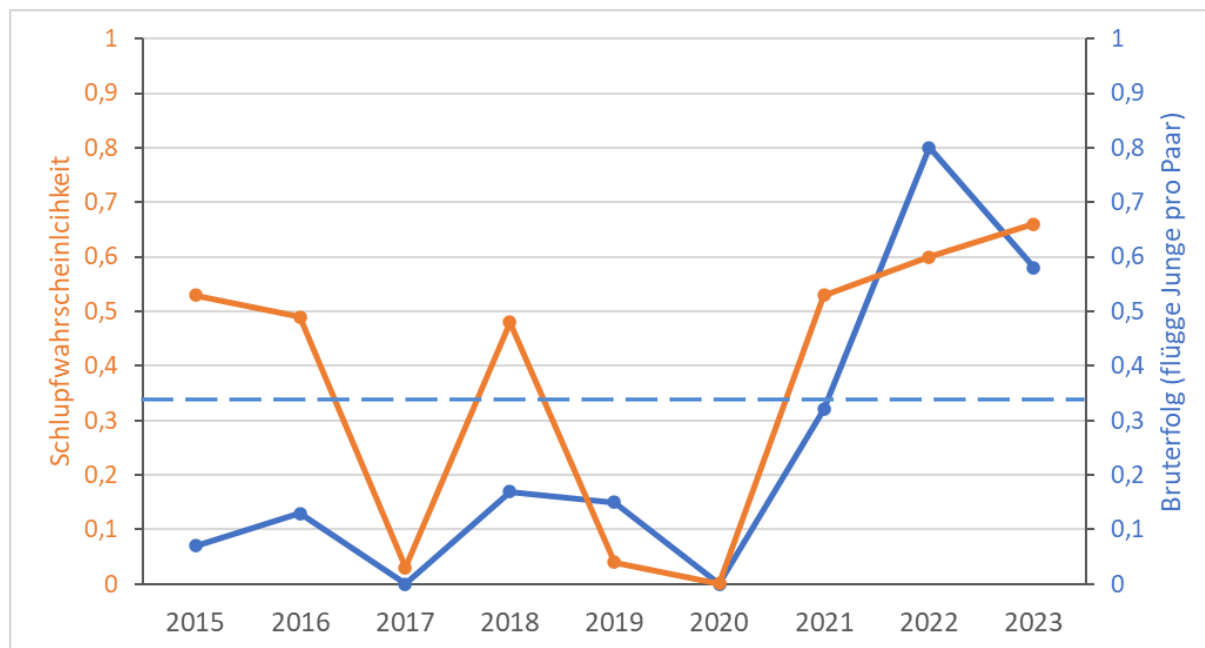


Abb. 13: Schlupfwahrscheinlichkeit (orange) und Bruterfolg (blau) von Austernfischer im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges in den Jahren 2015 bis 2023. Der für den Bestandserhalt als nötig erachtete Bruterfolg von 0,33 flüggen Jungen/Brutpaar (van de Pol *et al.* 2010a, 2010b) ist mit einer gestrichelten blauen Linie markiert. Ein mobiler E-Zaun am östlichen Zugang zum Gebiet bestand während der Brutzeit der Jahre 2016 bis 2019. Seit dem Frühjahr 2021 besteht dort ein fester Antiprädatorenzaun. Seit Herbst 2021 findet im gesamten Beltringharder Koog ein intensives Prädatationsmanagement mit jagdlichen Methoden statt.

