

Gelegeschutzzäune erhöhen die Schlupfwahrscheinlichkeit von Kiebitz *Vanellus vanellus* und Uferschnepfe *Limosa limosa* in den Dithmarscher Speicherkögen

Bele M. Geertz, Oliver Granke & Volker Salewski

Geertz, B. M., O. Granke & V. Salewski 2024. Gelegeschutzzäune erhöhen die Schlupfwahrscheinlichkeit von Kiebitz *Vanellus vanellus* und Uferschnepfe *Limosa limosa* in den Dithmarscher Speicherkögen. Corax 25: 489–504.

Der Rückgang von Wiesenvögeln wird vermehrt auf von Bodenprädatoren verursachte Gelege- und Kükenverluste zurückgeführt. Daher werden zunehmend stromführende Zäune eingesetzt, um Brutgebiete zu schützen. Um deren Effektivität zu prüfen, verglichen wir 2022 mit nest-survival Modellen die tägliche Überlebens- und die Schlupfwahrscheinlichkeit so geschützter Gelege von Kiebitz *Vanellus vanellus* und Uferschnepfe *Limosa limosa* mit der von Gelegen außerhalb von Zäunen in drei Gebieten in den Dithmarscher Speicherkögen. Das Modell, das für den Kiebitz die Daten am besten erklärte, ging von einer altersabhängigen Zunahme der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeiten der Gelege aus. Innerhalb der Zäune lag sie jedoch deutlich über der von Gelegen außerhalb der Zäune. Das Modell, welches nur den Effekt des Zauns berücksichtigt, ist eine gute Annäherung an den Durchschnitt über alle Altersklassen. Nach diesem Modell betrug die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit eines Kiebitzgeleges innerhalb eines Zauns $0,992 \pm 0,003$ SE und außerhalb eines Zauns $0,954 \pm 0,010$ SE. Dies entspricht Wahrscheinlichkeiten eines Geleges auch zum Schlupf zu kommen von $78,5\% \pm 0,8\%$ (Varianz) innerhalb und von $24,3\% \pm 7,6\%$ außerhalb eines Zauns. Bei der Uferschnepfe erklärte das Modell die Daten am besten, das lediglich von einem Unterschied bei den täglichen Überlebenswahrscheinlichkeiten innerhalb oder außerhalb von Zäunen ausging. Demnach betrug die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb eines Zauns 1 ± 0 SE (also keine Verluste) und außerhalb eines Zauns $0,876 \pm 0,025$ SE. Dies entspricht den Wahrscheinlichkeiten eines Uferschnepfgeleges zum Schlupf zu kommen von $100\% \pm 0\%$ (Varianz) innerhalb und nur $3\% \pm 32,7\%$ außerhalb eines Zauns. Zäune sind somit ein geeignetes Mittel, um die Schlupfwahrscheinlichkeit von Bodenbrütern zu erhöhen. In beiden Speicherkögen schützen die Zäune allerdings nur einen sehr kleinen Teil der Wiesenvogelgelege, woraus sich ein weiteres hohes Potenzial ergibt, die Anwendung dieser erfolgreichen Methode im Wiesenvogelmanagement auszuweiten.

Bele M. Geertz, Tierökologie und Naturschutz, Institut für Zell- und Systembiologie der Tiere, Universität Hamburg, Martin-Luther-King-Platz 3, 20146 Hamburg. Bele-Geertz@web.de

Oliver Granke, Stiftung Naturschutz Schleswig-Holstein, Eschenbrook 4, 24113 Molfsee. Oliver.Granke@stiftungsland.de

Volker Salewski, Michael-Otto-Institut im NABU, Goosstroot 1, 24861 Bergenhusen. Volker.Salewski@NABU.de

1 Einleitung

Die Wiesenvogelpopulationen West- und Mitteleuropas haben in den letzten Jahrzehnten teils dramatische Bestandsrückgänge zu verzeichnen (Keller et al. 2020). Als wahrscheinliche Ursache für diese Entwicklung ist in erster Linie die Intensivierung der Landwirtschaft zu nennen, die durch eine frühere und intensivere Bodenbearbeitung, verstärkte Düngung, verstärkten Herbizid- und Pestizideinsatz, intensivere Beweidung, Trockenlegung von Grünland und Grünlandumbruch vielen Wiesenvögeln den Lebensraum und die Nahrungsgrundlage genommen hat (Busch et al. 2020). Dies führte dazu, dass Vögel der offenen Agrarlandschaft zu der Artengruppe gehören, die am stärksten abnehmende Bestände zeigt (Gerlach et al. 2019).

Verschiedene Formen des Vertragsnaturschutzes, die Ausweisung von Schutzgebieten und das Management von Wiesenvogelhabitaten zeigen zum Teil Erfolge (Sanderson et al. 2016, Evers & Jeromin 2018). In vielen Fällen führt aber auch dies nicht zu der gewünschten Steigerung des Bruterfolgs und zu einem Anstieg der Bestände (Kleijn et al. 2010, Colwell et al. 2019).

Der demografische Faktor, der für abnehmende Wiesenvogelbestände verantwortlich ist, ist hauptsächlich eine zu niedrige und nicht bestandserhaltende Reproduktionsrate (Roodbergen et al. 2012, Hötter 2015). So haben bei Kiebitz und Uferschnepfe adulte Vögel eine hohe jährliche Überlebenswahrscheinlichkeit (Plard et al. 2019, Verhoeven et al. 2021, Salewski & Schmidt 2021), allerdings fällt der Bruterfolg zumeist sehr niedrig aus (Salewski et al. 2016, Plard et al. 2019, Verhoeven

et al. 2021). Neben den oben erwähnten Gründen wird hierfür zunehmend der Verlust der Gelege und Küken durch Prädatoren angesehen (Langgemach & Bellebaum 2005, McMahon et al. 2020). Untersuchungen an Gelegen verschiedener Arten ergaben, dass diese hauptsächlich Bodenprädatoren zum Opfer fallen (Teunissen et al. 2008, Boschert 2018, Andretzke & Oltmanns 2016). In Schleswig-Holstein gingen bei der Uferschnepfe 89 % der mittels Fotofallen erfassten Gelegeprädatoren ($n = 132$) auf nur drei Arten zurück: Fuchs *Vulpes vulpes*, Marderhund *Nyctereutes procyonoides* und Iltis *Mustela putorius* (Salewski et al. 2019).

Vor diesem Hintergrund werden bereits seit Längerem Zäune als Managementmaßnahme zur Stützung von Beständen von Bodenbrütern eingesetzt (Boschert 2006, 2018, Schifferli et al. 2006). In Schleswig-Holstein schützen Zäune seit 2010 Zwergseeschwalben *Sterna albifrons* auf dem Bottsand (Harrje 2017) und seit 2011 eine Lachseeschwalbenkolonie *Gelochelidon nilotica* im Neufelder Koog (Risch et al. 2018). In der Eider-Treene-Sorge Niederung und in verschiedenen Wiesenvogelbrutgebieten an der Westküste werden Zäune erfolgreich eingesetzt, um den Schlupferfolg von Kiebitzen, Großen Brachvögeln *Numenius arquata* und Uferschnepfen zu erhöhen (Meyer & Jeromin 2017, Salewski & Granke 2020, Salewski et al. eingereicht). Es gibt zudem Hinweise darauf, dass das Brüten in Zäunen auch zur Steigerung des Gesamtbruterfolges führt (Rickenbach et al. 2011, Malpas et al. 2013, White & Hirons 2019, Verhoeven et al. 2022).

Im Rahmen des EU-LIFE-Projekts LIFE-Limosa wurde erstmals zur Brutsaison 2017 im Dithmarscher Speicherkoog Süd ein mobiler Zaun installiert, um Uferschnepfengelege vor Bodenprädatoren zu schützen (Salewski & Granke 2020). 2021 kam ein weiterer mobiler Zaun im Speicherkoog Nord hinzu, sowie 2022 ein fest installierter Zaun. Obwohl solche Zäune den Schlupferfolg deutlich erhöhen (Salewski & Granke 2020), sind sie nicht unumstritten. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wollten wir die Hypothese testen, dass sich die Zäune positiv auf die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeiten und den Schlupferfolg der Gelege von Kiebitz und Uferschnepfe auswirken.

2 Untersuchungsgebiet und Methoden

2.1 Die Dithmarscher Speicherköge

Bei den Dithmarscher Speicherkögen an der Westküste Schleswig-Holsteins handelt es sich um ehemalige

Wattflächen in der östlichen Meldorfener Bucht, die in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts eingedeicht wurden (Köhler et al. 1986). Sie sind Teil des Europäischen Vogelschutzgebietes ‚Ramsar-Gebiet Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete‘ (DE-0916-491) und des Fauna-Flora-Habitat Gebietes ‚NTP S-H Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete‘ (DE-0916-391). Es sind zwei Köge mit unterschiedlicher Geschichte, Nutzung und Struktur zu unterscheiden: der Speicherkoog Süd und der Speicherkoog Nord (Abb. 1).

