



Wirksamkeit eines festen Prädatoren- schutzzauns im Beltringharder Koog – Untersuchungen 2022

November 2022

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

Dominic V. Cimiotti
Dagmar S. Cimiotti
Katharina Fließbach
Luis Schmidt

Michael-Otto-Institut im NABU
Goosstroot 1
24861 Bergenhusen

Dominic.Cimiotti@NABU.de

Wirksamkeit eines festen Prädatorschutzzauns 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
November 2022

Dominic V. Cimiotti¹
Dagmar S. Cimiotti²
Katharina Fließbach¹
Luis Schmidt¹

unter Mitarbeit von

Dr. Yves Bötsch¹
Helgard Lemke¹
Dr. Volker Salewski¹

Titelfoto: Dominic Cimiotti (Beltringharder Koog, 2021)

¹ Michael-Otto-Institut im NABU
Goosstroot 1
24861 Bergenhusen
dominic.cimiotti@nabu.de

² Dagmar Cimiotti, Moltkestraße 3, 25813 Husum

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1. Einleitung.....	7
2. Probeflächen.....	10
3. Material und Methoden	11
3.1. Brutbiologische Untersuchungen zur Ermittlung der Schlupf- und Bruterfolge	11
3.2. Einsatz von Nestkameras zur Identifikation der Nesträuber	12
3.3. Statistische Analysen.....	12
4. Ergebnisse.....	14
4.1. Brutbiologische Ergebnisse der Austernfischer im Jahr 2022.....	14
4.2. Brutbiologische Ergebnisse der Sandregenpfeifer im Jahr 2022	14
4.3. Nesträuber von Austernfischer- und Sandregenpfeifergelegen 2022.....	15
5. Diskussion	20
5.1. Vergleich der Reproduktionserfolge des Austernfischers mit den Vorjahren 20	
5.2. Vergleich der Reproduktionserfolge des Sandregenpfeifers mit den Vorjahren	22
5.3. Gesamtbetrachtung	24
5.4. Managementempfehlungen	25
6. Danksagung	26
7. Literatur	27

Zusammenfassung

Der Beltringharder Koog in Nordfriesland, der durch die Eindeichung der Nordstrander Bucht im Jahr 1987 entstanden ist, hat sich in den vergangenen 35 Jahren zu einem bedeutenden Brutgebiet für zahlreiche Wiesen- und Küstenvögel entwickelt. Mit der Eindeichung sind allerdings auch zunehmend Bodenprädatoren wie beispielsweise der Rotfuchs und später der invasive Marderhund in das ehemalige Salzwiesen- und Wattgebiet eingewandert. Insbesondere Einwanderung des Fuchses hatte einen massiven Einfluss auf den Bruterfolg zahlreicher Bodenbrüterarten und wohl auch auf deren Bestandsentwicklung im Gebiet.

Das Land Schleswig-Holstein versucht im Rahmen seines Prädationsmanagementkonzeptes (MELUND & LLUR 2018) die Konflikte mit Bodenprädatoren in wichtigen Brutgebieten von Wiesen- und Küstenvogelarten des Landes zu entschärfen. In diesem Zusammenhang wurde im Frühjahr des Jahres 2021 ein fester Prädatorenschutzzaun im Beltringharder Koog errichtet, um den Bodenprädatoren den Zugang zu einem wichtigen Teilgebiet des Kooges, dem nördlichen Arlau-Speicherbecken, zu erschweren. Mit dem Zaun nach britischem Vorbild soll der östliche Zugang zu dem halbinselartigen Gebiet für Bodenprädatoren blockiert werden. Zusätzlich wurde im Herbst 2021 ein Pilotprojekt zum Prädationsmanagement mit jagdlichen Methoden im Beltringharder Koog und Rickelsbüller Koog begonnen.

Mit dem hier dargestellten Projekt soll untersucht werden, welchen Einfluss der Festzaun am nördlichen Arlau-Speicherbecken auf den Schlupf- und Bruterfolg gefährdeter Bodenbrüter am Beispiel von Austernfischer und Sandregenpfeifer sowie auf das Auftreten und Verhalten von Nesträubern hat. Aus den Ergebnissen soll die Effizienz der Maßnahme evaluiert werden, es sollen Empfehlungen zur Optimierung der Maßnahme abgeleitet werden, und es soll die Übertragbarkeit auf andere Gebiete in Schleswig-Holstein betrachtet werden.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der brutbiologischen Untersuchungen in der Brutsaison 2022 im Arlau-Speicherbecken sowie auf Vergleichsflächen weiter nördlich im Koog dar und ordnet diese unter Berücksichtigung der Vorjahre ein. Im Jahr 2022 wurden sowohl beim Austernfischer als auch beim Sandregenpfeifer recht hohe Schlupferfolge und insbesondere Bruterfolge in beiden untersuchten Teilgebieten des Beltringharder Kooges (d. h. innerhalb und außerhalb des Arlau-Speicherbeckens) beobachtet. Nur etwa ein Fünftel der mit Kameras untersuchten Gelege wurde durch Bodenprädatoren prädiert. Im Arlau-Speicherbecken, für das mehrjährige Datenreihen vorliegen, wurden bei beiden Untersuchungsarten die bisher höchsten Bruterfolge seit dem Beginn der Untersuchungen im Jahr 2015 beobachtet.

Die Frage, ob von dem Festzaun im Osten des Arlau-Speicherbeckens eine zusätzliche Schutzwirkung zum jagdlichen Prädationsmanagement ausgeht, lässt sich (noch) nicht zuverlässig beantworten. Hierfür sind weitere Untersuchungsjahre nötig, in denen die Schlupf- und Bruterfolge im Arlau-Speicherbecken (Zaun + jagdliches Management) mit denen auf Kontrollflächen im Norden des Kooges (nur jagdliches Management) verglichen werden. Ein zusätzlicher Schutzeffekt des Festzauns erscheint aber nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens wahrscheinlich (u a. höhere Bruterfolge und

weniger Fuchsprädation innerhalb des Arlau-Speicherbeckens im Vergleich zu den Kontrollflächen). Allerdings wurden mit Steinmarder und Marderhund zwei andere Prädatorenarten im Jahr 2022 ausschließlich im Arlau-Speicherbecken als Nesträuber nachgewiesen. Eine Schwachstelle könnte die fehlende Sicherung zur Arlau hin sein, die von Prädatoren leicht durchschwommen werden kann.

Es wird daher empfohlen, ein Eindringen von Bodenprädatoren von Süden her durch die Arlau zu erschweren. Dies gilt insbesondere für den östlichen Teil des Arlau-Speicherbeckens, in dem die Arlau noch schmal ist und sehr einfach durchschwommen werden kann. Dafür bietet sich ein mobiler Zaun entlang des Ufers der Arlau an. Weitere Optimierungsmöglichkeiten bestehen am westlichen Ende des Zauns in der Salzwasserlagune und am westlichen Zugang zum Arlau-Speicherbecken im Bereich des Holmer Siels. Darüber hinaus ist zu gewährleisten, dass der bestehende Festzaun intakt bleibt, um seine Funktion als wirksame Barriere zu erfüllen. Bodenprädatoren, die in das Arlau-Speicherbecken gelangen bzw. dort leben, sollten im Rahmen des jagdlichen Prädationsmanagements entfernt werden. Dasselbe gilt für den restlichen Teil des Beltringharder Kooges nördlich des Arlau-Speicherbeckens.



Ab dem Jahr 2017 wanderte zudem der invasive Marderhund als neue Prädatoren-art in den Beltringharder Koog ein (Klinner-Hötker et al. 2021) und beeinflusste den Schlupferfolg der Uferschnepfe (Salewski & Schmidt 2017) und weiterer Arten wie Austernfischer (Cimiotti et al. 2021) und Sandregenpfeifer (Cimiotti & Altemüller 2021). Als weitere Nesträuber wurden im Gebiet bisher zudem Dachs und Iltis sowie in Einzelfällen Steinmarder und Wanderratte nachgewiesen. Als potenzielle Prädatoren von Gelegen und Küken von Bodenbrütern kommen zudem Igel, Hermelin, Mauswiesel und Fischotter vor.