4.2. SANDREGENPFEIFER

Die Schlupfwahrscheinlichkeiten des Sandregenpfeifers unterschieden sich zwischen 2022 und 2023 sowie zwischen Zaun- und Kontrollgruppe nur unerheblich (Tab. 2) und lagen im mittleren Bereich bei durchschnittlich 41,4 %. Im nördlichen Arlau-Speicherbecken, für das Daten seit 2015 vorliegen (mit Ausnahme von 2021), lag die Schlupfwahrscheinlichkeit (nach Mayfield 1961, 1972) noch unter dem Durchschnittswert bei 21,3 %. Dies ist ein deutlicher Rückgang gegenüber 2022 und liegt im Bereich der Jahre 2016 bis 2018 (Abb. 14). Da größere bodengebundene Säugetiere als Gelegeprädatoren bei Sandregenpfeifern (z. B. Lutz *et al.* 2017, Cimiotti & Altemüller 2021) generell eine kleinere Rolle spielen als bei Austernfischern (Anhang 1, z. B. Cimiotti *et al.* 2021a), wäre zu erwarten, dass Sandregenpfeifer auch weniger von deren Rückgang im Gebiet infolge des jagdlichen Prädatationsmanagements profitieren. Gleichzeitig könnten Sandregenpfeifer unter einer Zunahme von Wanderratte infolge der Entnahme von Topprädatoren mindestens genauso stark leiden wie Austernfischer – dies suggeriert auf sehr dünner Datengrundlage die Tatsache, dass 2023 ein größerer Anteil von Sandregenpfeifer- als von Austernfischergelegen durch die Wanderratte prädiert wurde (Tab. 3). Dies könnte ein Ansatz zur Erklärung der verglichen mit den Austernfischern weniger guten Schlupferfolge bei Sandregenpfeifern sein. Bei den identifizierten Nestprädatoren fällt v. a. der große Anteil der Sturmmöwe im nördlichen Arlau-Speicherbecken auf (Tab. 3), was jedoch kein neues Phänomen ist (z. B. Hötter *et al.* 2015, 2016, 2017; Cimiotti & Altemüller 2021). Prädatationen durch diese Art wurden schwerpunktmäßig im Westen des Gebietes registriert, wo sich regelmäßig größere Trupps rastender Möwen aufhalten (pers. Beob.).

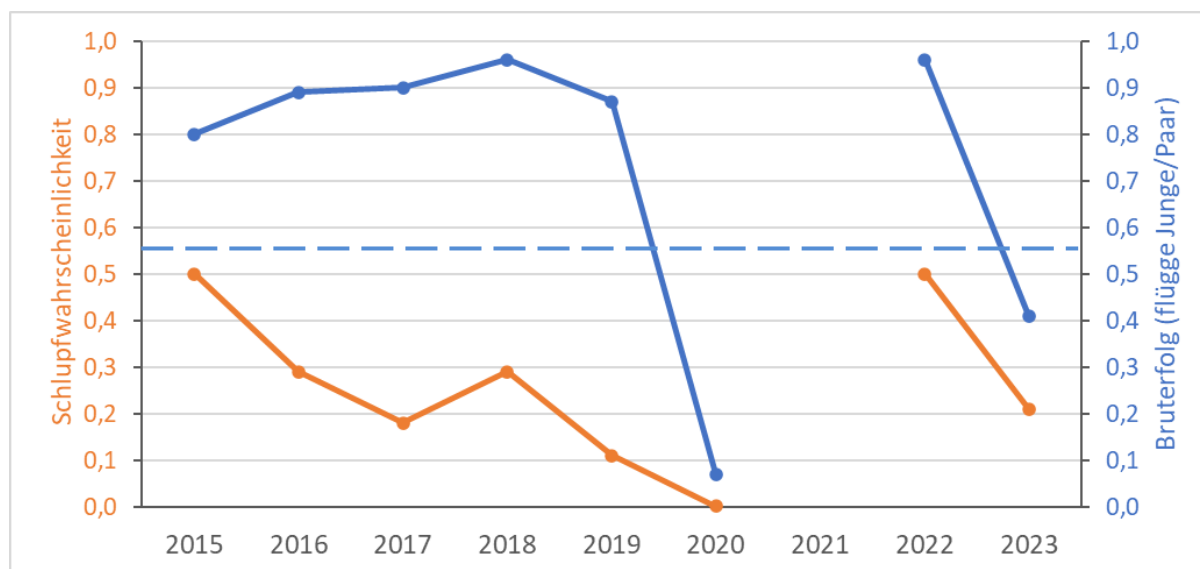


Abb. 14: Schlupfwahrscheinlichkeit (orange) und Bruterfolg (blau) von Sandregenpfeifern im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Koogs in den Jahren 2015 bis 2023 (für das Jahr 2021 liegen keine Daten vor). Der für den Bestandserhalt als nötig erachtete Bruterfolg von ca. 0,5 – 0,6 flüggen Jungen/Brutpaar (Cimiotti & Altemüller 2022) ist mit einer gestrichelten blauen Linie markiert. In den Brutzeiten der Jahre 2016 bis 2019 war jeweils ein mobiler E-Zaun am östlichen Zugang zum Gebiet installiert. Seit dem Frühjahr 2021 besteht dort ein fester Prädatorenschutzzaun. Seit Herbst 2021 findet im gesamten Beltringharder Koog ein intensives Prädatationsmanagement mit jagdlichen Methoden statt.