Der etwa 1600 ha umfassende Speicherkoog Süd wurde 1973 eingedeicht (Köhler et al. 1986). Es handelt sich zum größten Teil um Grünland und zu einem geringeren Anteil um Gewässer. Im Südwesten und im Nordosten des Koogs befinden sich kleinere Baumgruppen (12,8 ha und 1,9 ha). Seit der Eindeichung wird der Koog durch die Bundeswehr als Waffenerprobungsgebiet genutzt. Im Norden und Süden des Koogs werden größere Gebiete zum Teil intensiv mit Schafen beweidet, der im Osten des Koogs gelegene ehemalige Barlter Sommerkoog auch zum Teil mit Rindern. Hier finden sich auch einige Mähwiesen. Der tiefer liegende und damit feuchtere zentrale Bereich (ca. 500 ha) wird nicht landwirtschaftlich genutzt aber, wenn möglich, einmal jährlich durch die Bundeswehr gemulcht. Im Speicherkoog Süd wird im zentralen Bereich seit 2017 alljährlich ein mobiler Geflügelzaun aufgestellt (Abb. 1, 2, Salewski & Granke 2020). Ein Weidezaungerät, welches durch eine mittels Solarpanel geladene Batterie mit Strom versorgt wird, sorgt dafür, dass der Zaun eine Spannung von 2–6 kV aufweist. Die eingezäunte Fläche umfasst etwa 12,7 ha bzw. 0,9 % des im Koog Wiesenvögeln als Bruthabitat zur Verfügung stehenden Grünlands.

Der Speicherkoog Nord wurde 1978 eingedeicht und umfasst etwa 3.200 ha, wovon der östliche Teil (ca. 1.700 ha) als Ackerland genutzt wird (Köhler et al. 1986). Im westlichen Teil befindet sich im Süden das NSG Kronenloch (ca. 200 ha Landfläche), das als Sukzessionsfläche seit der Eindeichung sich selbst überlassen wird. Das ihn umgebende Gewässer wird zum Teil als Surfsee mit entsprechender Infrastruktur genutzt. Bei dem weitaus größten Teil des westlichen Teils des Koogs handelt es sich um Grünland, das extensiv mit Schafen und Rindern beweidet wird, mit einer Nachmahd im Spätsommer/Herbst. Das für Wiesenvogel nutzbare Grünland umfasst annähernd 890 ha (ohne Straßen und Gewässer). Ein Teil davon (ca. 240 ha, Gloe 1984) ist Naturschutzgebiet (NSG Wöhrdener Loch). Im Speicherkoog

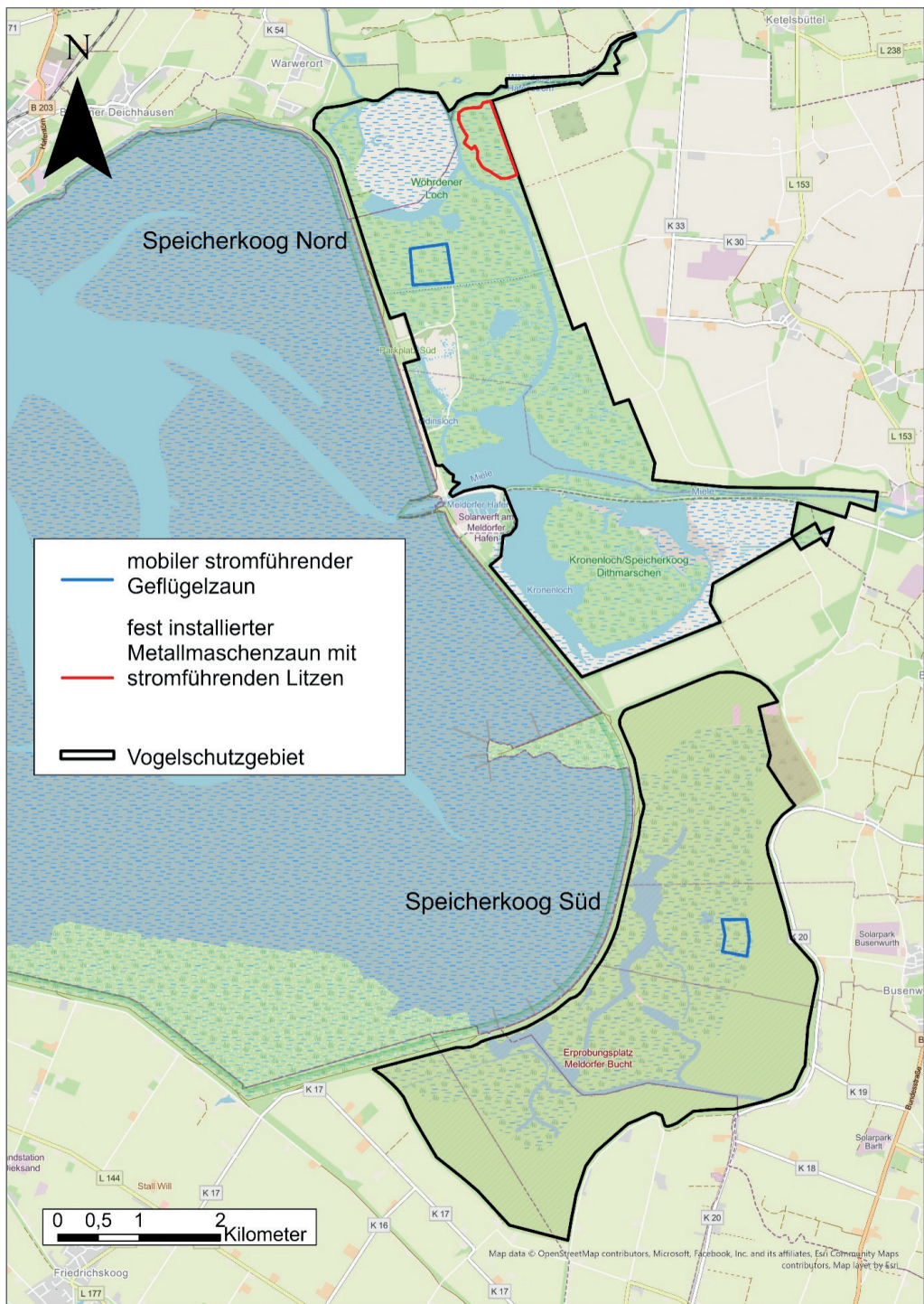


Abb. 1: Die Dithmarscher Speicherköge mit den in der Brutsaison 2022 vorhandenen Gelegeschutzzäunen. // The Dithmarscher Speicherköge with the anti-predator fences in place during the 2022 breeding season.



Abb. 2: Mobiler Gelegeschutzzaun im Dithmarscher Speicherkoog Süd. // *Mobile fence in the Dithmarscher Speicherkoog Süd.*
Foto: V. Salewski.

Nord wurde im NSG Wöhrdener Loch 2021 erstmals ein mobiler Geflügelzaun installiert (Maschenweite 5,9 cm, Maschenhöhe 5,9 cm bei den untersten fünf Maschenreihen, dann von 10,9 cm auf 21,0 cm zunehmend), der Wiesenvogelgelege auf einer Fläche von ca. 22 ha vor Bodenprädatoren schützt (Abb. 1). Im Nordosten des Koogs kam 2022 ein fest installierter Zaun hinzu, der eine Fläche von etwa 37 ha einnimmt. Dieser Zaun besteht aus einem 1,70 m hohem Drahtgeflecht als mechanische Sperre (Maschenweite ca. 4,5 cm × 9,0 cm, obere Maschenreihen mit höheren Maschen), vor das als Schutz vor Überklettern durch Beutegreifer und durch Beschädigungen durch Weidevieh stromführende Litzen in ca. 50 cm, 90 cm und 170 cm Höhe angebracht sind (Abb. 3). Die Stromversorgung beider Zäune erfolgt ebenfalls jeweils durch ein Weidezaungerät, das an eine mittels Solarpanel geladene Batterie angeschlossen ist. Durch beide Zäune werden auf etwa 6,6 % des Wiesenvögel zur Verfügung stehenden Grünlands deren Gelege vor Bodenprädatoren geschützt.

Bei der Bearbeitung wurden zunächst drei Gebiete voneinander unterschieden: Der Speicherkoog Süd (SPS), das Gebiet um den mobilen Zaun im Speicherkoog Nord (SPNMZ) und das Gebiet um den Festzaun im Speicherkoog Nord (SPNFZ).

2.2 Gelegesuche und -monitoring

Ab Ende März wurde in den Untersuchungsgebieten begonnen nach Nestern zu suchen. Dabei wurde zunächst das Gelände vom Auto aus mit Fernglas oder Spektiv nach brütenden Altvögeln abgesucht, deren Nester anschließend aufgesucht werden konnten. Weiter von den Straßen und Wegen entfernte oder in höherer Vegetation liegende Nester ließen sich so nicht finden. Dies erfolgte dann durch systematisches Begehen der betreffenden Bereiche für maximal eine Stunde.

Jedes gefundene Nest wurde mit einem Bambusstab, an dessen Ende sich eine kleine Fahne aus 4 cm breiten Klebeband befand, in etwa drei Meter Entfernung markiert. Es wurde die Anzahl der Eier protokolliert und mit einem GPS-Gerät (Garmin 64s) die Koordinaten jeden Nests erfasst und später in ein GIS (ArcGis Pro 2.9.0) übertragen. Zur Bestimmung des Nestalters und des voraussichtlichen Schlupfdatums diente die ‚Wassermethode‘ (van Paassen et al. 1984).