Um den Zugang zu einem besonders bedeutsamen Teilgebiet des Beltringharder Koo- ges, dem Nordufer des Arlau-Speicherbeckens, für Bodenprädatoren zu erschweren, wurde im Frühjahr 2021 ein fester Kombinationszaun (Maschenzaun mit zusätzlichen Stromlitzen seitlich als Schutz gegen Überklettern) am östlichen Zugang zu diesem halbinselartigen Gebiet durch das LLUR installiert, siehe Abbildung 2 und Abbildung 3.

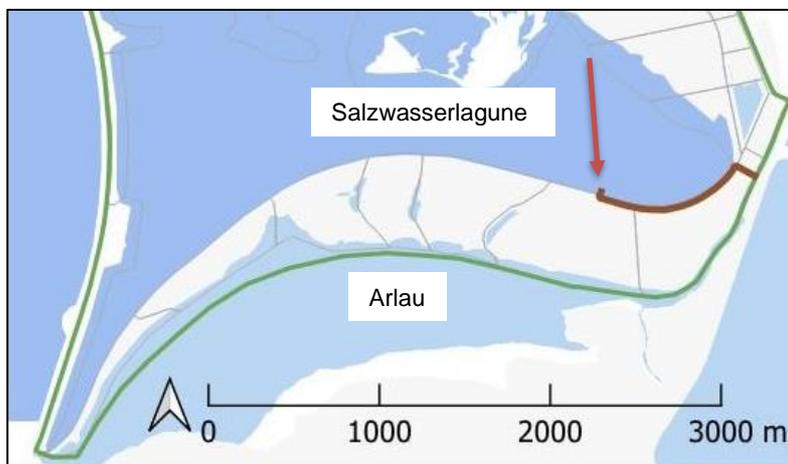


Abbildung 2 Lage des 2021 errichteten festen Kombinationszauns am östlichen Zugang zum nördlichen Arlau-Speicherbecken (braune Linie). Der Zaun führt vom Ufer der Arlau zur Salzwasserlagune, folgt der Speicherbeckenverwaltung nach Westen und endet an seinem westlichen Ende in die Salzwasserlagune (roter Pfeil, in Abbildung 3 fotografisch dargestellt).



Abbildung 3 Westliches Ende des festen Prädatoren-Schutzzaunes im nördlichen Arlau-Speicherbecken von Westen gesehen. Der Zaun endet nach Norden hin in der Salzwasserlagune, um ein Umlaufen zu verhindern. Foto: D. V. Cimiotti

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. 2021). Der gute Reproduktionserfolg im nördlichen Arlau-Speicherbecken ging daher vermutlich zum Teil auf den neu installierten Zaun zurück. Dennoch ist der Effekt des neuen Kombinationszauns noch unklar, da trotz des Zauns Füchse und Marderhunde im Gebiet auch als Nesträuber nachgewiesen wurden (Cimiotti 2021, Cimiotti et al. 2021).

Es sind daher weitere Untersuchungen nötig, die den Zusammenhang zwischen dem Zaun, dem Auftreten und Verhalten von Bodenprädatoren und den Schlupf- und Bruterfolgen von Bodenprädatoren näher analysieren. Dabei sollten auch mögliche negative Auswirkungen betrachtet werden, welche in der Zunahme von kleineren Prädatoren wie Möwen und Marderartigen in Folge des Aussperrens von Füchsen bestehen könnten (vgl. Stantial et al. 2021). Daher sollten auch Regenpfeifer in die Untersuchungen einbezogen werden, bei denen ein starker Einfluss von Möwen auf den Schlupferfolg entdeckt wurde (Cimiotti & Altemüller 2021).

Mit dem hier dargestellten Projekt soll untersucht werden, welchen Einfluss der 2021 installierte feste Kombinationszaun im nördlichen Arlau-Speicherbecken auf den Schlupf- und Bruterfolg gefährdeter Bodenbrüter am Beispiel von Austernfischer und Sandregenpfeifer sowie auf das Auftreten und Verhalten von Nesträubern hat. Aus den Ergebnissen soll die Effizienz der Maßnahme evaluiert werden, es sollen Empfehlungen zur Optimierung der Maßnahme abgeleitet werden, und es soll die Übertragbarkeit auf andere Gebiete in Schleswig-Holstein betrachtet werden.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der brutbiologischen Untersuchungen in der Brutsaison 2022 im Arlau-Speicherbecken sowie auf Vergleichsflächen weiter nördlich im Koog dar und ordnet diese unter Berücksichtigung der Vorjahre ein. Managementempfehlungen werden abgeleitet.

2. Probeflächen

Die Bruterfolge von Austernfischer und Sandregenpfeifer wurden im nördlichen Arlau-Speicherbecken sowie im Vergleich dazu auf jeweils einer Probefläche weiter nördlich im Koog ermittelt.

Innerhalb des Arlau-Speicherbeckens wurde der Bruterfolg der Austernfischer im gesamten Bereich westlich bzw. südlich des Festzauns gemessen (Abbildung 4), in dem in der Brutsaison 2022 35 Brutpaare brüteten. Für den Sandregenpfeifer wurden zwei Probeflächen definiert, die im Osten und Westen des Gebietes lagen und zusammengekommen alle wichtigen Lebensräume innerhalb des Arlau-Speicherbeckens repräsentierten (Abbildung 4). Auf den beiden Flächen brüteten im Jahr 2022 14 bzw. 13 Paare des Sandregenpfeifers, zusammengekommen also 27 Paare.

Die Kontrollfläche für den Austernfischer lag am nördlichen bzw. östlichen Ufer der Salzwasserlagune (Abbildung 4) und umfasste 12 Brutpaare. Die Kontrollfläche der Sandregenpfeifer umfasste das Nordöstliche Feuchtgrünland (Abbildung 4) mit einem Bestand von 48 Brutpaaren des Sandregenpfeifers.

Für die Untersuchungen zum Schlupferfolg und zu Nesträubern wurden für beide Arten Gelege innerhalb der o. g. Probeflächen für den Bruterfolg aber auch außerhalb dieser Probeflächen gesucht (siehe Abbildung 4) und entsprechend der Lage einer der Kategorien „Arlau“ bzw. „Kontrollfläche“ zugeordnet. Damit sollte einerseits die jeweilige Stichprobengröße und andererseits die Repräsentativität der Stichprobe für das gesamte Arlau-Speicherbecken bzw. den Koog nördlich der Arlau erhöht werden. Die Angaben zum Schlupf- und Bruterfolg beruhen damit nur teilweise auf derselben Stichprobe von Brutpaaren.



Abbildung 4 Lage der Probeflächen für den Bruterfolg des Austernfischers (links) und des Sandregenpfeifers (rechts), vergleiche Abbildung 1. Die blauen Punkte stellen untersuchte Austernfischergelege, die roten Punkte Sandregenpfeifergelege dar. Der durch den Festzaun beeinflusste Teil des nördlichen Arlau-Speicherbeckens ist jeweils durch eine gestrichelte rote Linie markiert. Rot umrandetes Polygon = Mobiler E-Zaun.

3. Material und Methoden

3.1. Brutbiologische Untersuchungen zur Ermittlung der Schlupf- und Bruterfolge

Die Ermittlung der Schlupf- und Bruterfolge erfolgte in Anlehnung an die Methodik vorausgegangener Untersuchungen an Austernfischer (z. B. Cimiotti et al. 2021) sowie Sandregenpfeifer (z. B. Cimiotti & Altemüller 2021) im Beltringharder Koog.

Für die Ermittlung des Schlupferfolgs wurden insgesamt 67 Gelege gefunden (Sandregenpfeifer: 14 Arlau-Speicherbecken, 16 Kontrollfläche; Austernfischer: 20¹ Arlau-Speicherbecken, 17 Kontrollfläche). Fünf der 17 Austernfischergelege auf der Kontrollfläche wurden von den Analysen ausgeschlossen, weil es sich um „überbrütete“ Gelege mit offensichtlich unbefruchteten Eiern oder abgestorbenen Embryonen in den Eiern handelte. Im Extremfall wurden diese Gelege mehr als 60 Tage lang von den Altvögeln bebrütet. Ein sechstes Austernfischergelege der Kontrollfläche wurde von der Analyse ausgeschlossen, weil das Gelegesicksal nicht zweifelsfrei bestimmt werden konnte. Es verblieben damit 60 Gelege. Zusätzlich wurde ein Austernfischergelege innerhalb des mobilen E-Zauns im nördlichen Teil des Kooges (siehe Abbildung 4) mit untersucht, aber wegen des Schutzes durch den E-Zaun separat behandelt.