Der Bruterfolg des Sandregenpfeifers fiel 2023 auffallend unterschiedlich zwischen nördlichem Arlau-Speicherbecken (0,41 flügge Junge/Brutpaar) und der Kontrollfläche im Nordöstlichen Feuchtgrünland (0,88 flügge Junge/Brutpaar) aus (Abb. 12). Damit wurde ein bestandserhaltender Bruterfolg von ca. 0,5 – 0,6 flüggen Junge/Brutpaar (Cimiotti & Altemüller 2022) nur im letzteren Teilgebiet erreicht. Die Werte im Vorjahr lagen bei 1,0 (nördliches Arlau-Speicherbecken) bzw. 0,8 flüggen Jungen/Brutpaar (Cimiotti *et al.* 2022), also im Bereich der Kontrollfläche 2023. Da Erkenntnisse zu Kükenschicksalen beim Sandregenpfeifer fehlen und der eigentliche Zieleffekt der Untersuchung, der Effekt des Festzauns, als Erklärung ausfällt (s. o.), kann über die Gründe für den mäßigen Bruterfolg im Arlau-Speicherbecken – jenseits des etwas unterdurchschnittlichen Schlupferfolgs (s. o.) - nur spekuliert werden. Besonderheit der Brutsaison 2023 waren insbesondere das verstärkte Auftreten von Wanderratten; aus der räumlichen Verteilung von deren Gelegeprädatoren (Tab. 3, Abb. 6) ein geballtes Vorkommen im Arlau-Speicherbecken abzuleiten, würde die Datengrundlage jedoch überstrapazieren.

5. FAZIT UND MANAGEMENTEMPFEHLUNGEN

Angesichts der in der Brutsaison 2023 mittels Nestkameras indirekt festgestellten sehr geringen Dichten größerer bodengebundener Prädatoren im gesamten Untersuchungsgebiet kann diese Studie keine zuverlässige Aussage zur Wirksamkeit des Festzaunes gegen diese Prädatorengruppe treffen. Die offenbar niedrigen Dichten lassen jedoch auf eine hohe Effektivität des Prädatorenmanagements im gesamten Koog nördlich der Arlau bezüglich größerer bodengebundener Prädatoren schließen. Dessen wesentliche Elemente sind einerseits die Anwendung jagdlicher Methoden (Holy 2023) und andererseits die Verhinderung eines Prädatorenzustroms aus der Sukzessionszone südlich der Arlau durch die Installation eines mobilen, zwei Kilometer langen Litzenzauns, der im Osten des Arlaunordufers an den Festzaun anschließt. In weitgehender Abwesenheit größerer „Bodenprädatoren“ konnten sehr gute (Austernfischer) bzw. mittlere Schlupferfolge (Sandregenpfeifer) im gesamten Untersuchungsgebiet verzeichnet werden. Diese resultierten in sehr guten Bruterfolgen beim Austernfischer im gesamten Untersuchungsgebiet und beim Sandregenpfeifer auf der Kontrollfläche, während der Bruterfolg des Sandregenpfeifers im nördlichen Arlau-Speicherbecken nur mäßig ausfiel (Abb. 12).

Diese Ergebnisse machen den Festzaun allerdings keinesfalls obsolet. Basierend auf Daten des Jahres 2021, als der Festzaun schon installiert, aber noch kein intensives Prädatorenmanagement mit jagdlichen Mitteln implementiert war, und v. a. auf diversen regionalen, nationalen und internationalen Studien zur Wirksamkeit von Gelegeschutzzäunen (siehe Einleitung) ist ein Schutzeffekt durchaus wahrscheinlich. Er kann allerdings erst dann zum Tragen kommen, wenn das jagdliche Prädatorenmanagement weniger erfolgreich sein oder enden sollte. Der Festzaun ist beim gegenwärtigen Stand der Dinge also v. a. als wichtige Versicherung für das nördliche Arlau-Speicherbecken zu verstehen. Zusätzlich dient er der Abpufferung möglicher „Randeffekten“ aus der nahegelegenen Sukzessionszone ohne Prädatorenmanagement.