Die Kontrolle der Nester fand im Rhythmus von etwa fünf Tagen statt. Kontrollen erfolgten zunächst vom Auto aus, wenn ein Neststandort von Straßen oder Wegen aus einsehbar war und brütende Altvögel auf dem Nest gesehen werden konnten. Falls dies der Fall



Abb. 3: Fest installierter Gelegeschutzzaun im Dithmarscher Speicherkoog Nord. // Permanent anti-predator fence in the Dithmarscher Speicherkoog Nord. Foto: B. Geertz.

war, wurde das Nest als aktiv gewertet. War dies nach einer zweiten Kontrolle nach etwa einer Stunde nicht der Fall, dann fand ein Nestbesuch statt. Bei nicht von Wegen und Straßen einsehbaren Nestern erfolgte ein Nestbesuch etwa alle fünf Tage. Nahe am geschätzten Schlupftermin wurden alle Nester besucht, um das Nest-schicksal zeitnah bestimmen zu können. Dabei wurde bei vorhandenen Eiern auch auf Risse und Löcher in den Eiern geachtet, die den nahen Schlupf ankündigen.

Aus Spuren im Gelände ließen sich die Gelegeschicksale ermitteln. Hinweise auf den Verlust eines Geleges waren Reste zerbrochener Eier im oder in der Nähe des Nests, sowie vor dem geschätzten Schlupftermin spurlos verschwundene Eier. In diesen Fällen wurde von einer Prädation ausgegangen. Aufgaben der Brut waren durch ein Vorhandensein kalter, nicht bebrüteter Eier charakterisiert. Um bei einem solchen Fund sicher von einer Brutaufgabe ausgehen zu können, wurden die betreffenden Nester nach fünf Tagen noch einmal kontrolliert. Kleine Eischalensplitter im Nestboden und schlüpfende, sowie frisch geschlüpfte Küken im Nest oder in dessen Nähe wurden als Schlupf gewertet (Bellebaum & Boschert 2003). Wenn bei der letzten Kontrolle vor dem Schlupf Sprünge in den Eiern vorhanden waren, wurde von einem Schlupf zwei Tage nach der letzten

Kontrolle ausgegangen. Waren bei der letzten Kontrolle vor dem Schlupf schon von den Küken in die Eierschalen gestemmte Löcher vorhanden, dann wurde vom Schlupf einen Tag nach der letzten Kontrolle ausgegangen. Als erfolgreich galt eine Brut, wenn mindestens ein Küken zum Schlupf gekommen war.

2.3 Statistik

Die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit Φ der Gelege wurde nach Arten getrennt mit nest-survival-Modellen im Programm MARK geschätzt (Dinsmore et al. 2002). Für die Schätzung von Φ von Kiebitz- und Uferschnepfengelegen wurden jeweils 23 Modelle verglichen (Tab. 1, 2): Das globale Modell berücksichtigte ein variierendes Φ in Abhängigkeit vom Gebiet (Gebiet; Kiebitz: SPS, SPNMZ, SPNFZ; Uferschnepfe: SPS, SPNMZ), der Lage des Geleges innerhalb oder außerhalb des Zauns (Zaun), des Tages der Saison (t) und deren Interaktionen [$\Phi(\text{Gebiet} \times \text{Zaun} \times t)$]. Weitere Modelle enthielten jeweils nur die Faktoren Gebiet [$\Phi(\text{Gebiet})$], Zaun [$\Phi(\text{Zaun})$] oder t [$\Phi(t)$] oder mögliche Interaktionen zwischen diesen Faktoren. Weitere Faktoren waren das Alter der Gelege [$\Phi(\text{Alter})$], ein über die Saison stetiger zeitlicher Trend (vom Legetermin unabhängiger zeitlicher

Tab. 1: Modelle zur Schätzung der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeiten von Kiebitzgelegen in drei Untersuchungsgebieten in den Dithmarscher Speicherkögen 2022. Dargestellt sind das Akaike-Informationskriterium für kleine Stichproben (AICC), $\Delta AICC$, das AICC -Gewicht und die Anzahl der geschätzten Parameter (N Parameter) für jedes Modell. // Models estimating daily survival probabilities of Northern Lapwing nests in three study areas in the Dithmarscher Speicherköge 2022. Shown are the Akaike information criterion for small sample sizes (AICC), $\Delta AICC$, the AICC-weight, and the number of estimated parameters (N parameters) for each model.

Model	AICC	$\Delta AICC$	AICC Gewicht	N Parameter
$\Phi(\text{Zaun}*\text{Alter})$	158,60	0	0,922	4
$\Phi(\text{Zaun}*T)$	165,28	6,68	0,033	4
$\Phi(\text{Zaun})$	165,92	7,32	0,024	2
$\Phi(\text{Zaun}*Niederschlag)$	166,37	7,77	0,019	4
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun})$	171,61	13,01	0,001	6
$\Phi(\text{Alter}*Niederschlag)$	172,73	14,13	0,001	4
$\Phi(\text{Alter})$	175,46	16,86	< 0,001	2
$\Phi(\text{Alter}*T)$	176,36	17,76	< 0,001	4
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*\text{Alter})$	177,05	18,45	< 0,001	13
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*T)$	177,69	19,09	< 0,001	13
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*Niederschlag)$	179,17	20,57	< 0,001	13
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Alter})$	181,63	23,03	< 0,001	6
$\Phi(\text{Niederschlag})$	182,40	23,80	< 0,001	2
$\Phi(.)$	183,66	25,06	< 0,001	1
$\Phi(\text{Gebiet}*T)$	183,89	25,29	< 0,001	6
$\Phi(T)$	185,66	27,06	< 0,001	2
$\Phi(\text{Gebiet})$	186,17	27,57	< 0,001	3
$\Phi(\text{Niederschlag}*T)$	186,38	27,78	< 0,001	4
$\Phi(\text{Gebiet}*Niederschlag)$	188,72	30,12	< 0,001	6
$\Phi(t)$	326,23	167,63	< 0,001	82
$\Phi(\text{Zaun}*t)$	496,84	338,24	< 0,001	164
$\Phi(\text{Gebiet}*t)$	729,60	570,00	< 0,001	246
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*t)$	1.688,04	1.529,44	< 0,001	492

Trend) [$\Phi(T)$] und der Niederschlag [$\Phi(\text{Niederschlag})$] sowie alle Interaktionen zwischen diesen Faktoren. Um die Anzahl der Modelle nicht zu stark zu erhöhen und nur sinnvolle Modelle zu berücksichtigen (Burnham & Anderson 2002), verzichteten wir auf Interaktionen der letzten drei Faktoren mit t. Die Daten zu den täglichen Niederschlägen stammen von einer Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes im Speicherkooog Süd (https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/cdc/cdc_node.html, Abb. 4).

Das Akaike-Informationskriterium für kleine Stichproben (AIC_c) diente dazu, die Modelle zu vergleichen

(Burnham & Anderson 2002). Das Modell mit dem kleinsten AIC_c -Wert ist das Modell, das die Daten am besten erklärt. ΔAIC_c gibt die Differenz zwischen dem AIC_c -Wert des jeweiligen Modells und dem Modell mit dem niedrigsten AIC_c -Wert an. Ist die Differenz zwischen zwei Modellen > 2 wird davon ausgegangen, dass das Modell mit dem niedrigeren Wert die Daten deutlich besser erklärt (Burnham & Anderson 2002). Das AIC_c -Gewicht gibt zusätzlich die Wahrscheinlichkeit an, dass das betreffende Modell das ‚beste‘ ist.

Das Vollgelege der Uferschnepfe besteht zumeist aus vier Eiern, die jeweils im Abstand von etwa einem Tag

Tab. 2: Modelle zur Schätzung der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeiten von Uferschnepfengelegen in zwei Untersuchungsgebieten in den Dithmarscher Speicherkögen 2022. Dargestellt sind das Akaike-Informationskriterium für kleine Stichproben (AIC_c), ΔAIC_c , das AIC_c -Gewicht und die Anzahl der geschätzten Parameter (N Parameter) für jedes Modell. // *Models used to estimate daily survival probabilities of Black-tailed Godwit nests in two study areas in the Dithmarscher Speicherköge 2022. Shown are the Akaike information criterion for small sample sizes (AIC_c), ΔAIC_c , the AIC_c -weight, and the number of estimated parameters (N parameters) for each model.*

Model	AICc	$\Delta AICc$	AICc Gewicht	Parameter (N)
$\Phi(\text{Zaun})$	77,878	0	0,598	2
$\Phi(\text{Zaun}*\text{Niederschlag})$	81,138	3,26	0,117	4
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun})$	81,431	3,553	0,101	4
$\Phi(\text{Zaun}*\text{Alter})$	81,747	3,869	0,086	4
$\Phi(\text{Zaun}*\text{T})$	81,934	4,056	0,078	4
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*\text{Niederschlag})$	86,452	8,573	0,008	7
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*\text{Alter})$	87,376	9,497	0,005	7
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*\text{T})$	87,581	9,703	0,004	7
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Niederschlag})$	100,450	22,571	< 0,001	2
$\Phi(\text{Gebiet})$	103,020	25,142	< 0,001	4
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{T})$	103,783	25,905	< 0,001	4
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Alter})$	104,250	26,372	< 0,001	4
$\Phi(.)$	109,603	31,724	< 0,001	1
$\Phi(\text{Niederschlag})$	110,089	32,210	< 0,001	2
$\Phi(\text{T})$	110,906	33,028	< 0,001	2
$\Phi(\text{Alter})$	111,569	33,690	< 0,001	2
$\Phi(\text{Alter}*\text{Niederschlag})$	112,396	34,518	< 0,001	4
$\Phi(\text{Niederschlag}*\text{T})$	114,117	36,239	< 0,001	4
$\Phi(\text{Alter}*\text{T})$	114,989	37,111	< 0,001	4
$\Phi(t)$	196,455	118,576	< 0,001	49
$\Phi(\text{Zaun}*\text{t})$	326,329	248,451	< 0,001	98
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{t})$	348,598	270,720	< 0,001	98
$\Phi(\text{Gebiet}*\text{Zaun}*\text{t})$	978,425	900,547	< 0,001	196

gelegt werden (Kirchner 1969). Bei einer Bebrütungszeit von 23 Tagen ab dem Legen des letzten Eies würde ein Gelege mit vier Eiern 26 Tage nach dem Legen des ersten Eies zum Schlupf kommen (Visser & Beintema 1991). Beim Kiebitz, dessen Vollgelege (bei täglicher Eiablage) ebenfalls in der Regel aus vier Eiern besteht, beträgt die Bebrütungsdauer ab dem Legen des letzten Eies etwa 27 Tage (Visser & Beintema 1991). Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Gelege bei konstantem Φ zum Schlupf kommt, wird daher mit Φ_{26} (Uferschnepfe) bzw. Φ_{30} (Kiebitz) angenommen. Die Varianz der so erhaltenen Werte wurde mit der Delta-Methode geschätzt (Cox 1998).

