



Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer

Nadine Knipping & Julia Stahl



J. Voskuhl

T. Feldt

N. Knipping

Abschlussbericht AZ 30347-33
November 2018



Projektleitung

Prof. Dr. Michael Kleyer

AG Landschaftsökologie, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Projektbearbeiterin

Dipl.-Ing. (FH) Nadine Knipping

AG Landschaftsökologie, Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

In Kooperation mit



Peter Südbeck

Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer
Wilhelmshaven



Dr. Julia Stahl, Dr. Erik Kleyheeg
Sovon Vogelonderzoek Nederland
Nijmegen



Prof. Dr. Willem Bouten

Computational Geo-Ecology

Faculty of Science, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics
University of Amsterdam



Caspar Hallmann, Dr. Eelke Jongejans

Animal Ecology and Physiology, Faculty of Science

Radboud University, Nijmegen

Projektlaufzeit: 2013 – 2018 (nach Verlängerung)

Oldenburg, November 2018

Projektkennblatt

der

Deutschen Bundesstiftung Umwelt



AZ	30347	Referat	33	Fördersumme	199.355,- €
Antragstitel		Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen (<i>Circus cyaneus</i>) im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer			
Stichworte		Kornweihe, Integriertes Populationsmodell, Schutzkonzept, Wattenmeer			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
5,5 Jahre	01.01.2013	30.06.2018	1		
Bewilligungsempfänger	AG Landschaftsökologie Institut für Biologie und Umweltwissenschaften IBU Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg 26111 Oldenburg			Tel	0441-7983075
				Fax	0441-7985659
				Projektleitung	Prof. Dr. Michael Kleyer (Dr. Julia Stahl, Sovon)
			Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) Nadine Knipping	
Kooperationspartner	<p>Peter Südbeck Nationalparkverwaltung „Niedersächsisches Wattenmeer“, Virchowstr. 1, 26382 Wilhelmshaven</p> <p>Dr. Julia Stahl, Dr. Erik Kleyheeg Sovon Vogelonderzoek Nederland, Postbus 6521, 6503 GA Nijmegen, The Netherlands</p> <p>Prof. Dr. Willem Bouten Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Science Park 904, 1098 XH Amsterdam, The Netherlands</p> <p>Caspar Hallmann, Dr. Eelke Jongejans Animal Ecology and Physiology, Faculty of Science, Radboud University, P.O. Box 9010, 6500 GL Nijmegen, The Netherlands</p>				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Kornweihen (*Circus cyaneus*) gehören zu den seltensten und am stärksten bedrohten Brutvogelarten in Deutschland. Dem niedersächsischen Wattenmeer kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu, denn derzeit brütet nahezu der gesamte deutsche Brutbestand der Kornweihe auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Die Brutpopulation im niedersächsischen Wattenmeer hat jedoch, wie auch auf den Westfriesischen Inseln in den Niederlanden, in den letzten 15 Jahren dramatisch abgenommen und ist aktuell vom Erlöschen bedroht. Diese kritische Entwicklung steht in starkem Kontrast zu den langjährigen Bemühungen der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Dünen- und Salzwiesenhabitats auf den Inseln durch geeignete Schutz- und Managementmaßnahmen als hochwertige Brut- und Jagdhabitats für typische Brutvogelarten des Wattenmeeres zu erhalten und zu fördern. Vor diesem Hintergrund und der besonderen nationalen Verantwortung für den Schutz der stark gefährdeten Kornweihen trägt das Forschungsvorhaben wesentlich zu einem detaillierten ökologischen Verständnis der kritischen Entwicklung des Kornweihenbrutbestands im Nationalpark Niedersäch-

sisches Wattenmeer bei, indem es auf Basis umfangreicher reproduktions-, nahrungs- und verhaltens-ökologischer Datenerhebungen und -analysen die populationsdynamischen Prozesse modelliert und die limitierenden Faktoren für die Brutpopulation im Wattenmeer identifiziert. Darüber hinaus liefert das Projekt erste Erkenntnisse zu Rast- und Überwinterungsgebieten sowie Habitat- und Raumnutzungen niedersächsischer Kornweihen während der Nicht-Brutzeit. Ziel ist die Schließung von Wissenslücken zur Brut-, Nahrungs- und Winterökologie von Kornweihen, um potentielle Rückgangsursachen aufzuzeigen und daraus bereits bestehende Schutzmaßnahmen im Brutgebiet zu evaluieren und ggf. aus den Ergebnissen neue Maßnahmen für einen effektiven Schutz von Kornweihen in den Kernhabitaten an der niedersächsischen Küste abzuleiten.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Das bereits seit 2007 bestehende Farbberingungsprogramm für Kornweihen sowie das 2009 initiierte intensive Bruterfolgsmonitoring auf allen Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer wurden im Projektzeitraum in etablierter Methodik zum Aufbau eines Langzeitdatensatzes zur Berechnung jährlicher Überlebenswahrscheinlichkeiten und Reproduktionsraten weitergeführt. Ergänzend dazu erfolgte eine qualitative und quantitative Erfassung der Beutepopulationen (insbesondere Wühlmäuse) mittels einer Fang-Wiederfang-Methode (Lebendfallen und individuelle Markierung gefangener Individuen) zur Ermittlung des jährlichen Nahrungsangebotes sowie dessen Verfügbarkeit während der Brutzeit. In diesem Zusammenhang wurde auch die Nahrungswahl von Kornweihen für die Aufzucht der Jungvögel anhand von Gewölleanalysen und dem Einsatz von Nestkameras untersucht.

Eine neue innovative GPS-Logger Technik (UvA-BiTS) kam zum Einsatz, die es ermöglichte, in einer kombinierten Analyse mit bereits vorhandenen Vegetationsdaten die individuelle Habitatwahl von Kornweihen sowohl in als auch außerhalb der Brutzeit raumzeitlich hochaufgelöst (koordinatengenau) zu ermitteln und Habitatpräferenzen insbesondere bei der Nahrungssuche zu bestimmen. Eine erstmalige Erfassung von Zugbewegungen im Herbst- und Winterzeitraum sowie Überwinterungsstrategien erfolgte mittels des Einsatzes von Satellitensendern (Microwave Telemetry Ltd.) im ARGOS System.

Die Brutpopulation von Kornweihen erstreckt sich neben den Ostfriesischen Inseln auch auf die Westfriesischen Inseln im niederländischen Wattenmeer. Aus diesem Grund wurden die in diesem Projekt erhobenen Daten mit denen der auf den niederländischen Wattenmeerinseln durchgeführten ökologischen Studien an Kornweihen zusammengeführt. Dieser umfangreiche Datensatz aus Brutbestandzählungen, Beringungs- und Wiederfunddaten sowie zum Reproduktionserfolg bildet die Grundlage für die Erstellung eines Integrierten Populationsmodells (IPM) für die niederländisch-deutsche Wattenmeer-Brutpopulation von Kornweihen. Das Modell betrachtet dabei den Zeitraum von 1970 bis 2017 (47 Jahre), der sowohl den Anstieg als auch den Rückgang der Brutpopulation einschließt. Das IPM integriert alle relevanten demografischen Parameter (Reproduktion, Überleben, Abwanderung, Zuwanderung). Basierend auf den jährlichen Schätzungen der demografischen Parameter wurde analysiert, wie die Schwankungen der jährlich beobachteten Populationswachstumsraten durch die Variation der einzelnen demografischen Parameter erklärt werden können. Diese Modellierungen erlauben die Identifizierung der potenziell verantwortlichen demografischen Faktoren im Lebenszyklus der Kornweihen. Darüber hinaus wurde unter Verwendung eines „Life Table Response Experiment“ (LTRE) analysiert, welcher demografische Parameter (Überlebensraten, Reproduktion, Zu- und Abwanderung) in welchem Zeitraum (Anstiegs- bzw. Rückgangsphase) die jährlichen Populationswachstumsraten bestimmte.

Ergebnisse und Diskussion

Der Brutbestand von Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer steht aufgrund des extremen Rückgangs seit den letzten 15 Jahren nahe dem Erlöschen. Dennoch hielten sich die jährlichen Reproduktionsraten im untersuchten Zeitraum von 2009-2017 auf einem hohen Niveau stabil. Das betrifft sowohl den Legebeginn, als auch die Gelegegröße, den Schlupferfolg (Anzahl geschlüpfter Küken pro Nest) sowie den Bruterfolg (Anzahl ausgeflogener Jungvögel pro Nest). Für diese Parameter konnte kein zeitlicher Trend nachgewiesen werden.

Kleinsäuger und hier insbesondere Wühlmäuse stellten die Hauptbeute von Kornweihen für die Aufzucht der Jungen dar. Zusätzlich bildeten aber auch Vögel, vor allem Singvögel einen weiteren wichtigen Bestandteil der Kornweihennahrung. Die Anteile der beiden Beutegruppen in der Nahrung der Jungvögel schwankten jährlich.

Das für Kornweihen während der Brutzeit vorhandene Nahrungsangebot wurde als sogenannter jährlicher Vole Index (mittlere relative Abundanz von Wühlmäusen pro Jahr) für die Jahre 2011-2016 berechnet. Nach dem Gradationsjahr 2011 brach die Population von Wühlmäusen im Jahr 2012 zusammen, baute sich seither nicht wieder auf und pendelte sich auf niedrigem Dichteniveau ein. Zyklische Populati-

onsschwankungen, wie sie für Wühlmäuse detailliert beschrieben sind, konnten im Untersuchungszeitraum auf den niedersächsischen Wattenmeerinseln nicht nachgewiesen werden.

Die Abundanz der Wühlmäuse hatte keinen signifikanten Einfluss auf die jährlichen Reproduktionsraten, insbesondere den Bruterfolg. Dichteschwankungen der Wühlmauspopulation kompensierten die Kornweihen durch einen Wechsel auf Singvogelnahrung zur Aufzucht der Jungen. Als Nahrungsgeneralisten sind Kornweihen in der Lage, bei geringem Angebot ihrer Hauptbeute (Wühlmäuse) auf andere Beutearten (vor allem Singvögel) auszuweichen ohne erkennbare negative Auswirkungen auf den jährlichen Bruterfolg.

Im Jahr 2015 wurden zwei adulte Kornweihen Weibchen mit GPS-Loggern ausgerüstet. Die räumlich hochaufgelösten Datensätze dieser beiden Individuen wurden im Hinblick auf Raumnutzung und Habitatwahl zu verschiedenen Phasen (Nestphase bis zum Ausflug der Jungvögel, Ausfliegephase der Jungvögel mit weiterer Betreuung durch das Weibchen, Nicht-Brutzeit ab Selbständigkeit der Jungvögel) während der Brutzeit analysiert und verglichen. Mit zunehmender Selbständigkeit der Jungvögel vergrößerten die Weibchen sowohl ihre Aktionsradien (home ranges) als auch die Anzahl, Dauer und Distanz von Nahrungsflügen. Die Daten wiesen darauf hin, dass das Fütterungsverhalten des zugehörigen Männchens einen deutlichen Einfluss auf das Raumnutzungsverhalten der Weibchen haben kann. Das von beiden Weibchen bevorzugte Nahrungshabitat waren die trockenen grasdominierten Vegetationstypen der Dünengebiete.

Für eines der beiden Weibchen konnten zwei aufeinander folgende Winterperioden mittels der GPS-Loggerdaten detailliert ausgewertet werden. Dieses Weibchen hat das Wattenmeergebiet im Winter nicht verlassen und konnte als Standvogel bezeichnet werden. Der Vogel flog geringe tägliche Distanzen zur Nahrungssuche und zeigte zudem eine hohe Rast- und Schlafplatztreue.

Zur Ermittlung von Zugbewegungen und Rast- bzw. Wintergebieten wurden sechs juvenile Kornweihen mit Satellitensendern ausgerüstet. Lediglich zwei der sechs Weibchen verließen in der Nachbrutzeit ihre Schlupfgebiete und zogen in südwestlicher Richtung aus dem Wattenmeer ab. Mit wenigen Zwischenstopps zog eines der beiden Weibchen an die niederländisch-belgische Grenze, wo das Sendersignal verlosch. Über den Verbleib und das Schicksal dieses Vogels gibt es keine weiteren Informationen. Das zweite Weibchen zog nach einem Schleifenzug in nordöstlicher Richtung ebenfalls aus dem Wattenmeer ab und flog bis in die Nähe von Bordeaux in Frankreich. Hier verlor sich das Signal, der Vogel ist vermutlich dort verstorben. Ein weiteres Weibchen blieb als Standvogel im Wattenmeer und überwinterte auf der Juister Ostspitze. Der Vogel verstarb im Juni des folgenden Jahres auf Juist aus unbekanntem Gründen und wurde im Spülsaum bei Nordeich aufgefunden.

Die Brutpopulation von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer erreichte 1994 mit geschätzten 152 Paaren ihr Maximum. In der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums (1970-1994) stieg die Population um durchschnittliche 6,3% pro Jahr an. Danach (1995-2016) waren die Bestandszahlen stark rückläufig und nahmen durchschnittlich um 9,8% pro Jahr ab. Die durchschnittliche jährliche Überlebensrate über alle 46 Untersuchungsjahre betrug für Juvenile 50,5%, für Immature 72,5% und für Adulte 77,9%. Allerdings wurde ein deutlicher Rückgang der Überlebensraten bei den Juvenilen ab den frühen 1990er Jahre und bei den Adulten ab etwa Mitte der 1990er Jahre beobachtet. Die durchschnittliche jährliche Reproduktionsleistung für die gesamte Brutpopulation betrug 1,49 flügge Jungvögel pro Paar und Jahr und blieb über die Jahre stabil. Die jährliche Geburtsortstreue der juvenilen Kornweihen wurde auf 51% geschätzt. Für die Anzahl der immaturen Individuen, die in die Population einwanderten, lag die Schätzung bei 0,10 Weibchen pro Jahr und Insel. Abgesehen vom Parameter Immigration korrelierten die jährlichen Populationswachstumsraten mit allen anderen demografischen Parametern (Überleben, Reproduktion und Immigration) signifikant positiv. Die größten Effekte auf die interannuelle Variation in den Populationswachstumsraten hatten die Überlebensraten von Juvenilen und Adulten. Die LTRE Analyse ergab, dass der Unterschied im Populationstrend zwischen den beiden definierten Perioden (1970-1994 und 1995-2016) hauptsächlich durch die veränderten Überlebensraten der Adulten, gefolgt von den Reproduktionsraten, erklärt wird.

Die in dieser Studie im Detail und über lange Zeiträume durchgeführten Erhebungen zur jährlichen Reproduktionsleistung, Nahrungsangebot und -nutzung sowie zur Habitatwahl zeigen eindrücklich, dass es sich bei den gewählten Bruthabitaten durchaus um sehr geeignete Lebensräume handelt. Kornweihen zeigen sich in dieser Studie, neben der Wahl ihrer Nistplätze, auch als relativ flexibel in Bezug auf ein jährlich schwankendes Nahrungsangebot an Kleinsäugetern, insbesondere an Wühlmäusen. Das bestehende Schutzkonzept im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer sowie die Anwendung kurzfristiger und gezielter Einzelmaßnahmen (z.B. Wegesperrung, Zäunung zum Schutz von Neststandorten) können den Schutz von Brutplätzen und Nahrungsgebieten der Kornweihen weitgehend sicherstellen. Die Gründe für den massiven Rückgang der Brutpopulation im Wattenmeer sind demnach weniger im

Wattenmeer selbst mit den dortigen Habitat- und Brutbedingungen als vielmehr in einem deutlichen Rückgang der Überlebensraten sowohl der Jungvögel als auch der Altvögel zu suchen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Das Projekt selbst und dessen Forschungsergebnisse wurden auf verschiedenen Konferenzen, Fachtagungen, Workshops und Seminaren im Rahmen von Vorträgen und Postern vorgestellt. Mehrere Artikelbeiträge wurden in verschiedenen regionalen, überregionalen und nationalen Fachzeitschriften veröffentlicht. Der NDR widmete den Kornweihen im niedersächsischen Wattenmeer und dem „Kornweihen-Projekt“ 2014 einen halbstündigen Beitrag in der Dokumentationsserie „NDR naturnah“.

Die Projektbearbeiterin Nadine Knipping erhielt für ihre Forschungen an Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im September 2016 den Förderpreis der Niedersächsischen Ornithologischen Vereinigung.

Fazit

Für die gesamteuropäische Brutpopulation von Kornweihen bedarf es aber wohl vor allem internationaler Anstrengungen zum Artenschutz, insbesondere auch in Bezug auf eine anzustrebende Verringerung der Mortalität außerhalb der Brutsaison. Die auch im Rahmen dieser Studie offenkundig gewordene komplexe artspezifische Ökologie braucht einen breit gefächerten Ansatz zur Klärung der in ganz Europa schwierigen Bestandssituation dieser Art.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1 Hintergrund	8
1.2 Bestandssituation und Gefährdungsstatus von Kornweihen	8
1.3 Anlass und Zielstellung des Projektes	10
1.4 Fragestellungen	12
2. Untersuchungsgebiet	14
3. Material und Methoden	15
3.1 Reproduktion	15
3.1.1 Erfassung des Brutbestands	15
3.1.2 Bruterfolgsmonitoring.....	15
3.2 Nahrung	20
3.2.1 Gewölleanalyse.....	20
3.2.2 Nestkamera	21
3.2.3 Kleinsäugerfang	23
3.3 Überleben	25
3.3.1 Farbberingungsprogramm.....	25
3.4 Habitatwahl	27
3.4.1 GPS-Logger	27
3.4.2 Satellitentelemetrie.....	31
3.5 Datenanalyse	32
3.5.1 Brutbestandsdaten.....	32
3.5.2 Reproduktionsdaten.....	33
3.5.3 Vergleich des Nahrungsspektrums aus Gewöllen und Nestkameradaten	33
3.5.4 Wühlmausdaten	34
3.5.4 GPS-Logger Daten.....	35
3.5.5 Satellitensender-Daten.....	36
4. Ergebnisse	37
4.1 Bestandstrend, Wachstumsraten	37
4.2 Reproduktionsraten	38
4.3 Verluste von Gelegen und Küken	39

4.4	Nahrungswahl von Kornweihen zur Jungenaufzucht	42
	4.4.1 Nahrungsspektrum in Jungvogel-Gewöllen.....	42
	4.4.2 Nahrungsspektrum von Jungvögeln mittels Erfassung durch Nestkamera.....	43
4.5	Populationsdichte von Wühlmäusen und Einfluss auf Reproduktionsraten von Kornweihen	45
4.6	Raum- und Habitatnutzung adulter Kornweihen-Weibchen (GPS-Sender)	47
4.7	Wanderungsbewegungen und Habitatnutzung junger Kornweihen (Satellitensender)	55
5.	Integriertes Populationsmodell für Kornweihen im Wattenmeer	59
5.1	Herangehensweise	59
5.2	Lebenszyklus-Modell für Wattenmeer-Kornweihen	60
5.3	Modellannahmen	61
5.4	Modellanalyse	61
5.5	Ergebnisse Populationsdynamik	62
6.	Maßnahmen	66
6.1	Nestschutz	66
6.2	Rückbau von Stacheldrahtzäunen	68
6.3	Prädationsmanagement im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer	70
7.	Diskussion und Fazit	72
8.	Öffentlichkeitsarbeit	75
8.1	Veröffentlichungen	75
8.2	Tagungs-, Konferenz- und Seminarbeiträge	76
8.3	Studentische Arbeiten	77
8.4	Medienpräsenz	77
8.5	Auszeichnungen	79
9.	Zusammenfassung	80
10.	Literatur	83

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Brutbestandsentwicklung von Kornweihen (<i>Circus cyaneus</i>) auf den Ostfriesischen Inseln sowie in den Festlandssalzwiesen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer und angrenzender Marschenregionen von 1950-2017. (Daten Nationalpark: NLWKN und Mellumrat e.V. im Auftrag der Nationalparkverwaltung, Wilhelmshaven / Daten Festland: eigene Erfassung).....	9
Abb. 2: Schematischer Aufbau der verschiedenen Projektelemente, auf denen die Entwicklung eines Maßnahmenplanes für ein Kornweihen-Schutzkonzept basiert.....	11
Abb. 3: Aufbau und eingehende Parameter zur Erstellung eines Populationsmodells für die deutsch-niederländische Brutpopulation von Kornweihen auf den West- und Ostfriesischen Inseln im Wattenmeer.....	13
Abb. 4: Untersuchungsgebiet Ostfriesische Inseln mit Salzwiesen entlang der Festlandsküste im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. (Bildquelle: Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer)	15
Abb. 5: Typisches Nisthabitat von Kornweihen auf Borkum in dichten Kriechweidebeständen (<i>Salix repens</i>) in der Nähe von höheren Weidengebüschen (<i>Salix spec.</i>). (Foto: N. Knipping, 04.07.2012)	16
Abb. 6: Typisches Nisthabitat von Kornweihen auf Norderney im „Großen Dünental“ mit lockeren Kriechweidenbeständen (<i>Salix repens</i>), Moorbirkengruppen (<i>Betula pubescens</i>) und nassen Schilfröhricht (<i>Phragmites australis</i>). (Foto: N. Knipping, 06.06.2013)	17
Abb. 7: Typische Nisthabitate von Kornweihen auf Langeoog mit dichten Gebüsch aus Brombeeren (<i>Rubus fruticosus</i>) und Kriechweiden (<i>Salix repens</i>) mit angrenzenden höheren Gebüsch aus Weiden (<i>Salix spec.</i>) und Ebereschen (<i>Sorbus aucuparia</i>) und auf Spiekeroog mit ausgedehnten Sanddorn-Beständen (<i>Hippophae rhamnoides</i>) im unmittelbaren Nestbereich. (Foto: N. Knipping, 13.05.2009 und 30.06.2013)	17
Abb. 8: Typisches Nisthabitat von Kornweihen auf Wangerooge. (Foto: N. Knipping, 03.07.2017).....	18
Abb. 9: Gelege und Jungvögel eines Brutpaares auf Norderney 2012 (Fotos: N. Knipping).....	18
Abb. 10: Gewölle von Kornweihen in verschiedenen Größen sowie aufgelöstes Gewölle in Petrischale (aus: ZEUNER 2011).....	21
Abb. 11: Kamera an einem Nest mit brütendem Weibchen auf Langeoog 2011. (Foto: J. Voskuhl).....	21
Abb. 12: Bild einer Nestkamera mit beutetragendem Weibchen (hier Wühlmaus) und wenige Tage alten Küken auf Norderney 2010.	22
Abb. 13: Fallenquadrat nach SYKORA (1978) als Grundlage zum Aufbau der LONGWORTH-Lebendfallen auf einer Fangfläche. (Foto: M. Dierks)	24
Abb. 14: Untersuchungsmaterial (LONGWORTH-Lebendfallen, Heu, Futter, Markierungsstöcke) für den Lebendfang von Wühlmäusen sowie Position der Fallen auf einer Fangfläche. (Fotos: N. Knipping)	24
Abb. 15: Material und Datenbogen zur Vermessung und Markierung gefangener Wühlmäuse sowie individuelles Fellschnittmuster einer markierten Wühlmaus. (Fotos: N. Knipping)	25
Abb. 16: Farbringschema im Kornweihen-Beringungsprogramm im Rahmen des Projektes	25
Abb. 17: Farbberingte fast flügge Kornweihen aus dem Jahr 2015 aus Nestern auf Norderney,.....	26
Abb. 18: Empfangsnetzwerk (Groundstation Network) und Positionen der einzelnen.....	28
Abb. 19: Anbringung der GPS-Logger auf adulten Kornweihen-Weibchen auf Norderney im Juni 2015. (Fotos: N. Knipping, R. Vohwinkel)	29
Abb. 20: Beispiel für die Aufenthaltsorte des Weibchens mit GPS-Logger Nr. 5126 im Zeitraum 05.-06.07.2015. Die roten Punkte stellen die gespeicherten Positionen des Vogels als GPS-Koordinaten dar. Kartengrundlage: Google Earth	30

Abb. 21: Fast flügge Kornweihen-Weibchen auf Norderney und Spiekeroog im Sommer 2015, ausgerüstet mit einem Satellitensender des ARGOS-Systems (Fotos: N. Knipping, E. Schonart).	31
Abb. 22: Mittlere relative Abundanz von Wühlmäusen (Individuen/100 Fallennächte: Vole Index) auf Langeoog und Norderney in den Jahren 2011 und 2013. Der Vergleich innerhalb eines Jahres ergibt keinen Unterschied im durchschnittlichen Vole Index zwischen den beiden Inseln (Mann-Whitney-U-Test, 2011: n = 12, p = 0,5211; 2013: n = 20, p = 0,7045).....	34
Abb. 23: Beispiel für einen Nahrungsflug eines Kornweihen Weibchens auf Norderney während der Nestphase. Das rote Dreieck markiert den Neststandort, die schwarzen Punkte stellen die erfassten GPS-Positionen des Vogels dar. Bis auf zwei Positionen befanden sich alle im Habitattyp „trockenes Dünengrasland“. (Kartengrundlage: Nationalparkverwaltung Nds. Wattenmeer)	36
Abb. 24: Jährliche Wachstumsraten der Kornweihen-Brutpopulation im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer seit 1990 (inkl. Festlandsbruten der Küstenregion außerhalb des Nationalparks). Eine Wachstumsrate <1 bedeutet dabei eine Abnahme, >1 eine Zunahme des Bestands gegenüber dem Vorjahr. ...	37
Abb. 25: Legedatum von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den	38
Abb. 26: Gelegegröße von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den	39
Abb. 27: Schlupferfolg von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den.....	39
Abb. 28: Bruterfolg von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den	39
Abb. 29: Verlustursachen von Eiern in Kornweihen-Gelegen im Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.	40
Abb. 30: Verlustursachen von Küken aus Kornweihen-Nestern im Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.	40
Abb. 31: Beleg der Prädation eines wenige Tage alten.....	41
Abb. 32: Rupfung eines Kornweihen-Jungvogels in der Nähe des Nestes auf Norderney 2017. Die abgebissenen Federkiele und Bissspuren lassen relativ eindeutig auf einen Fuchs als Prädator schließen. (Fotos: N. Knipping)	41
Abb. 33: Anteilsverteilung der verschiedenen Beutetiergruppe in Gewöllen von Kornweihen-Jungvögeln im Zeitraum 2009-2015 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (n = 237). 43	43
Abb. 34: Anteile verschiedener Beutetiergruppen am Gesamtspektrum eingetragener Beuteobjekte in Kornweihennestern auf den Ostfriesischen Inseln im Zeitraum 2010-2015 während der Jungenaufzucht mittels Einsatz von Nestkameras.	44
Abb. 35: Zusammenhang zwischen den Anteilen (%) von (A) Säugetier- und (B) Vogel-Beuteobjekten in Gewöllen und Nestkameradaten an 15 ausgewählten Kornweihennestern, (Korrelationskoeffizient nach Pearson $r = 0,76$, $p = 0,1331$) (C) Vergleich der relativen Beuteanteile (%) in Gewöllen und von Nestkameradaten. Die Linie entspricht $x=y$	44
Abb. 36: Relative Dichten von Wühlmäusen auf den Ostfriesischen Inseln im Untersuchungszeitraum 2011-2016. Dargestellt ist die jährliche mittlere Anzahl gefangener Individuen pro 100 Fallennächte, Fehlerbalken stellen Standardabweichung dar, n = 20 Fangflächen. (LM: $r^2 = 0,4485$, $F = 3,253$, $df = 4$, $p = 0,1456$)	45
Abb. 37: Anzahl anwesender Kornweihen Weibchen zum Beginn der Brutzeit	46
Abb. 38: Tägliche Reviergrößen (home ranges in m^2) der beiden adulten Kornweihen Weibchen während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding. Die Werte beruhen auf Minimum Convex Polygonen mit 95% aller gemessenen GPS-Positionen des jeweiligen Tages. Panel zeigen die beiden Weibchen in den beiden untersuchten Jahren (2016 nur 5127).	48

Abb. 39: Anzahl von Nahrungsflügen pro Tag der beiden adulten Kornweihen Weibchen während der während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding. Die Daten basieren auf einer Distanz von > 150m vom Nest an mindestens drei aufeinander folgenden Positionen. Dadurch wurde eine mögliche Überrepräsentation von Flügen in der direkten Nestumgebung vermieden.....	49
Abb. 40: Durchschnittlich geflogene Strecke pro Nahrungsflug und Tag der beiden Kornweihen Weibchen während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding. Die Daten basieren auf der kumulierten Flugstrecke zwischen den aufeinanderfolgenden GSP-Positionen während eines Nahrungsfluges.	50
Abb. 41: Maximale Distanz zum Nest während der Nahrungssuche der beiden Kornweihen Weibchen während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding.....	51
Abb. 42: Tägliche Dauer der Nahrungsflüge (Zeit in min, in der sich das jeweilige Weibchen nicht am Nest und im Nestbereich >150m aufhielt) während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding.	52
Abb. 43: Habitatnutzung zur Nahrungssuche im Verhältnis zur Verfügbarkeit der untersuchten Habitattypen während der Brutsaison auf Norderney. Dargestellt sind die prozentualen Anteile in den Jahren 2015 und 2016 der durch die beiden besenderten Weibchen genutzten Habitattypen (10 Kategorien).	53
Abb. 44: Habitatnutzung während der Nahrungssuche, aufgeteilt nach den Brutphasen „Nestling“ und Post-Fledging“ für die beiden besenderten Kornweihen Weibchen in den Jahren 2015 und 2016 bezogen auf die 10 verschiedenen Habitattypen.....	54
Abb. 45: Zugroute von Weibchen „Norderney1“ (Sender-ID 144451), nachdem sie ihre Geburtsinsel Norderney am 14.10.2015 in südwestlicher Richtung verlassen hat. (Kartengrundlage: GoogleEarth).....	55
Abb. 46: Zugroute des jungen Kornweihen Weibchens „Dollart“ (Sender-ID 144454) aus einer Ackerbrut am Dollart nahe der niederländischen Grenze. (Kartengrundlage: GoogleEarth)	56
Abb. 47: Habitatwahl der mit Satellitensendern ausgerüsteten Kornweihen Weibchen während der gesamten Besenderungsphase. Angegeben sind die prozentualen Anteile der von den Individuen genutzten Habitattypen. N fixes gibt die Anzahl der in die Auswertung eingegangenen Positionsdaten der verschiedenen Individuen an. Datenbasis der Habitattypen: CORINE Land Cover 10.	57
Abb. 48: Rast- und Schlafplatzhabitats aller besenderten Kornweihen Weibchen (GPS-Logger und Satellitensender). Dargestellt sind die Anteile an Nächten, die in einem bestimmten Habitat verbracht wurden. Die am stärksten genutzten Habitattypen sind in orange hervorgehoben. Datenbasis der Habitattypen: CORINE Land Cover 10.....	58
Abb. 49: Lebenszyklus der Kornweihe als Basis für das Integrierte Populationsmodell. Kreise repräsentieren die drei Altersklassen: Juvenile n_1 , Immature (Einjährige) n_2 , Adulte (älter als ein Jahr) n_3 , Immigranten (Anzahl der zugewanderten Individuen) I . Pfeile verdeutlichen demografische Prozesse zwischen den Jahren: Überlebenswahrscheinlichkeit s , Geburtsorttreue der Immaturen f , Reproduktionsraten r und Immigration m . Die Anzahl der Juvenilen zum Zeitpunkt $t+1$ wird bestimmt durch den Reproduktionserfolg aller Altersklassen zum Zeitpunkt t , zuvor multipliziert mit ihrer jährlichen Überlebenswahrscheinlichkeit (und Rückkehrwahrscheinlichkeit ins Geburtsgebiet). Gestrichelte Pfeile kennzeichnen Reproduktionsleistungen, ununterbrochene Pfeile kennzeichnen Wechsel der Altersklassen durch Wachstum sowie Zuwanderung.	60
Abb. 50: Bestandsverlauf und Brutpaarschätzungen von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Schwarze Linien stellen Punktschätzungen dar, grauer Bereich die 95% Bayes'sche Konfidenzintervalle. Die schwarzen Punkte sind gezählte Werte.....	62
Abb. 51: Schätzungen der Überlebensraten juveniler, immaturer und adulter Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Schwarze Linien stellen Punktschätzungen dar, graue Bereiche die 95%	

Bayes'sche Konfidenzintervalle. Die rote Linie ist die geschätzte Anpassungskurve („fitted smooth LOESS trend“)	63
Abb. 52: Mittlere jährliche Reproduktionsraten von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Dargestellt sind mittlere Anzahl ausgeflogener Jungvögel pro Weibchen.	64
Abb. 53: Durchschnittliche Immigrationsraten von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Dargestellt ist die Anzahl zugewanderter Weibchen pro Jahr und Insel.	64
Abb. 54: Kornweihen-Nest mit Schutzzaun und bereits beringte und später erfolgreich ausgeflogene Jungvögel auf Norderney, Juli 2017. (Fotos: O. Gent)	66
Abb. 55: Wegesperrung mit Hinweisschild vor dem Dünenübergang an der Ostspitze auf Spiekeroog im Jahr 2016. Hinter dem Dünenübergang befand sich der im Strandhafer liegende Nestbereich der Kornweihen. (Foto: L. Scheller/Nationalparkverwaltung)	67
Abb. 56: Lage der Kornweihen Nestbereiche 2015 und 2016 sowie die Positionen den Wegesperrungen im Bereich der Spiekerooger Ostspitze. (Karte: L. Scheller/Nationalparkverwaltung, Luftbild: GoogleEarth)	67
Abb. 57: Erster Maßnahmenabschnitt zur Umrüstung der vorhandenen Weidezäune von Stachel- in Glattdraht im östlichen Teil des Westerneßmerheller zwischen Hilgenriedersiel und Neßmersiel im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Winterhalbjahr 2015/2016. (Karte: Nationalparkverwaltung)	69
Abb. 58: Zweiter Maßnahmenabschnitt zur Umrüstung der vorhandenen Weidezäune von Stachel- in Glattdraht im westlichen Teil des Westerneßmerheller zwischen Hilgenriedersiel und Neßmersiel im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Winterhalbjahr 2016/2017. (Karte: Nationalparkverwaltung)	69
Abb. 59: Dritter Maßnahmenabschnitt zur Umrüstung der vorhandenen Weidezäune von Stachel- in Glattdraht im Bereich des Speicherbeckens bei Neßmersiel im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Winterhalbjahr 2016/2017. (Karte: Nationalparkverwaltung)	70
Abb. 60: Rückläufige Anzahlen von im Brutgebiet anwesender Weibchen im März/April auf den Wattenmeerinseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer	73
Abb. 61: Presseartikel zum Auftakt des Kornweihen-Projektes im Juni 2013.	78