Im Rahmen eines Besuchs einer Delegation britischer und niederländischer Schutzgebietsbetreuer*innen der Naturschutzorganisationen Royal Society for the Protection of Birds (RSPB), Natural England und Vogelbescherming Nederland im Juni 2023 wurde u. a. der Festzaun am Arlau-Speicherbecken in Augenschein genommen. Die Expert*innen empfahlen, die Maschenweite des Festzauns insbesondere im Bereich unterhalb der ersten Stromlitze auf maximal 8 x 8 cm zu verringern, um die Gefahr des Durchdringens von Füchsen durch die Maschen zu verringern (Gavin Thomas, RPSB Ecologist Northern England¹). Um selbst Jungtiere verlässlich abzuhalten, wäre sogar eine noch geringere Maschenweite (z. B. 5 x 5 cm) nötig. Auch der Berufsjäger im Beltringharder Koog, Moritz von Graevenmeyer, hält eine Überarbeitung des Zauns aus den o. g. Gründen für sinnvoll.

Weiteres wichtiges Ergebnis der Studie ist das verstärkte Auftreten (auf niedrigem Niveau) der Wanderratte als Gelegeprädatoren sowohl beim Austernfischer als auch beim Sandregenpfeifer (Tab. 3). Die Zunahme von Mesoprädatoren nach Ausschluss oder Entfernung von Topprädatoren ist ein bekanntes Muster (Stantial *et al.* 2021) und Wanderratten haben sich im Wattenmeerraum bereits

¹ Gavin Thomas, Email vom 26.6.2023: (...) The fence at Beltringharder Koog looked like it was vulnerable to being breached by large mammals, especially due to the large gauge / size of the mesh gaps. The maximum size we suggest is 80mm. Some fences have 50mm gaps, but this is more expensive and restricts movements in and out of the fence of e.g., Brown Hares and other non-target species. (...)

als erhebliche Bedrohung für Wiesen- und Küstenvogelpopulationen gezeigt (vgl. Gnep *et al.* 2022). Diese Tatsachen geben – mehr als die absoluten Zahlen in diesem Bericht – Anlass zu Aufmerksamkeit bezüglich der Entwicklung der Rolle der Wanderratte im Beltringharder Koog.

Vor dem geschilderten Hintergrund geben wir folgende **Managementempfehlungen**:

- Das Prädatorenmanagement mit Berufsjäger sollte nach dem gegenwärtigen Sachstand auch über das Ende des Pilotprojektes hinaus fortgesetzt aber weiterhin durch ein Monitoring begleitet und bei Bedarf angepasst werden.
- Der Entwicklung der Wanderrattenpopulation im Beltringharder Koog und ihren Auswirkungen sollte mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Dazu sollte nicht nur ein indirektes Monitoring (diese Studie), sondern auch ein direktes angestrebt werden (in Anlehnung an Gnep *et al.* 2022).
- Im Sinne des Vorsorgeprinzips sollte im Rahmen des Prädatorenmanagements auch gegen die Wanderratte vorgegangen werden, bevor die Population und die durch sie verursachten Schäden an Bodenbrütergelegen größere Ausmaße erreichen. Methoden zur Reduktion der Rattenzahl, die sich im Rahmen des Rattenprojektes auf den Halligen als effektiv und umsetzbar erweisen haben (für Methoden siehe z. B. Gnep *et al.* 2022), sollten auch im Beltringharder Koog konsequent zum Einsatz kommen.
- Ebenfalls im Sinne des Vorsorgeprinzips sollten auch die kleineren Marderartigen (insbesondere Iltis, Hermelin, Mink) im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten, einschließlich aller Möglichkeiten für Ausnahmegenehmigungen, in das aktive Prädatorenmanagement im Beltringharder Koog einbezogen werden.
- Der mobile Litzenzaun entlang des nördlichen Arlaufufers sollte als Ergänzung der jagdlichen Prädatorenmanagements auch vor den kommenden Brutsaisons rechtzeitig und in gleicher Länge installiert und seine Funktionsfähigkeit regelmäßig überprüft werden.
- Der bestehende Festzaun im Osten des nördlichen Arlau-Speicherbeckens sollte regelmäßig kontrolliert und instandgehalten werden. Darüber hinaus werden bauliche Veränderungen (Verringerung der Maschenweite auf maximal 8 x 8 cm) empfohlen. Ihm kommt in seinem Ostteil eine wichtige Rolle bei der Abschirmung gegen Prädatoren aus der Sukzessionszone im Süden der Arlau zu, darüber hinaus könnte er eine Versicherungsfunktion für Brutvögel im Arlau-Speicherbecken haben.
- Ein besonders wichtiger und bisher zu wenig untersuchter und verstandener Aspekt des Bruterfolgs bodenbrütender Watvögel wie Austernfischer, Uferschnefe, Brachvogel *Numenius arquata*, Sand- und Seeregenpfeifer sind die Kükenschicksale. Neue Studien zu diesem Themenfeld wie die laufende Studie zu Austernfischerküken mittels Dauertelemetrie im Arlau-Speicherbecken (Salewski & Cimiotti 2022) könnten wesentliche neue Grundlageninformationen für ein Gebietsmanagement zugunsten von Küsten- und Wiesenvögeln liefern und wären daher sehr zu begrüßen.
- Eine Erhöhung und Verstärkung des Tores am westlichen Zugang des nördlichen Arlau-Speicherbeckens mit stromführenden Elementen erscheint grundsätzlich sinnvoll, aber angesichts der geringen Dichten größerer bodengebundener Prädatoren im Gebiet derzeit nicht prioritär.