3 Ergebnisse

In den drei Untersuchungsgebieten (SPS, SPNMZ, SPNFZ) wurden insgesamt 93 Kiebitz- und 39 Uferschnepfengelege gefunden. Davon befanden sich 56 Kiebitzgelege innerhalb eines Zauns und 37 Gelege außerhalb eines Zauns (Abb. 5,6). Von den Uferschnepfengelegen fanden sich 13 Gelege innerhalb eines Zauns und 26 Gelege außerhalb eines Zauns (Abb. 5,6). Im Gebiet SPNFZ konnten nur zwei Uferschnepfengelege gefunden werden, weswegen die Daten dieses Gebiets bei dieser Art bei der Schätzung der

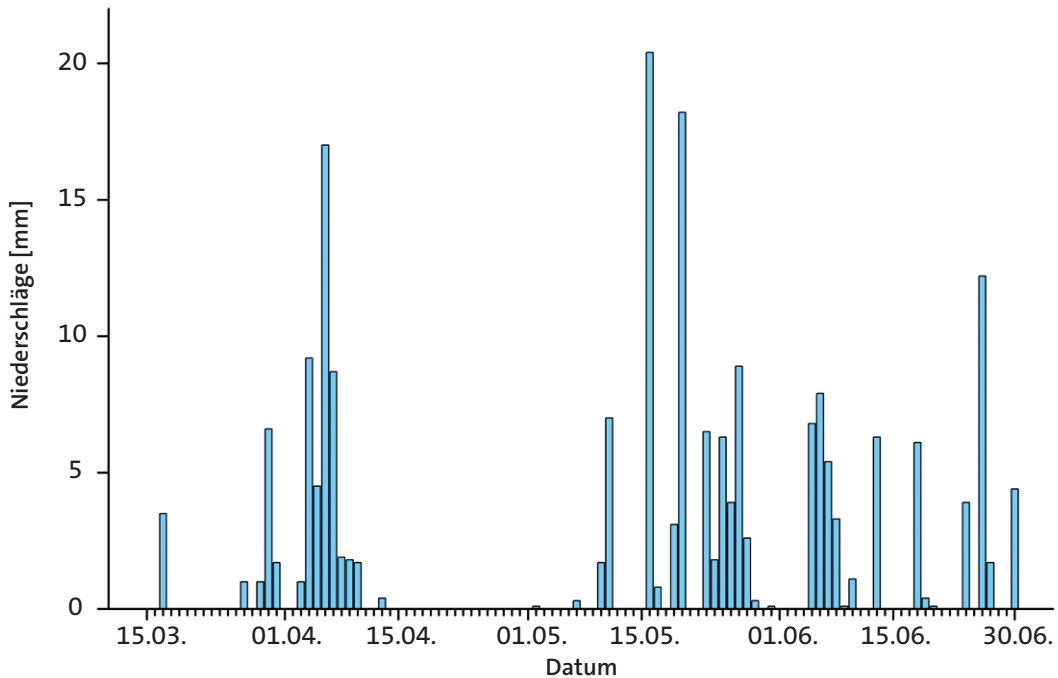


Abb. 4: Niederschläge im Dithmarscher Speicherkoog Süd (Wetterstation Elpersbütteler Deich) zwischen 15.03.2022 und 30.06.2022. Quelle: Deutscher Wetterdienst. // Precipitation in the Dithmarscher Speicherkoog Süd (weather station Elpersbütteler Deich) between 15.03.2022 and 30.06.2022. Source: Deutscher Wetterdienst.

Überlebenswahrscheinlichkeiten keine Berücksichtigung fanden.

Von den Kiebitzgelegen waren 59,5 % (22 von 37) außerhalb des Zauns wegen Prädation ($n=20$) oder Brutaufgabe ($n=2$) nicht erfolgreich (Abb. 5, 6), innerhalb eines Zauns waren es 12,5 % (7 von 56), die prädiert ($n=1$) oder aufgegeben ($n=6$) wurden. Dementsprechend kamen innerhalb der Zäune 87,5 % (49 von 56) der Kiebitzgelege zum Schlupf, während es außerhalb der Zäune nur 40,5 % (15 von 37) waren (Abb. 5, 6).

Von den gefundenen Uferschnepfengelegen wurden 84,6 % (22 von 26) außerhalb eines Zauns prädiert (Abb. 5, 6). Innerhalb eines Zauns gab es bei der Uferschnepfe keine Verluste. Dementsprechend kamen innerhalb der Zäune 100 % (13 von 13) der Uferschnepfengelege zum Schlupf, während es außerhalb der Zäune nur 15,4 % (4 von 26) waren (Abb. 5, 6).

Das Modell, dass die Daten des Kiebitzes deutlich am besten erklärte (ΔAIC_c zum nächstbesten Modell = 6,68), war das Modell, das von einem Unterschied in der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit, je nach der Lage des Geleges (innerhalb/außerhalb des Zauns) und des Alters des Geleges ausging ($\Phi(\text{Zaun} \cdot \text{Alter})$, Tab. 1).

Nach diesem Modell variierte die Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb des Zauns von $0,917 \pm 0,053$ SE am ersten Tag eines Geleges bis zu $0,999 \pm 0,001$ SE am Tag vor dem Schlupf (Abb. 6). Außerhalb des Zauns variierte die tägliche Überlebenswahrscheinlichkeit von $0,922 \pm 0,038$ SE am ersten Tag eines Geleges bis zu $0,968 \pm 0,013$ SE am Tag vor dem Schlupf (Abb. 7). Die ΔAIC_c -Gewichte sind Wahrscheinlichkeiten, die sich addieren lassen. Werden für jeden Faktor die ΔAIC_c -Gewichte der Modelle addiert, in denen der betreffende Faktor enthalten ist, dann erhält man die Wahrscheinlichkeit, dass der Faktor auch im besten Modell enthalten ist. Diese Wahrscheinlichkeit war beim Kiebitz bei den Faktoren Zaun ($>0,999$) und Alter ($0,923$) sehr hoch (Modelle mit einem ΔAIC_c -Gewicht $<0,001$ nicht berücksichtigt), während die Wahrscheinlichkeit der Variation der Schlupfwahrscheinlichkeit mit unterschiedlichen Niederschlägen ($0,019$) oder zwischen den Gebieten ($<0,01$) gering war.

Die Schätzungen des Modells $\Phi(\text{Zaun})$ ($\Delta AIC_c = 7,32$, AIC_c -Gewicht = $0,024$, $\beta_{\text{Zaun}} = 1,392 \pm 0,034$, Tab. 1) stellen eine gute Annäherung an die durchschnittlichen täglichen Überlebenswahrscheinlichkeiten über alle