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Brutpaarbestand von Kornweihen (<i>Circus cyaneus</i>) im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer sowie Anzahl (Anteil %) untersuchter Nester von 2009-2017. (Brutpaare = Anzahl Revierpaare auf Nationalparkflächen sowie in angrenzenden Marschengebieten, Nester = Anzahl untersuchter Gelege im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings)	19
Tab. 2: Übersicht über die im Rahmen des Bruterfolgsmonitoring von 2009-2017 kontrollierten Nester mit jährlichen Angaben zur Anzahl gelegter Eier, Anzahl geschlüpfter Küken sowie zur Anzahl ausgeflogener Jungvögel.	19
Tab. 3: Übersicht über den Probeumfang der Gewöllesammlung aus Kornweihennestern im Zeitraum 2009-2015 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.	21
Tab. 4: Übersicht über den Einsatz von Kameras an ausgewählten Kornweihennestern im Zeitraum 2010-2015. Anzahl der Kreuze gibt die Anzahl der überwachten Nester an.	22
Tab. 5: Übersicht über die Anzahl der befangenen Probeflächen im Zeitraum.....	23
Tab. 6: Datenübersicht der beiden adulten und GPS-besenderten Kornweihen Weibchen von Norderney.	30
Tab. 7: Datenübersicht über die mit Satellitensendern markierten jungen Kornweihen-Weibchen in den Jahren 2015 und 2016. Sender Nr. 1444454 wurde auf zwei Individuen eingesetzt (in der Tabelle mit (1) und (2) gekennzeichnet), da aufgrund des Todes des ersten Vogels der Sender anschließend auf einem anderen Vogel erneut verwendet wurde.	32
Tab. 8: Übersicht über die Ergebnisse der Wühlmaus-Populationsstudie im Untersuchungszeitraum 2011-2016 auf Norderney und Langeoog. Dargestellt ist der sogenannte Vole Index als mittlere relative Dichte von Wühlmäusen pro 100 Falleneinheiten, SD = Standardabweichung.....	45
Tab. 9: Ergebnisse der Linearen Modelle zur Schätzung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Reproduktionsparametern und der jährlichen mittleren relativen Abundanz von Wühlmäusen als bestimmender Faktor. Für keinen der untersuchten Parameter konnte ein signifikanter Einfluss der Wühlmausabundanz ermittelt werden.	46
Tab. 10: Maximale Distanzen zwischen Nest (Ort der Besenderung) und der letzten gespeicherten Position der Satellitensender der fünf jungen Kornweihen Weibchen. Lediglich „Norderney1“ und „Dollart“ verließen das Wattenmeer und zogen in südwestliche Richtung.	57
Tab. 11: Ergebnisse der linearen Regression der Populationswachstumsraten gegen jeden Modellparameter für alle 46 Jahresstufen. Modell $R^2 = 84,1\%$, $p < 0,001$	65
Tab. 12: Ergebnisse der LTRE Analyse für die Kornweihenpopulation im niederländisch-deutschen Wattenmeer. Für jede Modellparameterklasse werden die Schätzungen für die Perioden 1971-1994 (θ_1) und 1995-2016 (θ_2), die Unterschied zwischen den zwei Perioden, die Sensitivität der stochastischen Wachstumsrate auf Veränderungen jeder Parameterklasse (ausgewertet mit allen verfügbaren Datensätzen) sowie der Beitrag jeder Parameterklasse zu den Unterschieden in den Wachstumsraten zwischen den beiden Perioden.....	65

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Greifvögel als langlebige Arten mit vergleichsweise geringen Populationsdichten und niedrigen jährlichen Reproduktionsraten stehen an der Spitze von Nahrungsketten. Dadurch sind sie in erhöhtem Maße von Bestandsrückgängen bedroht (NEWTON 1979, KOVÁCS et al. 2008). Sie kontrollieren Kleinsäugerpopulationen und spielen eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung des Gleichgewichts lokaler Ökosysteme, die sie im Laufe ihres Jahreszyklus aufsuchen (HANSKI et al. 1991, REDPATH & THIRGOOD 1999). Greifvögel gelten als „high-level“-Indikatoren für den Zustand ihrer verschiedenen Jahreslebensräume und sind daher Zielarten im Naturschutzmanagement (SERGIO et al. 2005, DONÁZAR et al. 2016). Vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Abkommen zum Schutz von Greifvogelarten ergibt sich hieraus eine besondere Verantwortung für ihren Schutz (z.B. Bonner Konvention, Raptors MoU – internationale Absichtserklärung zum Schutz von Greifvögeln, EU-Vogelschutzrichtlinie). Untersuchungen zur Populationsdynamik von Greifvogelarten leisten dabei einen wichtigen Beitrag zum Verständnis von Lebensraumansprüchen und zur Interpretation von Bestandsveränderungen im Hinblick auf die Skizzierung effektiver Schutzkonzepte und Managementmaßnahmen (PERRINS et al. 1991, ARROYO & BRETAGNOLLE 2000, SUTHERLAND et al. 2004).

Das internationale Wattenmeer unterliegt seit drei Jahrzehnten einem strengen gesetzlichen Schutz, in Niedersachsen als Nationalpark. Oberstes Ziel ist der Schutz der natürlichen Dynamik dieses Lebensraumes sowie die Minimierung menschlicher Eingriffe und Aktivitäten. Doch trotz der umfassenden Schutzbemühungen in den verschiedenen Lebensräumen (Salzwiesen, Dünen, Strände und Küstengrünland) im Wattenmeer gehen die Bestände von Brutvögeln weiterhin zurück (KOFFIJBERG et al. 2015). Brutvogelarten der Dünen sowie Arten, deren Hauptnahrung aus Wühlmäusen und Vögeln besteht, waren seit 2001 durch besonders starke Bestandsrückgänge betroffen (KOFFIJBERG et al. 2015). Obwohl die Gründe für die beobachteten Verluste nicht hinreichend bekannt sind, sind die Ursachen sehr wahrscheinlich im Zusammenhang mit fortlaufender Habitatdegradation der Dünen, im Mangel an natürlicher Dynamik, in einem gesteigerten Prädationsrisiko sowie mit menschlichen Störungen zu suchen (KOFFIJBERG et al. 2006). Die wattenmeerweiten Erfassungen der Brutpaarzahlen machen zwar Entwicklungen sichtbar, jedoch sind sie nicht dazu geeignet, die ökologischen Ursachen aufzudecken. Hierfür sind weitergehende artenspezifische Detailstudien nötig, um Kausalzusammenhänge aufzudecken (KOFFIJBERG et al. 2016).

1.2 Bestandssituation und Gefährdungstatus von Kornweihen

Kornweihen (*Circus cyaneus*) gehören gegenwärtig zu den seltensten und am stärksten bedrohten Brutvogelarten in Deutschland. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts war diese bodenbrütende Greifvogelart eine der charakteristischen und verbreiteten Brutvogelarten der ausgedehnten Moor- und Heidelandschaften des nordwestdeutschen Tieflandes (TOM DIEK 1938, HECKENROTH & HEINS 1989). Durch eine in weiten Teilen großflächige Zerstörung dieser Lebensräume und weitere großflächige Landschaftsveränderungen durch eine Ausweitung der industriellen Landwirtschaft ist die Kornweihe in ihren ursprünglichen Bruthabitaten im Binnenland nahezu ausgestorben (KRÜGER et al. 2014). Ab den 1950er Jahren gelangen erste Brutnachweise auf den Ostfriesischen Inseln Borkum, Juist, Norderney und Langeoog (HECKENROTH & HEINS 1989, TEMME 1995, GERDES 2000, DIERSCHKE 2008). Von Juist sind gelegentliche Kornweihenbruten bereits aus dem 19. Jahrhundert bekannt (LEEGE 1905), weitere wurden dort für das Jahr 1910 beschrieben (LEEGE 1929, RHEINWALD 1993). Inwiefern die Besiedlung der weitgehend natürlichen Salzwiesen- und Dünenlandschaften der Ostfriesischen

Inseln eine Verlagerung der ehemaligen Brutvorkommen im Binnenland infolge der dortigen weitreichenden Lebensraumverluste darstellt oder ob es sich um eine Besiedlung durch Individuen anderer europäischer Populationen handelte, ist unklar. Da zwischen dem weitgehenden Erlöschen der Binnenlandbestände und der Besiedlung der Ostfriesischen Inseln aber eine zeitliche Lücke von ca. 20 Jahren besteht, ist eine auf Immigration aus anderen europäischen Brutgebieten beruhende Populationsgründung wahrscheinlicher, als eine Umsiedlung vom Binnenland auf die Wattenmeerinseln.

Seit den 1980er Jahren nahm der Brutstand von Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln rasant zu und erreichte 1997 mit 55 Brutpaaren sein Maximum (DIERSCHKE 2008). Seither ist jedoch ein drastischer Bestandsrückgang zu verzeichnen (Abb. 1). So brüteten im Jahr 2001 noch 49 Paare. Mit Beginn dieses Projektes im Jahr 2013 lag der Brutbestand von Kornweihen im niedersächsischen Wattenmeer bei nur noch 18 Paaren (OBERDIEK et al. 2012). Seit dem Bestandsmaximum Ende der 1990er Jahre bis heute liegen die Bestandseinbußen bei 94%.

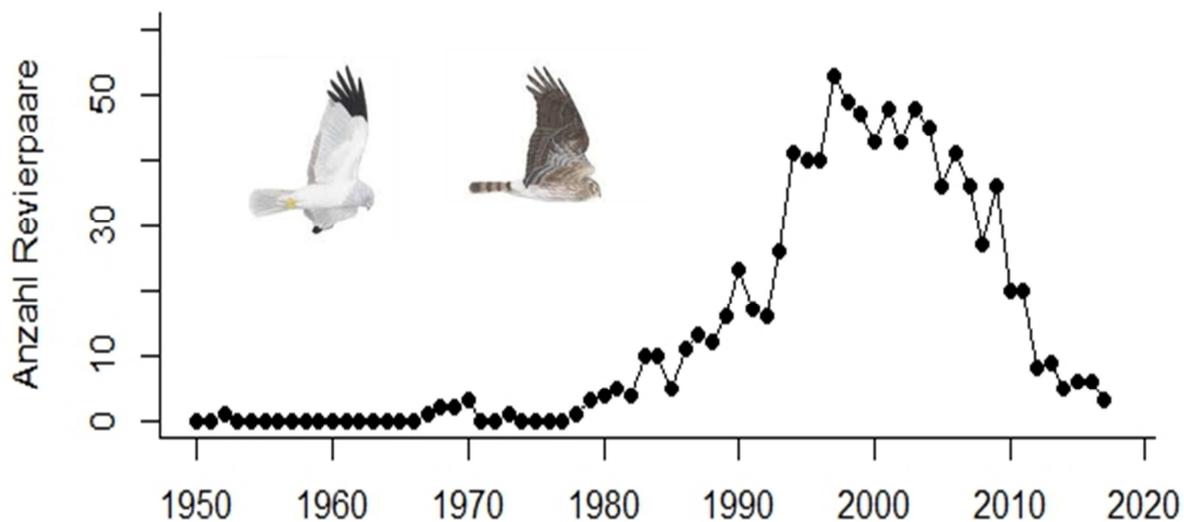


Abb. 1: Brutbestandsentwicklung von Kornweihen (*Circus cyaneus*) auf den Ostfriesischen Inseln sowie in den Festlandssalzwiesen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer und angrenzender Marschenregionen von 1950-2017. (Daten Nationalpark: NLWKN und Mellumrat e.V. im Auftrag der Nationalparkverwaltung, Wilhelmshaven / Daten Festland: eigene Erfassung)

Eine sehr ähnliche Entwicklung zeigte der Brutbestand von Kornweihen in den Niederlanden (KLAASSEN et al. 2006, SOVON 2018). Auch hier lagen die ursprünglichen Brutgebiete dieser Art in den weiten Hochmooren und Heidegebieten im Binnenland. Ab den 1940er Jahren erloschen die niederländischen Brutbestände ebenfalls aufgrund massiver Habitatverluste durch Kultivierung von Mooren und Heiden zu landwirtschaftlichen Zwecken zusehends. Auf den niederländischen Wattenmeerinseln nahm im gleichen Zeitraum die Anzahl brütender Kornweihenpaare deutlich zu. Die Erstbesiedlung der Westfriesischen Inseln erfolgte in den 1960er Jahren, wobei es bis in die 1980er Jahre bei vereinzelt Brutten vor allem auf Ameland und Terschelling blieb (VAN OOSTEN et al. 2008).

Dann folgte, wie im niedersächsischen Wattenmeer, eine rasante Bestandszunahme, die bis in die 1990er Jahre anhielt und 1994 (ca. fünf Jahre eher als auf den Ostfriesischen Inseln) mit ca. 115 Brutpaaren ihr Maximum erreichte (DE BOER et al. 2008). Seitdem befindet sich auch die niederländische Wattenmeer-Brutpopulation in einem dramatisch schnellen Bestandsverlust (KOFFIJBERG et al. 2015, BOELE et al. 2015).

Die größte westeuropäische, jedoch ebenfalls rückläufige Brutpopulation von Kornweihen ist in Frankreich beherbergt (MILLON & BRETAGNOLLE 2004). Darüber hinaus brüten Kornweihen in Finnland. In Großbritannien, vor allem in Schottland und England gingen die Brutpaarzahlen in den letzten 20 Jahren insbesondere aufgrund massiver Bejagung und Verfolgung dramatisch zurück (INNES et al. 2007, HAYHOW et al. 2013). Europaweit werden Kornweihen, trotz rückläufigem Populationstrend insbesondere der westeuropäischen Population, als nicht gefährdet eingestuft (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2018, Species Factsheet). Dies liegt vor allem an den noch stabilen russischen Brutvorkommen, die 70% des gesamteuropäischen Brutbestands ausmachen. Verstärkte Bemühungen zur Schließung von Wissenslücken und zu einem effektiven und nachhaltigen Schutz für bestandsbedrohte Kornweihenpopulationen finden derzeit nur in Großbritannien, zum Teil auf Basis von jungjährigen EU-finanzierten Forschungsvorhaben, statt (<https://www.rspb.org.uk/our-work/conservation/conservation-and-sustainability/safeguarding-species/case-studies/hen-harrier/>).

Kornweihen sind nach europäischem und nationalem Naturschutzrecht geschützt. In der EU-Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 2009/147/EG vom 30. November 2009, Art. 4, Abs. 1) wird die Art in Anhang I (Arten für deren Schutz Maßnahmen ergriffen werden müssen und Schutzgebiete einzurichten sind) geführt. In Deutschland werden Kornweihen nach § 7, Abs. 2, Nr. 13 und § 7, Abs. 2, Nr. 14 Bundesnaturschutzgesetz als besonders geschützte bzw. streng geschützte Art geführt.

Im Zeitraum 1997-2004 wurde in Deutschland noch von einem mittleren Gesamtbrutbestand von 64 Kornweihenpaaren ausgegangen, was der Gefährdungskategorie 2 – stark gefährdet entsprach (SÜDBECK et al. 2007). Aktuell werden Kornweihen hinsichtlich ihres Gefährdungstatus auf der deutschen Roten Liste für Brutvögel in Kategorie 1 – Vom Aussterben bedroht eingestuft (GRÜNEBERG et al. 2015). Niedersachsen bildete jeher einen Verbreitungsschwerpunkt dieser Art in Deutschland (GEDEON et al. 2014). Noch vor 10-15 Jahren wurde hier von einem Brutbestand von 45-50 Paaren ausgegangen, was ca. 75% des gesamtdeutschen Bestandes entsprach (KRÜGER & OLTMANNS 2007). Aktuell wird für Niedersachsen ein Brutbestand von nur noch sieben Kornweihenpaaren angegeben, so dass die Art auf der niedersächsischen Roten Liste in Kategorie 1 – Vom Aussterben bedroht eingeordnet ist (KRÜGER & NIPKOW 2015).

Gegenwärtig konzentriert sich das deutsche und damit das niedersächsische Brutvorkommen von Kornweihen, abgesehen von unregelmäßigen Einzelbruten im niedersächsischen bzw. gesamtdeutschen Binnenland sowie wenigen Bruten auf den Nordfriesischen Inseln, einzig auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (GEDEON et al. 2014). Es ist somit das bedeutendste und einzig (jährlich) regelmäßige Brutvorkommen in Deutschland.

1.3 Anlass und Zielstellung des Projektes

Der Schutz und Erhalt dieser vom Aussterben bedrohten Greifvogelart liegen in besonderer nationaler Verantwortung. Dem Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, EU-Vogelschutzgebiet und Teil des UNESCO Weltnaturerbe Wattenmeer, kommt hierbei eine herausragende nationale wie internationale Bedeutung als Brutgebiet für Kornweihen zu. Im Rahmen der niedersächsischen Strategie zum Arten- und Biotopschutz wurden Prioritätslisten der Arten und Lebensraumtypen mit besonderem Handlungsbedarf erstellt. Kornweihen gehören dabei zur Liste der wertbestimmenden Vogelarten in EU-Vogelschutzgebieten mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen für deren Schutz Vollzugshinweise hinsichtlich naturschutzfachlicher Maßnahmen gegeben werden (NLWKN 2011).

Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Erstellung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, welches auf Grundlage der Kenntnis der zugrundeliegenden populationsdynamischen Prozesse die bestandlimitierenden Faktoren und potenziellen Gefährdungen identifiziert und aus den gewonnenen Informationen Maßnahmen zum Schutz der Kornweihenpopulation im Wattenmeer herleitet (Abb. 2). Die fundierte Beurteilung der kritischen Populationsentwicklung basiert auf der Schließung von Wissenslücken zur Lebensweise von Kornweihen im Jahresverlauf. Hierzu bedarf es eines umfassenden detaillierten ökologischen Verständnisses der Brut- und Nahrungsökologie sowie der Rast- und Überwinterungsökologie von im Wattenmeer brütenden Kornweihen.

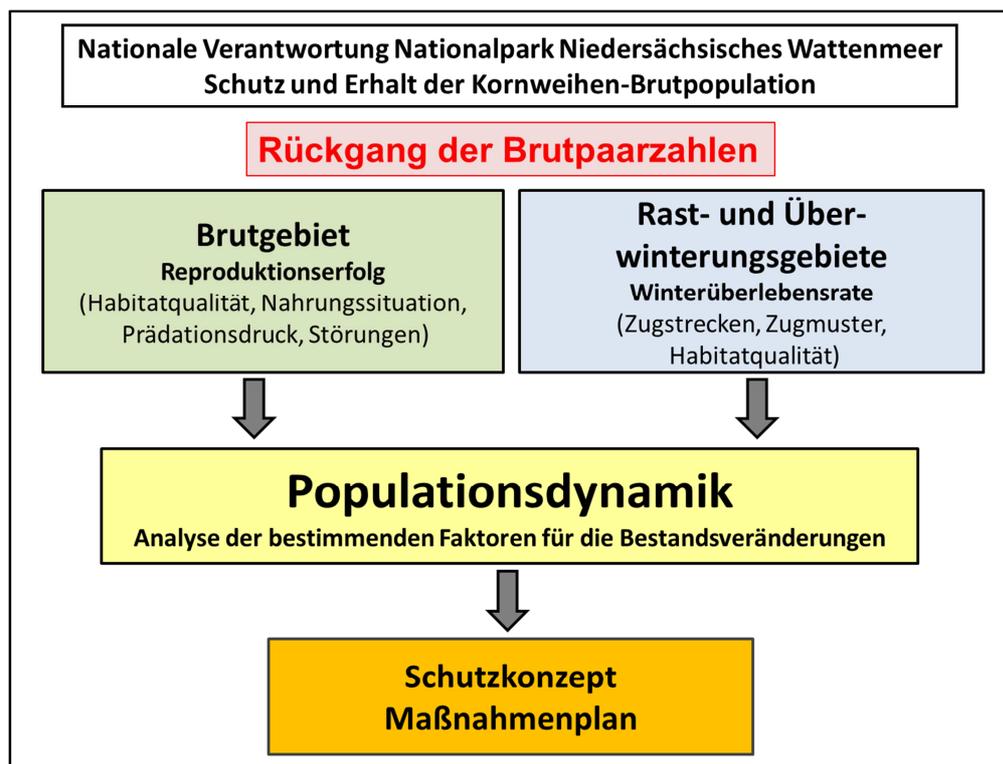


Abb. 2: Schematischer Aufbau der verschiedenen Projektelemente, auf denen die Entwicklung eines Maßnahmenplanes für ein Kornweihen-Schutzkonzept basiert.

Die Ursachen und ökologischen Einflussfaktoren für den massiven Bestandsrückgang der Wattenmeerpopulation von Kornweihen (sowohl auf den West- wie auch auf den Ostfriesischen Inseln) sind bisher nicht hinreichend geklärt. Es ist zu befürchten, dass die für die Kornweihenpopulation überlebenswichtigen Habitate und deren Funktionen nicht mehr den Ansprüchen für eine erfolgreiche Reproduktion genügen. Brut- und Jagdhabitate der Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln gehören zur Kernzone des Nationalparks und unterliegen dem höchsten gesetzlichen Schutz. Oberstes Ziel ist der Schutz der natürlich ablaufenden geologischen, biologischen und ökologischen Prozesse. Notwendige Managementmaßnahmen erfolgen nach ökologischen und naturschutzfachlichen Gesichtspunkten. Daher ist der Populationsrückgang dieser Charakterart der Wattenmeerinseln als außerordentlich kritisch und besorgniserregend anzusehen.

Mögliche Einflussgrößen auf die gegenwärtige Bestandssituation der Kornweihen können begründet sein in (a) dem Managementkonzept in Sommerpoldern, Innengroden, Insel- und Festlandssalzwiesen (z.B. Beweidungs-/Nutzungsintensität, Renaturierungsmaßnahmen), (b) dem Managementkonzept in Dünen (Renaturierung, Küsten-/Inselenschutzmaßnahmen, tlw. Beweidung), (c) der Anwesenheit gebietsfremder (potentieller) Prädatoren von Gelegen und

Küken bodenbrütender Vogelarten (Prädationsmanagement: Igel, Frettchen, Katzen), (d) Vegetationsveränderungen durch verstärkte Gehölzsukzession in Dünentälern auf den Inseln mit rasch fortschreitender Verbuschung bzw. Waldentwicklung und auftretender Austrocknung feuchter Dünentäler (z.T. Folge von Aufforstungsmaßnahmen/Gehölzanzpflanzungen zum Insel-/Küstenschutz, verstärkte Trinkwassergewinnung) sowie (e) in einer steigenden touristischen Nutzung insbesondere der Inseln (Zonierung/Schutzzonen, Wegekonzept). Diese Entwicklungen können möglicherweise das Angebot geeigneter Bruthabitate und Nistplätze wie auch das Vorhandensein geeigneter Nahrungsflächen mit einem entsprechend nutzbaren Nahrungsangebot an Kleinsäugerpopulationen maßgeblich beeinflussen. Darüber hinaus sind die Rast- und Überwinterungsgebiete niedersächsischer Kornweihen ebenfalls nicht hinreichend bekannt. Zugmuster und -strategien, aber auch Habitatangebot und -qualität sowohl in den Durchzugs- wie Wintergebieten können einen entscheidenden Einfluss auf das Überleben und die Rückkehraten der Vögel haben, so dass potentielle Rückgangsursachen und negativ wirkende Faktoren auch außerhalb des Wattenmeer-Brutgebietes liegen können.

1.4 Fragestellungen

Die Einsicht in die Populationsdynamik ist entscheidend für die Einschätzung der gegenwärtigen Bestandssituation von Kornweihen im Wattenmeer und bildet die Grundlage für die Erarbeitung sinnvoller Schutzmaßnahmen. Basierend auf den standardmäßig (nach SÜDBECK et al. 2005) erhobenen jährlichen Brutpaarzahlen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer wurde bereits 2009 ein Bruterfolgsmonitoring für Kornweihen inklusive eines Farbberingungsprogramms initiiert (DIERSCHKE 2007, 2008 unveröff., OBERDIEK & BANGE 2012). Zudem wurden erste Teilstudien zur Nahrungsökologie und Habitatwahl von Kornweihen im Brutgebiet auf den Ostfriesischen Inseln (VOSKUHL et al. 2010, FELDT 2010) durchgeführt. Diese Voruntersuchungen erbrachten erste wichtige Erkenntnisse zur Brut- und Nahrungsökologie, lieferten aber keine abschließende Erklärung für den beobachteten Bestandsrückgang. Die Dokumentation populationsdynamischer Prozesse und deren Einfluss auf die Bestandsentwicklung und Populationszusammensetzung erfordern lange Untersuchungszeiträume mit ausreichender Stichprobengröße. Die Ergebnisse dieser Vorstudien seit 2009 bilden daher eine wichtige Datengrundlage und flossen in alle weiteren Analysen im Rahmen dieses Forschungsprojektes mit ein.

Für das Verständnis der populationsdynamischen Prozesse und der bestimmenden kritischen Einflussgrößen ist die Erstellung eines Populationsmodells für Kornweihen im Wattenmeer von zentraler Bedeutung (Abb. 3). Dieses Modell ermöglicht die Identifikation kritischer Altersstadien innerhalb der Population sowie beeinflussende Umweltprozesse, die die Populationsgröße beschränken. Es bildet die Grundlage für die weitere Entwicklung von Schutz- und Managementmaßnahmen.

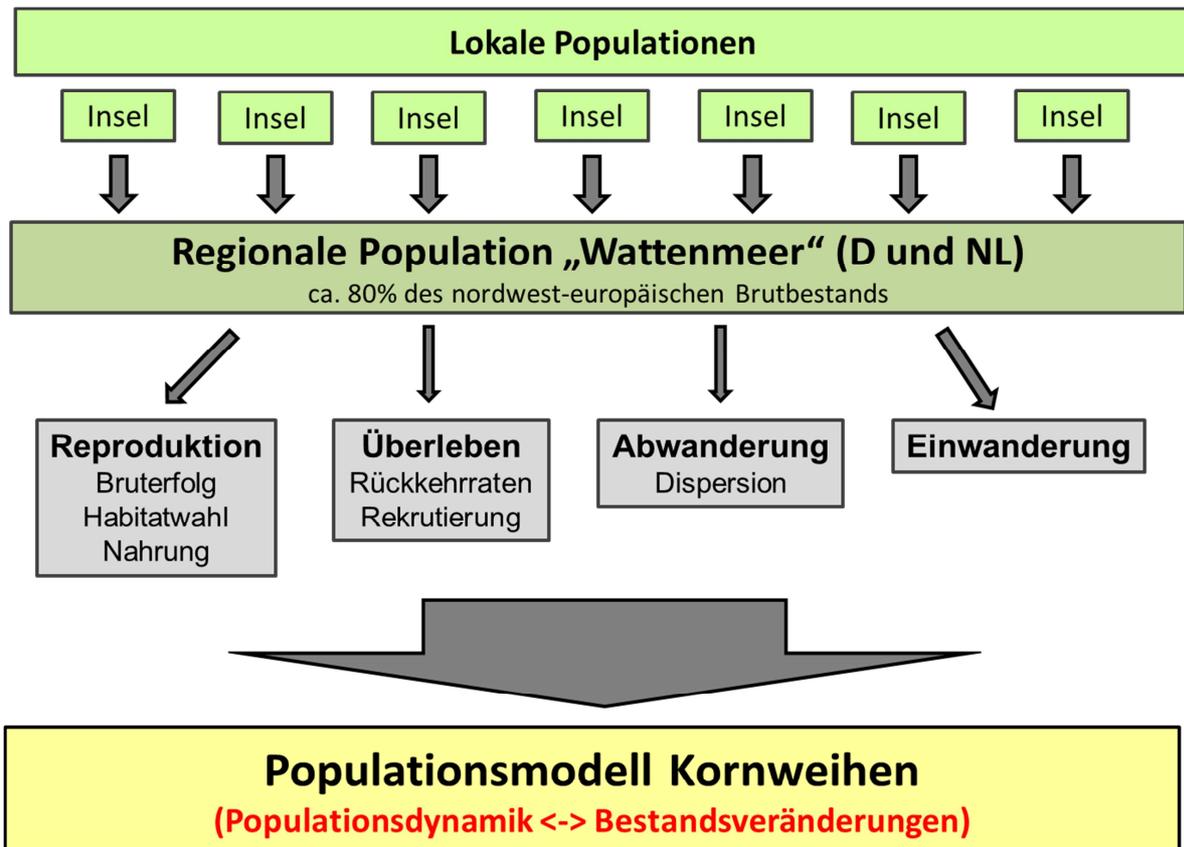


Abb. 3: Aufbau und eingehende Parameter zur Erstellung eines Populationsmodells für die deutsch-niederländische Brutpopulation von Kornweihen auf den West- und Ostfriesischen Inseln im Wattenmeer.

Basierend auf den Daten und erprobten Methoden der Vorstudien (v.a. Farbberingungsprogramm seit 2007, Bruterfolgsmonitoring seit 2009) sowie der langjährig erfassten Brutpaarzahlen wurden in diesem Projekt vier Parameter detailliert untersucht.

Im Einzelnen wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- **Reproduktion**

Wie viele Kornweihenpaare bzw. -weibchen brüten jährlich?

Wie hoch ist die Reproduktionsleistung (Legetermin, Gelegegröße, Schlupf-/Bruterfolg)?

Wie ist das Geschlechterverhältnis der Jungvögel in den Nestern?

Wodurch gehen Bruten verloren und wie hoch ist das Verlustrisiko (z.B. durch Prädation)?

- **Nahrung**

Die Kenntnis nahrungsökologischer Zusammenhänge und deren Konsequenzen für den Reproduktionserfolg, aber auch für Ansiedlungsraten sowie Kondition von Jung- und Altvögeln ist von großer Bedeutung für ein Verständnis der gegenwärtigen Entwicklung der Kornweihenpopulation.

Nahrungswahl

Welches Beutespektrum wählen Kornweihen während der Jungenaufzucht?

Welche Rolle spielen die verschiedenen Beutetiergruppen als Nahrung für Kornweihen?

Nahrungsangebot

Welche Kleinsäugerarten (v.a. Mäuse/Wühlmäuse) kommen auf den Ostfriesischen Inseln vor?

In welchen Habitaten kommen die höchsten Dichten von Wühlmäusen vor?

Wie groß und zeitlich dynamisch sind die Populationsdichten und –zyklen von Wühlmäusen auf den Ostfriesischen Inseln?

Welchen Einfluss haben Populationsdichte, –zyklus und Habitat von Wühlmäusen auf die Nahrungswahl und –verfügbarkeit und damit auf die jährliche Reproduktionsleistung von Kornweihen?

- **Überleben**

Wie hoch ist die jährliche Überlebensrate von Kornweihen verschiedener Altersgruppen (juvenil, immatur, adult)?

Wie hoch sind Geburtsortstreue bzw. jährliche Dispersionsraten der Jungvögel?

Wie hoch ist die jährliche Brutplatztreue?

Wie hoch ist der Anteil an Individuen, die aus der Wattenmeerpopulation abwandern?

Wie hoch ist der Anteil an Individuen, die in die Wattenmeerpopulation einwandern?

- **Habitatwahl**

Wie stellt sich die Raumnutzung adulter Kornweihen im Brutgebiet dar?

Wo befinden sich die aufgesuchten Nahrungshabitats?

Welche Habitats werden auf den Inseln/am Festland bevorzugt zur Nahrungssuche genutzt?

2. Untersuchungsgebiet

Das Wattenmeer bildet mit seinen weltweit größten zusammenhängenden Wattflächen sowie den vorgelagerten Barriereinseln und Festlandsalzwiesen ein einzigartiges Ökosystem, in dem die natürlichen dynamischen Prozesse weitgehend ungestört ablaufen (REISE et al. 2010). Es ist die Grundlage für eine außergewöhnlich große Vielfalt an Arten- und Lebensgemeinschaften, die gekennzeichnet ist durch ihr hohes Maß an ökologischer Anpassungsfähigkeit. Als eines der wichtigsten internationalen Feuchtgebiete (Ramsar-Konvention) ist das Wattenmeer nicht nur ein unersetzlicher Trittstein für Millionen Zugvögel zwischen den arktischen Brutgebieten in Skandinavien, Sibirien und Nordamerika und den westeuropäischen und westafrikanischen Überwinterungsgebieten, sondern auch von herausragender Bedeutung für eine Vielzahl gefährdeter Brutvogelarten. Aufgrund seiner einmaligen Vielfalt an Tier- und Pflanzenarten sowie Lebensraumtypen ist der niedersächsische Teil des Wattenmeeres im Jahr 1986 als Nationalpark unter Schutz gestellt worden. Heute umfasst dieser eine Fläche von 345.000 ha. Darüber hinaus ist das niedersächsische Wattenmeer als FFH- und EU-Vogelschutzgebiet Teil des europäischen Schutzgebietssystems NATURA 2000 (92/43/EEC). Mit der Anerkennung des Wattenmeeres als UNESCO Weltnaturerbe im Juni 2009 wurde der weltweiten Einzigartigkeit dieses Ökosystems besondere Rechnung getragen.

Die Inselkette entlang der niedersächsischen Festlandsküste weist mit ihren Salzwiesen, Küstendünen und feuchten Dünentälern spezielle und vor allem natürliche Lebensräume auf, die in Europa selten vorkommen, weitgehend ungestört den natürlichen geologischen und biologischen Prozessen unterliegen und daher von außerordentlichem internationalem Naturschutzwert sind, was sich auch in der Ernennung als UNESCO Weltnaturerbe im Jahr 2009 niedergeschlagen hat (Cwss 2008). Aus naturschutzfachlicher Sicht sind diese größtenteils natürlichen und ungenutzten Lebensräume für Kornweihen extrem wertvoll, da sie letzte Rückzugsräume für diese bedrohte Greifvogelart bilden, die in weiten Teilen an der Küste und vor allem im Binnenland als Brutvogel verschwunden ist (KRÜGER & NIPKOW 2015). Ange-

sichts des Vorkommens bedeutender Populationsanteile der Kornweihe auf den Ostfriesischen Inseln wird die Inselkette als Brutgebiet von nationaler Bedeutung für die Art eingestuft (BEHM & KRÜGER 2013, NLWKN 2017).