6. DANKSAGUNG

Für gute Zusammenarbeit im Feld danken wir Dagmar Cimiotti, Volker Salewski und Moritz von Graevemeyer. Volker Salewski stellte außerdem dankenswerterweise vorläufige Ergebnisse zu Austernfischerkükenschicksalen im Arlau-Speicherbecken (Dauertelemetrie-Projekt) zur Verfügung und gab wertvolle Hinweise zur Auswertung der Daten.

Der Integrierte Station Westküste (Landesamt für Umwelt des Landes Schleswig-Holstein) mit Thurid Otto, Leyf Lindemann und Uwe Schaffer danken wir für die Unterstützung des Projektes.

Die Untersuchungen wurden durch das Ministerium für Energiewende, Klimawandel, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein finanziert.

7. LITERATUR

- Ausden M, Hirons G (2011) Using anti-predator fences to increase wader productivity. *Conservation Land Management* 9:5-8
- Bauer H-G, Bezzel E, Fiedler W (2005) Das Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Nonpasseriformes – Nichtsperlingsvögel. AULA-Verlag, Wiebelsheim
- Boschert M (2008) Gelegeschutz beim Großen Brachvogel - Erfahrungen beim Einsatz von Elektrozäunen am badischen Oberrhein. *Naturschutz Landschaftsplanung* 40:346-352
- Burnham KP, Anderson DR (2002) *Model Selection and Multimodel Inference*. Springer, New York
- Burnham KP, Anderson DR, Huyvaert KP (2011) AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behavioral Ecology Sociobiology* 65:23-35
- Cimiotti DS (2021) Ornithologisches Gutachten Nordstrander Bucht / Beltringharder Koog. Ergebnisse aus den Zählgebieten nördlich der Arlau, Jahresbericht 2021. Integrierte Station Westküste, Schlüttsiel
- Cimiotti DS (in Vorb.): Ornithologisches Gutachten Nordstrander Bucht / Beltringharder Koog, Ergebnisse aus den Zählgebieten nördlich der Arlau, Jahresbericht 2023. Integrierte Station Westküste, Schlüttsiel
- Cimiotti, D. V. & Altemüller, M. (2021): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2020 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D. V. & Altemüller, M. (2022a): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2021 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D. V & Altemüller, M. (2022b): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Artenschutzprojekt der Jahre 2015 bis 2021 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D. & B. Klinner-Hötter (2019): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein, Untersuchungen 2019. Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Cimiotti, D. V, Schulz, R., Bellebaum, J., Bruns, H.A., Cimiotti, D.S., Klinner-Hötter, B. & Hötter, H. (2012): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2012 - Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D.V., Hötter, H., Schulz, R., Cimiotti, D.S. & Klinner-Hötter, B. (2013a): Seeregenpfeifer. Jagd und Artenschutz 2013: 67-71. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D. V, Schulz, R., Bellebaum, J., Cimiotti, D.S., Klinner-Hötter, B. & Hötter, H. (2013b): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2013 - Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.