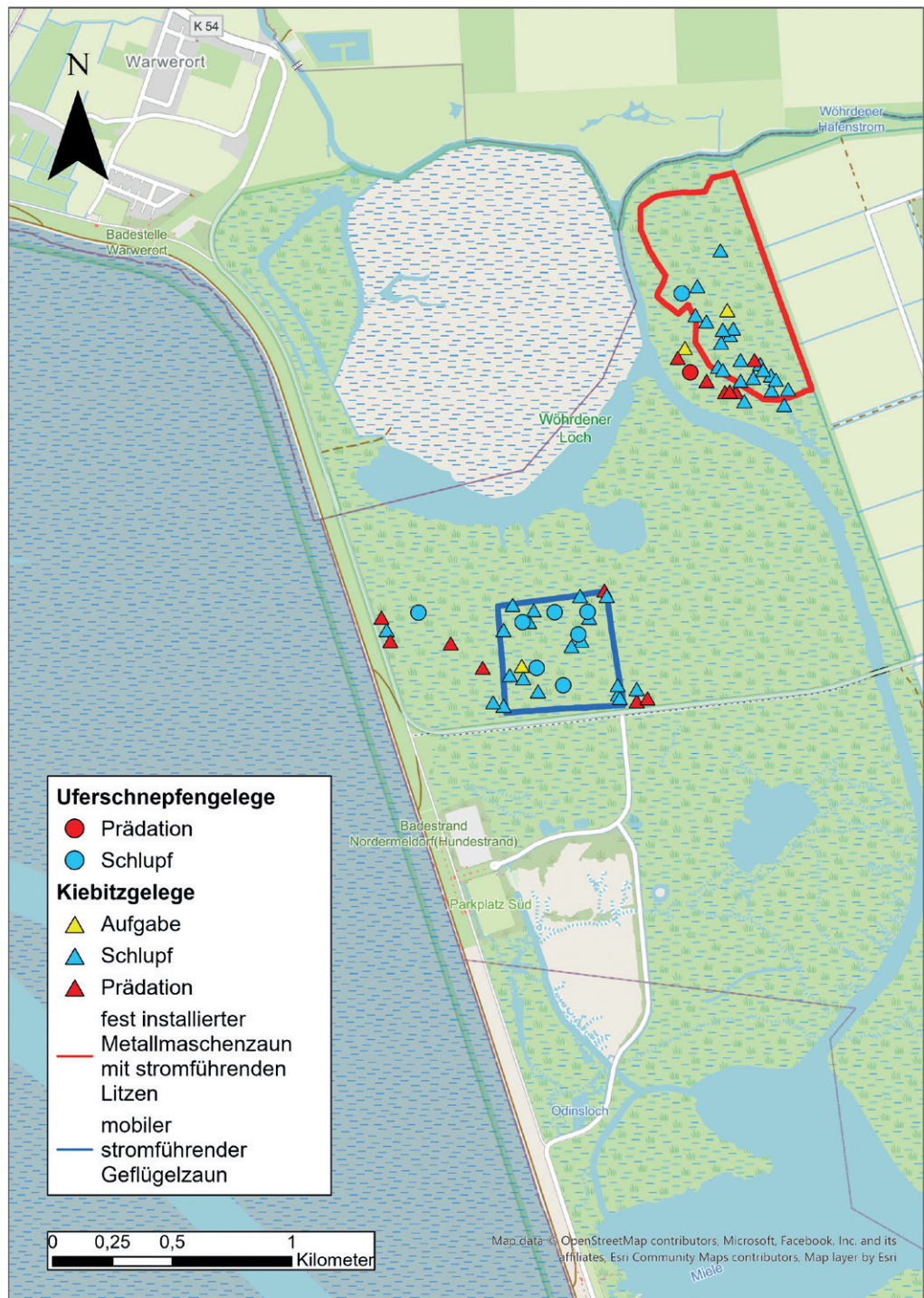


Abb. 5: Uferschnepfen- und Kiebitzgelege im Dithmarscher Speicherkoog Nord 2022 und deren Schicksal. // Black-tailed Godwit and Northern Lapwing clutches in the Dithmarscher Speicherkoog Nord 2022 and their fate.

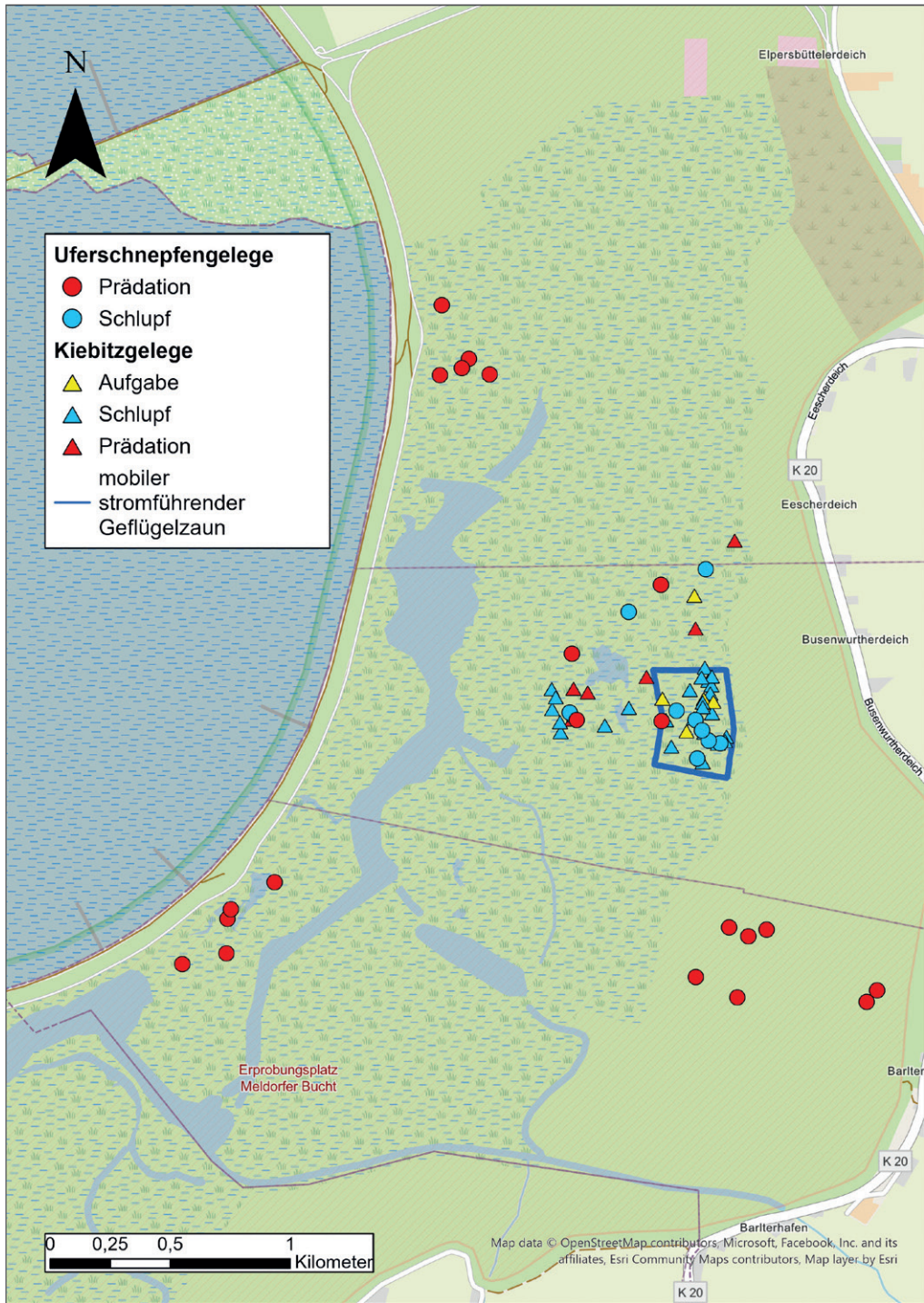


Abb. 6: Uferschnepfen- und Kiebitzgelege im Dithmarscher Speicherkoog Süd 2022 und deren Schicksal. // Black-tailed Godwit and Northern Lapwing clutches in the Dithmarscher Speicherkoog Süd 2022 and their fate.

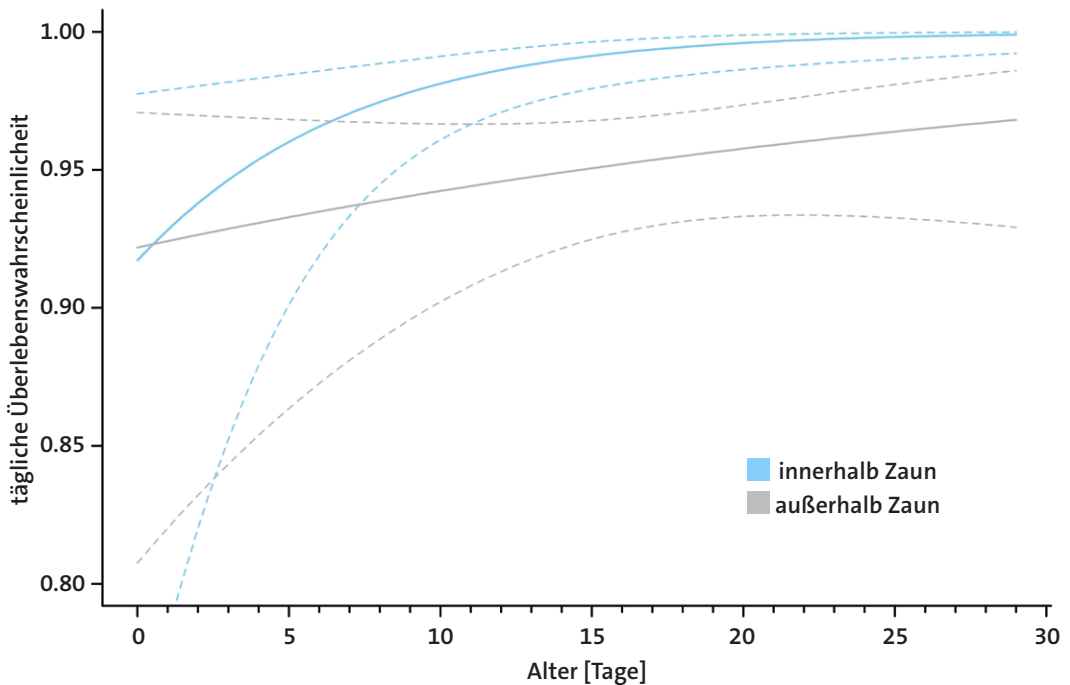


Abb. 7: Altersabhängige tägliche Überlebenswahrscheinlichkeiten von Kiebitzgelegen innerhalb und außerhalb von Gelegeschutzzäunen in den Dithmarscher Speicherkögen 2022. Gestrichelte Linien: obere und untere 95 % Konfidenzintervalle. // Age-dependent daily survival probabilities of Northern Lapwing nests inside and outside anti-predator fences in the Dithmarscher Speicherköge 2022. Dashed lines: upper and lower 95 % confidence intervals.