Das Untersuchungsgebiet umfasst alle Ostfriesischen Inseln sowie die Salzwiesenbereiche entlang der ostfriesischen Festlandsküste, am Jadebusen und am Dollart (Abb. 4). Im Fokus der Untersuchungen stehen die bewohnten Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge.



Abb. 4: Untersuchungsgebiet Ostfriesische Inseln mit Salzwiesen entlang der Festlandsküste im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. (Bildquelle: Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer)

3. Material und Methoden

3.1 Reproduktion

3.1.1 Erfassung des Brutbestands

Jährliche Angaben zur Größe des Kornweihenbrutbestands liefern die Basisinformation im Hinblick auf die Ableitung von Bestandstrends. In enger Zusammenarbeit und Koordination mit den Freiwilligen des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Betriebsstelle Norden-Norderney (NLWKN) und des Mellumrat e.V. sowie den hauptamtlichen Rangern der niedersächsischen Nationalparkverwaltung erfolgte die jährliche Ermittlung der Brutpaarzahlen von Kornweihen auf allen Ostfriesischen Inseln und in den Salzwiesen entlang der Festlandsküste (vgl. Abb. 3). Ab Mitte April wurde die Anzahl anwesender Kornweihen bzw. die Beobachtung von revierbesetzenden Paaren nach den methodischen Vorgaben von SÜDBECK et al. (2005) erfasst und nach Abschluss der Feldarbeiten im Hinblick auf die Anzahl der Revierpaare bzw. die Anzahl der brütenden Weibchen ausgewertet.

3.1.2 Bruterfolgsmonitoring

Das Bruterfolgsmonitoring an Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer wurde nach einer Pilotphase in den Jahren 2007 und 2008 (DIERSCHKE 2007, 2008) als Standardmethode ab 2009 im Rahmen dieses Projektes etabliert und dient der Dokumentation der jährlichen Reproduktionsleistung anhand von Legedatum, Gelegegröße, Schlupferfolg (Anzahl geschlüpfter Küken pro Nest) und Bruterfolg (Anzahl flügger Jungvögel pro Nest).

Nach Ankunft der Kornweihen im Brutgebiet, der Revierbesetzungsphase und der Feststellung besetzter Brutreviere wurden ab Anfang Mai möglichst viele Neststandorte von Kornweihen durch Beobachtungen brutverdächtiger Altvögel (z.B. Balzflüge, Futterübergaben, warnende Altvögel) lokalisiert (SÜDBECK et al. 2005). Die Suche der Nester wurde unterstützt von den Freiwilligen des NLWKN, des Mellumrat e.V. und den Rangern der Nationalparkverwaltung. Bei Fund eines Nestes wurde der jeweilige Standort mit einem GPS-Gerät eingemessen, die Gelegegröße (Anzahl Eier) bzw. Brutgröße (Anzahl Küken) erfasst, die dominante Vegetation am Nest aufgenommen sowie das Nest und die Umgebung fotografisch dokumentiert (Abb. 5-8).



Abb. 5: Typisches Nisthabitat von Kornweihen auf Borkum in dichten Kriechweidebeständen (*Salix repens*) in der Nähe von höheren Weidengebüschen (*Salix spec.*). (Foto: N. Knipping, 04.07.2012)



Abb. 6: Typisches Nisthabitat von Kornweihen auf Norderney im „Großen Düental“ mit lockeren Kriechweidenbeständen (*Salix repens*), Moorbirkengruppen (*Betula pubescens*) und nassen Schilfröhrichten (*Phragmites australis*). (Foto: N. Knipping, 06.06.2013)



Abb. 7: Typische Nisthabitate von Kornweihen auf Langeoog mit dichten Gebüsch aus Brombeeren (*Rubus fruticosus*) und Kriechweiden (*Salix repens*) mit angrenzenden höheren Gebüsch aus Weiden (*Salix spec.*) und Ebereschen (*Sorbus aucuparia*) und auf Spiekeroog mit ausgedehnten Sanddorn-Beständen (*Hippophae rhamnoides*) im unmittelbaren Nestbereich. (Foto: N. Knipping, 13.05.2009 und 30.06.2013)



Abb. 8: Typisches Nisthabitat von Kornweihen auf Wangerooge. (Foto: N. Knipping, 03.07.2017)

Im Anschluss folgten im 7-10-tägigen Rhythmus Nestkontrollen bis zum Ausfliegen der Jungvögel. Dabei wurde das Schicksal der Gelege (aktiv oder Verlust) dokumentiert, die Anzahl der Eier und Küken/Jungvögel zur Bestimmung der Brutgröße und des Schlupferfolges aufgenommen (Abb. 9) sowie der Beringungsstatus der anwesenden Altvögel erfasst.



Abb. 9: Gelege und Jungvögel eines Brutpaares auf Norderney 2012 (Fotos: N. Knipping)

Die Jungvögel können ab Beginn der Flugfähigkeit bis zu vier Wochen mit den Weibchen in der Umgebung der Nester bleiben und nutzen diese teilweise noch als nächtlichen Schlafplatz (WATSON 1977, GLUTZ v. BLOTZHEIM 1989). Daher wurden die Kontrollen auch nach dem Ausfliegen der Jungvögel (ab ca. Mitte Juli bis Mitte August) weitergeführt, um den tatsächlichen Ausfliegeerfolg der Bruten zu ermitteln.

Tab. 1: Brutpaarbestand von Kornweihen (*Circus cyaneus*) im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer sowie Anzahl (Anteil %) untersuchter Nester von 2009-2017. (Brutpaare = Anzahl Revierpaare auf Nationalparkflächen sowie in angrenzenden Marschengebieten, Nester = Anzahl untersuchter Gelege im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings)

Jahr	Brutpaare gesamt	Nester (Anteil in %)
2009	36	22 (61,1)
2010	20	12 (60,0)
2011	18	13 (72,2)
2012	8	6 (75,0)
2013	9	4 (44,4)
2014	5	5 (100,0)
2015	6	5 (83,3)
2016	6	3 (50,0)
2017	3	3 (100,0)
gesamt	111	73 (65,8)

Von 2009-2017 wurden im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings insgesamt 73 Nester von Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer und in angrenzenden Marschengebieten gefunden und untersucht (Tab. 1). Nester am Festland konnten nur in den Jahren 2009 sowie in 2015 und 2016 festgestellt werden. Von den 73 Nestern befanden sich 65 auf den Ostfriesischen Inseln und sechs am Festland. Während Brutnachweise auf den Ostfriesischen Inseln in allen Untersuchungsjahren erbracht werden konnten, waren die Nestfunde am Festland auf die Jahre 2009, 2015 und 2016 beschränkt. Vier dieser sechs Festlandsnester befanden sich 2009 in den Oberen Salzwiesen im südlichen Jadebusen, im Norderland zwischen Neßmersiel und Hilgenriedersiel sowie im Bereich der Mittelplate in der Leybucht im Gebiet des Nationalparks. Darüber hinaus konnte im Jahr 2015 eine Brut in einer intensiv genutzten Grünlandfläche (Neueinsaat) südlich des Ems-Jade-Kanals nahe der Ortschaft Gödens an der Landkreisgrenze Wittmund /Friesland festgestellt werden. 2016 wurde ein

Nest in einem Weizenfeld im Rheiderland nahe der Landesgrenze zu den Niederlanden gefunden. Die am Festland genutzten Bruthabitate unterschieden sich im Hinblick auf Vegetation, landwirtschaftliche Nutzung und Prädationsdruck deutlich von den Inselnestern und wurden daher bei allen weiteren Auswertungen zum Reproduktionserfolg sowie zur Nahrungsökologie ausgenommen.

Im Untersuchungszeitraum von 2009-2017 wurden von den insgesamt 101 Brutpaaren auf den Ostfriesischen Inseln 67 Nester im Rahmen des Bruterfolgmonitorings regelmäßig kontrolliert. In diesen 67 Gelegen wurden insgesamt 236 Eier gefunden, aus denen 160 Küken (68%) schlüpften. Von diesen wurden 112 flügge, was einem Anteil von 70% entspricht (Tab. 2). Die Daten bilden die Grundlage für die Ermittlung der jährlichen Reproduktionsraten.

Tab. 2: Übersicht über die im Rahmen des Bruterfolgsmonitoring von 2009-2017 kontrollierten Nester mit jährlichen Angaben zur Anzahl gelegter Eier, Anzahl geschlüpfter Küken sowie zur Anzahl ausgeflogener Jungvögel.

Jahr	Brutpaare gesamt	Nestfunde	Anzahl Eier	Anzahl geschlüpfter Küken	Anzahl ausgeflogener Jungvögel
2009	29	18	67	52	34
2010	20	12	42	28	26
2011	18	13	49	26	14
2012	8	6	20	15	11
2013	9	4	9	7	5
2014	5	5	18	9	3
2015	4	4	14	12	10
2016	5	2	7	5	4
2017	3	3	10	6	5
gesamt	101	67	236	160	112

3.2 Nahrung

3.2.1 Gewölleanalyse

Die Erfassung des Beutespektrums von Kornweihen, welches sie für die Aufzucht und Fütterung der Jungen in die Nester eintrugen, erfolgte anhand von Gewölleuntersuchungen (MARTI et al. 2007). Die Gewölle wurden während der regelmäßigen Kontrollen aus den Nestern gesammelt. Da Kornweihen Weibchen Nahrungsreste und Gewölle regelmäßig aus den Nestern entfernen, war es Zufall, ob bei einer Nestkontrolle Gewölle im Nest vorhanden waren. Diese wurden dann für die weitere Analyse entnommen und im Labor der AG Landschaftsökologie, Universität Oldenburg weiter analysiert. Zur Zerlegung der Gewölle in die Einzelbestandteile wurden sie in einer Petrischale mit warmem Wasser eingeweicht (Abb. 10). Mit Hilfe von Pinzetten wurden vorhandene Knochen- und Schädelreste, die sich oft am Boden abgesetzt hatten, sowie Kleinstgefieder von Haaren separiert und getrocknet. Für die Bestimmung der Kleinsäuger wurde neben einem Binokular ein digitaler Messschieber zur Vermessung der Länge von Zahnreihen verwendet.

Kleinsäuger, insbesondere Echte Mäuse (Murinae), Wühlmäuse (Arvicolinae) und Hasenartige (Lagomorpha) wurden anhand vorhandener Zähne bzw. Zahnreihen in Unter- oder Oberkiefer mit Hilfe der Bestimmungsschlüssel von JENRICH et al. (2010) und TURNI (1999), sowie durch den Vergleich mit Abbildungen der Zahnreihen aus NIETHAMMER et al. (1978), identifiziert. In Zweifelsfällen wurde eine Vergleichssammlung herangezogen. Die Anzahl vorhandener Kleinsäuger in einem Gewölle wurde nach der Anzahl rechter bzw. linker Unterkiefer und der Oberschädel festgelegt. Für den Fall, dass ein Gewölle ausschließlich aus Fell, Knochenresten, Krallen oder Zehen bestand bzw. eine Kombination dieser Bestandteile vorlag, war nur eine Bestimmung als Nagetier pro Gewölle möglich. Die Wahrscheinlichkeit, dass es sich bei der groben Zuordnung zur Gruppe der Nagetiere ebenfalls um eine Wühlmaus handelte, ist aufgrund des Fehlens anderer Nagetierarten auf den Ostfriesischen Inseln als potentielle Beute für Kornweihen äußerst gering. Zwar gehen Kornweihen auch am Festland auf Nahrungssuche, wo das Artenspektrum an Nagetieren durchaus größer sein könnte. Die Knochenreste in den Gewölle junger Kornweihen ergaben jedoch ausschließlich eine Zuordnung zu Feldmäusen, so dass die Wahrscheinlichkeit als sehr gering betrachte werden kann, dass andere Wühlmausarten ausschließlich nur noch als Haarreste in den Gewölle zu finden sind. Daher wurden Nagetiere bei der Darstellung der Beutetiergruppen als Wühlmäuse gewertet. Da Kornweihen ihre Beute auch am Festland jagen, wären zwar auch andere Kleinvogelreste, wie beispielsweise Teile des Brustbeines, Laufknochen mit Krallen und Schnabelreste, sowie Federn oder Kleinstgefieder in einem Gewölle dienen als Nachweis für einen Vogel. Sofern möglich, wurden die Federn auf Art- bzw. Familienniveau bestimmt. Die Analyse von Greifvogelgewölle ist im Gegensatz zur Analyse von Eulengewölle generell schwieriger, da die Magensäfte der Greifvögel die für die Artbestimmung notwendigen Knochenreste der Beute sehr gut zersetzen (MÄRZ 2007).

Die Grundlage für die Analyse des Nahrungsspektrums junger Kornweihen bilden insgesamt 237 aus bekannten Nestern eingesammelte Gewölle von nicht flüggen Kornweihen aus den Jahren 2009 bis 2015 (Tab. 3). Dabei ist die Zahl der Gewölle sowohl pro Jahr als auch pro Insel sehr unterschiedlich. Sie war abhängig vom Vorkommen bekannter Brutarten einerseits und davon, ob das zugehörige Weibchen vor einer Nestkontrolle das Nest zufällig gerade gereinigt hatte oder nicht. Die meisten Gewölle wurden auf Norderney gesammelt.



Abb. 10: Gewölle von Kornweihen in verschiedenen Größen sowie aufgelöstes Gewölle in Petrischale (aus: ZEUNER 2011)

Tab. 3: Übersicht über den Probeumfang der Gewöllesammlung aus Kornweihennestern im Zeitraum 2009-2015 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.

Jahr	Borkum	Norderney	Langeoog	Spiekeroog	Wangerooge	gesamt
2009	21	13	1	1	0	36
2010	6	16	10	0	0	32
2011	0	34	40	0	0	74
2012	1	20	0	0	10	31
2013	0	20	0	0	8	28
2014	0	3	0	0	15	18
2015	0	18	0	0	0	18
gesamt	28	124	51	1	33	237

3.2.2 Nestkamera

Zusätzlich zur Gewölleanalyse wurde die Nahrungswahl von Kornweihen zur Jungenaufzucht auch mit Hilfe von Nestkameras untersucht. Dazu wurden automatische Kameras (Moultrie Feeders, GameSpy i60) an ausgewählten Nestern jeweils im Zeitraum von Mitte Mai (zum Schlupf der Küken) bis Ende Juli (nach dem Ausfliegen der Jungvögel) positioniert (Abb. 11). Die Kameras reagieren tagsüber wie nachts über einen internen Bewegungsmelder (nachts mit Infrarotblitz) und lösen bei Bewegung im fokussierten Bereich des Nestes aus. Es wurden Bildreihen von bis zu neun Bildern pro Auslösung aufgenommen. Die Bilder wurden auf SD-Karten gespeichert. Bei jeder Nestkontrolle erfolgten das Auswechseln der SD-Karte sowie eine Kontrolle



Abb. 11: Kamera an einem Nest mit brütendem Weibchen auf Langeoog 2011. (Foto: J. Voskuhl)

des Batteriestatus und ggf. ein Batteriewechsel. Sämtliche Bilddaten wurden komplett durchgesehen. Jedes Bild wurde entsprechend der aufgenommenen Aktion (z.B. Weibchen anwesend, Küken allein im Nest, Weibchen fütternd etc.) codiert. Bei jeder festgestellten Fütterung wurde das Beuteobjekt auf Gruppenniveau (Wühlmäuse, Echte Mäuse, Kaninchen, Singvogel, Nicht-Singvogel, unbekannt etc.) bestimmt. Eine Bestimmung auf Artniveau insbesondere der Mäuse war aufgrund der Kameraperspektive und Bildqualität in den meisten Fällen nicht möglich. Im Zeitraum von 2010-2015 wurden insgesamt 15 Kornweihenbruten mit Nestkameras ab dem Schlupf der Küken überwacht (Tab. 4). Auf Norderney wurden die meisten Bruten mit Nestkameras ausgestattet.

Tab. 4: Übersicht über den Einsatz von Kameras an ausgewählten Kornweihennestern im Zeitraum 2010-2015. Anzahl der Kreuze gibt die Anzahl der überwachten Nester an.

Jahr	Borkum	Norderney	Langeoog	Spiekeroog	Wangerooge
2010	X	XX		X	
2011		XXX	XX		
2012		XX			X
2013					
2014					X
2015		XX			

Die Kameras produzierten insgesamt 198672 Bilddaten. Auf dem Großteil der Bilder (86,7%) ist entweder das Weibchen anwesend (brütend oder hudernd) am Nest zu sehen oder die Küken sind alleine im Nest. Lediglich 16154 Bilder (8,3%) zeigen Fütterungsereignisse (Abb. 12). Dies entspricht jedoch nicht der realen Anzahl an dokumentierten Fütterungen, da die Serienbildeinstellung der Kameras in der Regel mehr als ein Bild pro Fütterungsereignis produzierten. Die Weibchen bringen pro Fütterung immer nur ein Beuteobjekt an die Küken ins Nest. Daher ist die Anzahl der dokumentierten Beuteobjekte gleichzusetzen mit der Anzahl an Fütterungen. 899 Fütterungsereignisse konnten so im Zeitraum von 2010-2015 in den 15 kameraüberwachten Nestern dokumentiert und die Art des Beuteobjektes bestimmt werden.



Abb. 12: Bild einer Nestkamera mit beutetragendem Weibchen (hier Wühlmaus) und wenige Tage alten Küken auf Norderney 2010.

3.2.3 Kleinsäugerfang

Kornweihen sind typische Kleinsäugerprädatoren, wobei Wühlmäuse (Arvicolinae) den Hauptbestandteil der Nahrung bilden (MEBS 2012). Das zeigen auch Ergebnisse aus Vorstudien zu diesem Projekt (ZEUNER 2011, VOSKUHL 2012). Die Teilstudie zur Populationsdichte von Kleinsäufern als Nahrungsgrundlage für Kornweihen während der Brutzeit bezieht sich daher im Wesentlichen auf Wühlmäuse, sodass Kleinsäuger im Folgenden mit Wühlmäusen gleichzusetzen sind.

Basierend auf den Methoden und Ergebnissen der Voruntersuchungen zu dieser Teilstudie erfolgte die Erfassung von Wühlmäusen qualitativ wie quantitativ in fünf zuvor definierten Habitattypen Extensives Grünland (EGL), Feuchtes Düental (FDT), Graudünen-Grasflur (GGF), Küstendünen-Heide (KDH) und Obere Salzwiese (OSW). Basierend auf der Vegetationstypologie des Trilateralen Monitoring und Assessment Programms (TMAP) (PETERSEN et al. 2014) wurden mehrere Vegetationstypen/-ausprägungen eines Wattenmeerlandchaftstyps zu verschiedenen Habitattypen zusammengefasst. Der Habitattyp Extensives Grünland umfasst dabei die eingedeichten, als Wiesen und Weiden genutzten Grünländer. Zum Habitattyp Feuchtes Düental gruppieren sich insbesondere Gebüsche (z.B. Weiden *Salix spec.*, Gagelstrauch *Myrica gale*, Kriechweiden *Salix repens*) sowie Schilfröhrichte (*Phragmites australis*) und Seggenbestände (u.a. *Carex trinervis*, *Schoenus nigricans*, *Calamagrostis epigejos*) in den feuchten Senken der Dünen. Die großflächigen und ausgedehnten trockenen Dünengebiete mit Strandhafer (*Ammophila arenaria*) als dominante Art wurden dem Habitattyp Graudünen-Grasflur zugeordnet. Dünenbereiche mit typischer Heidevegetation aus Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) und Besenheide (*Calluna vulgaris*) wurden zum Habitattyp Küstendünen-Heide zusammengefasst. Der Habitattyp Obere Salzwiese umfasst alle höher gelegenen Bereich der Salzwiesen u.a. mit großen Bereichen von Rotschwengel (*Festuca rubra*), Strandquecke (*Elytrigia atherica*) und Strandbeifuß (*Artemisia maritima*). Die Auswahl der Habitattypen orientierte sich an den bevorzugten Jagd- und Bruthabitaten von Kornweihen (SCHRÖDER et al. 2010, FELDT 2010). Darüber hinaus deckten die ausgewählten Habitattypen ein breites Spektrum an typischen Primär- und Sekundärbiotopen der Düneninseln ab.

Der Kleinsäugerfang erfolgte auf den Inseln Norderney und Langeoog in den Jahren 2011-2016 in den oben genannten Habitattypen. Die Anzahl der befangenen Probeflächen variierte im Untersuchungszeitraum (Tab. 5). Grund dafür war zum einen die personelle Besetzung durch Studierende der Uni Oldenburg, die im Rahmen ihrer Bachelor- oder Masterarbeiten verschiedene Fragestellungen im Zusammenhang mit Kleinsäugervorkommen auf den untersuchten Inseln bearbeiteten und dadurch die unterschiedliche Anzahl an Fangflächen zustande kam. Dies war insbesondere im Jahr 2011 der Fall, als die Populationsstudie an Kleinsäufern begonnen wurde. Zum anderem ließ das teilweise Vorkommen von störungsempfindlichen Brutvogelarten und deren zeitliches Brutgeschehen auf oder in der Nähe der Probeflächen den Kleinsäugerfang aus Schutzgründen nicht in jedem Jahr auf allen Probeflächen zu. Pro Habitattyp wurden auf jeder Insel grundsätzlich jedoch zwei Fangflächen ausgewählt.

Tab. 5: Übersicht über die Anzahl der befangenen Probeflächen im Zeitraum 2011-2016 auf den Inseln Norderney und Langeoog

	Anzahl befangener Probeflächen					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Norderney	6		10	10	10	9
Langeoog	8	8	10			

Die quantitative Erfassung folgte der „Gießener Standardmethode“ nach BOYE & MEINIG (1996). Der Fangflächenaufbau orientierte sich an der „Quadratmethode“ nach SYKORA 1978, so dass auf einer Fläche von 50x50 m mit 64 Longworth-Lebendfallen mittels Fang-Markierung-Wieder-fang-Methodik Kleinsäuger, vor allem Wühlmäuse gefangen und deren Individuenzahlen erfasst wurden (Abb. 13). Die Fallen wurden vorzugsweise an vorhandenen Baueingängen, Zwangspässen, Lauf- und Fraßgängen, Nahrungs- und Kotplätzen sowie an Vegetations- und Strukturübergängen positioniert über die Fangflächen verteilt. Zum Schutz der gefangenen Tiere vor Überhitzung durch Sonneneinstrahlung wurden die Fallen mit Vegetation von vor Ort abgedeckt. Die Nestboxen der Fallen enthielten Heu als Nistmaterial sowie Apfelstücke und Müsli zur Nahrungs- und Flüssigkeitsversorgung (Abb. 14).

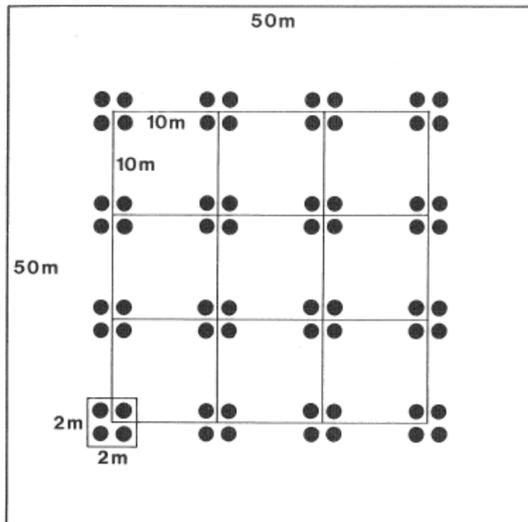


Abb. 13: Fallenquadrat nach SYKORA (1978) als Grundlage zum Aufbau der LONGWORTH-Lebendfallen auf einer Fangfläche. (Foto: M. Dierks)

Im Zeitraum von Anfang Mai bis ca. Mitte Juli eines jeden Untersuchungsjahres wurde jede Probefläche einmal befangen. Eine Fangperiode umfasste 3 x 24 Std. (3 Tage und Nächte), in der die Fallen drei Mal täglich (Sonnenaufgang, mittags, Sonnenuntergang) kontrolliert wurden. Bei jeder Kontrolle wurden die gefangenen Individuen auf Art, Geschlecht und Alter bestimmt. Weiterhin wurden verschiedene Körpermaße sowie das jeweilige Gewicht gemessen. Um jedes Tier bei einem Wiederfang individuell erkennen zu können, wurden mit einer Schere Deckhaare nach einem vorher bestimmten Markierungsschema entfernt (SCHRÖPFER 1988, KNIPPING et al. 2014, Abb. 15). Diese individuellen Fellschnittmuster stellen eine vorübergehende Markierung dar, die die Tiere in keiner Weise beeinträchtigt.



Abb. 14: Untersuchungsmaterial (LONGWORTH-Lebendfallen, Heu, Futter, Markierungsstöcke) für den Lebendfang von Wühlmäusen sowie Position der Fallen auf einer Fangfläche. (Fotos: N. Knipping)

Die Berechnung des Vole Index als Vergleichswert für die mittlere relative Abundanz basiert auf insgesamt 665 Erstfängen der drei nachgewiesenen Wühlmausarten Erdmaus (*Microtus agrestis*), Feldmaus (*Microtus arvalis*) und Rötelmaus (*Myodes glareolus*) auf allen Fangflächen in den fünf Habitattypen im gesamten Untersuchungszeitraum.



Abb. 15: Material und Datenbogen zur Vermessung und Markierung gefangener Wühlmäuse sowie individuelles Fellschnittmuster einer markierten Wühlmaus. (Fotos: N. Knipping)

3.3 Überleben

3.3.1 Farbberingungsprogramm

Mit Hilfe der individuellen Kennzeichnung von Kornweihen werden durch Wiederfunde dieser Vögel sowohl im Brutgebiet als auch in den Rast- und Überwinterungsgebieten populationsbiologische Daten zu Mortalitäts-, Rückkehr- und Rekrutierungsdaten, der Lage von Rast- und Überwinterungsgebieten, Geburtsorts- und Brutplatztreue aber auch zur Altersstruktur innerhalb der Population sowie insbesondere zu altersabhängigen Überlebensraten gesammelt. Die Beringungs- und Rückmeldedaten bilden eine wesentliche Grundlage für die populationsdynamischen Modellierungen (vgl. Kap. 5).

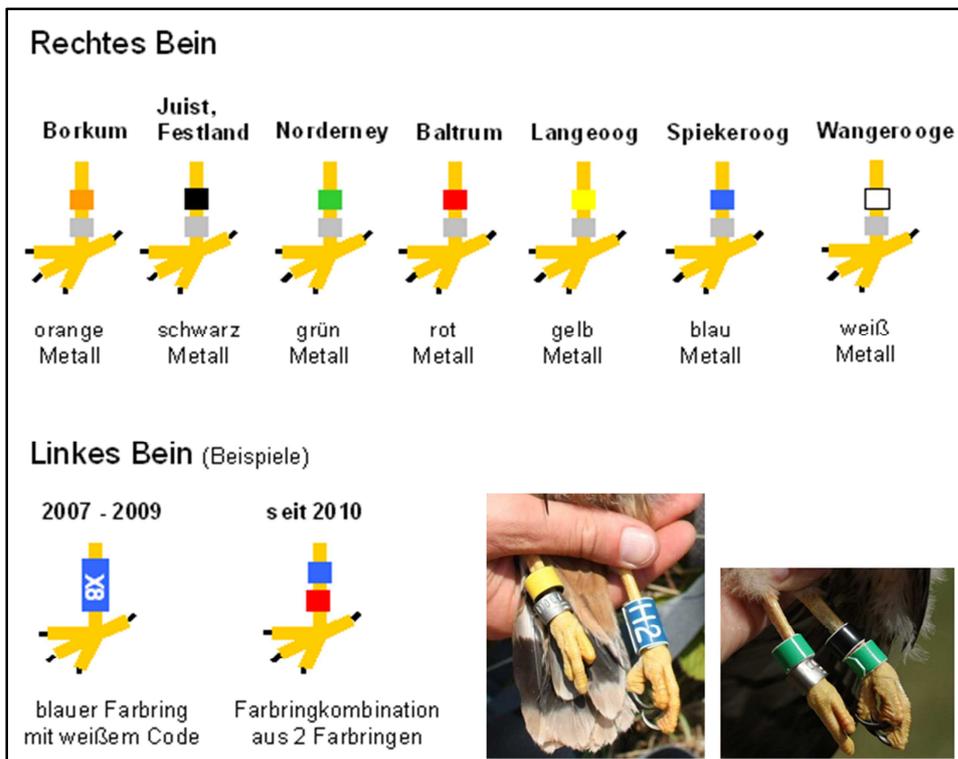


Abb. 16: Farbringschema im Kornweihen-Beringungsprogramm im Rahmen des Projektes zur Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. (aus: OBERDIEK & BANGE 2012, Fotos: N. Knipping)

Bereits 2007 wurde, in Anlehnung an das niederländische Farbberingungsprogramm (KLAASSEN et al. 2006, VAN TURNHOUT et al. 2013), ein Farbberingungsprogramm für Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer initiiert, bei dem fast-flügge Jungvögel im Nest mit codierten Farbringen (2007 – 2009) bzw. Farbringkombinationen (seit 2010) individuell markiert wurden (DIERSCHKE et al. 2010, OBERDIEK & BANGE 2012, Abb. 16).

Ab einem Alter von 25 Lebenstagen wurden die Jungvögel im Rahmen einer regulären Nestkontrolle beringt. Dabei erhielten die Vögel über dem rechten Fuß einen Stahlring der Vogelwarte Helgoland mit Inselkennring sowie links einen individuell codierten Farbring (2007-2009) bzw. ab 2010 eine individuelle Farbringkombination. Der Farbring über dem Metallring ist der sogenannte Inselkennring und kennzeichnet die jeweilige Insel, auf der der Vogel erbrütet wurde. Die Beringung fand in Nestnähe, außerhalb hoher Vegetation statt, um den Neststandort und den unmittelbaren Bereich um das Nest nicht zu verändern. Jeder beringte Jungvogel wurde fotografiert (Abb. 17). Die Nestlinge wurden nach der Beringung in die Nester zurückgesetzt. Das Beringungsprogramm folgte in allen Teilen der Durchführung den Richtlinien für ehrenamtliche Beringer (GEITER & BAIRLEIN 2010).



Abb. 17: Farbberingte fast flügge Kornweihen aus dem Jahr 2015 aus Nestern auf Norderney, Wangerooge und Spiekeroog (Fotos: N. Knipping).

Seit 2007 sind im Rahmen des Farbberingungsprogramm im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer insgesamt 136 Kornweihen mit individuellen Farbringmarkierungen gekennzeichnet worden. Unter diesen waren 134 noch nicht flügge Jungvögel (60 Männchen, 78 Weibchen) sowie zwei adulte Weibchen, die im Rahmen der GPS-Senderstudie gefangen und farbberingt wurden (vgl. Kap. 3.4.1). Von 84 Individuen (61,8%) gelangen insgesamt 276 Rückmeldungen. Davon haben acht Jungvögel nach der Beringung das flugfähige bzw. selbständige Stadium nicht erreicht und sind vor oder kurz nach dem Flüge werden im Nest verstorben, wurden dort gefunden und gehen somit als Totfund in die Wiederfunddaten mit ein. Für 52 beringte Kornweihen konnte kein Wiederfund erbracht werden.

Der Großteil der Wiederfunde (95%) gelang im Brutgebiet selbst auf den Inseln bzw. im Bereich der niedersächsischen Wattenmeerküste. 5% der Wiederfunde gelangen außerhalb Deutschlands. Aus den Niederlanden und hier vor allem von den Westfriesischen Inseln stammen die meisten Wiederfunde von Kornweihen der Ostfriesischen Inseln (10 Wiederfunde). Hier handelte es sich vor allem um Vögel, die als Brutvögel in den niederländischen Teil der Wattenmeerpopulation rekrutierte. Darüber hinaus konnten beringte Kornweihen aus diesem Beringungsprogramm in Belgien, Schweden, Norwegen und Großbritannien beo-

bachtet werden. Bei den Rückmeldungen aus Norwegen und Großbritannien handelte es sich um Totfunde.

Die Rückmeldungen aus dem niedersächsischen Wattenmeer stammen vor allem aus der Nachbrutzeit von Anfang August bis Ende September. In diesem Zeitraum konnten hier 26 Individuen mit insgesamt 37 Ablesungen wiederbeobachtet werden. Im Überwinterungszeitraum von Anfang Oktober bis Ende März gelangen 26 Rückmeldungen von 14 Individuen. Sieben der beringten Kornweihen wurden seit ihrer jeweiligen Beringung mehr als zehnmals abgelesen. Dies betraf vor allem weibliche Jungvögel, die später als Brutvögel in die Population rekrutierten und anschließend in mehreren Jahren auf den Wattenmeerinseln gebrütet haben, wodurch viele Wiederfunde insbesondere während der Brutzeit erbracht wurden.

3.4 Habitatwahl

3.4.1 GPS-Logger

Die Bestimmung von Revieren, deren Größe, Lage, Habitatausstattung und -qualität, die Erfassung der Raumnutzung und Nutzungsfrequenz verschiedener Habitattypen sowie die Distanz zu den Neststandorten dient der Beurteilung des Einflusses der individuellen Habitatwahl bzw. -präferenz auf den Reproduktionserfolg ebenso wie der Bewertung der Qualität des Lebensraums Wattenmeer als Brut- aber auch Rast- und Überwinterungsgebiet für die stark bedrohte Kornweihenpopulation generell. Das stationäre GPS-basierte Sender- und Antennensystem der Arbeitsgruppe Computational Geo-Ecology von Prof. Dr. Willem Bouten, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, (www.uva-bits.nl) ermöglichte die kleinräumige, zugleich hochaufgelöste Erfassung der Raumnutzung und Habitatwahl adulter Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln und in angrenzenden Festlandsbereichen.