Alle Gelege wurden mit wenig auffälligen Nestschildern markiert, mit einem Smartphone mit GPS-Funktion (App QField) eingemessen und etwa alle fünf Tage kontrolliert. Der Bebrütungstag bzw. potenzielle Schlupftag wurde in der Regel am Tag des Gelegesfundes durch Vermessen und Wiegen der Eier (Austernfischer, Methode nach van de Pol et al. 2010a, 2010b) bzw. kurzfristiges Legen der Eier in ein Wasserbad (Sandregenpfeifer, Methode nach Liebezeit et al. 2007) bestimmt. Das jeweilige Nestschicksal wurde anhand von Spuren im Bereich der Nestmulde (Mabee 1997), Beobachtungen der Altvögel sowie mit Hilfe der Bilder der Nestkameras (s. Abschnitt 3.2) bestimmt. Anhand der Kamerabilder konnten in vier Fällen beim Sandregenpfeifer falsch bestimmte Nestschicksale (s. Thorup 2022) korrigiert werden. Zur statistischen Auswertung der Gelegedaten siehe Abschnitt 3.3.

Die Ermittlung des Bruterfolges erfolgte über regelmäßige Kartierungen von Familien mit Angabe zum Alter der Küken (etwa alle 5 Tage). Küken mit einem Alter von mehr als 3 Wochen (Sandregenpfeifer) bzw. mit einem Alter von mindestens 4 Wochen (Austernfischer) wurden als flügge gewertet. Eine geringe Anzahl von Küken wurde individuell farbberingt, um die Familien im Bereich von Dichtezentren besser unterscheiden zu können und damit Doppelzählungen von Küken zu vermeiden (insgesamt 8 Sandregenpfeifer- und 1 Austernfischerküken). Das Vorgehen bei der Beringung wird in den artbezogenen Berichten der Vorjahre ausführlich beschrieben (z. B. Cimiotti et al. 2021, Cimiotti & Altemüller 2021). Zusätzlich dienten im Rahmen von vo-

¹ Sechs der 20 Gelege wurden im Rahmen des Projektes „Dauertelemetrie“ gesucht, aber für die Auswertungen im Rahmen des Zaunprojektes mit verwendet.

rausgegangenen und laufenden Projekten individuell farbberingte Altvögel als weiterer Anhaltspunkt für die Zuordnung der Familien. Der Bruterfolg wird als Anzahl flügender Küken pro Brutpaar (und Brutsaison) angegeben.

3.2. Einsatz von Nestkameras zur Identifikation der Nesträuber

Alle Gelege mit Ausnahme von zwei Austernfischergelegen im Arlau-Speicherbecken (bei Fund jeweils erst 1 Ei, bei der folgenden Kontrolle bereits prädiert) wurden mit Nestkameras des Modells „Browning BTC 6PXD - Dark Ops Pro XD Dual Lens 24MP“ ausgestattet (siehe Abbildung 5). Es handelt sich dabei um Digitalkameras, die durch Bewegungen im Sensorbereich (hier der Nestumgebung) ausgelöst werden und die sowohl tagsüber als auch nachts Fotos anfertigen. Die Kameras waren jeweils an Metallstangen (Angelzubehör: bank sticks) mittels Adapter in einer Höhe von circa 50 Zentimetern in Entfernungen von etwa zwei bis drei Metern von den Nestern installiert. Die Einstellungen der Kameras entsprachen denen von Gnep et al. (2021).



Abbildung 5 Sandregenpfeifergelege (Vordergrund) mit Nestkamera im Hintergrund. Foto: D.S. Cimiotti

3.3. Statistische Analysen

Die Berechnung des Schlupferfolgs erfolgte für beide Vogelarten nach Mayfield (1961, 1975):

$$P = (1 - T_V / T_K)^{30}$$

P: geschätzte Schlupferfolgssrate

T_K: Anzahl der Tage, an denen Nester unter Kontrolle standen

T_V: Anzahl der Verlusttage (entspricht der Anzahl der verlorengegangenen Nester)

Soweit der genaue Schlupf- oder Verlusttag anhand der Nestkontrollen oder Kamera-bilder bekannt war, wurde dieser zur Ermittlung der Anzahl der Kontrolltage verwendet. In den wenigen Fällen, in denen dies nicht gegeben war, wurde das Enddatum als arithmetisches Mittel der beiden letzten Kontrolltage berechnet. Damit ergaben sich folgende Anzahl von Tagen (T_k), welche die Nester insgesamt unter Beobachtung standen: Austernfischer 351,5 Tage (Arlau-Speicherbecken), 190,5 Tage (Kontrollfläche); Sandregenpfeifer 218 Tage (Arlau-Speicherbecken), 202,5 Tage (Kontrollfläche).

Die Schlupfwahrscheinlichkeit eines Geleges ergibt sich aus der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege und der Dauer der Lege- und Bebrütungsphase (bei beiden Arten mit 30 Tagen angenommen). Tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit (und Schlupfwahrscheinlichkeit) wurden hier art- und gebietsspezifisch berechnet (Austernfischer, Sandregenpfeifer; Arlau-Speicherbecken, Kontrollfläche). Für die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit wurde jeweils der Standardfehler nach Johnson (1979) berechnet.

Modelle, die die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Art, Gebiet und Jahr betrachten, sollen zusammen mit weiteren Daten nach der Brutsaison 2023 mit dem Programmpaket MARK erstellt werden.

4. Ergebnisse

4.1. Brutbiologische Ergebnisse der Austernfischer im Jahr 2022

Der Bruterfolg der Austernfischer im Arlau-Speicherbecken betrug 0,8 flügge Jungvögel pro Brutpaar (28 flügge Jungvögel auf 35 Paare). Die 12 untersuchten Paare auf der Kontrollfläche hatten 4 flügge Jungvögel, was einem Bruterfolg von 0,33 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar entspricht.

Die täglich Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege im Arlau-Speicherbecken betrug $0,983 \pm 0,007$ ($n = 20$). Dies entspricht einer Schlupfwahrscheinlichkeit von 0,60. Die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege nördlich davon betrug $0,979 \pm 0,010$ ($n = 11$). Die Standardfehler beider Schätzwerte (Arlau vs. Norden) überlappen und weisen damit darauf hin, dass kein Unterschied zwischen beiden Gebieten in der täglichen Überlebensrate der Gelege bestand (siehe Abbildung 6).

Alle Gelegeverluste gingen auf Prädation zurück (6 der 20 untersuchten Gelege im Arlau-Speicherbecken und 4 der 11 Gelege nördlich davon), siehe Abschnitt 4.3.

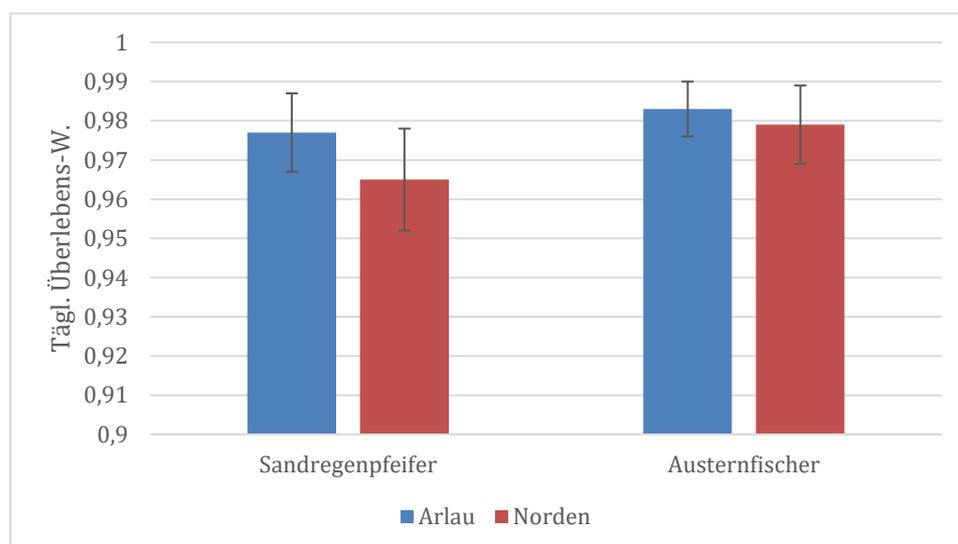


Abbildung 6 Vergleich der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeiten der Gelege von Austernfischern und Sandregenpfeifern im nördlichen Arlau-Speicherbecken und auf Kontrollflächen weiter nördlich im Koog. Die Fehlerbalken geben die jeweiligen Standardfehler an.