- Cimiotti, D. V, Schulz, R., Hötcker, H. & Klinner-Hötcker, B. (2014): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2014 - Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D. V, Schulz, R., Klinner-Hötcker, B. & Hötcker, H. (2015a): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2015 - Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D., Schulz, R., Klinner-Hötcker, B. & Hötcker, H. (2015b): Seltene Vogelarten in Deutschland: Seeregenpfeifer. Der Falke 62: 24–29.
- Cimiotti, D. V, Schulz, R., Hötcker, H. & Klinner-Hötcker, B. (2016): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2016 - Abschlussbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D., Hoffmann, M., Leyrer, J., Klinner-Hötcker, B. & H. Hötcker (2017): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein, Untersuchungen 2017. Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Cimiotti, D., Klinner-Hötcker, B. & Hötcker, H. (2018a): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein. Untersuchungen 2018. Unveröffentl. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- Cimiotti, D., Klinner-Hötcker, B., Remmers, T., Hötcker, H., Altemüller, M. & R. Schulz (2018b): Schutzkonzept Sandregenpfeifer. Jahresbericht 2018 zur biologischen Vielfalt – Jagd und Artenschutz. Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- Cimiotti, D. V., Altemüller, M. & Klinner-Hötcker, B. (2018c): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2018 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D. V., Altemüller, M. & Klinner-Hötcker, B. (2019): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2019 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Cimiotti, D., Backsen, S. & Klinner-Hötcker, B. (2020): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein. Untersuchungen 2020. Unveröffentl. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- Cimiotti, D., Backsen, S. & Klinner-Hötcker, B. (2021a): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein. Untersuchungen 2021. Unveröffentl. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Kiel
- Cimiotti D.V., Lemke H. et al. (2021b): Der Sympathieträger Kiebitz als Botschafter der Agrarlandschaft – Umsetzung eines Artenschutzprojektes zur Förderung des Kiebitzes in der Agrarlandschaft. Abschlussbericht des Projektes im Bundesprogramm Biologische Vielfalt, Förderschwerpunkt Arten in besonderer Verantwortung Deutschlands, FKZ: 3514 685A01/ B01/C01. Michael-Otto-Institut im NABU, NABU-Naturschutzstation Münsterland, NABU Mecklenburg-Vorpommern, Thünen-Institut für Ländliche Räume. Bergenhusen: 251 S.
- Cimiotti DV, Cimiotti DS, Fließbach K, Schmidt L (2022) Wirksamkeit eines festen Prädatorenschutzzauns im Beltringharder Koog – Untersuchungen 2022. Endbericht für das

- Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen
- Dahl F, Åhlén PA (2019) Nest predation by raccoon dog *Nyctereutes procyonoides* in the archipelago of northern Sweden. *Biological Invasions* 21:743-755
- Dinsmore SJ, Dinsmore JJ (2007) Modeling avian nest survival in Program MARK. *Studies Avian Biology* 34:73-83
- Drent RH, Klaassen M (1989) Energetics of avian growth: the causal link between BMR and the metabolic scope. In: Bech C, Reinertsen RE (Hrsg.) *Physiology of cold adaptation in birds*. Plenum Press, London
- Esri (2018) ArcGIS Desktop. Esri, Redlands
- Geertz B, Granke O, Salewski V (im Druck) Gelegeschutzzäune erhöhen die Schlupfwahrscheinlichkeit von Kiebitz *Vanellus vanellus* und Uferschnepfe *Limosa limosa* in den Dithmarscher Speicherkögen. *Corax*
- Gnep B, Gagelmann J, Breckling S, Sohler J (2021) Prädationsmonitoring auf den Halligen im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer - Zwischenbericht für das erste Projektjahr 2021. Bericht. Schutzstation Wattenmeer, Husum
- Gnep B, Breckling S, Gagelmann J, Klug M, Kühn A, Sander J, Sohler J (2022) Prädationsmonitoring auf den Halligen im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer - Zwischenbericht für die Jahre 2021 - 2022. Bericht. Schutzstation Wattenmeer, Husum
- Hötker, H., Schulz, R., Cimiotti, D., Günther, K., Klinner-Hötker, B., Rasran, L., Schrader, S. & Vogt, N. (2009): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulation des Seeregenpfeifers in Schleswig - Holstein Untersuchungen 2009 - Abschlussbericht für das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Hötker, H., Kastner, F., Klinner-Hötker, B., Schrader, S. & Schulz, R. (2010): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulation des Seeregenpfeifers in Schleswig -Holstein - Untersuchungen 2010 - Abschlussbericht für das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Hötker, H., Bellebaum, J., Cimiotti, D., Klinner-Hötker, B., Schulz, R., Bruns, H.A. & Thomsen, K.-M. (2011): Möglichkeiten zum Erhalt der Brutpopulationen des Seeregenpfeifers in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2011 - Abschlussbericht für das Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Hötker, H., Cimiotti, D. V, Klinner-Hötker, B. & Schulz, R. (2015): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2015 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Hötker, H., Cimiotti, D. V, Leyrer, J., Klinner-Hötker, B., Ave, M. & Hoffmann, H. (2016): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2017 - Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Hötker, H., Altemüller, M., Cimiotti, D. V, Leyrer, J. & Klinner-Hötker, B. (2017): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein – Untersuchungen 2017 - Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.
- Holy M (2023) Zwischenbericht zum Prädatorenmanagement im Beltringharder und Rickelsbüller Koog 2022. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein. Natur- und Umweltschutzvereinigung Dümmer e. V., Hüde