Das GPS-Sendersystem besteht aus den von den Vögeln auf dem Rücken getragenen GPS-Loggern, einer Basisstation und einem oder mehreren Relays als Signalverstärkern (BOUTEN et al. 2013). Die Basisstation ist der Systemkoordinator und besteht aus einer Antenne, der sogenannten Base. Diese ist verbunden mit einem Netbook mit permanenter Internetverbindung auf dem das systemeigene Programm (BirdTracking Groundstation 5.20) zur Steuerung der Logger installiert ist. Diese Einheit bildet zusammen mit den Relays ein Empfangsnetzwerk, das sogenannten Groundstation Network. In diesem drahtlosen Netzwerk kommunizieren die Logger mit der Basisstation über die zwischengeschaltete Base-Antenne und die Relays und umgekehrt. Der Computer lädt die Daten der Logger herunter, speichert sie und steuert die Programmeinstellungen z.B. das Messintervall. Die drahtlose Kommunikation zwischen Loggern, Relays und Basisstation erfolgt automatisch, sobald sich die jeweiligen Vögel im Empfangsbereich der Anlage befinden und das Logger-interne, zuvor festgelegte Intervall von Kommunikationsereignissen ausgelöst wird (BAAIJ 2011: Manual BirdTracking System 2011). Die GPS-Logger selbst werden ebenso über das systemeigene Programm gesteuert. Über die Benutzeroberfläche des Programms können das GPS-Messintervall sowie das Kommunikationsintervall mit dem Groundstation Network entsprechend der Fragestellungen festgelegt und ebenso drahtlos auf die Logger übertragen werden.

Das System wurde erstmals 2014 auf Norderney installiert. Aufgrund der Verluste von drei von insgesamt nur fünf Kornweihenbruten in diesem Jahr konnten aus Schutzgründen keine adulten Kornweihen gefangen und mit GPS-Loggern ausgerüstet werden. In enger Absprache mit der Nationalparkverwaltung ist entschieden worden, bei den beiden verbliebenen Bruten die Aufzucht bis zum Ausfliegen der Jungen ohne weitere Störungen und Eingriffe zu gewährleisten. Diese Teilstudie begann daher erst 2015 auf Norderney.

Der Aufbau des Groundstation Networks erfolgte im April 2015 vor der Brutzeit der Kornweihen. Der Computer mit der Base-Antenne wurde auf dem Gelände der NLWKN-Freiwilligen-Unterkunft beim Leuchtturm aufgebaut, zwei der drei Relays auf erhöhten Standorten (auf den höchsten Dünen im Gebiet des Großen Dünentals) installiert (Abb. 18). Ein Relay konnte mit Genehmigung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung Emden auf dem Leuchtturm angebracht werden. Durch diese erhöhte Stellung wurde die Signalübertragung sowie die Kommunikationsintervalle zwischen GPS-Loggern und Groundstation Network optimal gewährleistet werden. Die Anordnung der Relays im Gelände variierte in 2016 und 2017, da aus installationstechnischen Gründen der Aufbau des Leuchtturm-Relays auf einer weiteren hohen Düne im Ostteil der Insel einfacher war und zudem der gesamte Empfangsbereich auf der Insel dadurch deutlich vergrößert wurde.

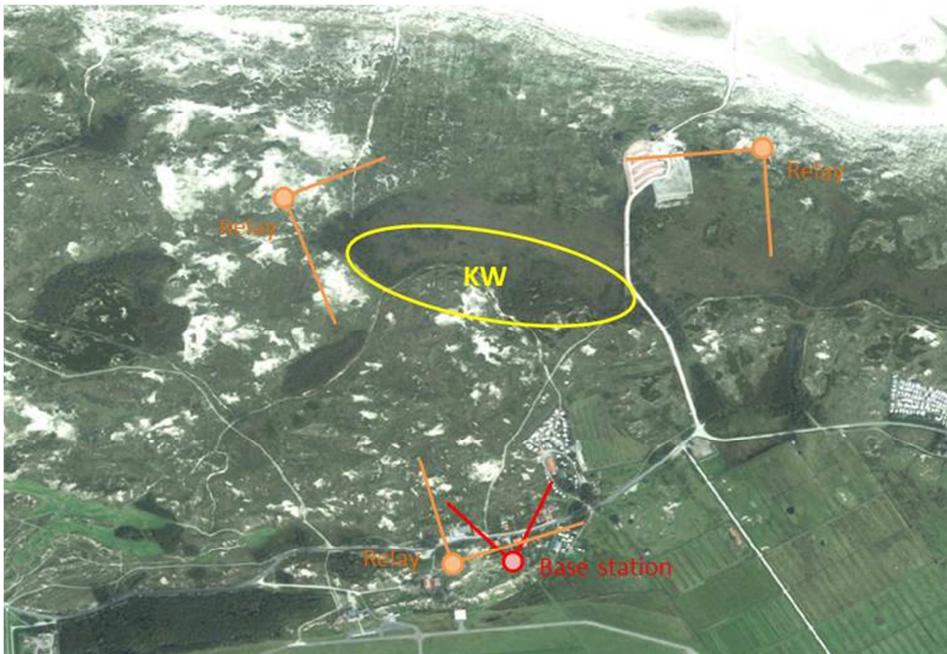


Abb. 18: Empfangsnetzwerk (Groundstation Network) und Positionen der einzelnen Bestandteile des Sendersystems auf Norderney 2015 (rot: Base station, orange: Relay, gelb: Kornweihen-Nestbereich). Die Winkel zeigen den Bereich, der von einem Relay bzw. der Base abgedeckt wird. (Kartengrundlage: Nationalparkverwaltung 2010)

Der Fang adulter brütender Kornweihen zur Anbringung der GPS-Logger erfolgte in der dritten Juniwoche 2015 auf Norderney. Zu diesem Zeitpunkt waren die Jungvögel in den beiden Nestern zwischen 18 und 23 Tage alt und standen damit kurz vor dem Ausfliegen. Dieser relativ späte Termin wurde deshalb gewählt, weil zu diesem fortgeschrittenen Zeitpunkt der Brutphase die Altvögel eine äußerst hohe Nestbindung zeigen und eine mögliche Aufgabe der Brut sehr unwahrscheinlich war.

Am 16.06.2015 sowie am 18.06.2015 konnten die beiden adulten Kornweihen-Weibchen der beiden vorhandenen Bruten auf Norderney mit einem Schussnetz in Nestnähe bzw. auf dem Nest gefangen werden. Der Versuch, das dazugehörige polygame Männchen zu fangen, scheiterte. Die Weibchen wurden in deutlicher Entfernung zu ihren jeweiligen Nistplätzen vermessen, gewogen, beringt und mit dem 1,5 g leichten GPS-Logger (Loggernr. 5126 und 5127) ausgerüstet (Abb. 19). Die Logger wurden mit einem 6mm breiten Teflonband (Bally Ribbon Mills, Bally, PA, USA) im Rucksackprinzip auf dem Rücken des Vogels befestigt. Kornweihenweibchen wiegen im Durchschnitt etwa 530g (BAUER et al. 2005). Das Gewicht der Logger entspricht etwa 2,1% des Körpergewichts des Vogels und liegt damit im wissenschaft-

lich anerkannten Gewichtsbereich für Sender, nämlich 3-5% des Körpergewichts (COCHRAN 1980). Beringung und Besenderung dauerten ca. 20 Minuten pro Vogel. Die Vögel waren dabei nur kurzzeitig einer leichten Stresssituation durch das Handling und die Anbringung des Senders ausgesetzt. Alle notwendigen rechtlichen Ausnahmegenehmigungen für Fang, Beringung und Besenderung von Kornweihen lagen vor.

Eines der Weibchen (Nr. 5127) war bereits mit einer Farbringkombination aus diesem Projekt markiert. Der Vogel wurde im Jahr 2012 erbrütet und stammt aus dem gleichen Brutrevier auf Norderney, in dem er seit 2014 selbst brütet. Die Freilassung erfolgte direkt nach der Anbringung der Sender, wobei Weibchen 5126 unverzüglich zum Nest zurückflog. Das zweite Weibchen ist nach ca. drei Stunden auf das Nest zurückgekehrt. Die Daten ihres Loggers zeigen, dass sie sich in diesem Zeitraum auf einer Dünenkuppe oberhalb ihres Nestes aufgehalten hat und das Nest und die Umgebung stets im Blick hatte. Beide Weibchen zeigten keine Verhaltensauffälligkeiten aufgrund ihrer Logger und zogen ihre Bruten erfolgreich groß.



Abb. 19: Anbringung der GPS-Logger auf adulten Kornweihen-Weibchen auf Norderney im Juni 2015. (Fotos: N. Knipping, R. Vohwinkel)

Beide GPS-Logger waren zuvor auf ein fünfminütiges GPS-Intervall (tagsüber von 5:00-19:00 UTC) programmiert worden. Das bedeutet, dass der Logger in diesem Zeitraum alle fünf Minuten die Position des Vogels als GPS-Koordinaten intern speichert. Nachts wurden die Positionen des Vogels stündlich genommen. Beim nächsten Kommunikationsversuch mit dem Groundstation Network wurden die Daten über die Base an den Computer gesendet und via Internet in der Systemdatenbank des BirdTracking System weiter verarbeitet und gespeichert.

Nach der Brutzeit ab ca. Mitte Juli, als die Weibchen ihre dann selbständigen Jungvögel verließen, wurden die Logger umprogrammiert. Im Wintermodus waren das Mess- und Kommunikationsintervall der Logger deutlich reduziert, um einerseits Speicherplatz, andererseits aber vor allem Energie zu sparen, da mit den kürzer werdenden Tagen und der schwindenden Lichtintensität auch die Energieleistung des Loggers stark abnimmt. Eine vollständige Entladung der Logger musste vermieden werden, da dadurch die Funktionsfähigkeit entweder stark eingeschränkt ist oder der Logger durch ein komplettes Entladen nicht wieder aufladbar ist und damit seine Funktionsfähigkeit verliert. Daher nahm die Logger ab Mitte Juli tagsüber nur noch alle vier Stunden die Koordinaten der Vögel in der Zeit von 7:30-15:30 UTC. Nachts wurde nur noch zweimal die Position des Vogels gespeichert, alle acht Stunden, was bedeutet, dass zu Beginn der Nacht und zum Ende der Nacht eine Positionsmessung erfolgte. Dies sollte Rückschlüsse auf die gewählten Schlafplätze der Vögel ermöglichen. Mit den größeren Einstellungen war gewährt, dass die Logger den ganzen Winter über die Posi-

tionen der Weibchen speichern konnten und so Daten über Zugbewegungen und Aufenthaltsorte der Weibchen im Winterhalbjahr außerhalb des Brutgebietes auf Norderney erfasst wurden. Bei Rückkehr in das Brutgebiet und Verbindung zum Empfangsnetzwerk wurden dann die Daten über den Winterzeitraum heruntergeladen, gespeichert und neue Einstellungen für den Brutzeitraum geladen. Mit der Anbringung der GPS-Logger auf den Vögeln begann auch automatisch die Datensammlung entsprechend des eingestellten Messintervalls. Beide Logger funktionierten einwandfrei und kommunizierten automatisch mit der Empfangsanlage zum Download der gespeicherten Daten sowie für den Upload neuer Einstellungen, sobald sich die Vögel im Empfangsbereich befanden.

Beide besenderten Weibchen (5126, 5127) lieferten ab ihrer Ausrüstung mit dem GPS-Logger Mitte Juni 2015 bis Mitte Juli parallel Daten zu ihren jeweiligen Aufenthaltsorten auf Norderney und in den nahegelegenen Festlandssalzwiesen (Tab. 6, Abb. 20). Weibchen 5126 verließ danach das Brutgebiet auf Norderney und wurde seither nicht mehr beobachtet bzw. über das Groundstation Network erfasst. Für Weibchen 5127 liegen Positionsdaten bis einschließlich der Brutsaison 2017 im Jahresverlauf vor, die hinsichtlich Reviergröße, Habitatnutzung, Lage von Wintergebieten sowie potentieller Zugmuster weiter analysiert werden konnten.

Tab. 6: Datenübersicht der beiden adulten und GPS-besenderten Kornweihen Weibchen von Norderney.

GPS-Logger Nr.	Ringnummer	Geschlecht	Ort	Datum Besenderung	Datum letzte Messung	Anzahl Positionen
5126	N104829	Weibchen	Norderney	16.06.2015	08.07.2015	4888
5127	N033641	Weibchen	Norderney	18.06.2015	01.06.2017	32401

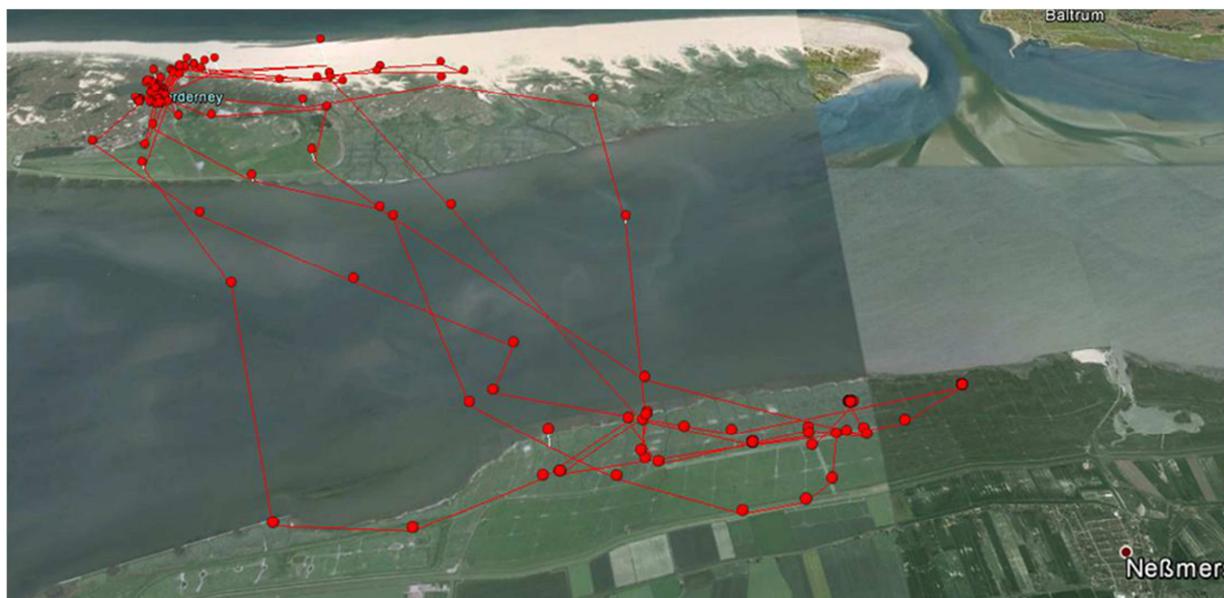


Abb. 20: Beispiel für die Aufenthaltsorte des Weibchens mit GPS-Logger Nr. 5126 im Zeitraum 05.-06.07.2015. Die roten Punkte stellen die gespeicherten Positionen des Vogels als GPS-Koordinaten dar. Kartengrundlage: Google Earth

3.4.2 Satellitentelemetrie

In der Brutsaison 2015 wurden erstmals junge Kornweihen mit Satellitensendern ausgerüstet. Bei einer der letzten regulären Kontrollen im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings erhielten ausgewählte fast flugfähige Jungvögel einzelner Bruten zusätzlich zu ihrer individuellen Farbringkombination einen 9,5g leichten solarbetriebenen Satellitensender (PTT: Platform Transmitter Terminal, PTT-100 Serie, Microwave Telemetry Inc., Columbia, MD, USA). Wie die GPS-Logger wurden auch die Satellitensender mit einem 6mm schmalen Teflonband (Bally Ribbon Mills, Bally, PA, USA) im Rucksackprinzip auf den Vögeln angebracht (Abb. 21). Es wurden jeweils die schwersten und größten Jungvögel in den Nestern ausgewählt. Da fast flügge Weibchen zum Zeitpunkt der Beringung im Mittel deutlich schwerer waren als Männchen ($461,32 \pm 82,82\text{g}$ bzw. $361,22 \pm 43,80\text{g}$, Daten aus dieser Studie) und zudem in ihrer körperlichen Entwicklung deutlich weiter als die Männchen, wurden ausschließlich Weibchen mit Sendern ausgerüstet. Das Gewicht der Sender betrug somit in etwa 2,1% des Körpergewichtes der weiblichen Jungvögel und bewegte sich damit im anerkannten Bereich (COCHRAN 1980). Alle besenderten Jungvögel erreichten die Flugfähigkeit und konnten bis zum Verlassen der Nestumgebung dort beobachtet werden. Die für den Fang, Beringung und Besenderung notwendigen rechtlichen Ausnahmegenehmigungen lagen vor.



Abb. 21: Fast flügge Kornweihen-Weibchen auf Norderney und Spiekeroog im Sommer 2015, ausgerüstet mit einem Satellitensender des ARGOS-Systems (Fotos: N. Knipping, E. Schonart).

Die Sender waren auf einen Ein-Aus-Zyklus von 10h an und 48h aus programmiert, da die relativ kleinen Solarzellen keine kürzeren Senderzyklen erlauben. Das bedeutet, dass die Sender über eine Phase von 10 Stunden Positionsdaten der Vögel sendeten mit einer anschließenden Sendepause von 48 Stunden. Während der Sendephase strahlten die Sender einmal pro Minute ein Signal aus, welches von Satelliten des ARGOS-Systems (<http://www.argos-system.org>) empfangen wurde. Über das Dopplereffekt-basierte ARGOS-System werden die Positionen des Senders bestimmt sowie weitere Daten zu Sender-ID, Aktivität des Vogels, Ladezustand der Solarzellen und Temperatur des Senders übertragen (Argos User's Manual, CLS 2011). Je mehr Signale zur Berechnung genutzt werden können, desto genauer ist die Peilung bzw. die Positionsbestimmung des besenderten Vogels. Sie kann zwischen wenigen 100m und mehreren Kilometern variieren (CLS 2011). Die empfangenen Daten werden bei CLS (Collecte Localisation Satellites, Toulouse, Frankreich) verarbeitet, gespeichert und dem Endnutzer inklusive einer Abschätzung der Genauigkeit der Peilung (location class LC, CLS 2011) über einen Benutzerzugang auf den Internetseiten von CLS zur Verfügung gestellt. Von hier wurden die Daten runtergeladen, um sie für die anschließenden Analysen nutzen zu können. Zusätzlich wurden sämtliche Satellitensenderdaten in der frei

zugänglichen Internetplattform „Movebank“ gespeichert (WIKELSKI & KAYS 2014, FIEDLER & DAVIDSON 2012).

Im Jahr 2015 wurden vier juvenile Kornweihen-Weibchen, im Jahr darauf noch einmal zwei weitere mit Satellitensendern ausgerüstet (Tab. 7). Von den besenderten Individuen stammten zwei aus Nestern am Festland (eine Brut im Binnenland am Ems-Jade Kanal bei Neustadtgödens, Landkreis Friesland sowie eine Brut in einem Weizenfeld am Dollart/Rheiderland im Landkreis Leer nahe der Nationalparkgrenze). Zwei dieser Jungvögel verließen das Brutgebiet auf den Ostfriesischen Inseln und zogen in der Nachbrutzeit in Richtung Südwesten ab. Ein Jungvogel aus 2015 überwinterte im Wattenmeer auf der Insel Juist. Der Vogel ist im Mai 2016 aus unbekanntem Gründen auf Juist verstorben, wurde mit dem Wasser verdriftet und im Spülsaum östlich von Norddeich aufgefunden. Der Sender funktionierte noch und konnte auf einem weiteren Vogel anschließend erneut eingesetzt werden. Drei Jungvögel haben das Brutgebiet nicht verlassen, da sie nach dem Flüggewerden bereits in der Nachbrutzeit verstarben. Zumindest für einen dieser Jungvögel konnte als Todesursache Verhungern festgestellt werden. Für die anderen Jungvögel sind die Todesursachen nicht bekannt. Die Sterblichkeit ist unter unerfahrenen Jungvögeln im ersten Lebensjahr generell hoch, einen Zusammenhang mit der Besenderung konnten wir nicht feststellen.

Tab. 7: Datenübersicht über die mit Satellitensendern markierten jungen Kornweihen-Weibchen in den Jahren 2015 und 2016. Sender Nr. 1444454 wurde auf zwei Individuen eingesetzt (in der Tabelle mit (1) und (2) gekennzeichnet), da aufgrund des Todes des ersten Vogels der Sender anschließend auf einem anderen Vogel erneut verwendet wurde.

PTT-Sendernr.	Ringnummer	Gewicht	Datum Besenderung	Fangort	letzte Peilung	Anzahl Peilungen
144451	N033650	470g	27.06.2015	Norderney	14.10.2015	1403
144453	N105954	410g	13.07.2015	Spiekeroog	30.08.2015	71
144454 (1)	N105955	450g	13.07.2015	Spiekeroog	05.06.2016	3953
144455	N105958	520g	08.08.2015	Ems-Jade-Kanal	14.10.2015	796
144456	N105962	450g	28.06.2016	Norderney	12.07.2016	89
144454 (2)	5336465	530g	21.07.2016	Dollart	10.11.2016	1995

3.5 Datenanalyse

Sämtliche Rohdaten aus allen Teilstudien wurden in Microsoft Excel zusammengestellt, überprüft und für alle weiteren Auswertungsschritte auf- und vorbereitet. Datenübersichten in tabellarischer und grafischer Form wurden in Excel erstellt. Erste Analyseschritte wurden ebenfalls in Excel ausgeführt. Die anschließenden statistischen Analysen und Modellierungen der Daten erfolgte mithilfe der freien Statistiksoftware R (R DEVELOPMENT CORE TEAM 2008).

3.5.1 Brutbestandsdaten

Zur standardisierten Ermittlung von Bestandsveränderungen für den Zeitraum seit Beginn des Rückgangs der Kornweihen zahlen diente die Populationswachstumsrate.

Dabei gilt:

$$\lambda = (N_t - N_{t-1}) / N_{t-1} \times 100\%$$

λ = Wachstumsrate

N_t = Anzahl Brutpaare im Jahr t

N_{t-1} = Anzahl Brutpaare im Jahr t – 1 Jahr

Für durchschnittliche jährliche Wachstumsraten für den Zeitraum von 1997 bis 2017 gilt:

$$\lambda_{1997-2017} = (N_t / N_{t-n})^{1/n} - 1 \times 100\%$$

λ = durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (1997 – 2017)

N_t = Anzahl Brutpaare im Jahr t (hier 2017)

N_{t-n} = Anzahl Brutpaare im Jahr $t - n$ (hier 1997)

n = Anzahl Jahre zwischen 1997 und 2017 (hier 21)

Eine Wachstumsrate <1 bedeutet dabei eine Abnahme, >1 eine Zunahme des Bestands zum Bezugsjahr.

3.5.2 Reproduktionsdaten

Zur Ermittlung der jährlichen Reproduktionsraten dienten die Parameter Legedatum, Gelegegröße, Schlupferfolg und Bruterfolg. Das Legedatum wurde errechnet aus dem Schlupfdatum des ersten Kükens minus 30 Tage. GLUTZ V. BLOTZHEIM (1989) gibt als Bebrütungsdauer eine Zeitspanne von 29-30 Tagen an. Das Legedatum spiegelt damit den Beginn der Legephase mit der Ablage des ersten Eis wider. Für Nester ohne Schlupferfolg konnte kein Legedatum berechnet werden. Die Gelegegröße ist die Anzahl der gelegten Eier pro Nest. Bei Nestern, die erst nach dem Schlupf gefunden wurden, wurde die Anzahl der Küken (+ ggf. die Anzahl nicht geschlüpfter Eier) als Gelegegröße bestimmt. Die Gelegegröße gibt daher die mindestens gelegte Anzahl an Eiern pro Nest an. Der Schlupferfolg bezeichnet den Anteil der geschlüpften Küken bezogen auf die Mindestzahl, der Bruterfolg die Anzahl der ausgeflogenen Jungvögel pro Nest. Alle Reproduktionsparameter werden als Mittelwerte \pm Standardabweichung pro Jahr dargestellt. Ein Vergleich der Reproduktionsraten über die Jahre erfolgte mithilfe eines Linear Mixed Effect Model (LMM) unter der R Funktion *lmer* im Paket *lmer.test* (KUZNETSOVA et al. 2017).

3.5.3 Vergleich des Nahrungsspektrums aus Gewöllen und Nestkameradaten

Alle in den Gewöllen gefundenen Reste von Beuteobjekten wurden nach Möglichkeit auf Artniveau bestimmt. Dies gelang jedoch nur zu einem geringen Anteil (vgl. Kap. 4.4). Gleiches galt für die Bestimmung eingetragener Beuteobjekte zur Fütterung der Jungvögel anhand der Bilddaten der Nestkameras. Zur Bestimmung der prozentualen Anteile von Beutearten am Gesamtnahrungsspektrum junger Kornweihen wurden die verschiedenen Beuteobjekte daher in Beutetiergruppen eingeteilt.

Der Einsatz von Nestkameras sowie die Analyse von Gewöllen stellen zwei verschiedene, sich ggf. ergänzende Methoden zur Bestimmung und Quantifizierung des Nahrungsspektrums nicht-flügger Kornweihen in der Aufzuchtphase dar. Lediglich in wenigen Fällen war die Bestimmung des Beuteobjektes auf Artniveau möglich. Zumindest für einen Teil der Beuteobjekte konnte die Spezifizierung wenigstens auf Familienniveau erfolgen. Für einen Vergleich der aus beiden Methoden ermittelten Anteile von Beutetiergruppen in der Jungvogelnahrung mussten die identifizierten Beuteobjekte in die relativ groben Gruppen der Säugetiere und Vögel eingeteilt werden. Andernfalls würde sich aufgrund des hohen Anteils nicht näher spezifizierbarer Beuteobjekte die Stichprobengröße zu stark reduzieren. Inwiefern die Anzahl von Säugetierresten in Gewöllen mit der Anzahl der von den Nestkameras dokumentierten Fütterungen mit Säugetierbeute korrespondiert, wurde mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson überprüft. Dieser Wert zeigt auch, ob die beiden unterschiedlichen Methoden zur quantitativen Bestimmung des Nahrungsspektrums nestjunger Kornweihen zu vergleichbaren Ergebnissen kommen.

3.5.4 Wühlmausdaten

Zur Abschätzung der Populationsgröße des Wühlmausvorkommens wurde eine simple Abzählmethode angewendet. Hierbei wird die Zahl der während einer Fangperiode erstmalig gefangenen Individuen (Erstfänge) als Mindestzahl (Minimum number alive MNA) der auf der Probefläche lebenden Tiere angenommen (BOYE 1996). Sie drückt gewissermaßen die Gesamtindividuenzahl einer Probefläche aus. Wiederfänge von bereits gefangenen Individuen gehen hier nicht mit ein. Anschließend wurde der sogenannten Vole Index pro Fangfläche ermittelt. Der Vole Index stellt einen Referenzwert für die MNA pro 100 Fallennächte dar. Die Anzahl der Fallennächte errechnet sich aus der Anzahl aktiver Fallen pro Fangfläche ($n=64$) multipliziert mit der Anzahl an Fangnächten pro Fangfläche ($n=3$). Der Vole Index ist daher ein Maß für die relative Abundanz von Wühlmäusen bzw. einzelner Arten pro Fangfläche oder in einem bestimmten Habitattyp (KORPIMÄKI & HAKKARAINEN 1991, HÖRNFELDT 2004). Dadurch wird auch die unterschiedliche Zahl der pro Jahr befangenen Probeflächen referenziert und lässt so eine Vergleichbarkeit der Wühlmausabundanzen zwischen Habitattypen, Inseln und Jahren zu.

Eine zeitgleiche Erfassung des Wühlmausvorkommens erfolgte auf den beiden untersuchten Inseln in den Jahren 2011 und 2013 (vgl. Tab. 6). Zum jährlichen Vergleich der inselspezifischen Vole Indices wurden Mittelwerte pro Jahr und Insel gebildet und mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests für zwei unverbundene Stichproben (jeweils für 2011 und 2013) auf Unterschiede überprüft (Abb. 22). Es gibt keine signifikanten Unterschiede in der mittleren relativen Abundanz von Wühlmäusen in den beiden Vergleichsjahren zwischen den beiden Inseln Langeoog und Norderney (2011: $n = 12$, $p = 0,5211$; 2013: $n = 20$, $p = 0,7045$). Daher wurde für alle weiteren Analysen der Vole Index als Maß für die relative Dichte der Wühlmausvorkommen, dargestellt als Mittelwert pro Jahr unabhängig von der jeweiligen Insel herangezogen.

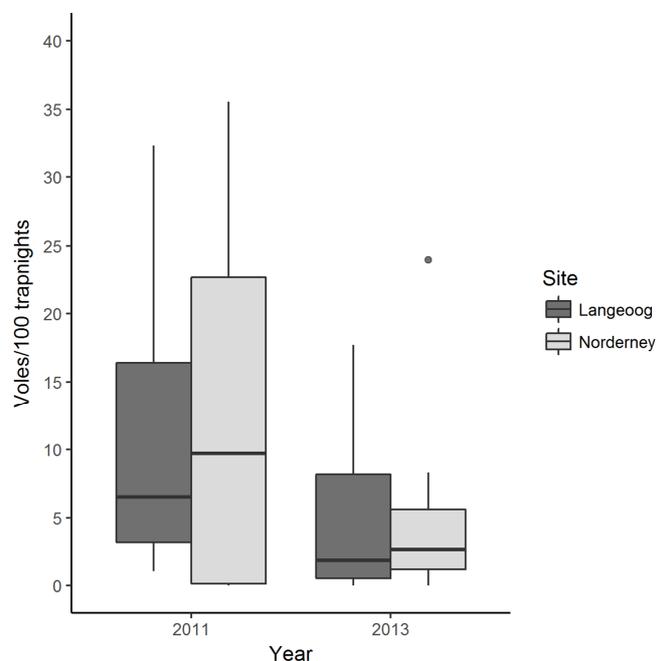


Abb. 22: Mittlere relative Abundanz von Wühlmäusen (Individuen/100 Fallennächte: Vole Index) auf Langeoog und Norderney in den Jahren 2011 und 2013. Der Vergleich innerhalb eines Jahres ergibt keinen Unterschied im durchschnittlichen Vole Index zwischen den beiden Inseln (Mann-Whitney-U-Test, 2011: $n = 12$, $p = 0,5211$; 2013: $n = 20$, $p = 0,7045$).

Die anschließenden statistischen Analyseschritte und die Auswahl der Modelle folgte den Vorgehensweisen nach ZUUR et al. (2009). Für die Reproduktionsparameter Legedatum, Gelegegröße, Schlupferfolg und Bruterfolg wurden die Mittelwerte pro Jahr gebildet. Dies geschah ebenfalls für den zusätzlichen Parameter „Jungvogelsterblichkeit durch Verhungern“. Die Angaben zur Anzahl der aufgrund von potentiellm Nahrungsmangel verstorbenen Jungvögel in den Nestern stammen aus den Daten der regelmäßigen Nestkontrollen (Fund von toten Jungvögeln oder Resten davon im Nest) und anhand der Nestkamerabilder (u.a. Verfütterung toter Jungvögel durch das Weibchen an die Nestgeschwister). Mit Hilfe Linearer

Modelle wurde der Einfluss der Wühlmausabundanz (Vole Index) auf die verschiedenen Reproduktionsparameter mit der R-Funktion *gls* (Generalised Least Square Methode GLS) aus dem Paket *,nlme'* modelliert (PINHEIRO et al. 2018). Zuvor wurden die Daten auf mögliche Autokorrelationen (zeitliche Abhängigkeit aufgrund aufeinander folgender Untersuchungsjahre) überprüft, was jedoch bei keinem der Parameter der Fall war.

Der Einfluss des Vole Index auf die Anzahl der zu Brutbeginn anwesenden Kornweihen Weibchen wurde mit einem Generalised Linear Model (GLM) mittels der R-Funktion *glm* ebenfalls aus dem Paket *,nlme'* modelliert, da es sich bei diesem Parameter um Zähldaten (mit Poisson Verteilung) handelt (ZUUR et al. 2009).

3.5.4 GPS-Logger Daten

Zur Beschreibung von Bewegungsmustern im Sinne von Nahrungsflügen sowie die Habitatnutzung der beiden adulten Kornweihen Weibchen (5126 und 5127) während der Brutperiode und in der Nachbrutzeit wurden deren GPS-Daten mit Hilfe der Statistiksoftware R und zugehöriger Pakete ausgewertet. Für die räumlich-zeitliche Analyse wurden anhand der Informationen der Nestkontrollen im Bruterfolgsmonitoring in Kombination mit den individuellen GPS-Daten der Weibchen drei Zeiträume unterschieden:

- ‚Nestling‘ (Nestphase der Küken/Jungvögel bis zum Tag des Ausfluges der Jungvögel, der anhand der Beobachtungen im Gelände und durch die regelmäßigen Nestkontrollen ermittelt wurde)
- ‚Post-fledging‘ (Zeitraum vom Ausfliegen der Jungvögel bis zum Tag, an dem das adulte Weibchen letztmalig im Nest geschlafen hat und damit die direkte Betreuung der Jungvögel abgeschlossen ist)
- ‚Non-breeding‘ (Nicht-Brutzeit, nach dem die Jungvögel ihre Selbständigkeit erlangt haben und unabhängig vom Weibchen auf Nahrungssuche gehen und nächtliche Schlafplätze aufsuchen, folgt für die Brutvögel die Phase nach bzw. außerhalb der Brutzeit)

Für die Ermittlung der Habitatnutzung während der Nahrungsflüge wurden die Daten der aktuellsten verfügbaren Erfassung der Küstenvegetation aus dem Trilateralen Monitoring und Assessmentprogramm (TMAP) aus dem Jahr 2004 herangezogen, die von der Nationalparkverwaltung zur Verfügung gestellt wurden. Der TMAP-Vegetationstypenschlüssel (nach PETERSEN et al. 2014) unterscheidet insgesamt 97 verschiedene Pflanzengesellschaften. Diese Differenzierung ist jedoch für die hier gestellten Fragen zu detailliert, da die Habitatwahl von Kornweihen weniger durch einzelne Pflanzenarten beeinflusst wird, als vielmehr von ihrer strukturellen Zusammensetzung in verschiedenen Habitaten und deren räumlicher Ausdehnung. Für die Analysen wurden die einzelnen Vegetationstypen zu verschiedenen Habitatkomplexen zusammengefasst (BLESSING 2018). Jedem Kornweihen-GPS-Punkt wurde anschließend der entsprechende Habitatkomplex zugeordnet. Zur Feststellung von Habitatpräferenzen wurde für jeden Habitatkomplex die räumliche Gesamtverfügbarkeit berechnet. Die Erfassung der koordinatengenauen Neststandorte erfolgte bereits beim erstmaligen Fund der Nester im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings.