4.2. Brutbiologische Ergebnisse der Sandregenpfeifer im Jahr 2022

Der Bruterfolg der Sandregenpfeifer im Arlau-Speicherbecken betrug 0,8 flügge Jungvögel pro Brutpaar auf der Probefläche im Osten (10 flügge Junge von 13 Paaren) und 1,1 flügge Junge pro Brutpaar auf der Probefläche im Westen (16 flügge Junge von 14 Paaren) und damit insgesamt 1,0 flügge Jungvögel pro Brutpaar (26 flügge Junge von 27 Paaren). Auf der Probefläche wurden 39 Jungvögel von 48 Paaren flügge, was einem Bruterfolg von 0,8 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar entspricht.

Die täglich Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege im Arlau-Speicherbecken betrug $0,977 \pm 0,010$ ($n = 14$). Dies entspricht einer Schlupfwahrscheinlichkeit von 0,50. Die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit der Gelege nördlich davon betrug $0,965 \pm$

0,013 ($n = 16$). Die Standardfehler beider Schätzwerte (Arlau vs. Norden) überlappen stark und weisen damit darauf hin, dass kein Unterschied zwischen beiden Gebieten in der täglichen Überlebensrate der Gelege bestand (siehe Abbildung 6).

Die meisten Verluste gingen auf Prädation zurück (4 von 14 untersuchten Gelegen im Arlau-Speicherbecken und 6 von 16 untersuchten Gelegen im Norden, siehe Abschnitt 4.3). Jeweils ein Gelege im Arlau-Speicherbecken und im Norden ging durch Aufgabe verloren (in einem Fall vermutlich in Folge einer Teilprädation der Eier). Aus den übrigen Gelegen schlüpfte jeweils mindestens ein Küken (jeweils 9 Gelege im Arlau-Speicherbecken und im Norden). In einigen Fällen kam es zu Teilprädation eines oder mehrerer Eier (s. Abschnitt 4.3).



Abbildung 7 Sandregenpfeiferfamilie mit vier gerade flügenden Jungvögeln auf der westlichen Probestfläche des Arlau-Speicherbeckens im Jahr 2022 (Altvogel rechts im Vordergrund). Zwei der Jungvögel wurden farbberingt. Foto: D.V. Cimiotti

4.3. Nesträuber von Austernfischer- und Sandregenpfeifergelegen 2022

Bis auf zwei Austernfischergelege im Arlau-Speicherbecken wurden alle Gelege mit Nestkameras ausgestattet. Eines der beiden Gelege ohne Kamera wurden vermutlich kurz nach dem Gelegefund durch Möwen prädiert (Beobachtung), das andere ging durch einen unbekanntem Prädator verloren.

Die übrigen 59 Gelege (plus 1 Gelege im E-Zaun im Lüttmoordamm) wurden mit Kameras überwacht. Bis auf einen Fall, bei dem die SD-Karte der Kamera keine weiteren Bilder aufnehmen konnte (Austernfischergelege im Norden), wurden alle zum vollständigen Gelegeverlust führenden Prädationsereignisse mit den Kameras erfasst. Dies betraf 8 Gelege im Arlau-Speicherbecken (je viermal beim Austernfischer und Sandregenpfeifer) und 9 Gelege im Norden (dreimal Austernfischer und sechsmal Sandregenpfeifer), siehe Tabelle 1.

Im Arlau-Speicherbecken wurden die Austernfischergelege durch Fuchs (1), Marderhund (1) und Steinmarder (2, siehe Abbildung 8) prädiert (Tabelle 1). Im selben Gebiet wurden zudem vier Sandregenpfeifergelege durch Sturmmöwen bzw. Sturm- und Silbermöwen prädiert (Abbildung 9, Tabelle 1).

Im Norden des Kooges wurden insgesamt sieben überwachte Gelege durch Füchse prädiert (zweimal beim Austernfischer und fünfmal beim Sandregenpfeifer, siehe Abbildung 10). In einem Fall waren zwei Jungfüchse zusammen auf den Bildern zu sehen (31.5.). Ein Sandregenpfeifergelege wurde durch eine Rabenkrähe prädiert, ein Austernfischergelege durch eine Sturmmöwe (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12 sowie Tabelle 1).

Das einzige Austernfischergelege im E-Zaun am Lüttmoordamm wurde durch eine Wanderratte prädiert (siehe Abbildung 13 und Tabelle 1).

In sieben Fällen, die fünf verschiedene Sandregenpfeifergelege im Arlau-Speicherbecken betrafen, kam es zu Teilprädation eines oder mehrerer Eier. Fünf dieser Ereignisse an drei Gelegen wurden durch Kameras dokumentiert:

- Bei einem Nest (CHD03) prädierte eine Sturmmöwe am 3.5. zwei der vier Eier des Geleges und am 8.5. prädierte ein Austernfischerpaar eines der beiden restlichen Eier (Abbildung 14). Aus dem verbliebenen Ei schlüpfte am 17.5. ein Küken.
- Bei Nest CHD14 prädierte jeweils eine adulte Sturmmöwe am 11.5. und 12.5. ein Ei. Mindestens ein Küken aus dem Gelege schlüpfte am 17.5.
- Bei Nest CHD37 prädierte eine Sturmmöwe am 28.6. einen Teil des Geleges. Einen Tag später wurde der Rest des Geleges ebenfalls durch eine Sturmmöwe prädiert.

In den anderen beiden Fällen von Teilprädation, die durch fehlende Eier bei den Gelegekontrollen entdeckt worden waren, wurden die Prädationsereignisse nicht auf den Kamerabildern dokumentiert. Ein weiteres Sandregenpfeifergelege im Norden wurden eventuell durch eine Wanderratte teilprädiert (unscharfe Aufnahmen).

Tabelle 1 Übersicht der mittels Nestkamera nachgewiesenen Prädationsereignisse an Gelegen von Austernfischern und Sandregenpfeifern im Beltringharder Koog im Jahr 2022.

Prädator	Arlau-Speicherbecken		Norden des Kooges (Kontrollfläche)		E-Zaun am Lüttmoordamm	
	Austernfischer	Sandregenpfeifer	Austernfischer	Sandregenpfeifer	Austernfischer	Sandregenpfeifer
	n = 18 Gelege mit Kamera	n = 14 Gelege mit Kamera	n = 11 Gelege mit Kamera	n = 16 Gelege mit Kamera	n = 1 Gelege mit Kamera	Kein Gelege
Fuchs	1 (8.6.)	0	2 (2./29.6.)	5 (26.5.-4.6.)	0	
Marderhund	1 (6.5.)	0	0	0	0	
Steinmarder	2 (3./9.7.)	0	0	0	0	
Wanderratte	0	0	0	evtl. 1x Teilprädation (5.5.)	1 (17.5.)	
Sturm-/Silbermöwe	0	4 (plus 4x Teilprädation) (29.4.-29.6.)	1 (16.5.)	0	0	
Rabenkrähe	0	0	0	1 (4.7.)	0	
Austernfischer	0	1x Teilprädation (8.5.)	0	0	0	



Abbildung 8 Prädation eines Austernfischergeleges im Arlau-Speicherbecken durch einen Steinmarder.



Abbildung 9 Prädation eines Sandregenpfeifergeleges im Arlau-Speicherbecken durch eine Sturmmöwe.



Abbildung 10 Jungfuchs an einem Sandregenpfeifergelege im Norden des Kooges.



Abbildung 11 Prädation eines Sandregenpfeifergeleges im Norden des Beltringharder Kooges durch eine Rabenkrähe.



Abbildung 12 Sturmmöwe mit Austernfischerei im Norden des Kooges.



Abbildung 13 Eine Wanderratte prädiziert ein Austernfischergelege im Norden des Kooges.



Abbildung 14 Ein Austernfischerpaar prädiert ein Ei aus einem Sandregenpfeifergelege auf der nördlichen Speicherbeckenverwaltung des Arlau-Speicherbeckens. Der Sandregenpfeifer attackiert die beiden Austernfischer.

Die räumliche Verteilung der Prädationsereignisse (inklusive Teilprädation) ist in Abbildung 15 dargestellt.