- Klinner-Höttker B, Petersen-Andresen W, Hötker H (2021) Die Brutvögel des Beltringharder Kooges. Corax 24 (Sonderheft 1)
- Laven H (1940) Beiträge zur Biologie des Sandregenpfeifers (*Charadrius hiaticula* L.). Journal für Ornithologie 88:183-287
- Lutz, E., Cimiotti, D., Gnep, B., Günther, K. & Schmitz-Ornés, A. (2017): Verlustursachen von Sandregenpfeiger-Gelegen auf der Insel Föhr. Vogelwarte 55:375.
- Liebezeit JR, Smith PA, Lanctot RB, Schekkerman H, Tulp I, Kendall SJ, Tracy DM, Rodrigues RJ, Meltofte H, Robinson JA, Gratto-Trevor C, Mccaffery BJ, Morse J, Zack SW (2007) Assessing the development of shorebird eggs using the flotation method: Species-specific and generalized regression models. Condor 109:32-47
- Mabee TJ (1997) Using eggshell evidence to determine nest fate of shorebirds. Wilson Bulletin 109:307–313
- Malpas L.R., Kennerley R.J. et al. (2013): The use of predator-exclusion fencing as a management tool improves the breeding success of waders on lowland wet grassland. Journal for Nature Conservation 21(1): 37 – 47. DOI: 10.1016/j.jnc.2012.09.002
- 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
- Meyer N, Jeromin H (2017) Gelegeschutzmaßnahmen beim Großen Brachvogel - Untersuchungen 2017. Bericht für KUNO e. V. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen
- Rickenbach O., Gruebler M.U. et al. (2011): Exclusion of ground predators improves Northern Lapwing *Vanellus vanellus* chick survival. Ibis 153(3): 531 – 542. DOI:10.1111/j.1474-919X.2011.01136.x
- Salewski V, Cimiotti DV (2022) Untersuchungen zu Raumnutzung, Überlebensraten und Todesursachen von Austernfischerküken mittels Dauertelemetrie. Bericht. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen
- Salewski V, Cimiotti D, Lampe P, Höchst J, Gottwald J (2023a) Ein automatisiertes System zur Erfassung der Signale von Radiosendern und seine Anwendung im Rahmen einer Telemetriestudie an Austernfischerküken. Vogelwarte 61:131-146
- Salewski V, Evers A, Holsten T (2023b) Untersuchungen zum Schlupferfolg bodenbrütender Vögel im Eiderästuar 2023. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen
- Salewski V, Evers A, Schmidt L (2013) Bericht 2013: Erstaufnahme Uferschnepfe (Action A.2), Bruterfolg Uferschnepfe (Action D.1). Bericht. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen
- Salewski V, Evers A, Schmidt L (2019) Wildkameras ermitteln Verlustursachen von Gelegen der Uferschnepfe (*Limosa limosa*). Natur und Landschaft 94:59-65
- Salewski V, Granke O (2020) Ein Geflügelzaun zum Schutz von Uferschnepfengelegen *Limosa limosa*, erste Erfahrungen aus einem Pilotprojekt. Ornithologischer Rundbrief Mecklenburg-Vorpommern 49 (Sonderheft 1):125-135
- Salewski V, Granke O, Gaehme S, Klinner-Höttker B, Otto T, Severon T, Schmidt L (im Druck) Gelegeschutzzäune erhöhen den Schlupferfolg von gefährdeten Wiesenvögeln. Natur und Landschaft.
- Salewski V, Schmidt L (2019) The raccoon dog - An important new nest predator of black-tailed godwit in northern Germany. Wader Study 126:28–34