Zur Charakterisierung des Nahrungssuch- bzw. Jagdverhalten der beiden adulten Weibchen wurden nur die GPS-Positionen während der Hellphase mit einbezogen (R Paket *,suncalc'* zur Bestimmung der Sonnenaufgangs- und -untergangszeiten). Kornweihen Weibchen nutzten während der Brutphase erhöhte Punkte (z.B. Dünenkuppen) im Umkreis von 50-100m von ihren Nestern zur Überwachung der Nestumgebung. Um eine Überrepräsentation von Flügen im näheren Nestbereich auszuschließen, wurden alle GPS-Positionen der Weibchen bis zu einer Entfernung von 150m zum Neststandort aus den Analysen ausgeschlossen. Daher wurden Flüge mit mindestens drei aufeinanderfolgenden GPS-Positionen in einer Distanz

von >150m vom Neststandort als Nahrungsflüge klassifiziert und deren Anzahl pro Weibchen und Zeitraum bestimmt (Abb. 23).

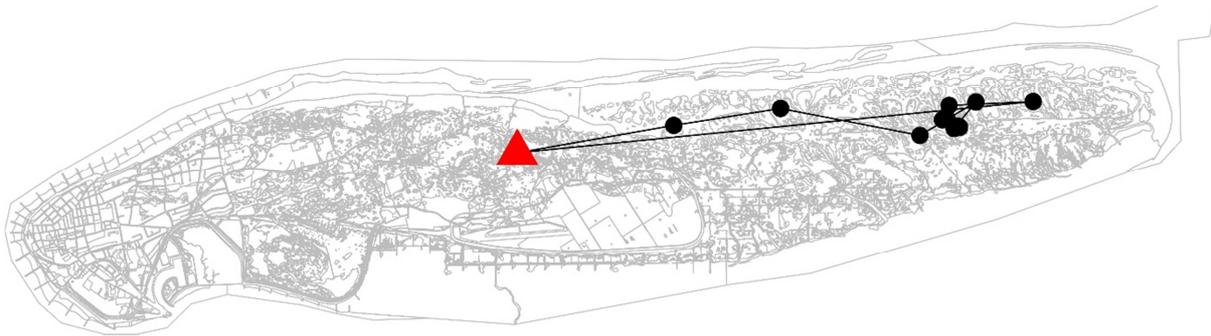


Abb. 23: Beispiel für einen Nahrungsflug eines Kornweihen Weibchens auf Norderney während der Nestphase. Das rote Dreieck markiert den Neststandort, die schwarzen Punkte stellen die erfassten GPS-Positionen des Vogels dar. Bis auf zwei Positionen befanden sich alle im Habitattyp „trockenes Dünengrasland“. (Kartengrundlage: Nationalparkverwaltung Nds. Wattenmeer)

Weiterhin wurde für jeden Nahrungsflug folgendes bestimmt:

- Dauer des Nahrungsfluges als zeitliche Differenz zwischen der ersten und letzten GPS-Position des jeweiligen Fluges. Diese Herangehensweise stellt eine eher konservative Schätzung der Dauer von Nahrungsflügen dar, weil die GPS-Daten keine sicheren Rückschlüsse auf mögliche Zwischenrasten innerhalb eines Nahrungsfluges erlauben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass Junge fütternde Weibchen ihre Jagdflüge nicht unnötig unterbrechen, um die Bruten nur möglichst kurz unbeaufsichtigt zu lassen (Risiko von Prädation).
- Maximaldistanz zum Neststandort
- insgesamt zurückgelegte Strecke pro Nahrungsflug als kumulierte Strecke zwischen den einzelnen GPS-Positionen während eines Nahrungsfluges.
- Täglich aufgewendete Zeit zur Nahrungssuche
- Anzahl von Nahrungsflügen pro Tag.

Die individuellen Reviergrößen (home ranges) wurden mit der Minimum Convex Polygon Methode berechnet. Das Minimum Convex Polygon (MCP) ist die Fläche, die von den äußersten gemessenen GPS-Punkten umfasst wird und alle weiteren gemessenen Koordinaten der Individuen mit einschließt. Die Methode ist jedoch empfindlich gegenüber Ausreißern bzw. Fehlmessungen, die aufgrund ihrer räumlichen Lage zu Überschätzungen der Reviergrößen führen können (BURGMAN & FOX 2003). Für eine präzisere Bestimmung der home ranges wurden daher die äußersten 1-5 % der GPS-Punkte ausgeschlossen. Die Analyse der räumliche Daten sowie die grafischen Darstellungen der Ergebnisse wurden in R durchgeführt (R CORE TEAM 2008).

3.5.5 Satellitensender-Daten

Aufgrund der geringen Stichprobe von sechs besenderten Kornweihen Jungvögeln und die nur kurzen Sendezeiten (100% Sterblichkeit im ersten Herbst aller Jungvögel), sind für die Daten dieser Teilstudie leider keine detaillierten Analysen möglich. Dennoch erlauben die Daten erste Einblicke in Zug- und Überwinterungsstrategien junger Kornweihen sowie zur Wahl von Rasthabitaten.

Basierend auf der Anzahl gesendeter Positionen und deren Genauigkeitseinstufung konnten die Daten von fünf der sechs Sendervögel näher ausgewertet werden. Dazu wurden alle Po-

sitionen der Location classes 1-3 (auf bis zu 150m genaue Positionsbestimmung der Sender) in die Berechnungen mit einbezogen. Diese Positionen bilden die Grundlage zur Berechnung der maximalen Distanz zwischen dem Ort der Besenderung (Nest) und der letzten gemeldeten Position des Senders. Wanderungsbewegungen und Zugwege der abgezogenen Weibchen werden als Karten grafisch dargestellt.

Rastplatzhabitate bzw. Habitattypen von Schlafplätzen wurden über den Anteil der Nächte, die ein Vogel in einem bestimmten Habitat verbracht hat ermittelt. Dazu wurden die nächtlichen Positionen (Längen- und Breitengrade) pro Vogel und Nacht gemittelt und der jeweilige Habitattyp für diese gemittelten Koordinaten auf Basis der CORINE Land Cover 10 Daten extrahiert (BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE 2012). Diese Herangehensweise berücksichtigt nicht, ob die Vögel ihre Rastplätze während der Nacht gewechselt haben. Kornweihen sind grundsätzlich tagaktiv, auch in der Migrationsphase, so dass diese Methode zur Bestimmung nächtlicher Rasthabitate zu belastbaren Angaben kommen kann.

4. Ergebnisse

4.1 Bestandstrend, Wachstumsraten

Der Brutbestand von Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer ist seit Beginn der 2000er Jahre stark rückläufig (vgl. Abb. 1). Seit dem Bestandsmaximum im Jahr 1997 mit 53 Brutpaaren ist die Population auf nur noch drei Brutpaare im Jahr 2017 zusammengeschrumpft, was einem Rückgang von insgesamt 94% entspricht. Der jährliche Verlust beträgt durchschnittlich 13% seit 1997 (Abb. 24).

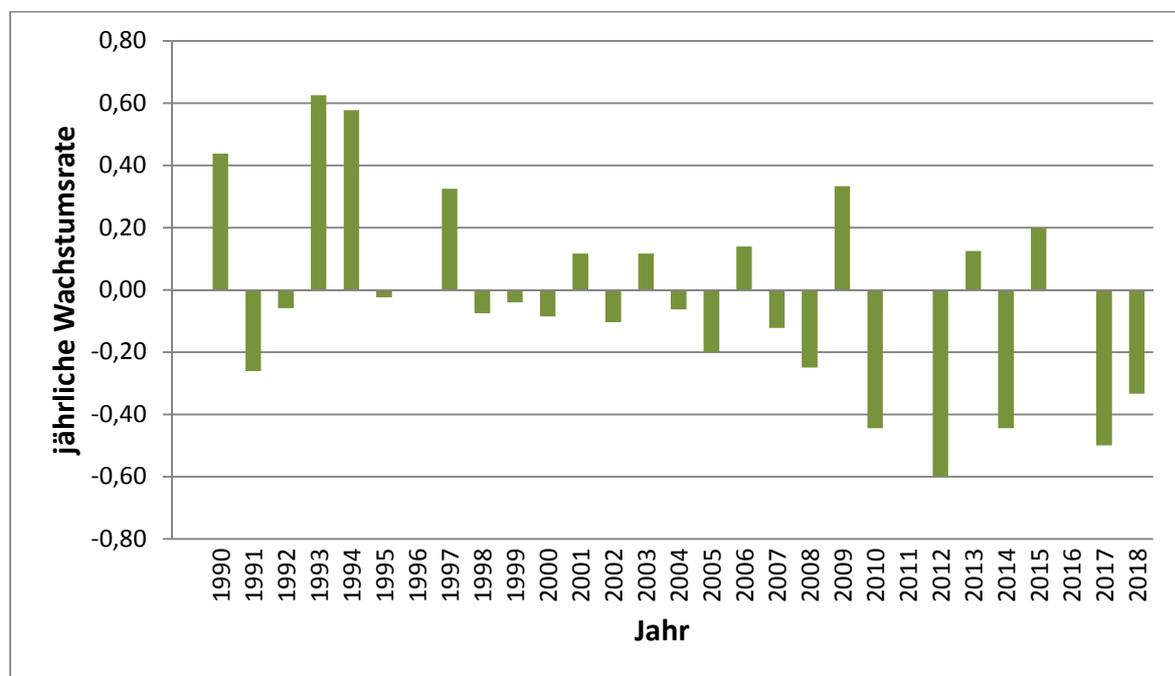


Abb. 24: Jährliche Wachstumsraten der Kornweihen-Brutpopulation im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer seit 1990 (inkl. Festlandsbruten der Küstenregion außerhalb des Nationalparks). Eine Wachstumsrate <1 bedeutet dabei eine Abnahme, >1 eine Zunahme des Bestands gegenüber dem Vorjahr.

4.2 Reproduktionsraten

Die Reproduktionsraten von Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer basieren auf den Daten von insgesamt 67 kontrollierten Nestern im Untersuchungszeitraum von 2009-2017. Die Nester befanden sich auf Borkum, Norderney, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge. Auf Juist und Baltrum waren seit 2009 keine Kornweihen-Brutpaare mehr anwesend. Mit 26 Nestern stellten die Norderneyer Brutpaare die meisten im Rahmen des Bruterfolgsmonitorings untersuchten Gelege, gefolgt von Wangerooge mit 14 Nestern und Borkum mit 11 Nestern. Auf Langeoog und Spiekeroog wurden jeweils 7 bzw. 9 Gelege untersucht.

Die Legezeitpunkte der Nester lagen zwischen dem 119. und 130. Tag des Jahres (Tageszahl). Dies entspricht dem ungefähren Zeitraum vom 29.04.-10.05. der untersuchten Jahre. Im Mittel lag das Legedatum auf dem 125.Tag des Jahres ($\pm 8,02$ Tage), was ca. dem 05. Mai entspricht. Die Zeitpunkte der Eiablage variierten nur äußerst schwach im untersuchten Zeitraum (LMM, $p = 0,776$, $n = 67$, Abb. 25).

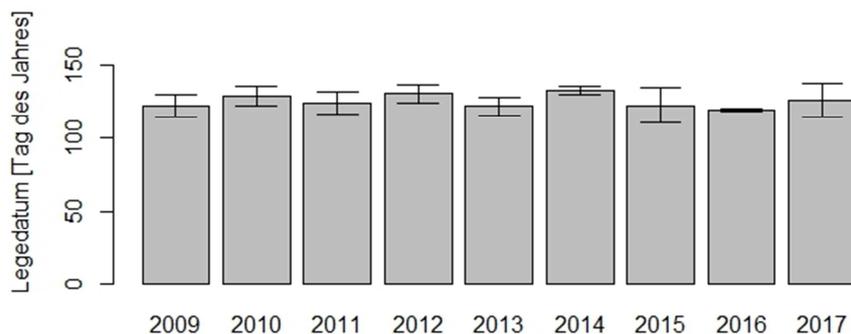


Abb. 25: Legedatum von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Balken geben Mittelwerte \pm Standardabweichung an (LMM, $p = 0,776$, $n = 67$).

Die 67 kontrollierten Nester enthielten insgesamt 236 Eier. Die gefundenen Nester enthielten in den meisten Fällen (1) 3-4 (6) Eier. Die durchschnittliche Gelegegröße betrug insgesamt $3,52 \pm 1,16$ Eier. Die Größe der Gelege schwankte zwischen 2009 und 2017 unwesentlich (LMM, $p = 0,3449$, $n = 67$, Abb. 26). Einzig im Jahr 2013 waren die Gelege kleiner als in den Vergleichsjahren.

In 55 Nestern kam mindestens ein Ei zum Schlupf, was einem Anteil von 82% aller Gelege entspricht. 12 Nester kamen nicht zum Schlupf (18%). Aus 236 gelegten Eiern schlüpften insgesamt 160 Küken. Das entspricht einem Gesamt-Schlupferfolg von 68%. Pro Nest schlüpften durchschnittlich $2,39 \pm 1,49$ Küken. Obwohl die durchschnittliche Anzahl der geschlüpften Küken jährlich schwankte, war der Schlupferfolg über den Gesamtzeitraum ohne Trend (LMM, $p = 0,3505$, $n = 236$, Abb. 27).

Von den 55 Nestern mit Schlupferfolg brachten 50 Nester mindestens einen flüggen Jungvogel hervor. Damit waren 91% der Gelege mit Schlupferfolg auch erfolgreich im Hinblick auf den Ausflug von Jungvögeln. Von den 160 geschlüpften Küken kamen 112 Jungvögel zum Ausfliegen. Der Gesamt-Bruterfolg liegt damit bei 70% der geschlüpften Jungvögel. Im Durchschnitt wurden $1,67 \pm 1,31$ Jungvögel pro brütendes Weibchen bzw. pro Nest flügge. Auch die mittleren Anzahlen der flüggen Jungvögel war durch Schwankungen zwischen den Untersuchungsjahren gekennzeichnet, sind jedoch über den Gesamtzeitraum als gleichbleibend stabil zu betrachten (LMM, $p = 0,5307$, $n = 160$, Abb. 28).

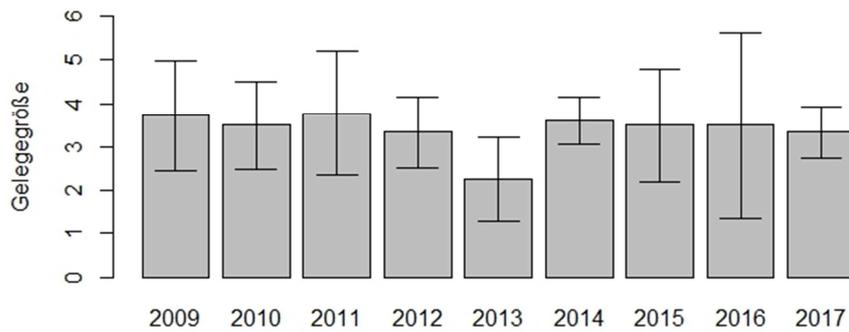


Abb. 26: Gelegegröße von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Balken geben Mittelwerte \pm Standardabweichung an (LMM, $p = 0,3449$, $n = 67$).

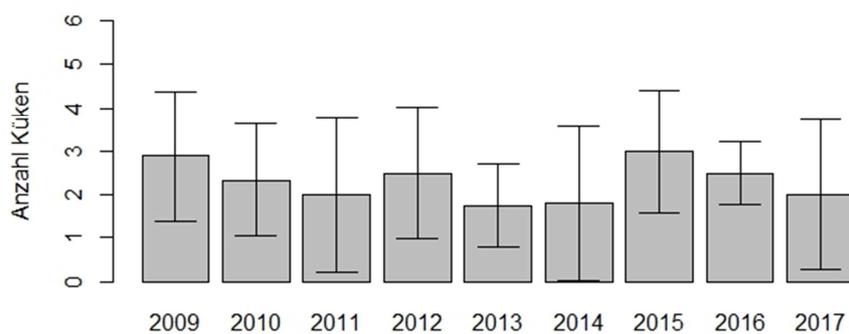


Abb. 27: Schlupferfolg von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Balken geben Mittelwerte \pm Standardabweichung an (LMM, $p = 0,3505$, $n = 236$).

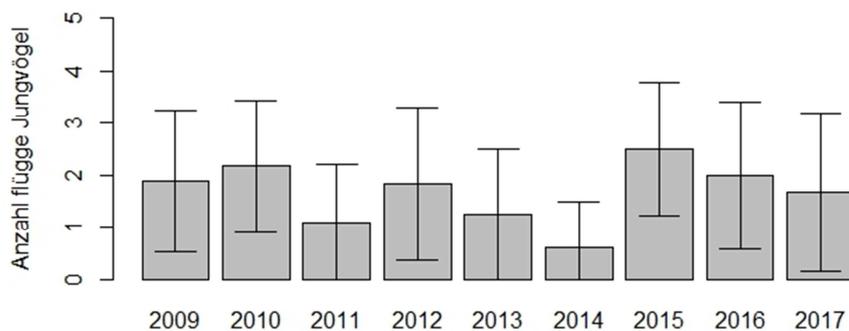


Abb. 28: Bruterfolg von Kornweihen-Bruten in Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Balken geben Mittelwerte \pm Standardabweichung an (LMM, $p = 0,5307$, $n = 160$).

4.3 Verluste von Gelegen und Küken

Ursachen für die Verluste von Eiern waren zum einen ein gewisser Anteil an nicht geschlüpfen (tauben) Eiern in nahezu allen Untersuchungsjahren (Abb. 29). Ob diese Eier von vorne herein unbefruchtet waren oder ob der Embryo während der Bebrütungsphase abgestorben ist, bleibt unbekannt. Zum anderen gingen in vier von neun Untersuchungsjahren Eier durch Prädation verloren. In allen Fällen konnten die Gelegeräuber (potentiell Igel *Erinaceus europaeus*, Hauskatze *Felis silvestris catus*, Rabenkrähe *Corvus corone*) nicht identifiziert werden.

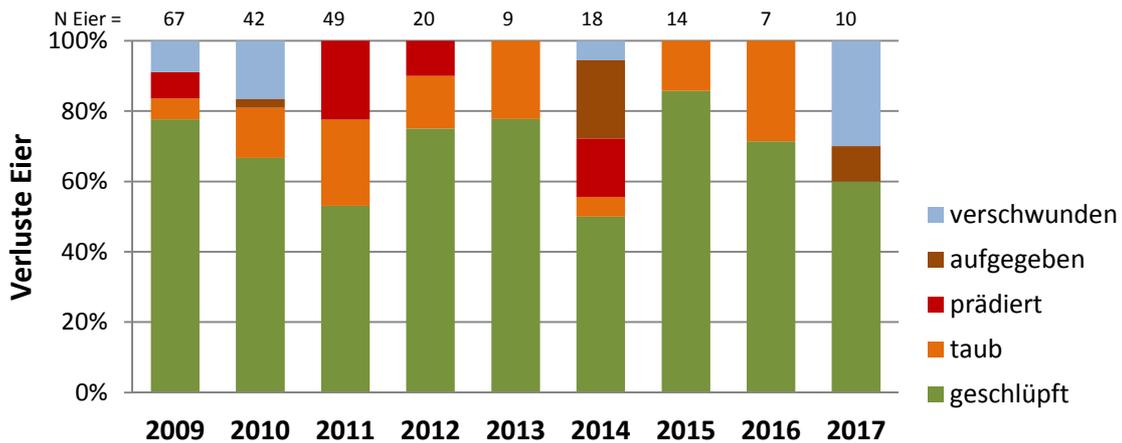


Abb. 29: Verlustursachen von Eiern in Kornweihen-Gelegen im Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.

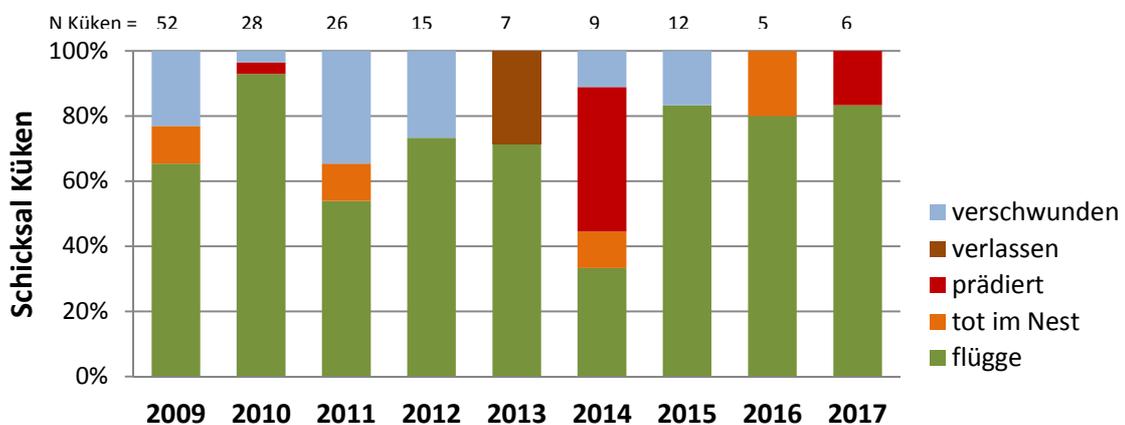


Abb. 30: Verlustursachen von Küken aus Kornweihen-Nestern im Zeitraum 2009-2017 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.

Die Verluste von Küken in den Nestern sind insgesamt als gering einzuschätzen (Abb. 30). Verlustursachen waren zum einen der natürliche Tod von Küken z.B. durch Verhungern u.a. auch aufgrund widriger Witterungsverhältnisse oder schlechte Kondition) in den Nestern. In diesem Zusammenhang ist auch der Anteil an verschwundenen Küken zu sehen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind die als verschwunden gewerteten Küken ebenfalls in den Nestern verstorben und anschließend von den Weibchen an die Nestgeschwister verfüttert worden. Fotoaufnahmen der Nestkamera belegen dies.

Im gesamten Untersuchungszeitraum konnten lediglich drei Prädationsereignisse von Küken in den Nestern nachgewiesen werden. Bei einer Brut auf Norderney im Jahr 2010 erbrachte die dort aufgestellte Nestkamera den Beleg für Kükenprädation durch eine Rabenkrähe (*Corvus corone*). Der Vogel raubte eines der beiden wenige Tage alten Küken, das zweite wurde flügge (Abb. 31). Rabenkrähen sind mit großer Wahrscheinlichkeit auch für den Verlust einer kompletten Brut auf Borkum im Jahr 2014 verantwortlich. Der Verlust der Brut ereignete sich auch hier kurz nach dem Schlupf der Küken.



Abb. 31: Beleg der Prädation eines wenige Tage alten Kornweihen-Kükens durch eine Rabenkrähe (*Corvus corone*) in einem Nest auf Norderney 2010. (Foto: Nestkamera)

Auf Norderney kam es 2017 bei der hiesig einzigen Brut in diesem Jahr zu einem Prädationsereignis kurz vor dem Ausfliegen der Jungvögel. Die Spuren am Nest sowie die in Nestnähe gefundenen Federreste mit abgebissenen Federkielen lassen einen relativ sicheren Rückschluss auf den Fuchs (*Vulpes vulpes*) als Prädator zu (Abb. 32). Um das Nest vor einer erneuten Prädation durch den Fuchs zu schützen, wurde ein Schutzzaun um den Nestbereich errichtet (vgl. Kap. 6.1). Die zwei verbliebenen Jungvögel wurden eine Woche später flügge.



Abb. 32: Rupfung eines Kornweihen-Jungvogels in der Nähe des Nestes auf Norderney 2017. Die abgebissenen Federkielen und Bissspuren lassen relativ eindeutig auf einen Fuchs als Prädator schließen. (Fotos: N. Knipping)

4.4 Nahrungswahl von Kornweihen zur Jungenaufzucht

4.4.1 Nahrungsspektrum in Jungvogel-Gewöllen

Für die Ermittlung der Nahrungswahl von Kornweihen während der Aufzuchtphase wurden insgesamt 237 Gewölle nicht-flügler Kornweihen auf ihre Nahrungsbestandteile bzw. deren Reste hin analysiert. Die Gewölle enthielten, neben einem sehr geringen Anteil an Insekten und Schnecken, insgesamt 461 Nahrungsbestandteile, die entweder als Säugetier (n = 265) oder als Vogel (n = 205) bestimmt werden konnten. Aufgrund des starken Zersetzungs- bzw. Verdauungszustandes der Nahrung war ein Teil der Nahrungsteile in den Gewöllen sowohl von Säugetieren und auch von Vögeln nicht näher zu spezifizieren. Unter den Nahrungsresten konnten 65 Teile lediglich der Gruppe der Vögel zugeordnet werden, weitere 63 Teile lediglich als Säugetier. Das entspricht einem nicht näher bestimmbar Anteil von 13,7% für Säugetiere bzw. 14,1% für Vögel.

Die in den Gewöllen enthaltenen näher bestimmbar Bestandteile der verschiedenen Beutetierarten wurden zu Beutetiergruppen zusammengefasst. Nagetiere (Rodentia) und Singvögel (Passeriformes) bilden den größten Anteil am Beutespektrum juveniler Kornweihen (Abb. 33). In geringen Anteilen wurden zudem auch Kaninchen (*Oryctolagus cuniculus*), Hasen (*Lepus europaeus*) und Limikolen (Charadriiformes) verfüttert. Zwar schwankten die Anteile von Säugetieren und Vögeln in der Nahrung juveniler Kornweihen im Verlauf des Untersuchungszeitraums leicht, dennoch lag der Säugeranteil in allen Jahren bei mindestens 50% am Gesamtnahrungsspektrum.

In den analysierten Gewöllen befanden sich lediglich sechs Beutereste von Limikolen, die den Gattungen *Calidris* und *Actitis* (Flußuferläufer *Actitis hypoleucos*) zugeordnet werden konnten. Hierbei handelte es sich um Arten bzw. Gattungen, die nicht als Brutvögel auf den Ostfriesischen Inseln vorkommen. Den wesentlichen Bestandteil in der Vogelnahrung von Kornweihen Jungvögeln machten dagegen Singvögel aus. 133 Beutereste konnten eindeutig der Gruppe der Singvögel zugeordnet werden. Hier fand sich nahezu die volle Bandbreite der auf den Wattenmeerinseln brütenden Singvogelarten. Am häufigsten waren Star (*Sturnus vulgaris*), Wiesenpieper (*Anthus pratensis*), Grünfink (*Carduelis chloris*) und Zaunkönig (*Troglodytes troglodytes*) in den Gewöllen vertreten. Weitere Arten waren Hänfling (*Carduelis cannabina*), Rohrammer (*Emberiza schoeniclus*), Buchfink (*Fringilla coelebs*), Bachstelze (*Motacilla alba*), Steinschmätzer (*Oenanthe oenanthe*), Kohlmeise (*Parus major*), Zilpzalp (*Phylloscopus collybita*), Dorngrasmücke (*Sylvia communis*), Amsel (*Turdus merula*) und Singdrossel (*Turdus philomelos*).

In den Gewöllen enthaltene Nahrungsreste von Säugetieren bestanden zu ca. 10 % aus Knochen- und Fellresten von Kaninchen oder Feldhasen (Hasenartige - Lagomorpha, n = 26). Eine Bestimmung auf Artniveau war in den meisten Fällen nicht möglich. Den Großteil der Säugerreste in der Nahrung juveniler Kornweihen macht mit einem Anteil von 64% jedoch die Gruppe der Nagetiere (Rodentia) aus (n = 166). Davon konnten 153 Nahrungsreste der Unterfamilie der Wühlmäuse (Arvicolinae) zugeordnet werden, was einem Anteil von 92% am gesamten Spektrum der in den Gewöllen gefundenen Reste von Nagetieren entspricht. Vertreten waren vor allem die Arten Erdmaus (*Microtus agrestis*), Feldmaus (*Microtus arvalis*) und Röteldmaus (*Myodes glareolus*), wobei Feldmäuse mit 22% (n = 35) am häufigsten vorkamen. Allerdings blieb auch bei den Wühlmäusen ein Anteil von 72% der Gewöllinhalte (n = 111) nicht auf Artniveau bestimmbar.

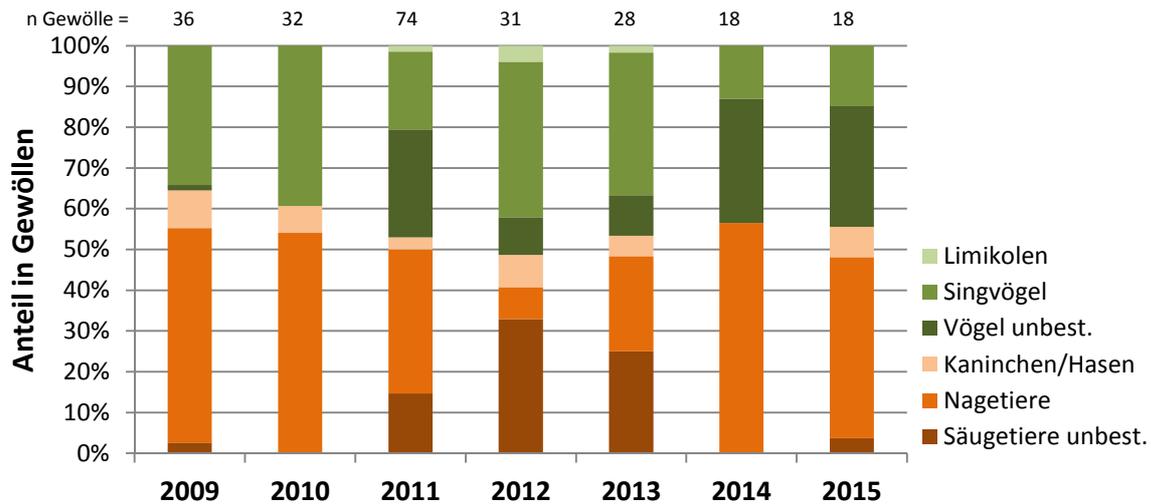


Abb. 33: Anteilsverteilung der verschiedenen Beutetiergruppe in Gewöllen von Kornweihen-Jungvögeln im Zeitraum 2009-2015 auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (n = 237).

4.4.2 Nahrungsspektrum von Jungvögeln mittels Erfassung durch Nestkamera

Der Einsatz von Nestkameras an ausgewählten Kornweihenbruten erfolgte einerseits zur Überwachung der Nester, vor allem im Hinblick auf die Dokumentation von Prädationsereignissen. Darüber hinaus lieferten die Kameras aber auch umfangreiches Datenmaterial zum eingetragenen Beutespektrum während der Aufzucht der Jungvögel, wodurch die Ergebnisse der Gewölleanalyse gestützt und erweitert wurden.

Die Kameras dokumentierten im Untersuchungszeitraum von 2010-2015 an 15 Nestern insgesamt 899 Fütterungsereignisse. Da Kornweihen, im Gegensatz zu Eulen, ihre Beute nicht im Ganzen, sondern stückweise fressen und auch die Beutetiere an die Jungvögel in Stücken verfüttern, konnte bei 307 Fütterungen das eingetragene Beuteobjekt nicht näher bestimmt werden, was einem Anteil von 37% entspricht. Bei weiteren 72 aufgenommenen Fütterungsereignissen wurden die Reste der Beute aus der vorherigen Fütterung den Jungvögeln erneut angeboten. Eine Bestimmung der Beuteobjekte auf Artniveau war entweder aufgrund der Kameraauflösung oder aufgrund des Fraßzustandes der Beute nicht möglich. Damit verbleiben 520 Beuteobjekte, die zumindest einer Beutetiergruppe zugeordnet werden konnten. Insgesamt zeigen die Anteile von Säugetieren und Vögeln deutliche Schwankungen im Verlauf der Untersuchung (Abb. 34). Außer im Jahr 2012 lag der Anteil an Säugetieren in der Nahrung der Jungvögel in allen anderen Jahren über 60%. Der Anteil verschiedener Beutarten (z.B. Kaninchen, Mäuse, Wühlmäuse) schwankte zwischen den Jahren.

Der Vergleich von Gewölleanalyse und Nestkameradaten als zwei verschiedene Methoden zur quantitativen Bestimmung von Nahrungsobjekten nestjunger Kornweihen zeigte eine starke Korrelation zwischen dem Anteil an Säugetierresten in Gewöllen und dem Anteil an Säugetierbeuteobjekten, der von den Nestkameras dokumentiert wurde (Abb. 35). Gleiches gilt für den Zusammenhang zwischen dem Anteil von Vögeln in Gewöllen und den Bildern der Nestkameras. Im Gegensatz zu anderen Studien kommen die beiden hier angewendeten Methoden zu vergleichbaren Ergebnissen (SIMMONS et al. 1991).

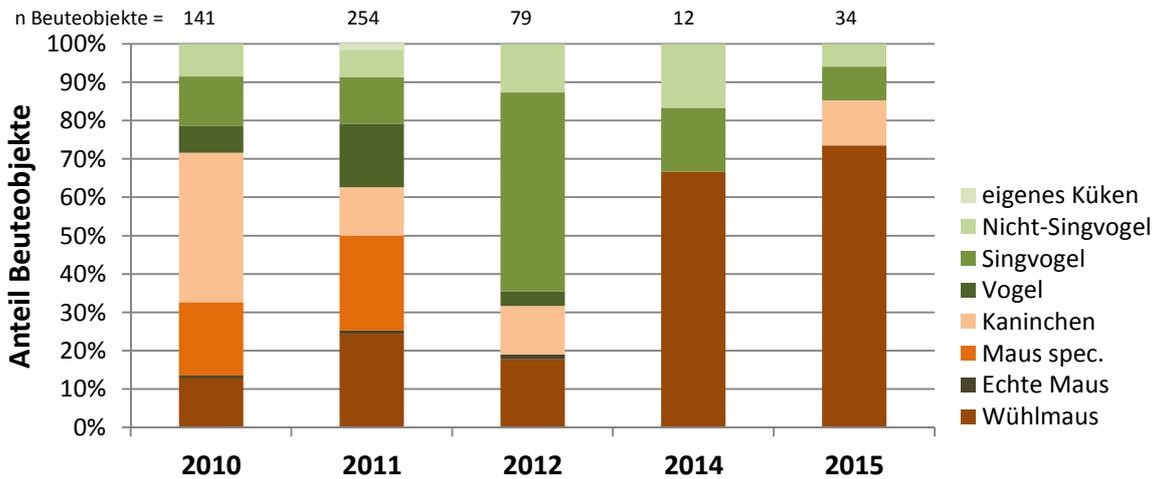


Abb. 34: Anteile verschiedener Beutetiergruppen am Gesamtspektrum eingetragener Beuteobjekte in Kornweihennestern auf den Ostfriesischen Inseln im Zeitraum 2010-2015 während der Jungenaufzucht mittels Einsatz von Nestkameras.