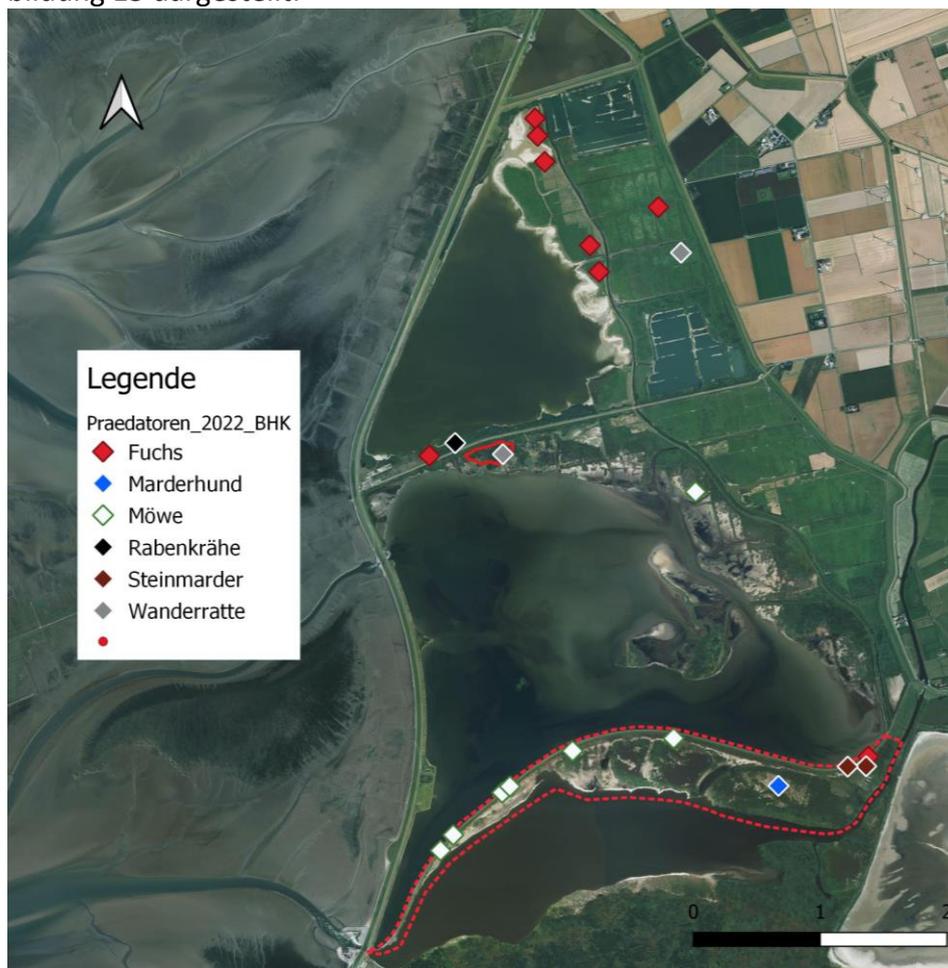


Abbildung 15 Prädationsereignisse an Gelegen von Austernfischern und Sandregenpfeifern im Beltringharder Koog im Jahr 2022. Der durch den Festzaun im Osten des Arlau-Speicherbeckens betroffene Bereich ist durch eine rote gestrichelte Linie markiert. Das geschlossen umrandete Polygon am Lüttmoordamm zeigt die Lage des mobilen E-Zauns 2022.

5. Diskussion

5.1. Vergleich der Reproduktionserfolge des Austernfischers mit den Vorjahren

Für den Austernfischer liegen aus den zurückliegenden Jahren nur Schlupf- und Bruterfolgsdaten aus dem nördlichen Arlau-Speicherbecken vor (siehe Cimiotti et al. 2017, 2018, 2020; Cimiotti & Kliner-Hötker 2019; Cimiotti 2022). Im Jahr 2022 wurde mit 0,8 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar der bisher höchste Bruterfolgswert erreicht (siehe Tabelle 2, Abbildung 16). In diesem Jahr wurde mit 0,60 zudem die höchste Schlupfwahrscheinlichkeit der Gelege gemessen (Tabelle 2, Abbildung 16).

In den Jahren 2015, 2016, 2018 und 2021 war die Schlupfwahrscheinlichkeit mit jeweils um die 0,50 ebenfalls hoch. Hohe Schlupfwahrscheinlichkeiten spiegelten sich in den Jahren vor 2021 jedoch nicht in hohen Bruterfolgen wider (Tabelle 2, Abbildung 16). Nach van de Pol et al. (2010a, 2010b) ist in den Niederlanden ein Bruterfolg von ca. 0,33 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar und Jahr für den Bestandserhalt nötig. Für Schleswig-Holstein wird ein solcher Referenzwert aktuell durch populationsbiologische Untersuchungen im Beltringharder Koog und anderen Gebieten erarbeitet (z. B. Cimiotti 2022). Wird der Referenzwert aus den Niederlanden zugrunde gelegt, so wurde ein bestandserhaltender Bruterfolg im Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges lediglich knapp im Jahr 2021 (0,32 flügge Junge pro Brutpaar) erreicht und im Jahr 2022 deutlich übertroffen. In den sechs Jahren vor 2021 lag der Bruterfolg stets unterhalb des für den Bestandserhalt nötigen Niveaus.

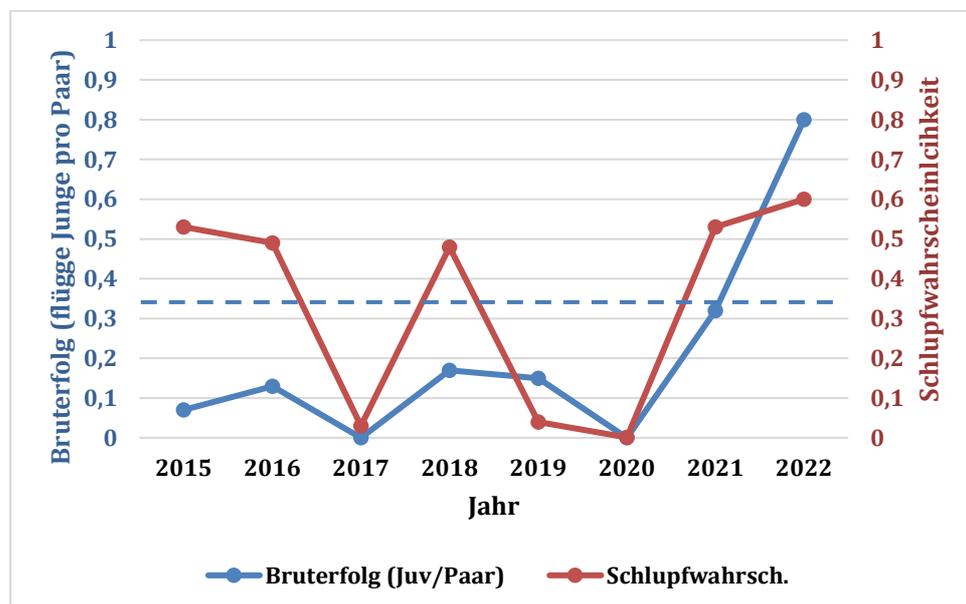


Abbildung 16 Entwicklung des Schlupferfolges (ausgedrückt als Schlupfwahrscheinlichkeit der Gelege nach Mayfield) und des Bruterfolges der Austernfischer im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges in den Jahren 2015 bis 2022. Der für den Bestandserhalt nötige Bruterfolg ist mit einer 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 Prädatorenschutzzaun. Seit Herbst 2021 findet im gesamten Beltringharder Koog ein intensives Prädatationsmanagement mit jagdlichen Methoden statt.

Für Flächen im Beltringharder Koog außerhalb des Arlau-Speicherbeckens liegen aus den Vorjahren keine systematisch erhobenen Schlupf- und Bruterfolgsdaten vor. Begleitend zu den Brutvogelkartierungen erfasste Beobachtungen von Austernfischerfamilien deuten jedoch darauf hin, dass der Bruterfolg nördlich des Arlau-Speicherbeckens häufig extrem niedrig war (z. B. Klinner-Hötker et al. 2021, Cimiotti 2021). Mit 0,33 flüggen Jungvögeln pro Brutpaar auf der Kontrollfläche dieser Untersuchung wurde dort 2022 ein bestandserhaltender Bruterfolg ermittelt.