- Salewski V, Schmidt L (2022) Nest cameras do not affect nest survival in a meadow-nesting shorebird. *Bird Conservation International* 32:127-136
- Schifferli L, Rickenbach O. et al. (2009): Massnahmen zur Förderung des Kiebitzes *Vanellus vanellus* im Wauwilermoos (Kanton Luzern): Schutz der Nester vor Landwirtschaft und Prädation. *Der Ornithologische Beobachter* 106(3): 311 – 326
- Schwemmer P, Weiel S, Garthe S (2016) Bodengebundene Prädatoren als Einflussgröße auf bodenbrütende Küstenvögel. Abschlussbericht zum Projekt im Auftrag der Nationalparkverwaltung im Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN), Tönning. Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- Schwemmer P, Weiel S, Garthe S (2021) Spatio-temporal movement patterns and habitat choice of red foxes (*Vulpes vulpes*) and racoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) along the Wadden Sea coast. *European Journal of Wildlife Research* 67:49
- Stantial ML, Cohen JB, Darrah AJ, Farrell SL, Maslo B (2021) The effect of top predator removal on the distribution of a mesocarnivore and nest survival of an endangered shorebird. *Avian Conservation and Ecology* 16:8
- Teunissen W, Schekkerman H, Willems F, Majoor F (2008) Identifying predators of eggs and chicks of Lapwing *Vanellus vanellus* and Black-tailed Godwit *Limosa limosa* in the Netherlands and the importance of predation on wader reproductive output. *Ibis* 150:74-85
- van de Pol M, Ens BJ, Heg D, Brouwer L, Krol J, Maier M, Koffijberg K (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
- van de Pol M, Vindenes Y, Sæther B-E, Engen S, Ens BJ, Oosterbeek K, Tinbergen JM (2010b) Effects of climate change and variability on population dynamics in a long-lived shorebird. *Ecology* 91:1192–1204
- Verhoeven MA, Loonstra AHJ, Pringle T, Kaspersma W, Whiffin M, McBride AD, Sjoerdsma P, Roodhart C, Burgess MD, Piersma T, Smart J (2022) Do ditch-side electric fences improve the breeding productivity of ground-nesting waders? *Ecological Solutions and Evidence* 3:e12143
- Visser GH, Beintema AJ (1991) Reproductive characteristics of meadow birds and other European waders. *Wader Study Group Bulletin* 61(Supplement):6-11
- White GC (2021) MARK: Mark and recapture parameter estimation. Colorado State University, Fort Collins
- White G., Hirons G. (2019): The predator exclusion fence manual - Guidance on the use of predator exclusion fences to reduce mammalian predation on ground-nesting birds on RSPB reserves. RSPB, 155 S.

ANHANG

Anhang 1. Übersicht über die Ergebnisse brutbiologischer Untersuchungen zum Austernfischer im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges in den Jahren 2015 bis 2023 (erweitert nach Cimiotti *et al.* 2022). Zahlen in Klammern sind zusätzliche Teilprädatoren, d. h. Prädatoren nur eines Teils der Eier eines Geleges.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Anzahl Paare	44	45	42	41	27	28	28	35	31
Anzahl flügger Jungvögel	3	6	0	7	4	0	9	28	18
Bruterfolg [flügge Junge/Brutaar]	0,07	0,13	0,00	0,17	0,15	0	0,32	0,80	0,58
Schlupferfolg (Mayfield)	0,53	0,49	0,03	0,48	0,04	0,001	0,53	0,60	0,66
Anzahl Gelege verfolgt	21	14	22	26	11	23	21	20	23
Anzahl Gelege geschlüpft	13	8	2	15	1	0	12	14	16
Anzahl Gelege prädiert	8	6	20	11	8	23	9	6	7
Anzahl Gelege aufgegeben	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Anzahl Gelege mit Kamera	10	5	13	23	11	9	19	20	21
Gelege mit Schlupf (Kamera)	3	1	2	11	1	0	7	10	13
Prädation Rotfuchs (Kamera)	0	0	9	0	4	8	2	1	0
Prädation Marderhund (Kamera)	4	0	1	0	1	0	2 (+1)	1	0
Prädation Dachs (Kamera)	0	0	0	6	0	0	0	0	0
Prädation Steinmarder (Kamera)	0	0	0	1	0	0	0	2	0
Prädation Iltis (Kamera)	2	0	0	1	0	0	0	0	0
Prädation Wanderratte (Kamera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (+1)
Prädation Sturmmöwe (Kamera)	0	0	0	0	1	0	1 (+1)	0	1
Prädation Silbermöwe (Kamera)	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Gelegeaufgabe (Kamera)	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Schicksal unbekannt (Kamera)	1	4	1	4	2	1	7	4	3

Anhang 2. Schlupfwahrscheinlichkeiten nach Mayfield (1961, 1974) der 2023 im Beltringharder Koog untersuchten Austernfischer und Sandregenpfeifergelege.

	Arlau-Speicherbecken	Kontrollgruppe
Austernfischer	0,656	1,000
Sandregenpfeifer	0,213	0,501