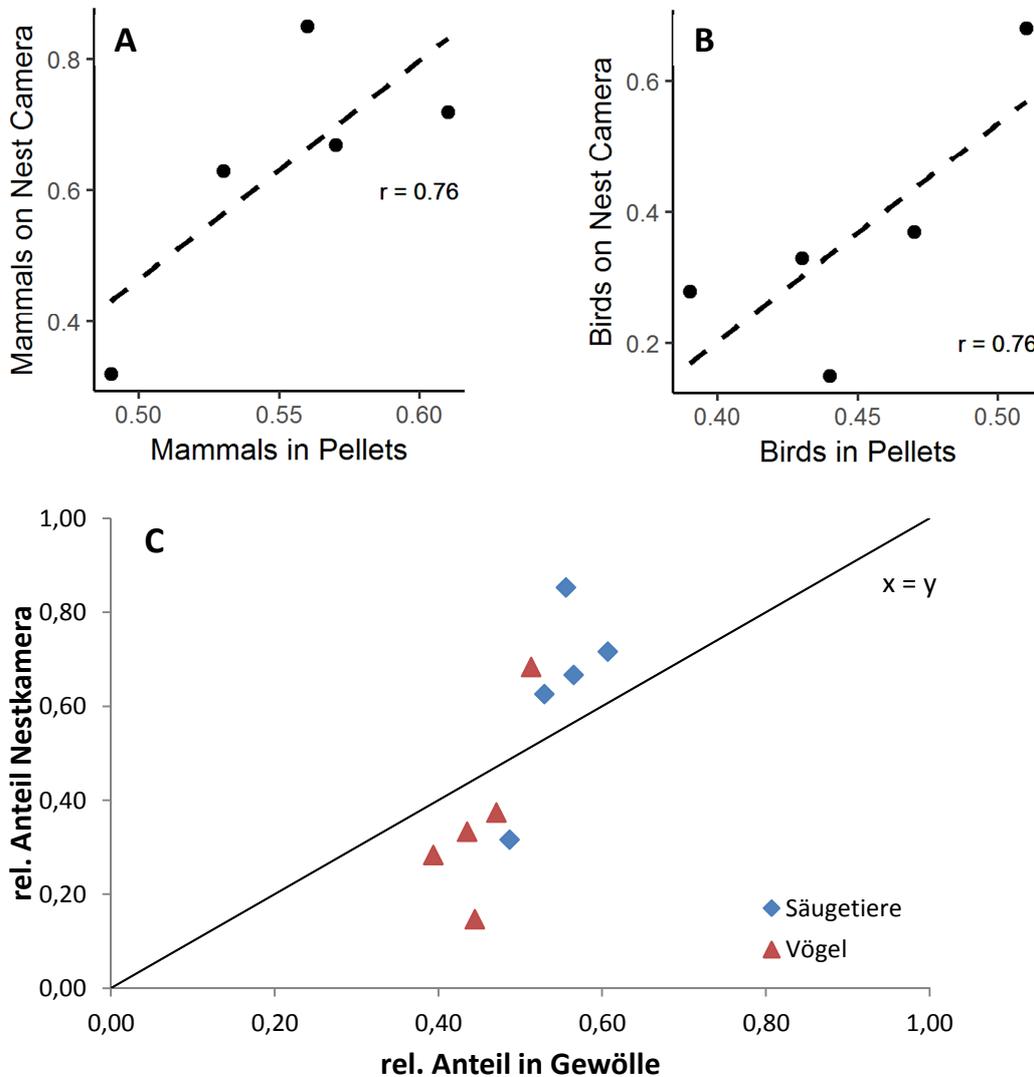


Abb. 35: Zusammenhang zwischen den Anteilen (%) von (A) Säugetier- und (B) Vogel-Beuteobjekten in Gewöllen und Nestkameradaten an 15 ausgewählten Kornweihennestern, (Korrelationskoeffizient nach Pearson $r = 0,76$, $p = 0,1331$) (C) Vergleich der relativen Beuteanteile (%) in Gewöllen und von Nestkameradaten. Die Linie entspricht $x=y$.

4.5 Populationsdichte von Wühlmäusen und Einfluss auf Reproduktionsraten von Kornweihen

Die relative Dichte von Wühlmäusen war zu Beginn dieser Teilstudie im Jahr 2011 mit durchschnittlich 12,22 Individuen/100 Fallennächten die höchste im untersuchten Zeitraum (Tab. 8). Es handelte sich offenbar um ein Gradationsjahr. Im Jahr darauf brach die Population zusammen und pendelte sich in den Folgejahren auf einem niedrigen Niveau bis 2016 ein (Abb. 36). Statistisch konnte dieser starke Rückgang jedoch nicht nachgewiesen werden (Lineares Modell: $r^2 = 0,3106$, $F = 3,253$, $df = 4$, $p = 0,1456$), was sehr wahrscheinlich mit der kurzen Zeitreihe der Studie von sechs Jahre zusammenhing.

Tab. 8: Übersicht über die Ergebnisse der Wühlmaus-Populationsstudie im Untersuchungszeitraum 2011-2016 auf Norderney und Langeoog. Dargestellt ist der sogenannte Vole Index als mittlere relative Dichte von Wühlmäusen pro 100 Falleneinheiten, SD = Standardabweichung.

Jahr	Anzahl Fangflächen	Vole Index	SD
2011	14	12,22	13,01
2012	8	1,17	3,11
2013	20	5,03	6,35
2014	10	4,17	4,25
2015	10	1,25	1,10
2016	9	1,79	1,88

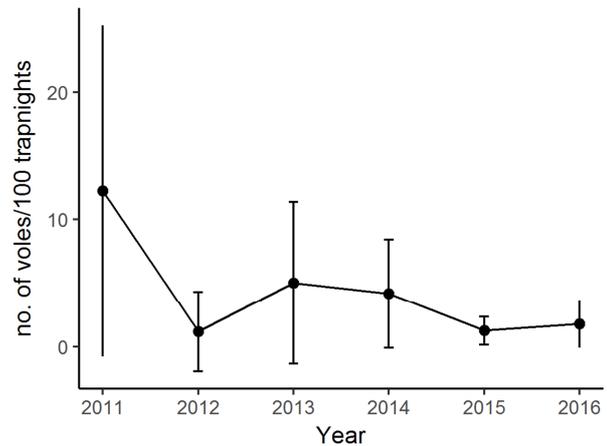


Abb. 36: Relative Dichten von Wühlmäusen auf den Ostfriesischen Inseln im Untersuchungszeitraum 2011-2016. Dargestellt ist die jährliche mittlere Anzahl gefangener Individuen pro 100 Fallennächte, Fehlerbalken stellen Standardabweichung dar, $n = 20$ Fangflächen. (LM: $r^2 = 0,4485$, $F = 3,253$, $df = 4$, $p = 0,1456$)

Ein Einfluss der Wühlmausdichte auf die untersuchten Reproduktionsparameter konnte einzig für die Anzahl der anwesenden Weibchen zum Beginn der Brutzeit nachgewiesen werden (Abb. 37). Hier stieg die Anzahl der anwesenden Weibchen mit der Abundanz von Wühlmäusen als Hauptbeutegruppe während der Aufzuchtphase der Jungvögel signifikant an (GLM: $p < 0,001$, pseudo $R^2 = 85,37\%$). Das bedeutet, je mehr Nahrung zur Verfügung stand, desto mehr Weibchen befanden sich im Brutgebiet.

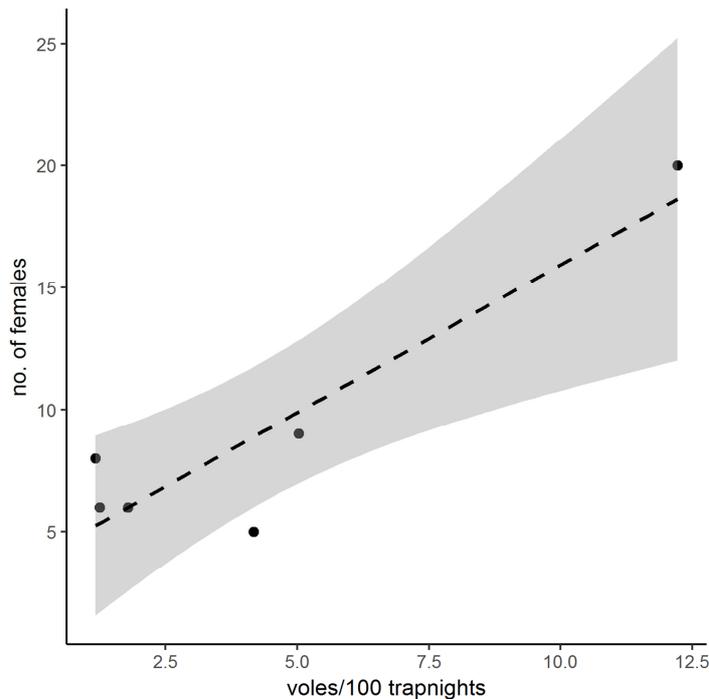


Abb. 37: Anzahl anwesender Kornweihen Weibchen zum Beginn der Brutzeit auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (Untersuchungszeitraum 2011-2016) in Abhängigkeit der jährlichen mittleren relativen Abundanz von Wühlmäusen (Vole Index). (GLM: $p < 0,001$, pseudo $R^2 = 85,37\%$) Die unabhängige Variable Vole Index erklärte 85% der Variation in den Weibchenzahlen.

Auf alle weiteren Reproduktionsparameter hatte der Vole Index keinen nachweisbaren Einfluss (Tab. 9). Das bedeutet, dass die Initiierung der Gelege, die Gelegegröße, die Anzahl der geschlüpften wie ausgeflogenen Jungvögel sowie auch die Sterberate durch Verhungern nicht vom Angebot an Wühlmäusen zur Brutzeit bestimmt wurde.

Tab. 9: Ergebnisse der Linearen Modelle zur Schätzung des Zusammenhangs zwischen den einzelnen Reproduktionsparametern und der jährlichen mittleren relativen Abundanz von Wühlmäusen als bestimmender Faktor. Für keinen der untersuchten Parameter konnte ein signifikanter Einfluss der Wühlmausabundanz ermittelt werden.

	r^2	F	df	p
Legedatum	0,3303	0,7398	3	0,548
Gelegegröße	0,06299	0,1008	3	0,907
Schlupferfolg	0,341	0,776	3	0,535
Bruterfolg	0,3644	0,86	3	0,507
Tod durch Verhungern	0,0314	0,04862	3	0,953

4.6 Raum- und Habitatnutzung adulter Kornweihen-Weibchen (GPS-Sender)

Insgesamt nutzten beide Kornweihen Weibchen (5126 und 5127) während der Brutzeit relativ kleine Gebiete für ihre täglichen Aktivitäten. Insbesondere in der Bebrütungs- und frühen Aufzuchtphase der Jungen blieben die Weibchen in der direkten Umgebung ihrer Nester (Abb. 38). In der späten Nestlingsphase, kurz vor dem Ausfliegen der Jungvögel begannen die Weibchen, ihre home ranges zum Teil deutlich zu erweitern und nutzten größere Bereiche für die Nahrungssuche. Hervorzuheben sind die großen Unterschiede in den Reviergrößen im Jahr 2015 zwischen den beiden Weibchen (Abb. 38, obersten beiden Panel). Während sich Weibchen 5126 nahezu ausschließlich im engeren Nestbereich bis weit in die Phase nach dem Ausfliegen ihres einzigen Jungvogels aufhielt, nutzte Weibchen 5127 bereits lange vor dem Ausfliegen ihrer drei Jungvögel größere Bereiche in der weiteren Nestumgebung zur Nahrungssuche. Entscheidend für dieses sehr unterschiedliche Raumnutzungsverhalten war möglicherweise zum einen die unterschiedliche Brutgröße (5126: ein Jungvogel, 5127: drei Jungvögel). Zum anderen könnte hier das unausgewogene Fütterungsverhalten des Männchens (polygam mit beiden besenderten Weibchen) zugunsten von 5126 ausschlaggebend gewesen sein. Visuelle Feldbeobachtungen zeigten, dass das Männchen vorwiegend 5126 und dessen Jungvogel mit Nahrung versorgte. 5127 war dadurch gezwungen, weit vor dem Flüge werden der Jungvögel selbst auf Nahrungssuche für sich und die drei Jungvögel zu gehen. Neben den insgesamt größeren genutzten Flächen spiegelt sich der Einfluss des männlichen Fütterungsverhaltens sowohl in der täglichen Anzahl an Nahrungsflügen und der durchschnittlich zurückgelegten Strecke pro Nahrungsflug und Tag wider, als auch in der maximalen Distanz der Nahrungsflüge zum Nest und der täglichen dauere der Nahrungsflüge (Abb. 39-42). Die GPS-Daten der beiden Kornweihen-Weibchen bestätigen damit in besonderem Maße die Beobachtungen im Gelände und weisen darauf hin, dass männliches Fütterungsverhalten einen Einfluss auf das Raumnutzungsverhalten haben kann (insbesondere bei polygamen Bruten) und damit auch auf den Bruterfolg.

Aufgrund der Rückkehr des Weibchens 5127 in der folgenden Brutsaison 2016 lassen die GPS-Daten einen Vergleich der beiden Brutzeiten für diesen Vogel zu. Dieses Weibchen war mit demselben Männchen (identifiziert durch Farbringablesung) wie im Vorjahr verpaart, jedoch in monogamer Verpaarung. Obwohl das Männchen nur diese eine Brut mit erneut drei Jungvögeln zu versorgen hatte, unterstützte das Weibchen die Fütterung der Jungvögel mit mehreren Nahrungsflügen pro Tag bereits seit dem Schlupf der Küken (Abb. 39). Allerdings nutzte das Weibchen nur einen sehr begrenzten Bereich der näheren Nestumgebung, flog nur kurze Strecken und blieb dem Nest nur kurzzeitig fern (Abb. 39-42, unterste Panel), um bei potentieller Gefahr die Brut schnell verteidigen zu können. Möglicherweise unterstützte das Weibchen die Versorgung der Jungvögel auch, weil ein geringes Nahrungsangebot an Wühlmäusen auf der Insel dazu führte, dass das Männchen weitere Strecken zur erfolgreichen Nahrungssuche zurücklegen musste. Aufgrund ihrer Körpergröße sind Kornweihen Weibchen in der Lage, auch größere Nahrungstiere wie z.B. Kaninchen zu erbeuten, was Kornweihen Männchen nicht möglich ist. Dadurch war ein zusätzliches, verfügbares und qualitativ höherwertiges Nahrungsangebot nutzbar, was sich auch im Bruterfolg widerspiegeln kann. Ein sich daraus ergebender Konflikt für die Weibchen (fehlende Betreuung/Schutz der Brut vor z.B. Prädation durch Abwesenheit zur Nahrungssuche im Hinblick auf den Ausfliegeerfolg der Jungvögel) wird möglicherweise durch den Kompromiss der Nahrungssuche in Nestnähe gelöst. In der Nachbrutzeit nahmen die Reviergrößen tendenziell wieder ab, wenn die Jungvögel selbständig sind. Die Weibchen müssen dann nur noch sich selbst versorgen (Abb. 38, unteres Panel).

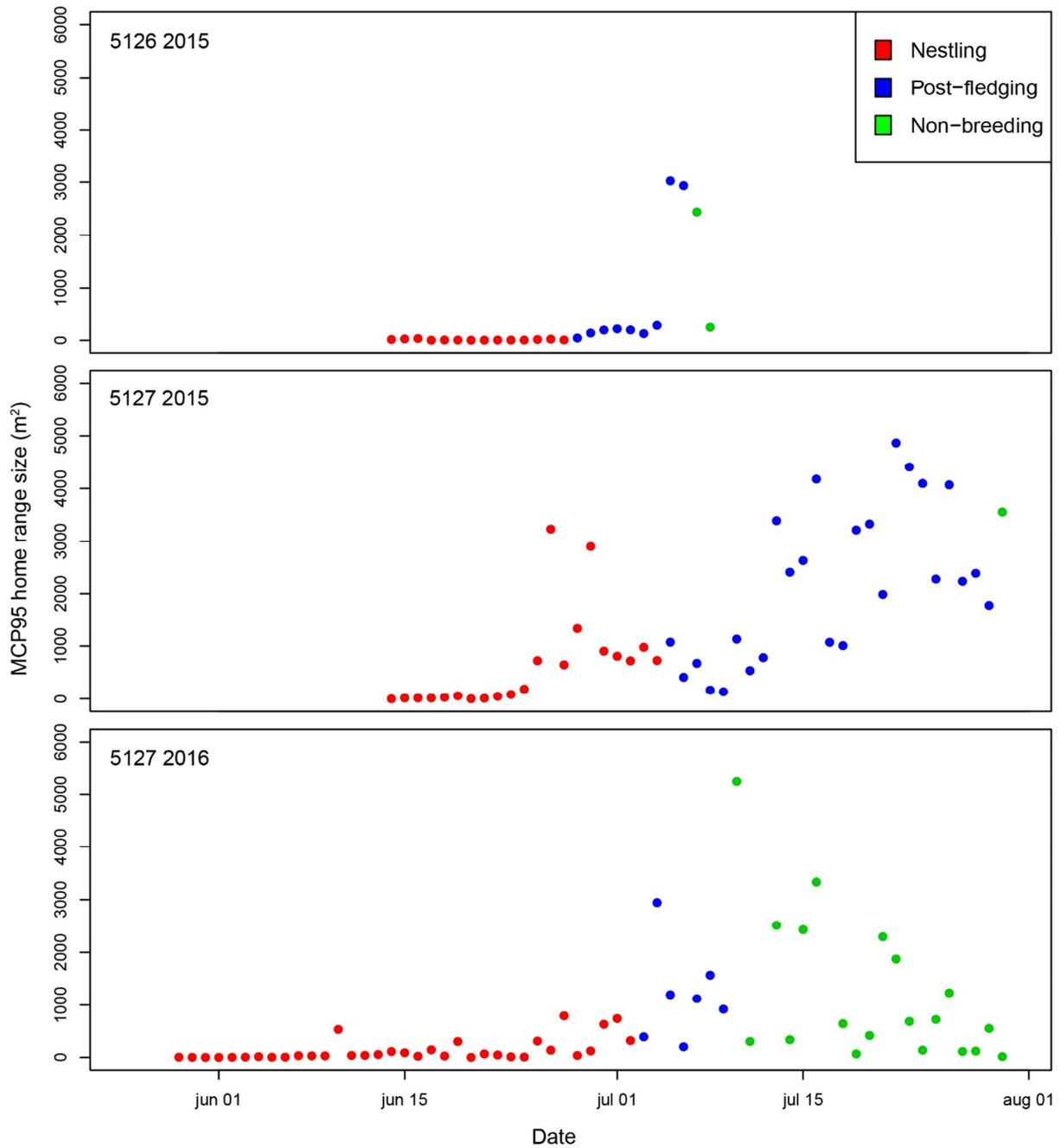


Abb. 38: Tägliche Reviergrößen (home ranges in m^2) der beiden adulten Kornweihen Weibchen während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding. Die Werte beruhen auf Minimum Convex Polygonen mit 95% aller gemessenen GPS-Positionen des jeweiligen Tages. Panel zeigen die beiden Weibchen in den beiden untersuchten Jahren (2016 nur 5127).

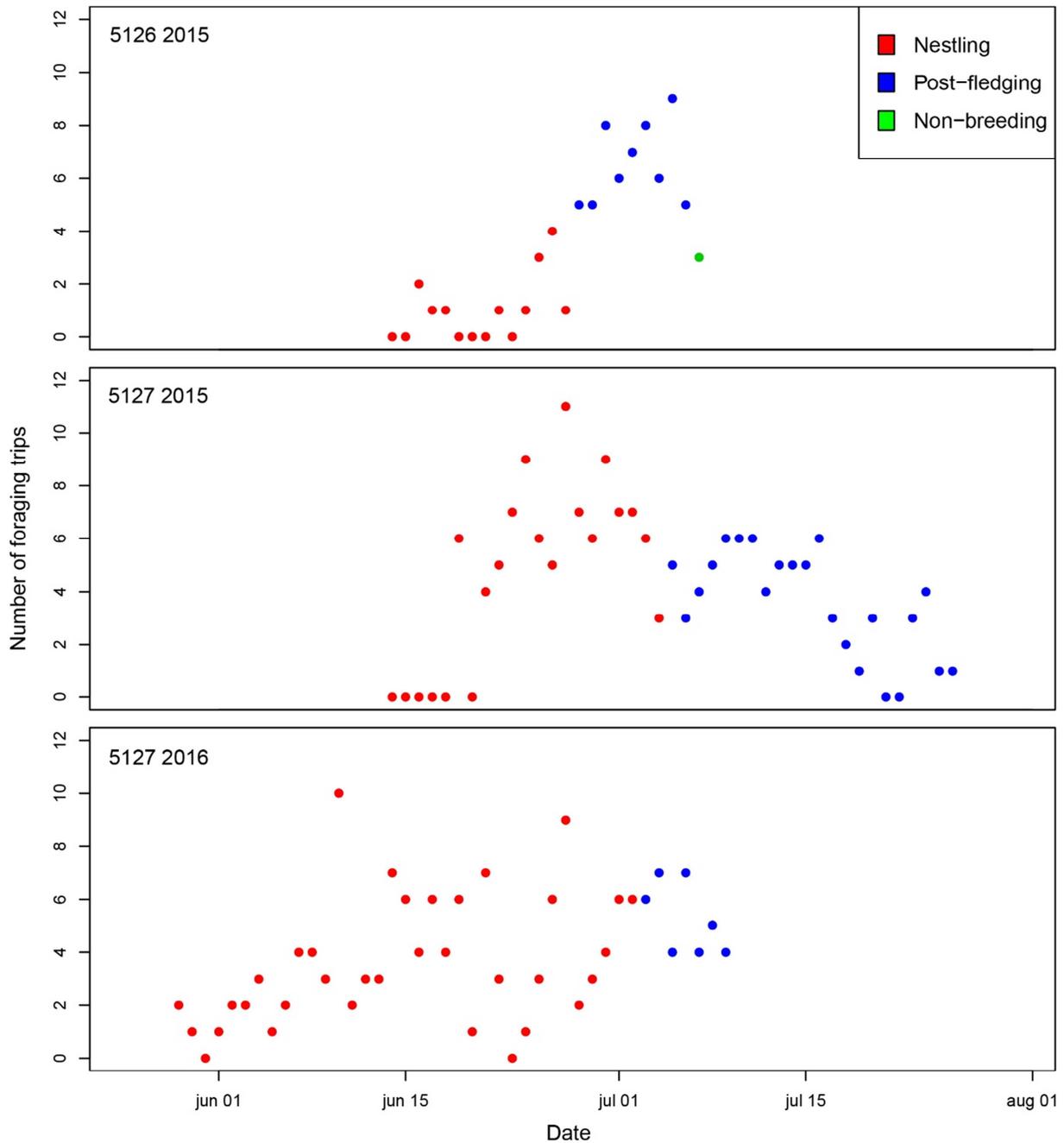


Abb. 39: Anzahl von Nahrungsflügen pro Tag der beiden adulten Kornweihen Weibchen während der während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding. Die Daten basieren auf einer Distanz von > 150m vom Nest an mindestens drei aufeinander folgenden Positionen. Dadurch wurde eine mögliche Überrepräsentation von Flügen in der direkten Nestumgebung vermieden.

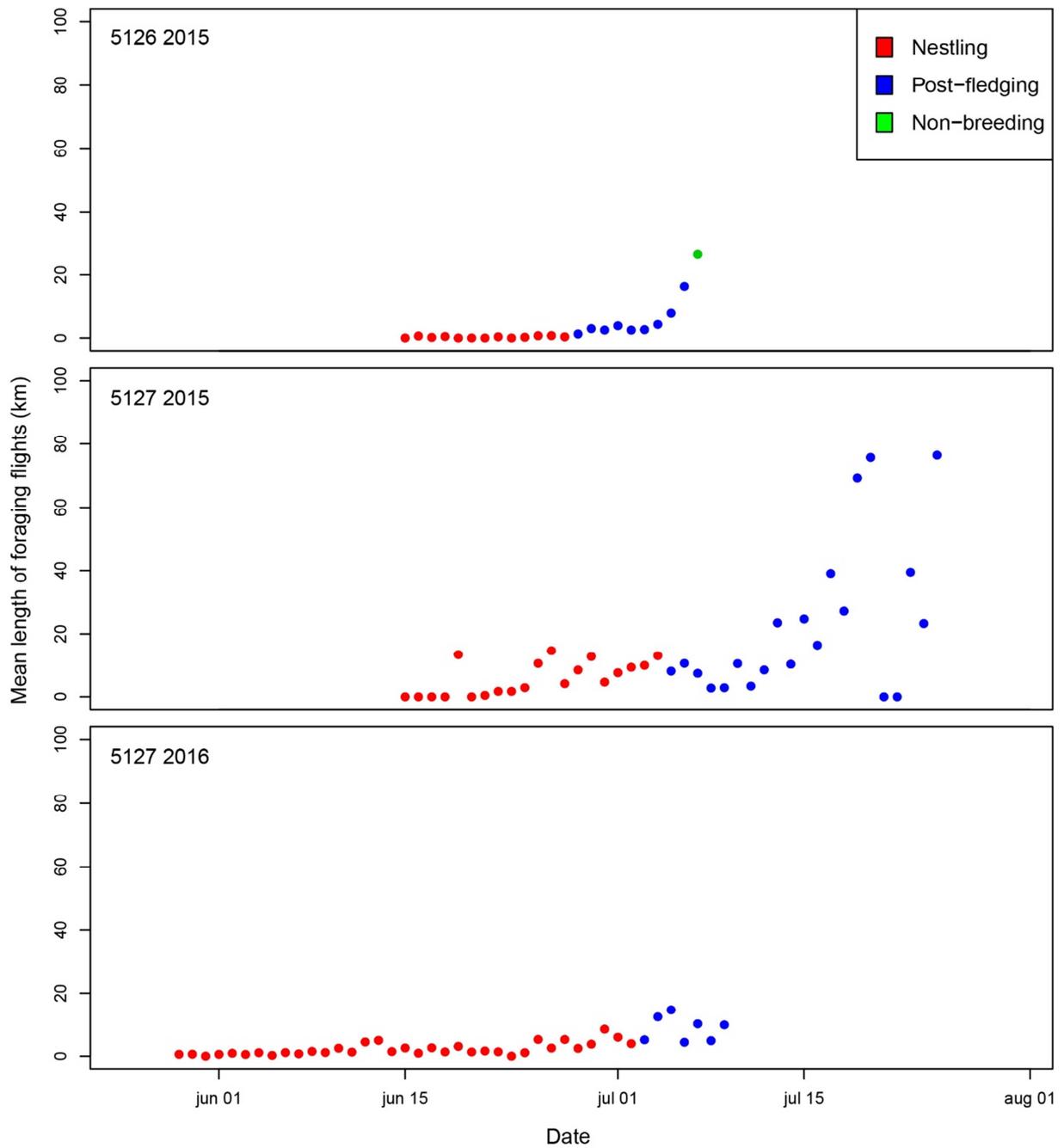


Abb. 40: Durchschnittlich geflogene Strecke pro Nahrungsflug und Tag der beiden Kornweihen Weibchen während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding. Die Daten basieren auf der kumulierten Flugstrecke zwischen den aufeinanderfolgenden GSP-Positionen während eines Nahrungsfluges.

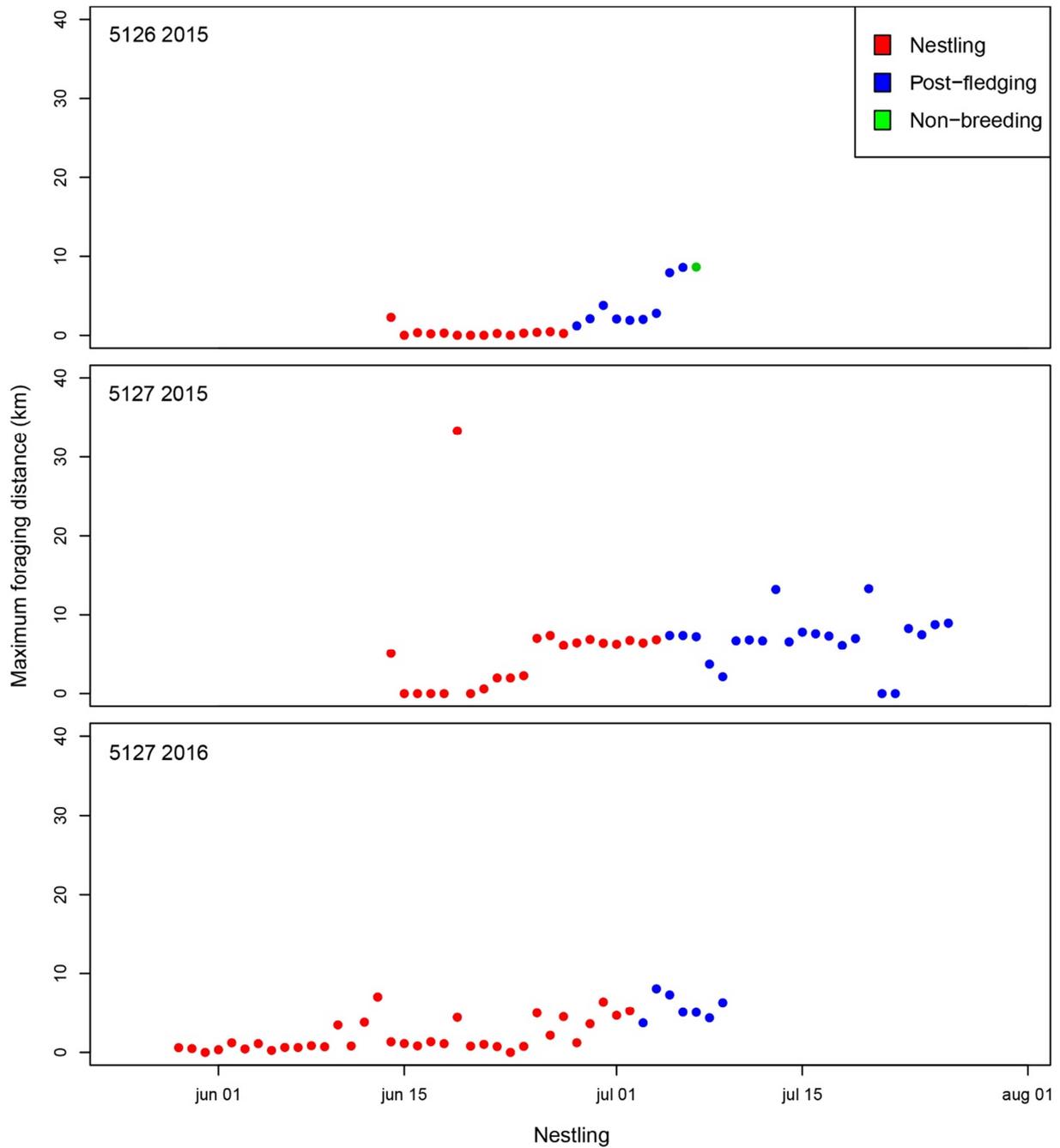


Abb. 41: Maximale Distanz zum Nest während der Nahrungssuche der beiden Kornweihen Weibchen während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding.

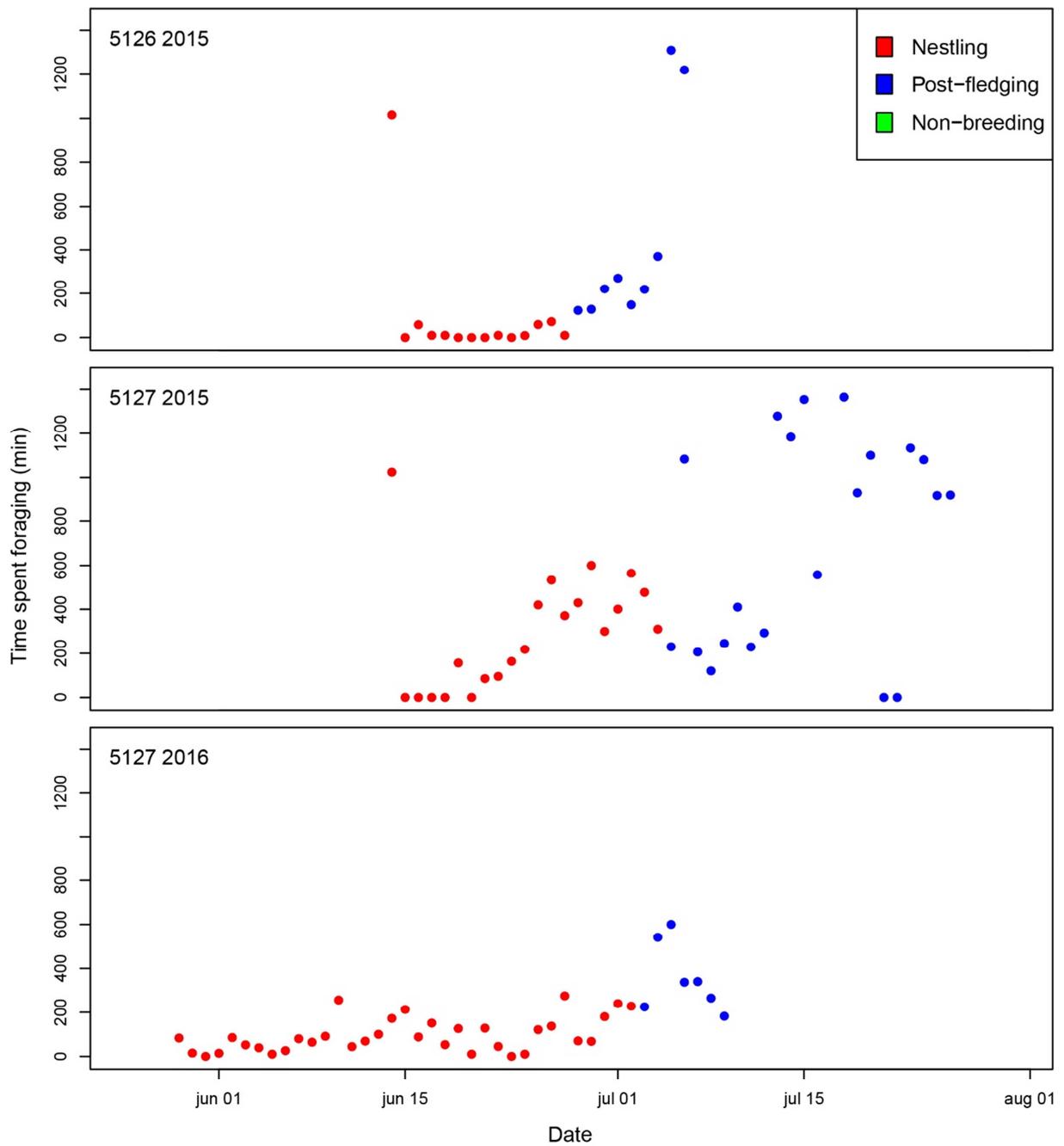


Abb. 42: Tägliche Dauer der Nahrungsflüge (Zeit in min, in der sich das jeweilige Weibchen nicht am Nest und im Nestbereich >150m aufhielt) während der drei untersuchten Zeiträume Nestling, Post-Fledging und Non-Breeding.