Ein Zusammenhang zwischen den offenbar bestandserhaltenden Bruterfolgen und der Installation des Festzauns (Arlau-Speicherbecken 2021), der Kombination aus Festzaun und jagdlichem Prädationsmanagement (Arlau-Speicherbecken 2022) bzw. dem jagdlichem Prädationsmanagement außerhalb der Arlau (Kontrollfläche 2022) erscheint zumindest plausibel. Es sind weitere Untersuchungsjahre nötig, um die Zusammenhänge zwischen dem Prädationsmanagement und Bruterfolg der Austernfischer im Beltringharder Koog genauer zu beleuchten.

Bodenprädatoren spielten 2022 wie auch in den vorausgegangenen Jahren die Hauptrolle als Prädatoren der Austernfischergelege im Beltringharder Koog (7 von 8 Prädationsereignissen; vgl. Tabelle 1 und Tabelle 2).

Tabelle 2 Übersicht über die brutbiologischen Ergebnisse im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges in den Jahren 2015 bis 2022. Im Jahr 2019 wurde ein Nest nach Teilprädation des Geleges und Erbeutung eines Altvogels durch einen Habicht aufgegeben. Im Jahr 2022 fielen vier Kameras vor dem Schlupf der Küken (ermittelt über Spuren oder Beobachtungen) aus.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Anzahl Paare	44	45	42	41	27	28	28	35
Anzahl flügger Jungvögel	3	6	0	7	4	0	9	28
Bruterfolg (flügge Junge pro Paar)	0,07	0,13	0,00	0,17	0,15	0	0,32	0,80
Schlupferfolg (Mayfield)	0,53	0,49	0,03	0,48	0,04	0,001	0,53	0,60
Anzahl Gelege verfolgt	21	14	22	26	11	23	21	20
Anzahl Gelege geschlüpft	13	8	2	15	1	0	12	14
Anzahl Gelege prädiert	8	6	20	11	8	23	9	6
Anzahl Gelege aufgegeben	0	0	0	0	2*	0	0	0
Anzahl Gelege mit Kamera	10	5	13	23	11	9	19	20
Gelege mit Schlupf (Kamera)	3	1	2	11	1	0	7	10
Prädation Rotfuchs (Kamera)	0	0	9	0	4	8	2	1
Prädation Marderhund (Kamera)	4	0	1	0	1	0	2 (+1 Teilprädation)	1
Prädation Dachshund (Kamera)	0	0	0	6	0	0	0	0
Prädation Steinmarder (Kamera)	0	0	0	1	0	0	0	2
Prädation Iltis (Kamera)	2	0	0	1	0	0	0	0
Prädation Sturmmöwe (Kamera)	0	0	0	0	1	0	1 (+1 Teilpräd.)	0
Gelegeaufgabe (Kamera)	0	0	0	0	2	0	0	0
Schicksal unbekannt (Kamera)	1	4	1	4	2	1	7	4

5.2. Vergleich der Reproduktionserfolge des Sandregenpfeifers mit den Vorjahren

Für den Sandregenpfeifer liegen aus den Jahren 2015 – 2020 Schlupf- und Bruterfolgsdaten aus dem nördlichen Arlau-Speicherbecken vor (siehe Hötker et al. 2015, 2016, 2017; Cimiotti et al. 2018, 2019; Cimiotti & Altemüller 2021). Für den Bereich des Kooges nördlich des Arlau-Speicherbeckens liegen lediglich aus dem Jahr 2017 Vergleichsdaten vor (Hötker et al. 2017). Die Probefläche (Kontrollfläche) im Jahr 2022 wurde so gewählt, dass diese identisch mit derjenigen aus 2017 war (Nordöstliches Feuchtgrünland). Die Gelegesuche war 2017 ebenfalls auf andere Bereiche im Norden des Kooges ausgedehnt worden, sodass die Daten aus beiden Jahren gut vergleichbar sind.

Im nördlichen Arlau-Speicherbecken war der Bruterfolg in den meisten Jahren recht hoch (ca. 0,8 bis 1,0 flügge Jungvögel pro Brutpaar). Der Bruterfolg im Jahr 2022 lag am oberen Ende innerhalb dieser Spanne (siehe Abbildung 17). Die Schlupfwahrscheinlichkeit schwankte zwischen den Jahren sehr stark mit einer Abnahme im Zeitraum 2015 bis 2020 von 0,50 auf 0,002. Bemerkenswerterweise wurden bei Schlupferfolgen zwischen 0,11 bis 0,50 konstant hohe Bruterfolge beobachtet (Abbildung 17). Offenbar konnten die Sandregenpfeifer bis zu fast 90% durch Nachgelege und/oder eine hohe Überlebensrate der geschlüpften Küken kompensieren. Im Jahr 2020 war der Schlupferfolg so gering, dass ein bestandserhaltender Bruterfolg nicht mehr möglich war (Abbildung 17). Im Jahr 2022 war der Schlupferfolg wieder so hoch wie zuletzt 2015.

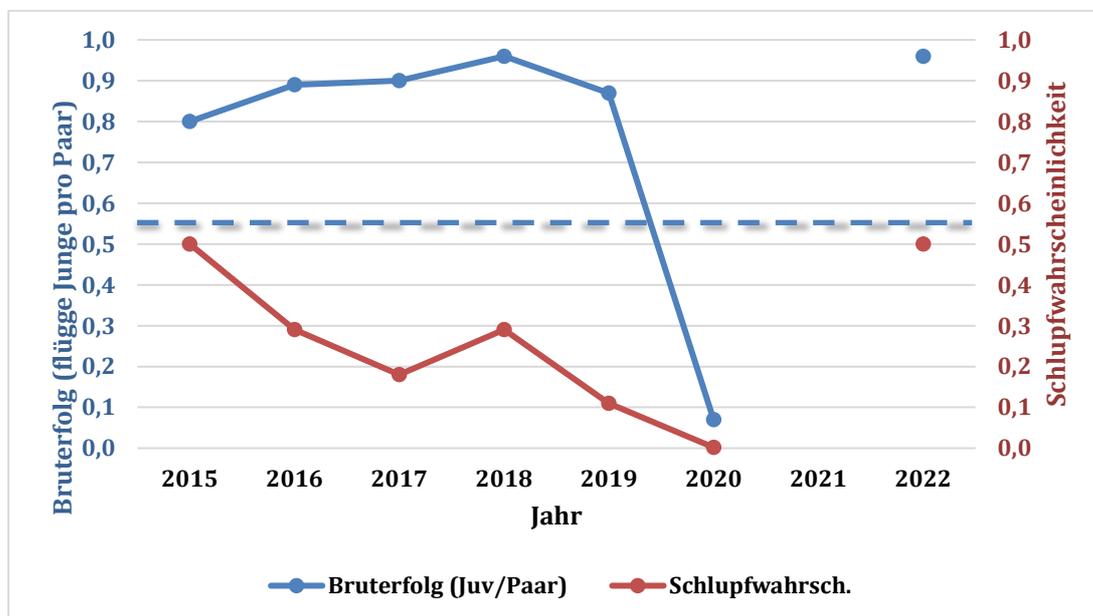


Abbildung 17 Entwicklung des Schlupferfolges und des Bruterfolges der Sandregenpfeifer im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges in den Jahren 2015 – 2020 und 2022 (für das Jahr 2021 liegen keine Daten vor). Der für den Bestandserhalt nötige Bruterfolg ist mit einer gestrichelten blauen 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 Prädatorenmanagement mit jagdlichen Methoden statt.

Im Jahr 2017 betrug der Bruterfolg im Norden des Beltringharder Kooges (Nordöstliches Feuchtgrünland) 1,0 flügge Jungvögel pro Brutpaar im Vergleich zu 0,8 flüggen Jungen pro Paar im nördlichen Arlau-Speicherbecken. Im Jahr 2022 waren die Bruterfolgswerte genau umgedreht (0,8 im Nordöstlichen Feuchtgrünland und 1,0 im nördlichen Arlau-Speicherbecken). Aufgrund der etwas schlechteren Beobachtungsbedingungen im Nordöstlichen Feuchtgrünland im Vergleich zum nördlichen Arlau-Speicherbecken sind die Werte für dieses Teilgebiet mit einer gewissen Ungenauigkeit behaftet und der Unterschied zwischen beiden Teilgebieten sollte nicht „überbewertet“ werden. Die gebietsspezifischen Unterschiede in den beiden Jahren sind als gering anzusehen. Insgesamt waren die Bruterfolge in beiden Vergleichsjahren in beiden Teilgebieten recht hoch.