Altersklassen der Gelege über die gesamte Saison dar. Nach diesem Modell betrug Φ innerhalb eines Zauns unabhängig von seiner Bauweise und wo er sich befand, $0,992 \pm 0,003$ SE und außerhalb eines Zauns $0,954 \pm 0,010$ SE. Dies entsprach Schlupfwahrscheinlichkeiten von $78,5 \% \pm 0,8 \%$ innerhalb und von $24,3 \% \pm 7,6 \%$ außerhalb eines Zauns (Abb. 8).

Das Modell, das die Daten der Uferschnepfe deutlich am besten erklärte (ΔAIC zum nächstbesten Modell = 3,26), war das Modell, das nur von einem Unterschied in der täglichen Überlebenswahrscheinlichkeit, je nach der Lage des Geleges (innerhalb/außerhalb des Zauns) ausging ($\Phi(\text{Zaun})$, Tab. 2, $\beta_{\text{Zaun}} = 1,571 \pm 0,101$). Nach diesem Modell betrug Φ innerhalb eines Zauns unabhängig von seiner Bauweise und wo er sich befand, 1 ± 0 SE (alle Gelege kamen zum Schlupf) und außerhalb eines Zauns $0,876 \pm 0,025$ SE. Folglich betrug die Schlupfwahrscheinlichkeit innerhalb eines Zauns $100 \% \pm 0 \%$ und außerhalb eines Zauns $3 \% \pm 32,7 \%$ (Abb. 8). Werden für jeden Faktor die AIC_c -Gewichte der Modelle addiert, in denen der betreffende Faktor enthalten ist (Modelle

mit einem AIC_c -Gewicht $< 0,001$ nicht berücksichtigt), dann ergab sich nur für den Faktor Zaun eine hohe Wahrscheinlichkeit (0,997) auch im besten Modell enthalten zu sein. Bei den Faktoren Niederschlag (0,125), Gebiet (0,118) und Alter (0,091) war dies wesentlich weniger wahrscheinlich.

4 Diskussion

Innerhalb der Gelegeschutzzäune waren die Schlupfwahrscheinlichkeiten für Kiebitz- und Uferschnepfengelege deutlich höher als außerhalb der Zäune und dies unabhängig vom Gebiet, in dem sich die Zäune befanden. Der Faktor ‚Zaun‘ wies zudem im Vergleich mit den anderen Faktoren die höchsten Wahrscheinlichkeiten auf, im besten Modell enthalten zu sein. Dies hebt seine Bedeutung bei der Schätzung der täglichen Überlebens- Schlupfwahrscheinlichkeiten hervor. Unsere Hypothese von einer erhöhten Schlupfwahrscheinlichkeit innerhalb solcher Zäune wurde somit stark gestützt und das Ergebnis unserer Studie entspricht ähnlichen

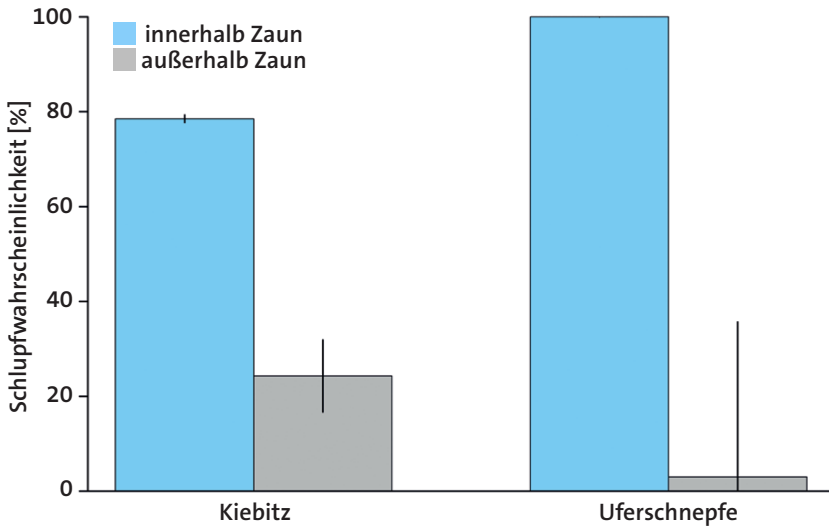


Abb. 8: Schlupfwahrscheinlichkeiten (%) von Kiebitz- und Uferschnepfengelegen innerhalb und außerhalb von Gelegeschutzzäunen in den Dithmarscher Speicherkögen 2022. Fehlerbalken: Varianzen der Schätzwerte. // *Hatching probabilities [%] of Northern Lapwing and Black-tailed Godwit nests inside and outside anti-predator fences in the Dithmarscher Speicherköge 2022. Error bars: variances of the estimated values.*

Erfolgen bei bodenbrütenden Vogelarten, deren Gelege durch Zäune geschützt wurden. Beispiele sind unter anderem Großtrappe *Otis tarda* (Litzbarski & Eschholz 1999), Kiebitz (Schifferli et al. 2006, Malpas et al. 2013, Werner et al. 2017), Großer Brachvogel (Boschert 2018) und Uferschnepfe (Verhoeven et al. 2022).

Beim Kiebitz kam es auch innerhalb der Zäune zu Verlusten, wenn auch in weit geringerem Maß als außerhalb der Zäune. Die Verluste kamen durch starke Regenfälle in den ersten Apriltagen zustande (Abb. 4). Diese hatten die Überschwemmung einiger Gelege im Speicherköog Süd zur Folge, von denen sich einige auch innerhalb des Zauns befanden. Diese Gelege wurden in der Folge aufgegeben. Durch Prädation innerhalb eines Zauns ging lediglich ein Gelege im Gebiet SPNFZ verloren. Der Verlauf des Verlustes, nämlich das Verschwinden der Eier nach und nach über den Zeitraum von mehreren Tagen (11 Tage), ließ auf einen Vogel als Prädator schließen. Uferschnepfengelege waren von Überschwemmungen nicht betroffen. Zum Zeitpunkt der hohen Niederschläge (Abb. 4) waren noch keine Gelege der etwas später als der Kiebitz mit der Brut beginnenden Uferschnepfe vorhanden. Später in der Saison war es dann sehr schnell in den Untersuchungsgebieten sehr trocken (Abb. 4).

Für einen guten Bruterfolg ist neben einem hohen Schlupferfolg auch eine hohe Überlebenswahrscheinlichkeit der Küken wesentliche Voraussetzung. Da Verluste von Wiesenvogelküken nicht nur auf Bodenprädatoren, sondern zu einem bedeutenden Teil auch auf

Vögel zurückgehen (Scheckerman et al. 2006, Hönisch et al. 2008, Salewski & Schütze 2017), stellt sich die Frage, ob die Installation von Gelegeschutzzäunen auch den Gesamtbruterfolg erhöhen kann. Telemetriestudien an Uferschnepfenküken deuten darauf hin (Salewski & Schmidt 2021). Bei weiteren Studien an Kiebitzen (Rickenbach et al. 2011, Malpas et al. 2013, Stübing & Bauschmann 2017), Großen Brachvögeln (Boschert 2018) und Uferschnepfen (Verhoeven et al. 2022) war dies ebenfalls der Fall. Die Installation von Zäunen ist daher ein geeignetes Mittel zur Erhöhung von Schlupf- und Bruterfolg von Bodenbrütern, auch wenn Zäune keinen lückenlosen Schutz vor Prädation bieten können (Ausden & Hiron 2011, White & Hiron 2019, diese Studie). Ein Problem ergibt sich aber daraus, dass vor allem Uferschnepfenküken weit umherwandern (Melter et al. 2009; Kentie et al. 2013) und dabei den durch einen Zaun geschützten Bereich verlassen können (Salewski & Schmidt 2021). Eine möglichst großflächige Einzäunung von Brutgebieten ist daher erstrebenswert, um das Prädationsrisiko zu senken und den Bruterfolg zu steigern. Der sehr hohe Anteil an durch Zäune nicht geschützten Wiesenvogelhabitaten in beiden Speicherkögen (> 93 % im Speicherköog Nord, > 99 % im Speicherköog Süd) zeigt das hohe Potenzial an, diese erfolgreiche Methode noch wirksamer anwenden zu können.

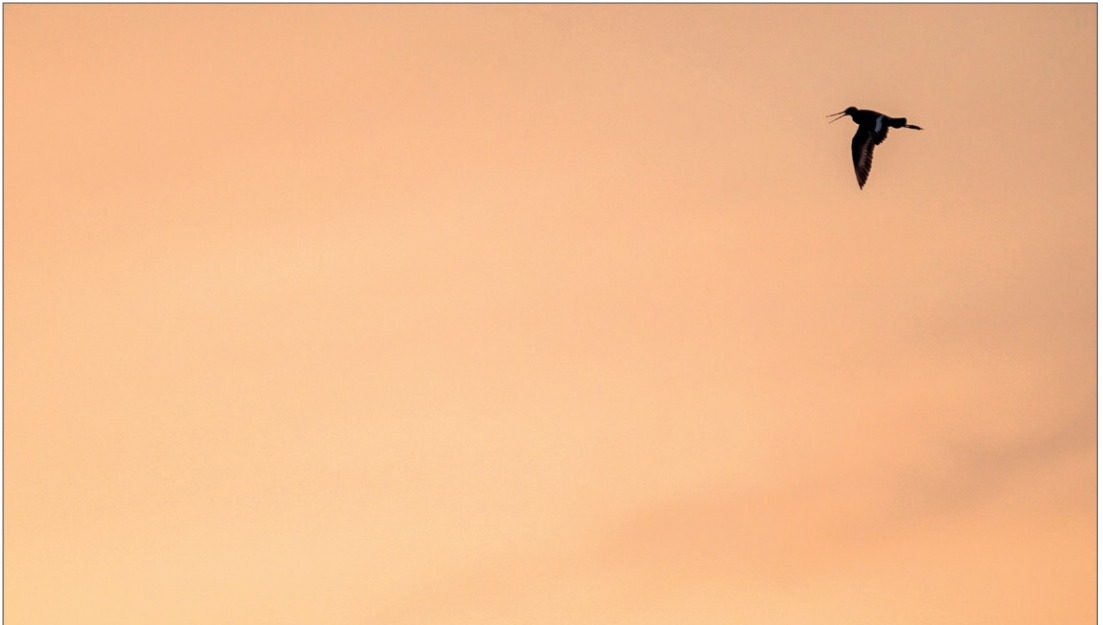
Wiesenvögel benötigen zur erfolgreichen Reproduktion eine bestimmte Habitatausstattung ihrer Brutplätze in einer genutzten Landschaft. Dies ist weites,