Für das Weibchen 5127 liegen über die beiden Brutzeiten 2015 und 2016 hinaus auch Daten zu den entsprechenden Überwinterungsperioden 2015/2016 und 2016/2017 vor. Dieser Vogel ist in der Nachbrutzeit nicht aus dem Wattenmeer abgezogen und ist daher als Standvogel zu bezeichnen. Hinsichtlich der räumlichen Lage der aufgesuchten nächtlichen Rast- bzw. Schlafplätze im Winterhalbjahr 2015/2016 lag die durchschnittliche Distanz zwischen einem Rastplatz und dem am darauffolgenden Abend bei 3,4km. Die maximale Distanz zwischen zwei Rastplätzen lag bei 29,44km. In 53,4% aller Fälle lag die Distanz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rastplätzen bei weniger als 1km. In 24,5 % der Fälle waren die Rastplätze sogar weniger als 100m voneinander entfernt.

Im Winterhalbjahr 2016/2017 lag die Distanz zwischen zwei Rastplätzen im Mittel bei 1,8km. Maximal lagen die Schlafplätze in einer Entfernung von 11,5km auseinander. In mehr als der Hälfte der Nächte (56,6%) waren die Schlafplätze weniger als 1km voneinander entfernt. Bei weiteren 20,7% war es eine Distanz von weniger als 100m.

59,7% der Schlafplätze, die das Weibchen 5127 im zweiten Winterhalbjahr 2016/2017 aufsuchte, lagen in einem 100m Radius eines Schlafplatzes, der bereits im vorherigen Überwinterungszeitraum (2015/2016) zur nächtlichen Rast aufgesucht von diesem Vogel aufgesucht worden ist. Das Weibchen zeigt eine hohe Rast- und Schlafplatztreue.

Beide Kornweihen Weibchen nutzten in der Brutsaison insbesondere Habitats der Dünen- und Dünentäler sowie die Bereiche der Salzwiesen zur Nahrungssuche (Abb. 43). Die Unterschiede zwischen den beiden Individuen sind eher gering. Im Verhältnis zum Gesamtangebot der dünen-dominierten Habitatkomplexe sind diese in der Nutzung durch die Weibchen stark repräsentiert.

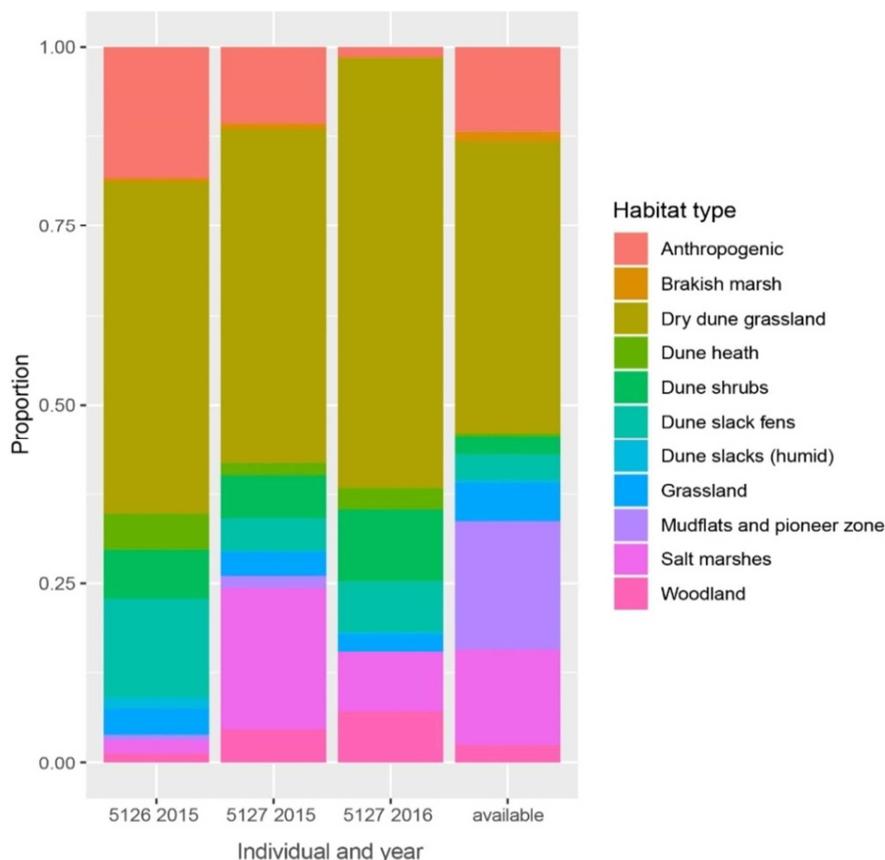


Abb. 43: Habitatnutzung zur Nahrungssuche im Verhältnis zur Verfügbarkeit der untersuchten Habitattypen während der Brutsaison auf Norderney. Dargestellt sind die prozentualen Anteile in den Jahren 2015 und 2016 der durch die beiden besenderten Weibchen genutzten Habitattypen (10 Kategorien).

Im Hinblick auf die Bruthasen „Nestling“ und Post-Fledging“ sind Unterschiede sowohl zwischen den beiden Individuen innerhalb einer Brutsaison als auch zwischen den Jahren 2015 und 2016 bei Weibchen 5127 in der Habitatnutzung im Vergleich zur Habitatverfügbarkeit zu erkennen. Weibchen 5126 nutzte in der Nestlingsphase nur zu kleinen Anteilen Dünenhabitats, während der Anteil anthropogen geprägter Bereiche deutlich hervortritt. Der 2015 gewählte Neststandort befand sich in unmittelbarer Nähe zu einem stark genutzten Besucherparkplatz für Autos und Busse, mit Restaurant und Dünenübergang zum Strand. Bei nahezu jedem Nahrungsflug, auch wenn diese grundsätzlich nur in die nähere Nestumgebung führten, musste dieser Vogel diesen Parkplatz überfliegen, wodurch der hohe Anteil dieses Habitattyps an der Gesamtnutzung zu erklären ist. In der Post-Fledging Phase erhöhte sich der Anteil an Dünenhabitaten auf den Nahrungsflügen deutlich. Die schwindende Bindung zum Nest sowie die Flugfähigkeit des Jungvogels ließen das Weibchen nun offenbar größere Bereiche der Dünenhabitats sowie Grünlandbereiche nutzen. Ähnliches war auch für das Weibchen 5127 zu beobachten, wobei die Unterschiede im Anteil an genutzten Dünenhabitaten zwischen den beiden Brutphasen nicht so deutlich hervortraten. Dieser Vogel nutzte in der Post-Fledging Phase vor allem auch Salzwiesen zur Nahrungssuche (Abb. 44). Auffällig im Jahresvergleich für diesen Vogel ist der nahezu gleichbleibende Anteil des Habitattyps Dünengrassland während der Nahrungsflüge in der Nestlings- und in der Post-Fledgingphase. Im Vergleich zur Gesamtverfügbarkeit der zehn Habitatkomplexe wird das Dünengrassland von beiden Individuen in beiden Brutphasen und in beiden Untersuchungsjahren (nur für 5127) potentiell bevorzugt. Dieser Habitattyp spielt offenbar eine wichtige Rolle als Nahrungshabitat für Kornweihen im Brutgebiet auf Norderney.

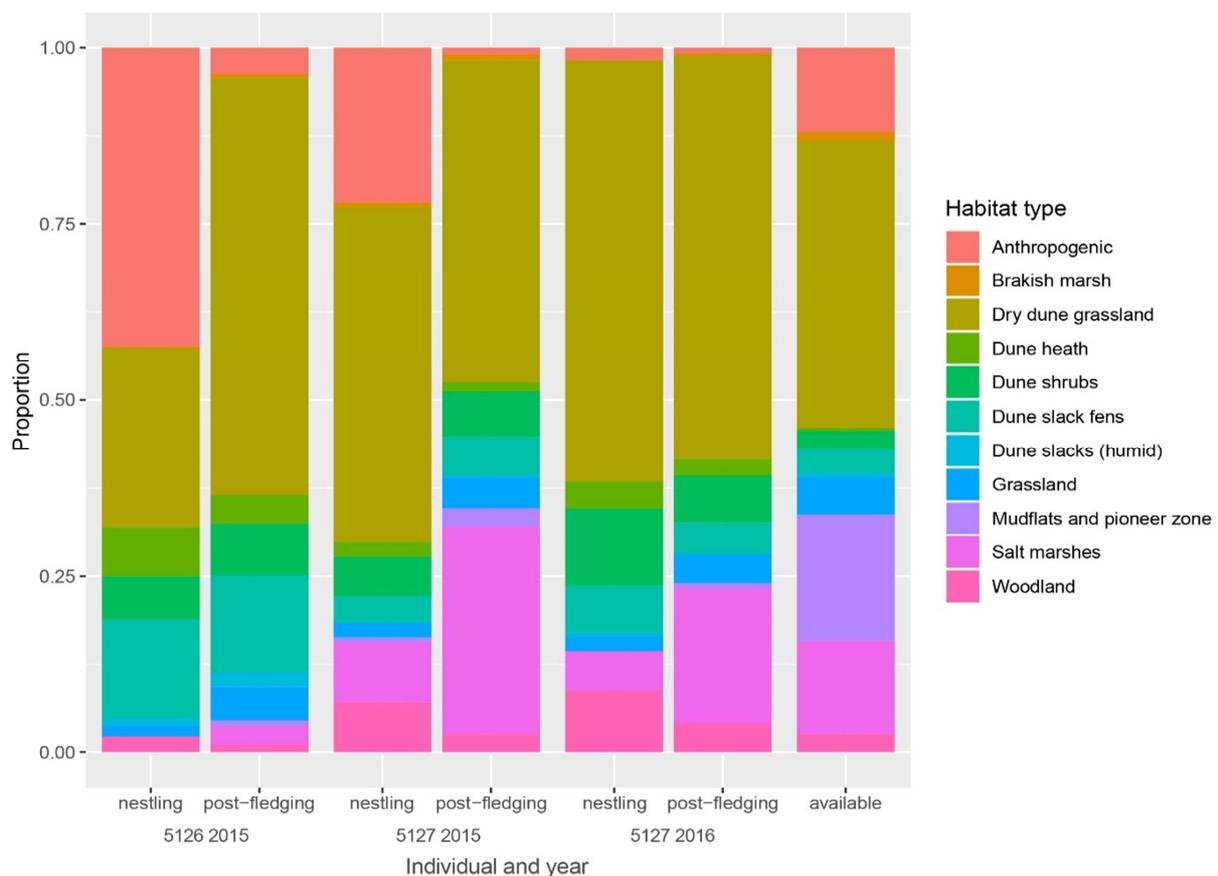


Abb. 44: Habitatnutzung während der Nahrungssuche, aufgeteilt nach den Brutphasen „Nestling“ und Post-Fledging“ für die beiden besenderten Kornweihen Weibchen in den Jahren 2015 und 2016 bezogen auf die 10 verschiedenen Habitattypen.

4.7 Wanderungsbewegungen und Habitatnutzung junger Kornweihen (Satellitensender)

Von den sechs mit Satellitensendern ausgerüsteten jungen Kornweihen Weibchen konnten die gesendeten Positionsdaten von fünf Individuen weiter ausgewertet werden. Eines der Weibchen verstarb kurz nach dem Ausfliegen, so dass die Menge nutzbarer Positionen für weitere Auswertungen nicht ausreichte.

Lediglich zwei der fünf Weibchen verließen in der Nachbrutzeit ihre Schlupfgebiete und zogen in südwestlicher Richtung aus dem Wattenmeer ab. Das junge Weibchen von Norderney (Norderney1, 2015) hielt sich bis Mitte Oktober im Bereich des ehemaligen Nestes und in den weitläufigen Dünengebieten der Insel auf. Am 14.10.2015 verließ dieser Vogel Norderney und startete in Richtung Südwesten. Mit wenigen Zwischenstopps zog das Weibchen an die niederländisch-belgische Grenze (Abb. 45). Dort erlosch das Signal des Senders. Über den Verbleib und das Schicksal dieses Vogels gibt es keine weiteren Informationen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist der Vogel an der zuletzt gemeldeten Position aus unbekanntem Gründen verstorben.

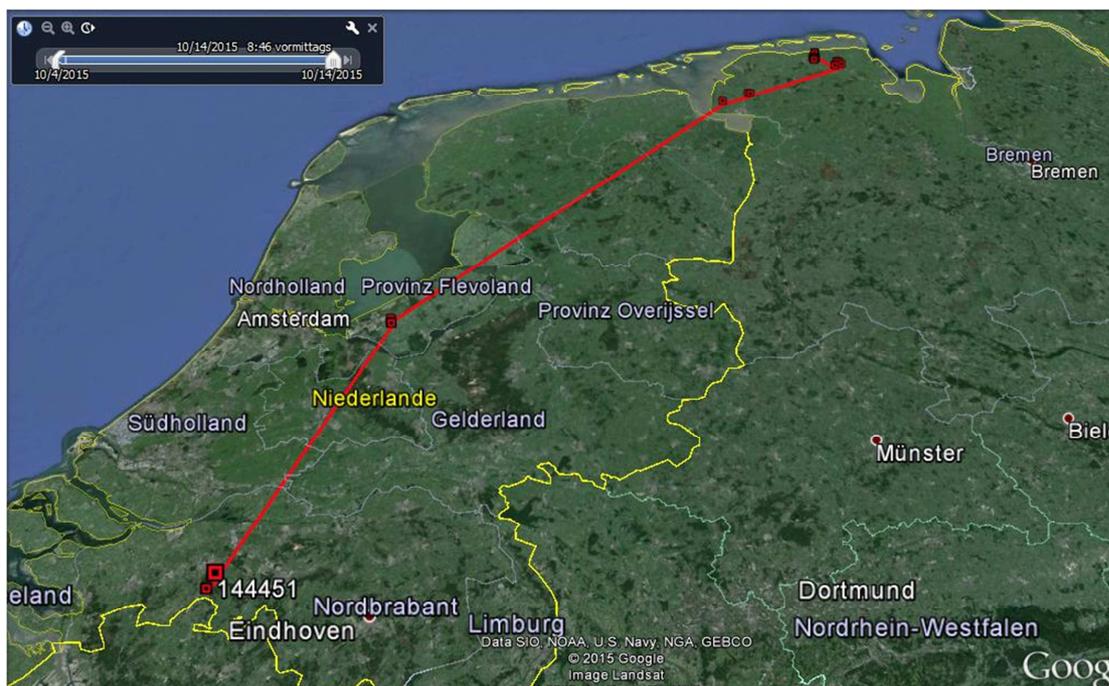


Abb. 45: Zugroute von Weibchen „Norderney1“ (Sender-ID 144451), nachdem sie ihre Geburtsinsel Norderney am 14.10.2015 in südwestlicher Richtung verlassen hat. (Kartengrundlage: GoogleEarth)

Das im Jahr 2016 besenderte junge Kornweihen Weibchen aus einem Nest am Dollart nahe der niederländischen Grenze war der zweite Vogel dieser Teilstudie, der das Schlupfgebiet verlassen hat und in südwestliche Richtung nach Frankreich gezogen ist (Abb. 46). Zuvor jedoch machte dieser Vogel, nach dem Verlassen der Nestumgebung, am 12.09.2016 einen Schleifenzug in nordöstlicher Richtung und hielt sich für zwei Tage in einem Grünlandgebiet nördlich von Bremerhaven auf. Am 14.09.2016 zog der Vogel direkt von dort zum Lauwersmeer in den Niederlanden und blieb dort bis Anfang Oktober. Am 04.10.2016 zog das Weibchen von dort in südwestlicher Richtung ab und flog küstennah in die Umgebung westlich von Paris. Von dort ging es weiter am 13.10.2016 nach Südwesten bis in die Nähe von Bordeaux. Am 10.11.2016 wurde die letzte Position des Vogels nordöstlich von Bordeaux gespeichert. Ab diesem Zeitpunkt sendete der Sender keine Signale mehr, das Schicksal des Vogels ist unbekannt.



Abb. 46: Zugroute des jungen Kornweihen Weibchens „Dollart“ (Sender-ID 144454) aus einer Ackerbrut am Dollart nahe der niederländischen Grenze. (Kartengrundlage: GoogleEarth)

Einzig das Weibchen aus der Spiekerooger Brut 2015 hat den ersten Winter nachweislich überlebt. Ihr Satellitensender hat über den gesamten Herbst und Winter 2015 regelmäßig Positionsdaten übermittelt, sodass seit der Anbringung des Senders die Aufenthaltsorte des Vogels lückenlos nachvollzogen werden konnten. Der Vogel blieb bis Weihnachten 2015 auf Spiekeroog und wurde dort auch jagend in verschiedenen Bereichen der Insel beobachtet. Mit einem kurzen Aufenthalt auf Langeoog zog das Weibchen dann nach Juist. Dort hielt es sich ausschließlich auf dem sogenannten Kalfamer auf, der Dünenbereich im Osten von Juist. Der Vogel wurde dort noch im März lebend beobachtet. Mit Beginn der Vorbrutzeit ab Mitte/Ende März begann das Weibchen, ihren Aktionsradius deutlich zu vergrößern, wahrscheinlich auf der Suche nach einem geeigneten Brutrevier und potentiellm Brutpartner. Dafür verließ das Weibchen Juist für kleinere Tagesausflüge und streifte durch das Wattenmeer nach Wangerooge, Spiekeroog, Langeoog und Norderney. Seit Anfang Mai hielt der Vogel sich hauptsächlich auf Spiekeroog auf. Ende Mai zog das Weibchen zurück auf den Juister Kalfamer. Dort verstarb der Vogel aus ungeklärten Umständen offenbar am Strand. Der Vogel wurde mitsamt dem noch funktionstüchtigen Sender mit den Gezeiten verdriftet und wurde wenige Tage später mittels der aktuellen gesendeten Positionen im Spülsaum östlich des Norddeicher Hafengeländes gefunden.

Die unterschiedlichen Überwinterungsstrategien der fünf mit Satellitensendern ausgerüsteten Kornweihen Weibchen spiegeln sich auch in den verschiedenen großen maximalen Distanzen wieder, die zwischen dem Ort der Besenderung und der letzten bekannten Position des Sender liegen (Tab. 10).

Tab. 10: Maximale Distanzen zwischen Nest (Ort der Besenderung) und der letzten gespeicherten Position der Satellitensender der fünf jungen Kornweihen Weibchen. Lediglich „Norderney1“ und „Dollart“ verließen das Wattenmeer und zogen in südwestliche Richtung.

PTT-Sendernr.	Ringnummer	ID Individuum	max. Distanz zum Nest (km)
144451	N033650	Norderney1	296,96
144454 (1)	N105955	Spiekeroog1	59,54
144454 (2)	5336465	Dollart	999,53
144455	N105958	Ems-Jade-Kanal	23,82
144456	N105962	Norderney2	2,61

Bei der Wahl ihrer Habitate während der Herbst- und Winterphase unterschieden sich die jungen Kornweihen Weibchen teilweise deutlich. Vor allem die beiden Vögel, die die Wattenmeerinseln nicht verlassen hatten (Spiekeroog1: Überwinterung im Wattenmeer, Norderney2: Tod in der Nachbrutzeit in Nestumgebung) nutzen insbesondere die auf den Inseln typischen Küstenhabitate wie Salzwiesen und Dünen (Abb. 47). Die drei anderen Weibchen suchten nahezu ausschließlich Grünland und Ackerflächen zur Rast und Nahrungssuche im Herbst auf.

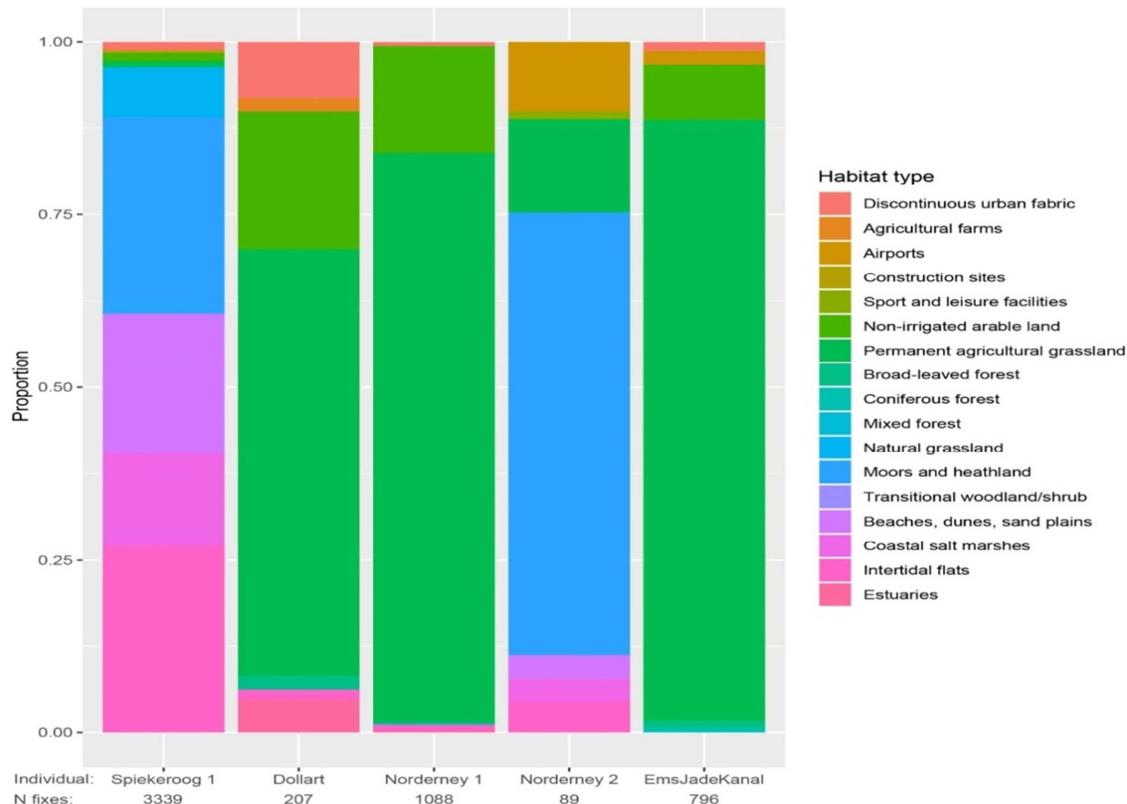


Abb. 47: Habitatwahl der mit Satellitensendern ausgerüsteten Kornweihen Weibchen während der gesamten Besenderungphase. Angegeben sind die prozentualen Anteile der von den Individuen genutzten Habitattypen. N fixes gibt die Anzahl der in die Auswertung eingegangenen Positionsdaten der verschiedenen Individuen an. Datenbasis der Habitattypen: CORINE Land Cover 10.

Kornweihen suchen außerhalb der Brutzeit Gemeinschaftsschlafplätze auf, an denen sie die Nacht zusammen verbringen. Sowohl die GPS-Koordinaten des adulten Kornweihen Weibchens 5127 wie auch die Lokalisationen der jungen Kornweihen Weibchen mit Satellitensendern wurden mit Landnutzungsdaten verschnitten und im Hinblick auf die Wahl der nächtlichen Rastplätze hin ausgewertet. Dabei werden insbesondere Salzwiesen, Moor- und Heideflächen sowie landwirtschaftlich genutztes Grünland als nächtliches Rasthabitat gewählt (Abb. 48).

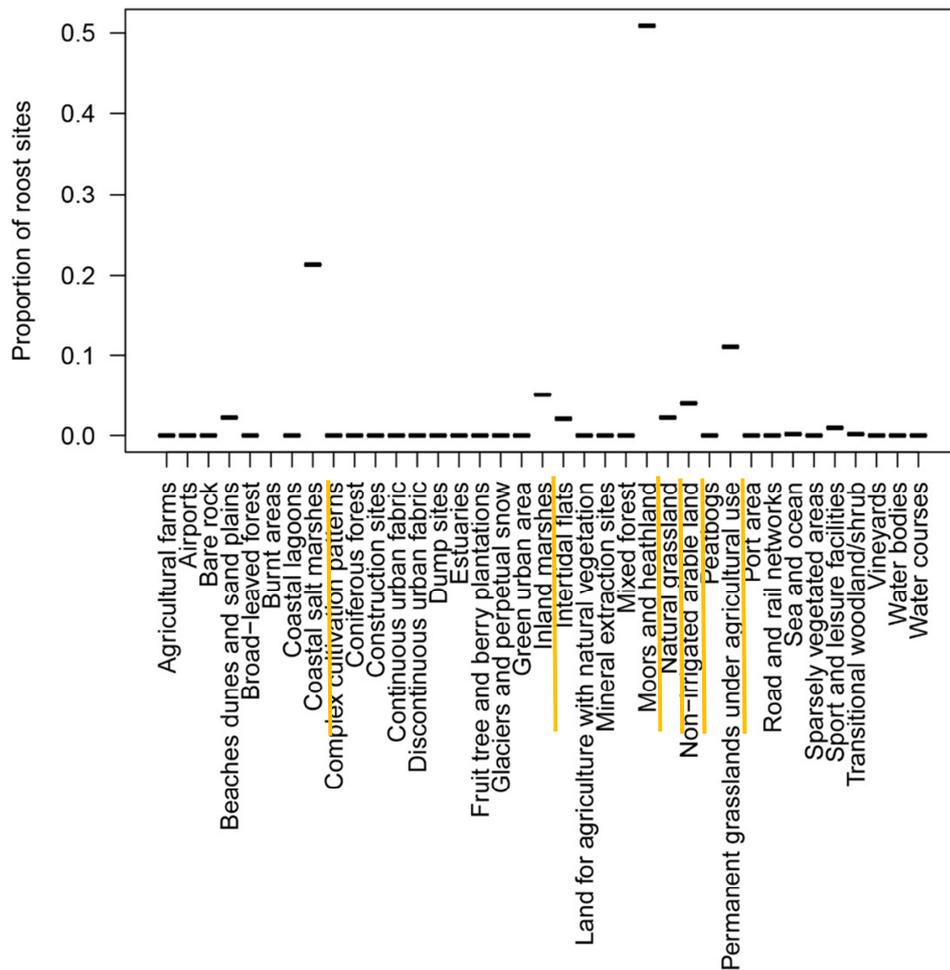


Abb. 48: Rast- und Schlafplatzhabitate aller besenderten Kornweihen Weibchen (GPS-Logger und Satellitensender). Dargestellt sind die Anteile an Nächten, die in einem bestimmten Habitat verbracht wurden. Die am stärksten genutzten Habitattypen sind in orange hervorgehoben. Datenbasis der Habitattypen: CORINE Land Cover 10.

5. Integriertes Populationsmodell für Kornweihen im Wattenmeer

5.1 Herangehensweise

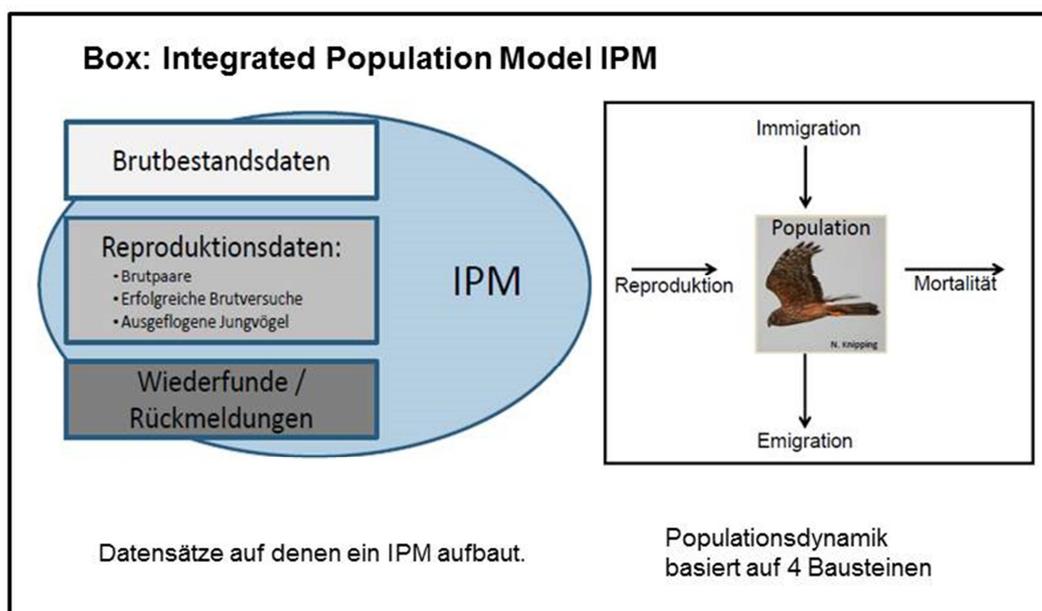
Das Kernstück dieses Forschungsprojektes bildet das Integrierte Populationsmodell (IPM) für Kornweihen im Wattenmeer. Die Wattenmeer Brutpopulation von Kornweihen umfasst neben den Ostfriesischen Inseln im deutschen Teil des Wattenmeeres auch die Westfriesischen Inseln in den Niederlanden. Für die Erstellung des Populationsmodells wurden daher alle verfügbaren Daten aus mehreren niederländischen und deutschen Monitoring- und Beringungsprogrammen zusammengetragen und integriert. Für den niederländischen Teil der Brutpopulation wurden die Daten bereits in einer früheren vorläufigen Studie zur Populationsdynamik analysiert (VAN TURNHOUT et al. 2013). Für die vorliegende Modellierung betrachteten wir den Zeitraum von 1970 bis 2017, der sowohl den Anstieg als auch den Rückgang der Brutpopulation einschließt. In dieser Zeit waren Kornweihen auf insgesamt 15 Inseln als Brutvögel anwesend, für die Angaben zum Brutbestand vorlagen, obgleich für einzelne Inseln und Jahre genaue Brutpaarzahlen fehlten.

Wir verwendeten ein IPM, welches durch eine kombinierte Analyse von demografischen Parametern mit Überlebenswahrscheinlichkeiten, Zuwanderungs- und Abwanderungsraten durch eine gemeinsame Wahrscheinlichkeitsfunktion („joint likelihood“) Populationsgrößen schätzt (BESBEAS et al. 2002, siehe Box: Integrated Population Model).

Die demografischen Raten basieren auf den Ergebnissen der jährlichen Nest- und Populationsmonitoringprogramme (Schlupf-/Bruterfolg, Anzahl brütender Weibchen). Überlebenswahrscheinlichkeiten, Zu- und Abwanderungsraten wurden anhand von Beringungs- und Wiederfunddaten berechnet. Ein IPM integriert alle relevanten demografischen Prozesse im Lebenszyklus der Art und erlaubt zudem die Modellierung der Bestandsentwicklung zeitlich-dynamisch, das heißt zu jedem Zeitpunkt der betrachteten Zeitreihe (mit einer sogenannten state-space-formulation).

Dabei werden drei verschiedene Response-Datensätze in einem einzigen Modell vereint:

1. Brutbestandsdaten: Anzahl Revierpaare pro Inseln und Jahr
2. Wiederfunde (tot und lebend) von auf den Wattenmeerinseln beringter Kornweihen
3. Reproduktionsdaten: Anzahl erfolgreicher Brutversuche (Paare mit Bruterfolg) aus der Gesamtzahl aller Brutversuche (Zahl aller Paare, die zur Brut geschritten sind), Anzahl der ausgeflogenen Jungvögel aus erfolgreichen Brutversuchen



5.2 Lebenszyklus-Modell für Wattenmeer-Kornweihen

Wir teilten die Population in drei Altersklassen ein: Juvenile (diesjährige Vögel n_1), Immature (einjährige Vögel n_2) und Adulte (älter als einjährig n_3) („post reproductive census count“ CASWELL 2001). Die Zähl­daten sind gekoppelt durch alters- und zeitabhängige Überlebenswahrscheinlichkeiten (s_j , $j \in \{1,2,3\}$), jährliche Reproduktionsraten (r), Gebietstreue der Juvenilen ($f(t)$) und Zuwanderung (l) (Abb. 49). Wir nahmen an, dass die Brutplatztreue der Adulten 100% beträgt und dass Dispersion und Immigration nur zum Ende des ersten Lebensjahres auftreten. Hinsichtlich der Schätzung von Überlebensraten gingen nur Wiederfunde aus dem Wattenmeer und innerhalb der Brutzeit mit in die Modellierungen ein. Für die Jahre 1970-2003 ist die Datengrundlage aufgrund geringer Rückmelderaten eher spärlich. Ab 2004 mit dem Start des Farbberingungsprogramms in den Niederlanden (und ab 2007 auf den Ostfriesischen Inseln) stiegen die Rückmelderaten markierter Kornweihen. Daher wurden für die beiden Phasen unterschiedliche Rückmeldewahrscheinlichkeiten festgelegt.