Im Jahr 2022 waren die Schlupfwahrscheinlichkeiten in beiden Teilgebieten höher als 2017. Es wurden in beiden Jahren höhere Werte an der Arlau als im Nordöstlichen Feuchtgrünland gemessen (Abbildung 18).

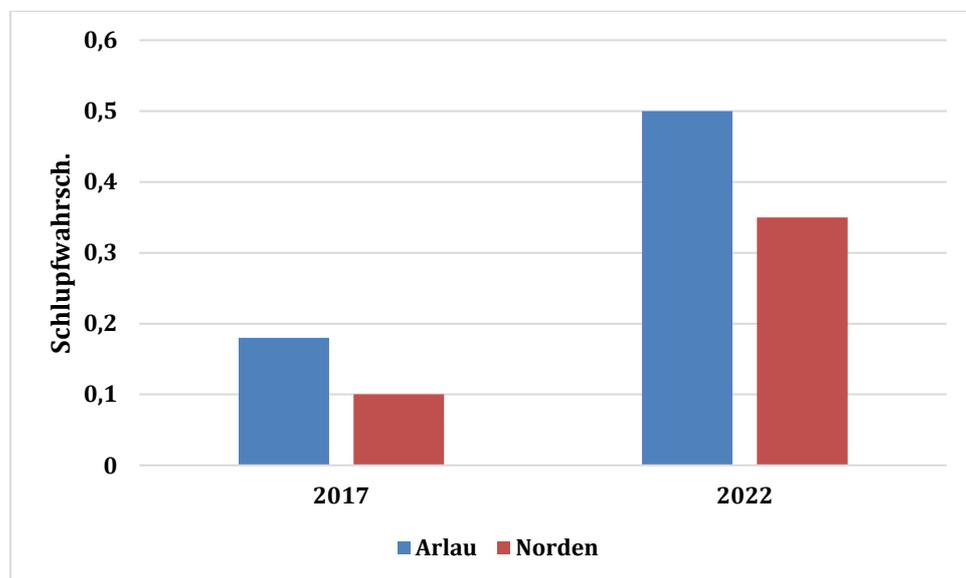


Abbildung 18 Vergleich der Schlupfwahrscheinlichkeiten der Sandregenfeyfer im nördlichen Arlau-Speicherbecken des Beltringharder Kooges im Vergleich zum Norden des Gebietes. Am östlichen Zugang zum Arlau-Speicherbecken besteht seit dem Jahr 2021 ein Festzaun, der Bodenprädatoren fernhalten soll. Im gesamten Beltringharder Koog wird seit dem Herbst 2021 ein intensives Prädationsmanagement mit jagdlichen Methoden durchgeführt.

Wie in den Vorjahren wurden im nördlichen Arlau-Speicherbecken auch im Jahr 2022 überwiegend bzw. ausschließlich Vögel als Nesträuber nachgewiesen (vgl. Hötker et al. 2015, 2016, 2017; Cimiotti et al. 2018, 2019; Cimiotti & Altemüller 2021). Erstmals konnte dabei neben Möwen auch sicher die Prädation eines Eies des Sandregenfeyfers durch einen Austernfischer dokumentiert werden. Im Norden des Beltringharder Kooges wurde erstmals im Beltringharder Koog die Prädation eines Sandregenfeyfergeleges durch eine Rabenkrähe dokumentiert werden. Mehrere Fälle von Gelegenprädation durch Füchse zeigen, dass Bodenprädatoren aber auch eine Rolle beim Sandregenfeyfer spielen.

5.3. Gesamtbetrachtung

Im Jahr 2022 wurden sowohl beim Austernfischer als auch beim Sandregenpfeifer recht hohe Schlupferfolge und insbesondere Bruterfolge in den untersuchten Teilgebieten des Beltringharder Kooges beobachtet. Nur etwa ein Fünftel der mit Kameras untersuchten Gelege wurde durch Bodenprädatoren prädiert.

Dieser gute Reproduktionserfolg ist mutmaßlich auf das intensive Prädatorenmanagement zurückzuführen, das im Herbst 2021 im Beltringharder Koog als Modellprojekt begonnen wurde, und jagdliche Maßnahmen zusätzlich zum vorhandenen Festzaun im Osten des Arlau-Speicherbeckens (errichtet im Frühjahr 2021) umfasst. Daneben war die Witterung während der Brutsaison 2022 insgesamt günstig für das Brutgeschehen (Cimiotti 2022).

Die Frage, ob von dem Festzaun im Osten des Arlau-Speicherbeckens eine zusätzliche Schutzwirkung zum jagdlichen Prädatorenmanagement ausgeht, lässt sich (noch) nicht zuverlässig beantworten. Hierfür sind weitere Untersuchungsjahre nötig, in denen die Schlupf- und Bruterfolge im Arlau-Speicherbecken (Zaun + jagdliches Management) mit denen auf Kontrollflächen im Norden des Kooges (nur jagdliches Management) verglichen werden. Zusätzlich sollten die Schlupf- und Bruterfolge im Arlau-Speicherbecken aus jeweils mehreren Jahren mit und ohne Zaun miteinander verglichen werden.

Ein zusätzlicher Schutzeffekt des Festzauns erscheint aber nach dem gegenwärtigen Stand des Wissens in der Gesamtbetrachtung folgender Beobachtungen wahrscheinlich:

- Der Bruterfolg des Austernfischers war im Jahr 2022 im Arlau-Speicherbecken mehr als doppelt so hoch als auf der Kontrollfläche.
- Im Arlau-Speicherbecken wurde weniger Fuchsprädatoren festgestellt (3% der Gelege im Arlau-Speicherbecken versus 30% der Gelege außerhalb des mobilen E-Zauns im Norden).
- Im Vorjahr konnte durch eine Wildkamera dokumentiert werden, dass Prädatoren am Festzaun „abdrehten“ (Cimiotti 2021)

Allerdings traten mit Steinmarder und Marderhund zwei weitere Prädatorenarten im Arlau-Speicherbecken auf, die im Norden des Kooges sogar fehlten. Wie auch schon im Vorjahr (erste Saison mit dem Festzaun) und in den Jahren 2016 – 2019 (mobiler Zaun im Osten des Arlau-Speicherbeckens) war das Arlau-Speicherbecken trotz der verschiedenen installierten Barrieren an seinem östlichen Zugang in keinem Jahr frei von Bodenprädatoren (siehe Tabelle 3). Eine Schwachstelle könnte die fehlende Sicherung zur Arlau hin sein, die von Prädatoren durchschwommen werden kann (vgl. Dahl & Åhlén 2019 zum Marderhund). Hier wäre ein Ansatzpunkt für eine Optimierung des Zauns (s. Abschnitt 5.4).

Tabelle 3 Übersicht über die in den Jahren 2015 bis 2022 installierten Zäune am östlichen Zugang zum nördlichen Arlau-Speicherbecken, die während der Brutzeit in diesem Gebiet über Nestkameras des Michael-Otto-Instituts nachgewiesenen Bodenprädatoren an Gelegen verschiedener Küstenvogelarten sowie die Schlupf- und Bruterfolge am Beispiel des Austernfischers.