offenes, extensiv genutztes Grünland mit hohen Wasserständen (Groen et al. 2012, Hötter et al. 2012). Voraussetzungen für einen ausreichenden Bruterfolg sind aber auch eine ausreichende Nahrungsverfügbarkeit und ein niedriges Prädationsrisiko. Als geeignete Managementmaßnahmen wären hierzu die Beseitigung von solchen Strukturen zu nennen, die Beutegreifer fördern, wenn sie ihnen als Verstecke oder als Fortpflanzungsorte dienen können. Auch der Erhalt oder die Schaffung von jenen Vegetationsstrukturen, die brütenden Wiesenvögeln und deren Küken als Deckung dienen, sowie großflächige periodische Vernässungen weiter Gebiete, die vielen Beutegreifern den Lebensraum nehmen (Picman et al. 1993, Langgemach & Bellebaum 2005, Laidlaw et al. 2017) sind bedeutsam. Verluste durch landwirtschaftliche Arbeiten sind in den Dithmarscher Speicherkögen weitgehend ausgeschlossen; die unmittelbare Ursache für den geringen Bruterfolg sind die hohen Prädationsraten bei Eiern und Küken (Salewski & Schütze 2017, Salewski et al. 2019). Diese führen dazu, dass trotz eines weitgehend auf die Bedürfnisse der Wiesenvögel ausgerichteten Habitatmanagements der Erfolg im Sinne eines hohen Bruterfolgs oder eines Erhalts des Bestandes ausbleibt (siehe auch Nehls 2001, Beckers et al. 2018, Colwell et al. 2019).

Gelegeschutzzäune können langfristig kein geeignetes Habitatmanagement ersetzen. Es wird aber kurzfristig nicht möglich sein, die Folgen einer seit vielen Jahrzehnten stattfindenden für Wiesenvögel ungünstigen Entwicklung zu beheben und so ohne weitere Eingriffe bodenprädatorarme Bereiche zu schaffen. Der positive Effekt eines flächigen Einsatzes stromführender Zäune stellt sich dagegen sofort nach deren Installation ein. Ihr Einsatz sollte daher die Schaffung und Entwicklung von wiesenvogelfreundlicheren Lebensräumen nicht ersetzen, sondern sie begleiten, bis sie durch ein großflächig erfolgreiches Management überflüssig geworden sind. In diesem Sinne wäre eine Ausweitung des Einsatzes von Gelegeschutzzäunen ein geeignetes Mittel, um den Abwärtstrend vieler Wiesenvogelarten kurzfristig zu stoppen und ihre Bestände zu sichern.

5 Danksagung

Wir danken der Bundeswehr und besonders dem Team der WTD 71 für die Möglichkeit im SpeicherkooG Süd arbeiten zu können und für die vielfältige logistische Hilfe. Die Arbeiten im SpeicherkooG Nord wurden durch das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und



Die Balzflüge der Uferschnepfen sind weithin sichtbar. // *The mating flights of the Black-tailed Godwit are visible from afar.*
Foto: Jan Sohler, <https://www.jansohler.de>, 08.06.2018, ETS-Region.

ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein unterstützt. B. G. dankt Dr. Jörg Ganzhorn, Universität Hamburg, der als Zweitbetreuer der Masterarbeit fungierte und bei universitätsinternen Angelegenheiten immer eine Antwort hatte. Dies ist eine Publikation des EU-Life Projekts LIFE-Limosa (LIFE11 NAT/DE/000353 LIFE-Limosa).

6 **Summary: Fences increase the hatching probability of Northern Lapwing *Vanellus vanellus* and Black-tailed Godwit *Limosa limosa* in the Dithmarscher Speicherköge**

The decline of grassland birds is increasingly attributed to clutch and chick losses caused by ground predators. As a result, anti-predator fences are increasingly being used to protect breeding sites. To test their effectiveness, we used nest-survival models to compare the daily survival and hatching probabilities of clutches of Northern Lapwing *Vanellus vanellus* and Black-tailed Godwit *Limosa limosa* inside fences with that of clutches outside fences in three areas in the Dithmarscher Speicherköge, Schleswig-Holstein, in 2022. The model that best

explained the data for the Northern Lapwing assumed an age-dependent increase in daily clutch survival probabilities. However, inside fences it was significantly higher than that of clutches outside fences. The model that does not account for nest age is a good approximation of the mean across all age classes. According to this model, the daily survival probability of a lapwing clutch inside a fence was 0.992 ± 0.003 se and outside a fence it was 0.954 ± 0.010 se. The corresponding probabilities of a clutch to hatch was $78.5\% \pm 0.8\%$ variance inside and $24.3\% \pm 7.6\%$ variance outside a fence. For Black-tailed Godwit, the model that best explained the data assumed only a difference in daily survival probabilities inside or outside fences. Accordingly, the daily survival probability inside a fence was 1 ± 0 se (no losses) and outside a fence 0.876 ± 0.025 se. This corresponds to probabilities of a godwit clutch to hatch of $100\% \pm 0\%$ inside and only $3\% \pm 32.7\%$ variance outside a fence. Fences are thus an appropriate means of increasing the hatching probability of ground nesting birds. However, in both areas, fences protect only a very small proportion of grassland bird population, resulting in a high potential to expand the use of this successful method in grassland bird management.



Auch Kiebitze balzen im Flug gut sicht- und hörbar. // Lapwings are also clearly visible and audible in flight when courting.
Foto: Jan Sohler, <https://www.jansohler.de>, 15.05.2022, Eiderstedt

7 Literatur

- Andretzke, H. & B. Oltmanns 2016. Was hilft Brutvögeln wirklich? Darstellung und Bewertung von Schutzmaßnahmen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer am Beispiel Norderney. Vogelkundliche Berichte Niedersachsen 44: 195–215.
- Ausden, M. & G. Hirons 2011. Using anti-predator fences to increase wader productivity. Conservation Land Management 2011: 5–8.
- Beckers, B., A. Barkow, M. Frede, P. Herkenrath, D. Ikemeyer, M. M. Jöbges, S. R. Sudmann & R. Tüllinghoff 2018. 40 Jahre Wiesenvogelschutz in Nordrhein-Westfalen: Entwicklung der Brutbestände von Großem Brachvogel *Numenius arquata*, Uferschnepfe *Limosa limosa*, Rotschenkel *Tringa totanus* und Bekassine *Gallinago gallinago*. Vogelwelt 138: 3–15.
- Bellebaum, J. & M. Boschert 2003. Bestimmung von Prädatoren an Nestern von Wiesenvögeln. Vogelwelt 124: 83–91.
- Boschert, M. 2006. Wieseneinerlei oder Heuschreckenbeinchen: Zur Nahrungsökologie von Küken und Jungvögeln des Großen Brachvogels (*Numenius arquata*). Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen 32: 227–238.
- Boschert, M. 2018. Zur Bestandssituation des Großen Brachvogels *Numenius arquata* – Eine Fallstudie aus der badischen und elsässischen Oberrheinebene. Vogelwarte 56: 33–38.
- Burnham & Anderson 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer, New York.
- Busch, M., J. Katzenberger, S. Trautmann, B. Gerlach, R. Dröschmeister & C. Sudfeldt 2020. Drivers of population change in common farmland birds in Germany. Bird Conservation International 30: 335–354.
- Colwell, M. A., M. J. Lau, E. J. Feucht & J. J. Pohlmann 2019. Corvids and humans create ecological traps in otherwise suitable Snowy Plover habitat. Wader Study 126: 178–189.
- Colwell, M., G. Hilton, M. Smart & P. Sheldrake 2020. Saving England's lowland Eurasian Curlews. British Birds 113: 279–292.
- Cox, C. 1998. Delta method. In: P. Armitage & T. Colton (Eds.): Encyclopedia of Biostatistics Vol. 2: 1125–1127. Wiley, New York.
- Dinsmore, S. J., G. C. White & F. L. Knopf 2002. Advanced techniques for modeling avian nest survival. Ecology 83: 3476–3488.
- Evers, A. & H. Jeromin 2018. Gemeinschaftlicher Wiesenvogelschutz – ein erfolgreicher Ansatz für Landwirte und Naturschützer in Schleswig-Holstein. Vogelwarte 56: 389–390.
- Geertz, B. M. 2022. Der Effekt von Gelegeschutzzäunen auf den Schlupferfolg von Kiebitz (*Vanellus vanellus*) und Uferschnepfe (*Limosa limosa*). Masterarbeit. Universität Hamburg und Michael-Otto-Institut im NABU, Hamburg und Bergenhusen.
- Gerlach, B. R., R. Dröschmeister, T. Langgemach, K. Borkenhagen, M. Busch, M. Hauswirth, T. Heinicke, J. Kamp, J. Karthäuser, C. König, N. Markones, N. Prior, S. Trautmann, J. Wahl, & C. Sudfeldt 2019. Vögel in Deutschland – Übersichten und Bestandssituation. DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Gloe, P. 1984. Besiedlung der Speicherköge an der Meldorfer Bucht 1983 durch Brutvögel. Corax 10: 355–383.
- Groen, N. M., R. Kentie, P. de Gouij, B. Verheijen, J. C. E. W. Hooijmeijer & T. Piersma 2012. A modern landscape ecology of Black-tailed Godwit: habitat selection in southwest Friesland, The Netherlands. Ardea 100: 19–28.
- Harrje, C. 2017. NSG Bottsand an der Kieler Außenförde - Bilanz nach 50 Jahren Küstenvogelschutz. Betrifft Natur 21: 4–6.
- Hönisch, B., C. Artmeyer, J. Melter & R. Tüllinghoff 2008. Telemetrische Untersuchungen an Küken vom Großen Brachvogel *Numenius arquata* und Kiebitz *Vanellus vanellus* im EU-Vogelschutzgebiet Düsterdieker Niederung. Vogelwarte 46: 39–48.
- Hötter, H. 2015. Überlebensrate und Reproduktion von Wiesenvögeln in Mitteleuropa. Vogelwarte 53: 93–98.
- Hötter, H., H. Jeromin, Thomsen K.-M. 2012. Habitatmodell Uferschnepfe. Unveröffentl. Bericht für das Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt, und Ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Kiel.
- Keller, V., S. Herrando, P. Voříšek, M. Franch, M. Kipson, P. Milanese, D. Martí, M. Anton, A. Klvaňová, M. V. Kalyakin, H.-G. Bauer & R. P. B. Foppen 2020. European Breeding Bird Atlas 2: Distribution, Abundance, Change. European Bird Census Council & Lynx Edicions, Barcelona.
- Kentie, R., J. C. E. W. Hooijmeijer, K. B. Trimbos, N. M. Groen & T. Piersma 2013. Intensified agricultural use of grasslands reduces growth and survival of precocial shorebird chicks. Journal of Applied Ecology 50: 243–251.
- Kirchner, K. (1969): Die Uferschnepfe. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Kleijn, D., H. Schekkerman, W. J. Dimmers, R. J. M. van Kats, D. Melman & W. A. Teunissen 2010. Adverse effects of agricultural intensification and climate change on breeding habitat quality of Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa* in The Netherlands. Ibis 152: 475–486.
- Köhler, H.-D., W. Steffen & P. Gloe 1986. Der Speicherkooog Dithmarschen – nördlicher Teil – Entwicklung eines neuen Lebensraumes im Rahmen der Flurbereinigung. Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung 27: 378–287.
- Laidlaw, R. A., J. Smart, M. A. Smart & J. A. Gill 2017. Scenarios of habitat management options to reduce predator impacts on nesting waders. Journal of Applied Ecology 54: 1219–1229.
- Langgemach, T. & J. Bellebaum 2005. Prädation und der Schutz bodenbrütender Vogelarten in Deutschland. Vogelwelt 126: 259–298.
- Malpas, L. R., R. J. Kennerley, G. J. M. Hirons, R. D. Sheldom, M. Ausden, J. C. Gilbert & J. Smart 2013. The use of predator-exclusion fencing as a management tool improves

- the breeding success of waders on lowland wet grassland. *Journal of Nature Conservation* 21): 37–47.
- McMahon, B. J., S. Doyle, A. Gray, S. B. A. Kelly & S. M. Redpath 2020. European bird declines: Do we need to rethink approaches to the management of abundant generalist predators? *Journal of Applied Ecology* 57: 1885–1890.
- Melter, J., B. Hönisch, R. Tüllinghoff 2009. Unusual movement of a Black-tailed Godwit *Limosa limosa* family. *Wader Study Group Bulletin* 116: 85–87.
- Meyer, N. & H. Jeromin 2017. Geleeschutzmaßnahmen beim Großen Brachvogel 2017. Unveröffentl. Bericht. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Nehls, G. 2001. Entwicklung der Wiesenvogelbestände im Naturschutzgebiet Alte-Sorge-Schleife, Schleswig-Holstein. *Corax* 18 (Sonderheft 2): 81–101.
- Picman, J., M. L. Milks & M. Leptich 1993. Patterns of predation on passerine nests in marshes: effects of water depth and distance from edge. *Auk* 110: 89–94.
- Plard, F., H. A. Bruns, D. V. Cimiotti, A. Helmecke, H. Hötter, H. Jeromin, M. Roodbergen, H. Schekkerman, W. Teunissen, H. van der Jeugd & M. Schaub 2020. Low productivity and unsuitable management drive the decline of central European lapwing populations. *Animal Conservation* 23: 286–296.
- Rickenbach, O., M. U. Grübler, M. Schaub, B. Naef-Daenzer & L. Schifferli 2011. Exclusion of ground predators improves Northern Lapwing *Vanellus vanellus* chick survival. *Ibis* 153: 531–542.
- Risch, M., W. Denker, H. Förster, K. Günther, B. Hälterlein, V. Henning, C. Herden, I. Mauschnerning, A. Miede & C. Wiedemann 2018. Lachseeschwalben *Gelochelidon nilotica* in Dithmarschen – die letzte Kolonie Mitteleuropas. *Corax* 23: 412–439.
- Roodbergen, M., B. van der Werf, & H. Hötter 2012. Revealing the contribution of reproduction and survival to the Europe-wide decline in meadow birds: review and meta-analysis. *Journal of Ornithology* 153: 53–74.
- Salewski, V., A. Evers & L. Schmidt 2019. Wildkameras ermitteln Verlustursachen von Gelegen der Uferschnepfe (*Limosa limosa*). *Natur und Landschaft* 94: 59–65.
- Salewski, V. & O. Granke 2020. Ein Geflügelzaun zum Schutz von Uferschnepfengelegen *Limosa limosa*, erste Erfahrungen aus einem Pilotprojekt. *Ornithologische Rundbriefe für Mecklenburg-Vorpommern* 49 (Sonderheft 1): 125–135.
- Salewski, V. & L. Schmidt 2021. Bericht 2021: Bruterfolg Uferschnepfe (Action D.1). Unveröffentl. Bericht. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen.
- Salewski, V., L. Schmidt, A. Evers, B. Klinner-Hötter & H. Hötter 2016. Bruterfolg von Uferschnepfen *Limosa limosa* in Schleswig-Holstein. *Vogelkundliche Berichte aus Niedersachsen* 44: 245–258.
- Salewski, V. & J. Schütze 2017. Bruterfolg von Uferschnepfen an der Westküste Schleswig-Holsteins – ein Methodenvergleich. *Vogelwarte* 55: 187–198.
- Sanderson, F. J., R. G. Pople, C. Ieronymidou, I. J. Burfield, R. D. Gregory, S. G. Willis, C. Howard, P. A. Stephens, A. E. Beresford & P. F. Donald 2015. Assessing the performance of EU nature legislation in protecting target bird species in an era of climate change. *Conservation Letters* 9: 172–180.
- Schekkerman, H., W. Teunissen & E. Oosterveld 2006. Breeding success of Black-tailed Godwits *Limosa limosa* under 'mosaic management', an experimental agri-environment scheme in The Netherlands. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* 32: 131–136.
- Schifferli, L., R. Spaar & A. Koller 2006. Fence and plough for Lapwings: Nest protection to improve nest and chick survival in Swiss farmland. *Osnabrücker Naturwissenschaftliche Mitteilungen* 32: 123–129.
- Stübing, S. & G. Bauschmann 2017. Wirksamkeit eines stationären Prädatorenschutzzaunes auf Brutbestand und Bruterfolg des Kiebitzes (*Vanellus vanellus*) im Wetteraukreis. *Vogel und Umwelt* 24: 39–58.
- Teunissen, W., H. Schekkerman, F. Willems & F. Majoor 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 Paassen, A. G., D. H. Veldman & A. J. Beintema 1984. A simple device for determination of incubation stages in eggs. *Wildfowl* 35: 173–178.
- Verhoeven, M. A., J. Smart, C. Kitchin, S. Schmitt, M. Whiffin, M. Burgess & N. Ratcliffe 2021. Diagnosing the recent population decline of Black-tailed Godwits in the United Kingdom. *Wader Study* 128: 65–76.
- Verhoeven, M. A., A. H. J. Loonstra, T. Pringle, W. Kaspersma, M. Whiffin, A. D. McBride, P. Sjoerdsma, C. Roodhart, M. D. Burgess, T. Piersma & J. Smart 2022. Do ditch-side electric fences improve the breeding productivity of ground-nesting waders? *Ecological Solutions and Evidence* 3: e12143.
- Visser, G. H. & A. J. Beintema 1991. Reproductive characteristics of meadow birds and other European waders. *Wader Study Group Bulletin* 61 (Supplement): 6–11.
- Werner, M., H. Theiss, P. Pohlmann & J. Kilian 2017. Ein Funke Hoffnung für den Kiebitz? Ergebnisse eines Schutzprojektes auf Ackerflächen in Südhessen. *Vogel und Umwelt* 22: 81–96.
- White, G. & G. Hiron 2019. The predator exclusion fence manual. RSPB, Sandy.