Jahr	Zaun am östlichen Zugang	Mit Nestkameras festgestellte Bodenprädatoren	Schlupferfolg (nach Mayfield)	Bruterfolg (flügge Junge/Paar)	Fazit
2015	Kein Zaun	Marderhund, Iltis	Hoch (53%)	Niedrig (0,07)	Geringer Bruterfolg trotz hohen Schlupferfolgs, offenbar viele Kükenverluste
2016	Mobiler Zaun	Keine	Hoch (49%)	Mittel (0,13)	Mäßiger Bruterfolg trotz hohen Schlupferfolgs, offenbar viele Kükenverluste
2017	Mobiler Zaun	Fuchs, Dachs, Marderhund	Niedrig (3%)	Kein Bruterfolg	Kaum Schlupferfolg, kein Bruterfolg
2018	Mobiler Zaun	Dachs, Steinmarder, Iltis	Hoch (48%)	Mittel (0,17)	Mäßiger Bruterfolg trotz hohen Schlupferfolgs, offenbar viele Kükenverluste
2019 (Mäusejahr)	Mobiler Zaun	Fuchs, Marderhund, Iltis	Niedrig (4%)	Mittel (0,15)	Mäßiger Bruterfolg trotz geringen Schlupferfolgs
2020 (keine Mäuse)	Kein Zaun (Corona)	Fuchs, Marderhund	Extrem niedrig (0,1%)	Kein Bruterfolg	Kein Bruterfolg, da kein Schlupferfolg
2021	Fester Zaun	Fuchs, Marderhund	Hoch (53%)	Hoch (0,32)	Recht guter Schlupf- und Bruterfolg
2022	Fester Zaun (und intensives jagdliches Prädationsmonitoring)	Fuchs, Marderhund, Steinmarder	Hoch (60%)	Hoch (0,80)	Guter Schlupf- und hoher Bruterfolg

5.4. Managementempfehlungen

Es wird empfohlen, ein Eindringen von Bodenprädatoren von Süden her durch die Arlau zu erschweren. Dies gilt insbesondere für den östlichen Teil des Arlau-Speicherbeckens, in dem die Arlau noch schmal ist und sehr einfach durchschwommen werden kann (vgl. Abbildung 2). Dafür bietet sich ein mobiler Zaun entlang des Ufers der Arlau an. Weitere Optimierungsmöglichkeiten bestehen am westlichen Ende des Zauns in der Salzwasserlagune (Abbildung 3) und am westlichen Zugang zum Arlau-Speicherbecken im Bereich des Holmer Siels. Darüber hinaus ist zu gewährleisten, dass der bestehende Festzaun intakt bleibt, um seine Funktion als wirksame Barriere zu erfüllen. Bodenprädatoren, die in das Arlau-Speicherbecken gelangen bzw. dort leben, sollten im Rahmen des jagdlichen Prädationsmanagements entfernt werden.

Die brutbiologischen Untersuchungen im Arlau-Speicherbecken sowie auf Kontrollflächen weiter nördlich im Koog sollten in den kommenden Jahren fortgeführt werden.

Eine hohe Bedeutung kommt auch den laufenden Untersuchungen zu den Überlebensraten und Verlustumständen der Austernfischerküken im Arlau-Speicherbecken durch das Projekt „Dauertelemetrie Austernfischer“ des Michael-Otto-Instituts zu. Denn in der Vergangenheit blieb offenbar aufgrund hoher Kükenverluste mehrfach ein guter Bruterfolg trotz eines guten Schlupferfolges aus (Tabelle 3). Die Ursachen für die Kükenverluste müssen aufgedeckt werden.

6. Danksagung

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

Wir danken Revierjäger Moritz von Grävemeyer für die gute Zusammenarbeit und für Hinweise zur Bestimmung einiger Prädatoren anhand der Kamerabilder.

Benjamin Gnep (Schutzstation Wattenmeer) gab wertvolle Hinweise zur Auswahl der Nestkameras und deren Einstellungen.

7. Literatur

Cimiotti, D.S. (2021): Ornithologisches Gutachten Nordstrander Bucht / Beltringharder Koog. Ergebnisse aus den Zählgebieten nördlich der Arlau, Jahresbericht 2021. Integrierte Station Westküste, Schlüttsiel.

Cimiotti, D.S. (2022): Ornithologisches Gutachten Nordstrander Bucht / Beltringharder Koog. Ergebnisse aus den Zählgebieten nördlich der Arlau, Jahresbericht 2022. Integrierte Station Westküste, Schlüttsiel.

Cimiotti, D.V. (2022): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein, Untersuchungen 2022. Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Klimaschutz, Umwelt und Natur des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.

Cimiotti, D.V. & Altemüller, M. (2021): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein: Untersuchungen 2020. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU. Bergenhusen.

Cimiotti, D.V. & Altemüller, M. (2022): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2021. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.

Cimiotti, D.V. & H. Hötter (2019): Bedeutung Schleswig-Holsteins für globale Brutbestände von Vogelarten. Corax 23: 519-523.

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., Hoffmann, M., Leyrer, J., Klinner-Hötter, B. & H. Hötter (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.V., Altemüller, M. & Klinner-Hötter, B. (2018): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2018. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.

Cimiotti, D., Klinner-Hötter, B. & Hötter, H. 2018. 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.V., Altemüller, M. & Klinner-Hötter, B. (2019): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2019. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht

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

Cimiotti, D., Backsen, S. & Klinner-Hötter, 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.V.; Backsen, S.; Klinner-Hötter, B. (2021): Schutzkonzept Austernfischer in Schleswig-Holstein: Untersuchungen 2021. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein. Michael-Otto-Institut im NABU. Bergenhusen.

Dahl, F. & P.A. Åhlén (2019): Nest predation by raccoon dog *Nyctereutes procyonoides* in the archipelago of northern Sweden. *Biol Invasions* 21: 743-755

Gnep, B., J. Gagelmann & S. Wattenmeer. 2021. Prädationsmonitoring auf den Halligen im Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer. Unveröff. Bericht, Schutzstation Wattenmeer, Husum.

Hötter, H., Cimiotti, D., Klinner-Hötter, B. & Schulz, R. (2015): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2015. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.

Hötter, H., Cimiotti, D.V., Leyrer, J., Klinner-Hötter, B., Avé, M. & Hoffmann, H. (2016): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2016. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.

Hötter, H., Altemüller, M., Cimiotti, D.V., Leyrer, J., Klinner-Hötter, B. & Remmers, T. (2017): Schutzkonzept Sandregenpfeifer in Schleswig-Holstein - Untersuchungen 2017. Michael-Otto-Institut im NABU, Endbericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, Natur und Digitalisierung des Landes Schleswig-Holstein, Bergenhusen.

Johnson, D.H. 1979. Estimating Nest Success: The Mayfield Method and an Alternative. *The Auk* 96: 651–661.

Klinner-Hötter, B.; Petersen-Andresen, W.; Hötter, H. (2021): Die Brutvögel des Beltringhar-der Kooges. *Corax* 24 (Sonderheft 1): 3–176.

Liebezeit, J.R., P.A. Smith, R.B. Lanctot, H. Schekkerman, I. Tulp, S.J. Kendall, D.M. Tracy, R.J. Rodrigues, H. Meltofte, J.A. Robinson, C. Gratto-Trevor, B.J. Mccaffery, J. Morse & S.W. Zack. 2007. Assessing the development of shorebird eggs using the flotation method: Species-specific and generalized regression models. *Condor* 109: 32–47.

Mabee, T.J. 1997. USING EGG SHELL EVIDENCE TO DETERMINE NEST FATE OF SHOREBIRDS. *The Wilson Bulletin* 109: 307–313.

Mayfield, H. (1961): Nesting success calculated from exposure. *Wilson Bulletin* 73: 255-261

Mayfield, H. (1975): Suggestions for calculating nesting success. *Wilson Bulletin* 87: 456-466.

MELUND & LLUR. 2018. Prädationsmanagementkonzept Schleswig-Holstein. Kiel, Flintbek.

van de Pol, M., Ens, B.J., Heg, D., Brouwer, L., Krol, J., Maier, M., ... & K. Koffijberg (2010a): Do changes in the frequency, magnitude and timing of extreme climatic events threaten the population viability of coastal birds? *Journal of Applied Ecology* 47: 720–730

van de Pol, M., Vindenes, Y., Sæther, B.-E., Engen, S., Ens, B.J., Oosterbeek, K. & J.M. Tinbergen (2010b): Effects of climate change and variability on population dynamics in a long-lived shorebird. *Ecology* 91: 1192–1204. 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. (2019): The raccoon dog - An important new nest predator of black-tailed godwit in northern Germany. *Wader Study* 126: 28–34.

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. Hg. v. 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. *Eur J Wildl Res* 67: 8849.

Stantial, M.L., Cohen, J.B., Darrah, A.J., Farrell, S.L. & Maslo, B. (2021): The effect of top predator removal on the distribution of a mesocarnivore and nest survival of an endangered shorebird. *Avian Conserv. Ecol.* 16(1), Article 8.

Thorup, O. 2022. Visual nest controls can provide reliable information on hatching and nest loss rates in meadowbreeding Dunlins. *Wader Study* 129(1): 61–64.

Thorup, O., & Koffijberg, K. (2016). Breeding success in the Wadden Sea 2009 - 2012. A review. (Ecosystem No. 36). Wilhelmshaven, Germany: Common Wadden Sea Secretariat.

White, G. & G. Hirons. 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 Reserves Ecology.