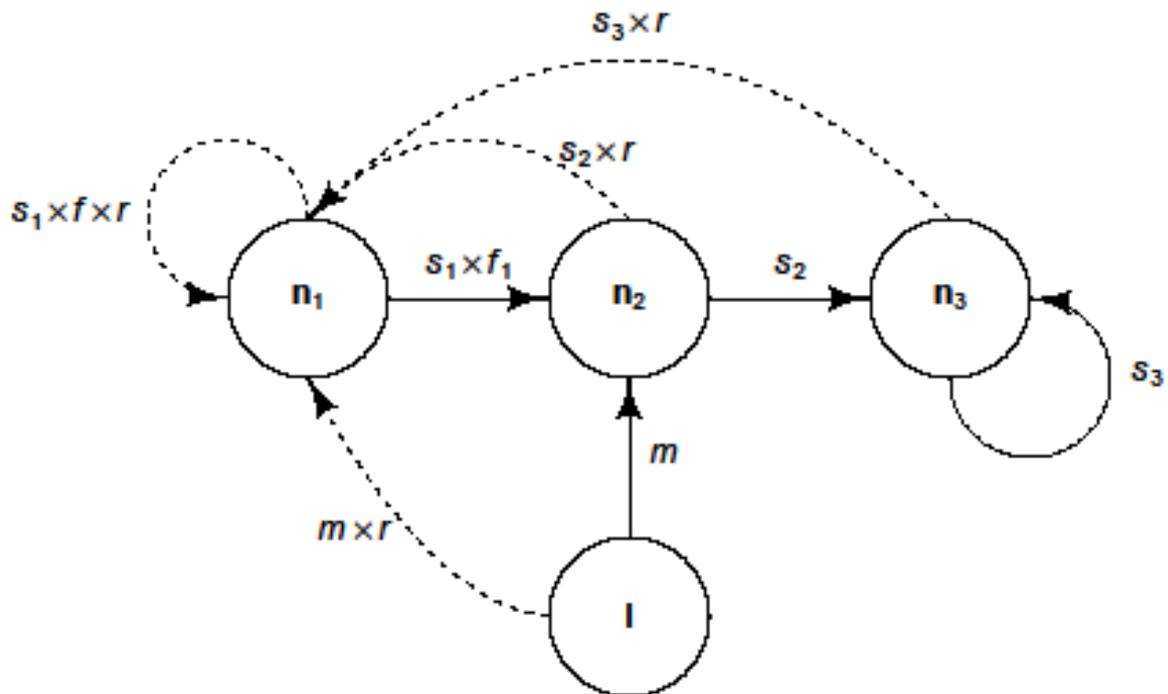


Abb. 49: Lebenszyklus der Kornweihe als Basis für das Integrierte Populationsmodell. Kreise repräsentieren die drei Altersklassen: Juvenile n_1 , Immature (Einjährige) n_2 , Adulte (älter als ein Jahr) n_3 , Immigranten (Anzahl der zugewanderten Individuen) I . Pfeile verdeutlichen demografische Prozesse zwischen den Jahren: Überlebenswahrscheinlichkeit s , Geburtsorttreue der Immaturen f , Reproduktionsraten r und Immigration m . Die Anzahl der Juvenilen zum Zeitpunkt $t+1$ wird bestimmt durch den Reproduktionserfolg aller Altersklassen zum Zeitpunkt t , zuvor multipliziert mit ihrer jährlichen Überlebenswahrscheinlichkeit (und Rückkehrwahrscheinlichkeit ins Geburtsgebiet). Gestrichelte Pfeile kennzeichnen Reproduktionsleistungen, ununterbrochene Pfeile kennzeichnen Wechsel der Altersklassen durch Wachstum sowie Zuwanderung.

5.3 Modellannahmen

- Konstante Gebietstreue und Immigrationsraten, da der vorliegende Datensatz (Lebend- und Totwiederfunde über den gesamten Zeitraum) eine Schätzung dieser Parameter nicht erlaubt.
- Die jährlichen Parameter (Überleben der drei verschiedenen Altersgruppen, Reproduktions-, Zu- und Abwanderungsraten) bilden eine Einheit welche die demografischen Prozesse auf allen Inseln gleichsam steuert. Daher werden alle Inseln als Replikate desselben Prozesses behandelt.
- Keine altersspezifischen Reproduktionsraten
- Gleiche Überlebensraten von Männchen und Weibchen
- Wir ignorierten Polygynie und nutzten die Anzahlen brütender Weibchen (in Abhängigkeit der jeweiligen Altersklasse) als Stellvertreter für die Größe der Brutpopulation.
- Wir nahmen ein über den Betrachtungszeitraum gleichbleibendes Geschlechterverhältnis von 50% an.
- Konstante Wiederfundraten

5.4 Modellanalyse

Basierend auf den jährlichen Schätzungen der demografischen Parameter wurde analysiert, wie die Schwankungen der jährlich beobachteten Populationswachstumsraten durch die Variation der einzelnen demografischen Parameter erklärt werden können. Dazu wurden Reihen von stochastischen Simulationen durchgeführt, um die Populationsdynamik zu analysieren und um die potenziell verantwortlichen demografischen Faktoren im Lebenszyklus der Kornweihen zu identifizieren. Zur Identifizierung der für den Wechsel im Populations-trend verantwortlichen demografischen Veränderungen kam ein stochastisches „Life Table Response Experiment“ (LTRE) zur Anwendung (CASWELL 2010). LTREs zerlegen die Effekte auf die abhängige Variable (hier die Populationswachstumsrate) in einzelne Beiträge, die aus den Variationen der unabhängigen Variablen (hier demografische Parameter), die die abhängige Variable (Populationswachstumsrate) bestimmen, resultieren.

Für diese Studie bedeutet dies, dass das LTRE analysiert, welcher demografische Parameter (Überlebensraten der verschiedenen Altersklassen, Reproduktion, Gebietstreue, Zu- und Abwanderung) zu welchem Zeitpunkt (vor 1995 bzw. nach 1995) die jährlichen Populationswachstumsraten bestimmt (siehe auch Box: Integrated Population Model).

5.5 Ergebnisse Populationsdynamik

Die Brutpopulation von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer erreichte 1994 mit geschätzten 152 Paaren (Bayes'sches Konfidenzintervall 133-175) ihr Maximum (Abb. 50). In der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums (1970-1994) stieg die Population um durchschnittliche 6,26% (3,83-10,69%) pro Jahr an. Danach (1995-2016) waren die Bestandszahlen stark rückläufig und nahmen durchschnittlich um 9,8% (7,52-12,44%) pro Jahr ab. Der Anstieg und Rückgang der Kornweihenpopulation verlief räumlich unterschiedlich und erreichte auf den Westfriesischen Inseln bereits Mitte der 1990er Jahre ihren Höhepunkt, während auf den Ostfriesischen Inseln das Maximum erst um das Jahr 2000 erreicht wurde.

Die durchschnittliche jährliche Überlebensrate über alle 46 Untersuchungsjahre betrug für Juvenile 50,46%, für Immature 72,50% und für Adulte 77,90%. Allerdings wurde ein deutlicher Rückgang der Überlebensraten bei den Juvenilen ab den frühen 1990er Jahre und bei den Adulten ab etwa Mitte der 1990er Jahre beobachtet (Abb. 51).

Die durchschnittliche jährliche Reproduktionsleistung lag bei 1,49 flüggen Jungvögeln pro Paar und Jahr und zeigt keinen besonderen Langzeittrend (Abb. 52). Jedoch scheint der Bruterfolg niedriger zu liegen in Jahren mit einer hohen Populationsdichte (in den 1990er Jahren) im Vergleich zum vorherigen und anschließenden Zeitraum.

Die jährliche Gebietstreue (hier Geburtsorttreue) der juvenilen Kornweihen wurde auf 50,95% (39,9-64,3%) geschätzt. Für die Anzahl der immaturen Individuen, die in die Population einwanderten, lag die Schätzung bei 0,10 Weibchen pro Jahr und Insel. Die Zuwanderungsraten zeigten zwar keinen konsistenten Langzeittrend, jedoch scheinen höhere Raten einherzugehen mit einer höheren Populationsdichte (Abb. 53).

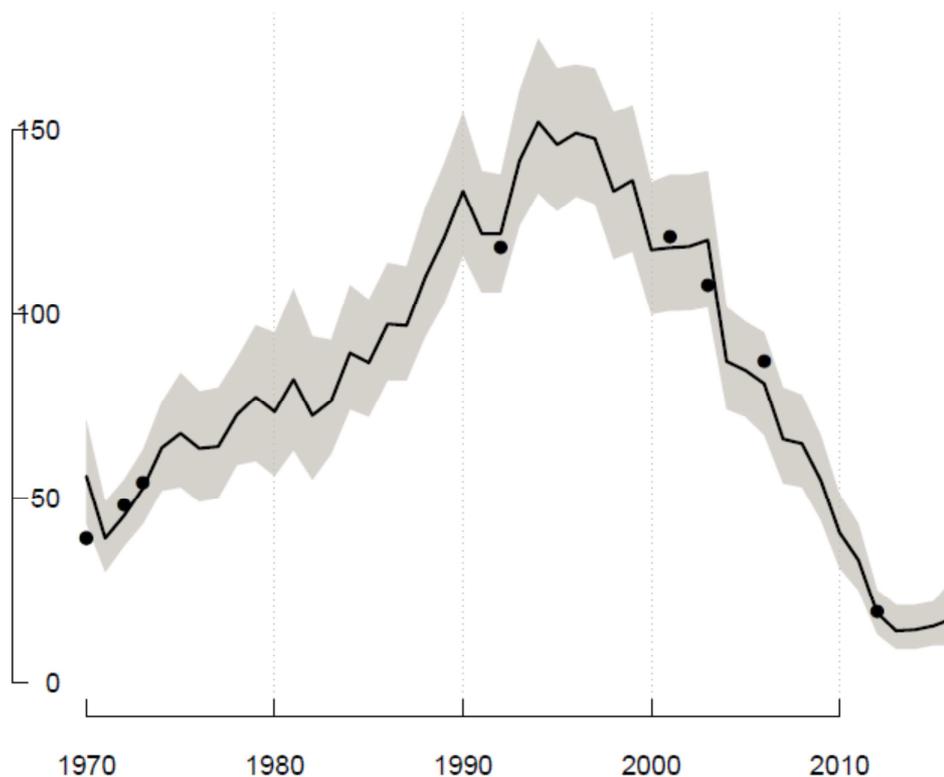


Abb. 50: Bestandsverlauf und Brutpaarschätzungen von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Schwarze Linien stellen Punktschätzungen dar, grauer Bereich die 95% Bayes'sche Konfidenzintervalle. Die schwarzen Punkte sind gezählte Werte.

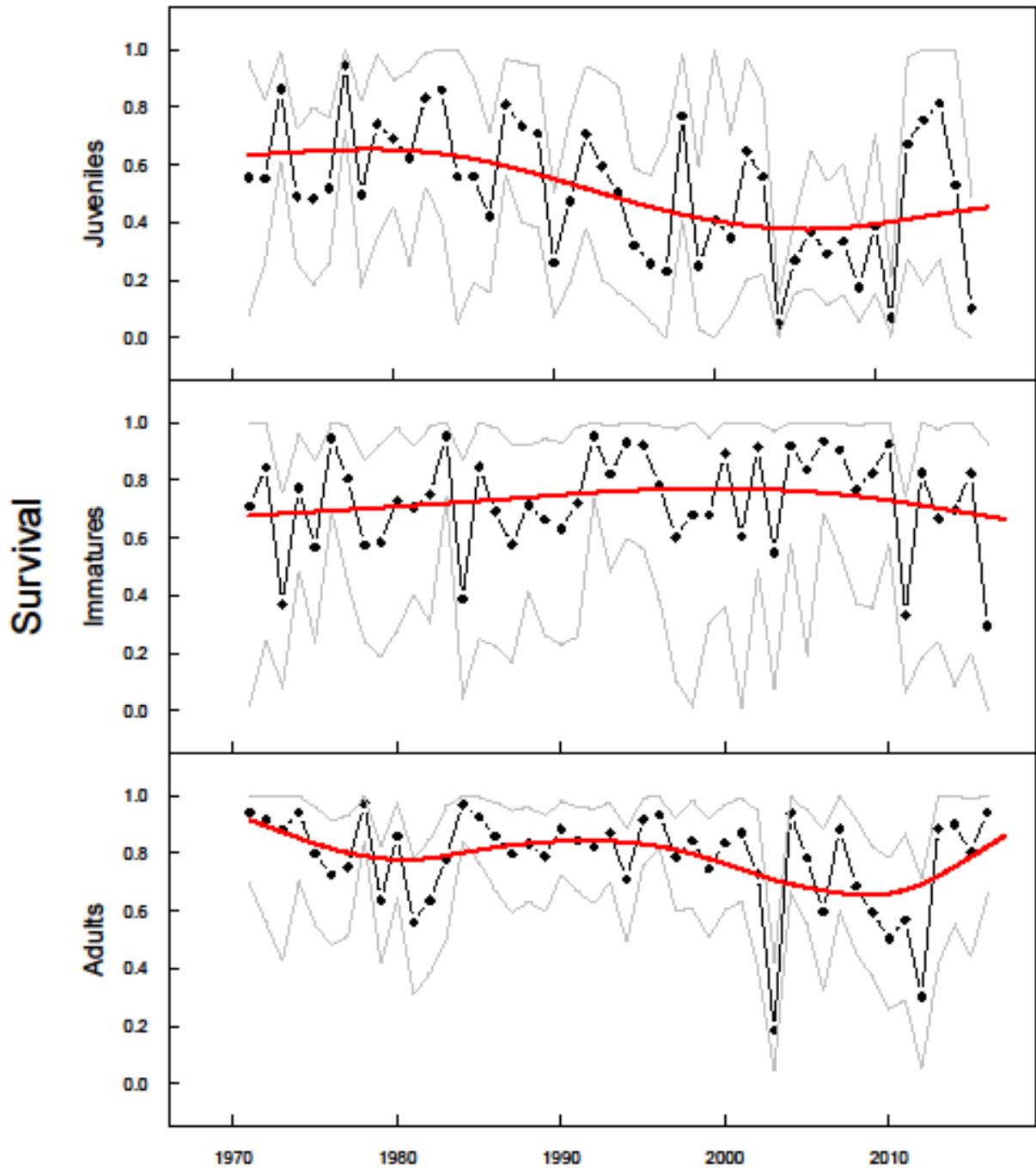


Abb. 51: Schätzungen der Überlebensraten juveniler, immaturer und adulter Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Schwarze Linien stellen Punktschätzungen dar, graue Bereiche die 95% Bayes'sche Konfidenzintervalle. Die rote Linie ist die geschätzte Anpassungskurve („fitted smooth LOESS trend“).

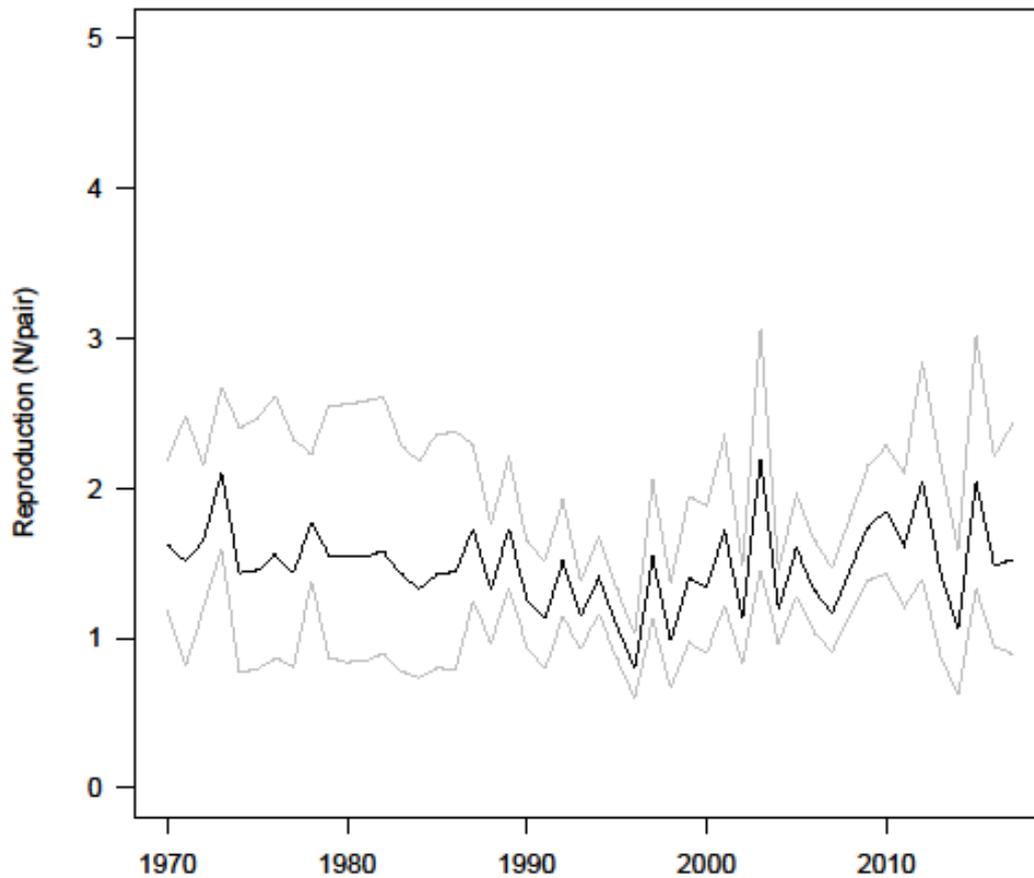


Abb. 52: Mittlere jährliche Reproduktionsraten von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Dargestellt sind mittlere Anzahl ausgeflogener Jungvögel pro Weibchen.

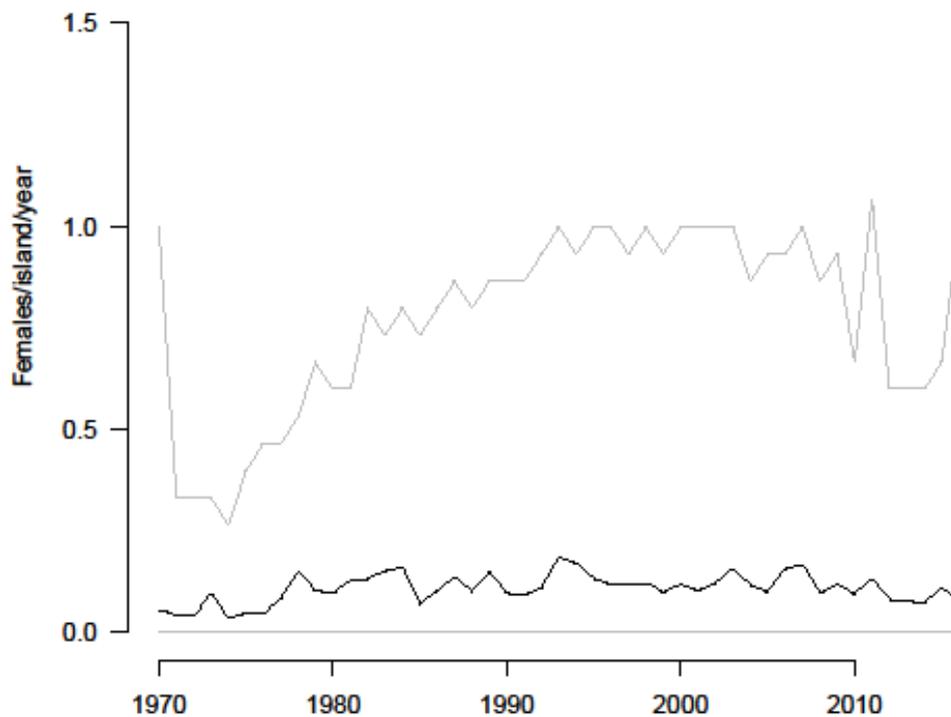


Abb. 53: Durchschnittliche Immigrationsraten von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer von 1971-2016. Dargestellt ist die Anzahl zugewanderter Weibchen pro Jahr und Insel.

Die jährlich beobachteten Populationswachstumsraten korrelierten positiv und signifikant mit allen im Modell geschätzten Parametern. Lediglich für den Parameter Immigration konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Die größten Effekte auf das Populationswachstum hatten die Überlebensraten von Juvenilen und Adulten (Tab. 11), was darauf hindeutet, dass diese beiden Parameter die meiste interannuelle Variation in den jährlichen Wachstumsraten erklären. Für den gesamten Zeitraum (46 Übergangsmatrizen) betrachtet, wurde die stochastische Populationswachstumsrate auf 0,983 geschätzt, während die Schätzung für den Zeitraum 1971-1994 bei 1,952 und für 1995-2016 bei 0,913 lag. Diese Ergebnisse stimmen weitgehend mit den Trendschätzungen auf Basis der beobachteten Zahlen überein.

Tab. 11: Ergebnisse der linearen Regression der Populationswachstumsraten gegen jeden Modellparameter für alle 46 Jahresstufen. Modell $R^2 = 84,1\%$, $p < 0,001$.

		Estimate	s.e	t value	Pr(> t)
	(Intercept)	0,2011	0,0255	7,89	0,0000
Überleben Juv.	$\log(s_1)$	0,1385	0,0152	9,09	0,0000
Überleben Imm.	$\log(s_2)$	0,1575	0,0404	3,90	0,0004
Überleben Ad.	$\log(s_3)$	0,3674	0,0372	9,87	0,0000
Reproduktion	$\log(r)$	0,1575	0,0591	2,67	0,0110
Immigration	$\log(\mu)$	-0,0918	0,0620	-1,48	0,1469

Die LTRE Analyse ergab, dass der Unterschied im Populationstrend zwischen den beiden definierten Perioden hauptsächlich durch die veränderten Überlebensraten der Adulten, gefolgt von den Reproduktionsraten, erklärt wird (Tab. 12).

Tab. 12: Ergebnisse der LTRE Analyse für die Kornweihenpopulation im niederländisch-deutschen Wattenmeer. Für jede Modellparameterklasse werden die Schätzungen für die Perioden 1971-1994 (θ_1) und 1995-2016 (θ_2), die Unterschied zwischen den zwei Perioden, die Sensitivität der stochastischen Wachstumsrate auf Veränderungen jeder Parameterklasse (ausgewertet mit allen verfügbaren Datensätzen) sowie der Beitrag jeder Parameterklasse zu den Unterschieden in den Wachstumsraten zwischen den beiden Perioden.

	θ_1	θ_2	$\theta_1 - \theta_2$	$d \log(\lambda_s / d \theta_1$	C
Überleben Juv. (s_1)	0,6103	0,3704	-0,2399	0,1398	-0,0335
Überleben Imm. (s_2)	0,7286	0,7631	0,0346	1,0264	0,0335
Überleben Ad. (s_3)	0,8178	0,7557	-0,0620	1,0951	-0,0679
Reproduktion (r)	1,4649	1,3825	-0,0824	0,4673	-0,0385
Gebietstreue (f_1)	0,5095	0,5095	0,0000	0,1320	0,0000
Immigration (μ)	1,0872	1,2067	0,1195	0,0568	0,0068

6. Maßnahmen

6.1 Nestschutz

Anfang Juli 2017 fiel in einem Nest auf Norderney ein fast flügger Kornweihen Jungvogel der Prädation zum Opfer. Die Brut bestand aus insgesamt drei Jungvögeln, die am 04.07.2017 (Alter der Jungvögel ca. 27 Tage) beringt werden sollten. Auf dem Weg zum Nest wurde die Rupfung des Jungvogels ca. 5m vom Neststandort entfernt auf dem Boden zwischen Kriechweidensträuchern vorgefunden. Die Bisspuren an den Federresten der jungen noch nicht flugfähigen Kornweihe ließen den relativ sicheren Rückschluss auf den Fuchs als Prädator zu (vgl. Kap. 4.3). Um die beiden unversehrten Jungvögel vor einem erneuten Besuch des Fuchses zu schützen, konnte mit wesentlicher Unterstützung durch die vor Ort tätigen Ranger der Nationalparkverwaltung sehr kurzfristig der Aufbau eines Schutzzaunes um den Nestbereich bereits am Folgetag organisiert werden. Da es sich bei dieser Brut um eine von insgesamt nur zweien in 2017 im gesamten Nationalpark handelte, war höchste Dringlichkeit geboten, den erfolgreichen Ausflug der beiden verbliebenen Jungvögel zu gewährleisten. Der Zaun schützte mit einem Radius von ca. 2m den unmittelbaren Nestbereich und schloss auch die Verstecke unter den niedrigen Kriechweiden sowie die Fraßplätze der Jungvögel mit ein (Abb. 54). Der umzäunte Bereich wurde zudem so gewählt, dass das adulte Weibchen für die Fütterung der Jungvögel bzw. für das Eintragen der Beute problemlos darin landen und wieder abfliegen konnte. Sowohl die Jungvögel als auch das adulte Weibchen akzeptierten die zusätzliche Störung durch die Installation des Zaunes sowie den Zaun selbst problemlos. Beide Jungvögel wurden flügge und wurden am 20.07.2017 fliegend in der Nestumgebung beobachtet. Der Abbau des Zaunes erfolgte am 01.08.2017. Beide Jungvögel waren zu diesem Zeitpunkt immer noch im Bereich ihres Geburtsortes anwesend. Das junge Weibchen dieser Brut (vorderer Vogel, Abb. 54) brütete 2018 erfolgreich auf Texel (Niederlande) und brachte zusammen mit einem erfahrenen Männchen zwei Jungvögel zum Ausflug (L. DIJKSEN schriftl.).



Abb. 54: Kornweihen-Nest mit Schutzzaun und bereits beringte und später erfolgreich ausgeflogene Jungvögel auf Norderney, Juli 2017. (Fotos: O. Gent)

Über den direkten Schutz von Nestern durch Drahtzäune hinaus kamen in den Jahren 2015 und 2016 auf den Inseln Spiekeroog und Wangerooge auch Wegesperrungen als Schutzmaßnahmen für Kornweihenbruten zur Anwendung. Auf Spiekeroog brütete in den Jahren 2015 und 2016 jeweils ein Kornweihenpaar in den ausgedehnten Strandhaferflächen zwischen Ostbake und Ostspitze. In diesem Bereich führte auch ein Dünenübergang vom Nordstrand über die Strandhaferfläche südlichen zu den Wattbereichen. Um ein Betreten des Gebietes durch Touristen zu unterbinden und um dadurch den Kornweihen eine ungestörte Brut- und Aufzuchtphase zu ermöglichen, wurde in beiden Jahren der Zugang zu diesem Bereich über den Dünenweg abgesperrt (Abb. 56). Die Absperrung erfolgte frühzeitig Anfang Mai und im Jahr 2016 etwas weiträumiger als im Jahr zuvor (30 bzw. 100m lange Zaun aus Glattdraht). Zusätzlich informierte ein Hinweisschild die Besucher über das sensible Vogelbrutgebiet und machte auf das Betretensverbot aufmerksam (Abb. 55). Die Wegsperrung erfüllte erfolgreich ihren Zweck ohne jedoch durch allzu großes Format unnötige Aufmerksamkeit aus großer Distanz (somit Lockwirkung) zu erzielen. Nach dem Ende der Brutsaison wurden die Zäune wieder abgebaut. Die Planung der Maßnahme erfolgte in enger Abstimmung mit der Nationalparkverwaltung und wurde durch den ansässigen Nationalparkranger ausgeführt.



Abb. 55: Wegesperrung mit Hinweisschild vor dem Dünenübergang an der Ostspitze auf Spiekeroog im Jahr 2016. Hinter dem Dünenübergang befand sich der im Strandhafer liegende Nestbereich der Kornweihen. (Foto: L. Scheller/Nationalparkverwaltung)



Abb. 56: Lage der Kornweihen Nestbereiche 2015 und 2016 sowie die Positionen den Wegesperrungen im Bereich der Spiekerooger Ostspitze. (Karte: L. Scheller/Nationalparkverwaltung, Luftbild: GoogleEarth)

Auf Wangerooge wurde ebenfalls im Jahr 2015 bei einer Kornweihenbrut im Heidegebiet ähnlich vorgegangen. Hier war es ein Reitweg, der unzulässigerweise auch von Fußgängern benutzt wird und für die Zeit der Bebrütung und Kükenaufzucht durch einen Zaun mit Hinweisschild gesperrt wurde. Die Maßnahme wurde von Mitarbeitern des Mellumrates in Abstimmung mit der Nationalparkverwaltung, der Gemeinde Wangerooge sowie der ansässigen Reitbetriebe umgesetzt und war auch hier erfolgreich. Stichprobenartige Kontrollen ergaben ein weitgehendes Einhalten der Absperrung durch Besucher und Reiter. Das Kornweihenpaar zog vier Jungvögel auf.

6.2 Rückbau von Stacheldrahtzäunen

Stacheldrahtzäune können zur tödlichen Falle für bodennah fliegende Greifvögel wie beispielsweise auch Kornweihen sowie für Eulen und Limikolen werden (KRUCKENBERG & SCHULZ-DIEKHOF 2016). In den vergangenen Jahren waren Kornweihen, aber auch Sumpfohreulen immer wieder unter den Opfern. Sie bleiben sich mit ihren Flügeln darin hängen, verletzen sich dabei schwer und verenden oftmals qualvoll, wenn sie nicht rechtzeitig gefunden werden. Im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer ist es ein vordringliches Ziel, konsequent Gefahrenquellen für diese stark gefährdeten Vogelarten zu beseitigen. Deshalb werden die Stacheldrahtzäune sukzessive gegen Glattdrahtzäune ausgetauscht. Auf den Inseln ist dies in großem Umfang bereits geschehen.

Basierend auf den GPS-Daten der beiden Kornweihen-Weibchen aus der Nachbrutzeit 2015 und ihrer Nutzung der Salzwiesen und Sommerpolder im Deichvorland zwischen Hilgenriedersiel und Neßmersiel, dem sogenannten Westerneßmerheller, erfolgte die Maßnahmenumsetzung in diesem Festlandsbereich des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer (vgl. Kap. 4.5). Mit Hilfe der detaillierten Informationen zu Aufenthaltsorten und Raumnutzung der beiden Kornweihen konnte die Nationalparkverwaltung die dringende Notwendigkeit des Rückbaus der dort vorhandenen Stacheldrahtzäune gegenüber dem zuständigen Domänenamt (zuständig für die Verwaltung landeseigener Flächen) und dem NLWKN deutlich machen. Die Maßnahme wurde in zwei Bauabschnitten in den Winterhalbjahren 2015/2016 sowie 2016/2017 im gesamten Westerneßmerheller auf einer Länge von 15,8km umgesetzt (Abb. 57-59). Der weitaus größte Teil des Stacheldrahtverbau befindet sich zwischen Haupt- und Sommerdeich. Alle Flächen unterliegen in den Sommermonaten einer Beweidung durch Jungrinder. Zusätzlich erfolgte der Rückbau der Stacheldrahtzäune im Bereich des Speicherbeckens östlich des Hafens von Neßmersiel ebenfalls im Winterhalbjahr 2016/2017. Mit dieser Maßnahme wird ein weiterer Beitrag zum Schutz von Individuen und damit zum Erhalt der Kornweihenpopulation im und am Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer geleistet.

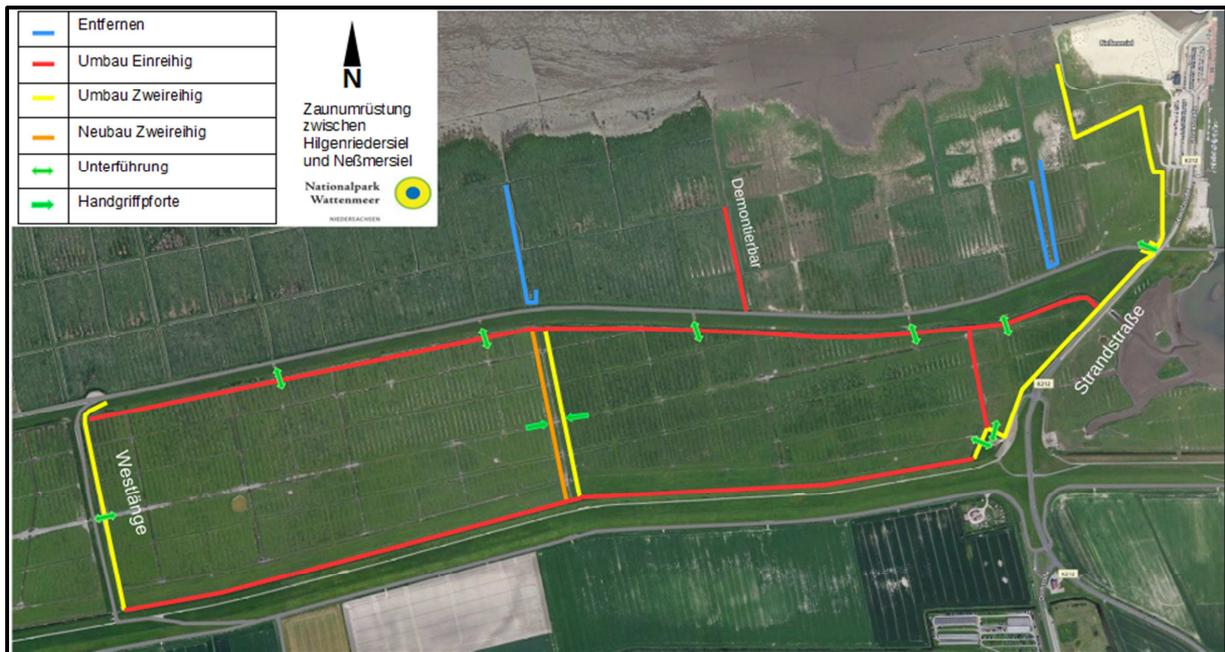


Abb. 57: Erster Maßnahmenabschnitt zur Umrüstung der vorhandenen Weidezäune von Stachel- in Glattdraht im östlichen Teil des Westerneßmerheller zwischen Hilgenriedersiel und Neßmersiel im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Winterhalbjahr 2015/2016. (Karte: Nationalparkverwaltung)

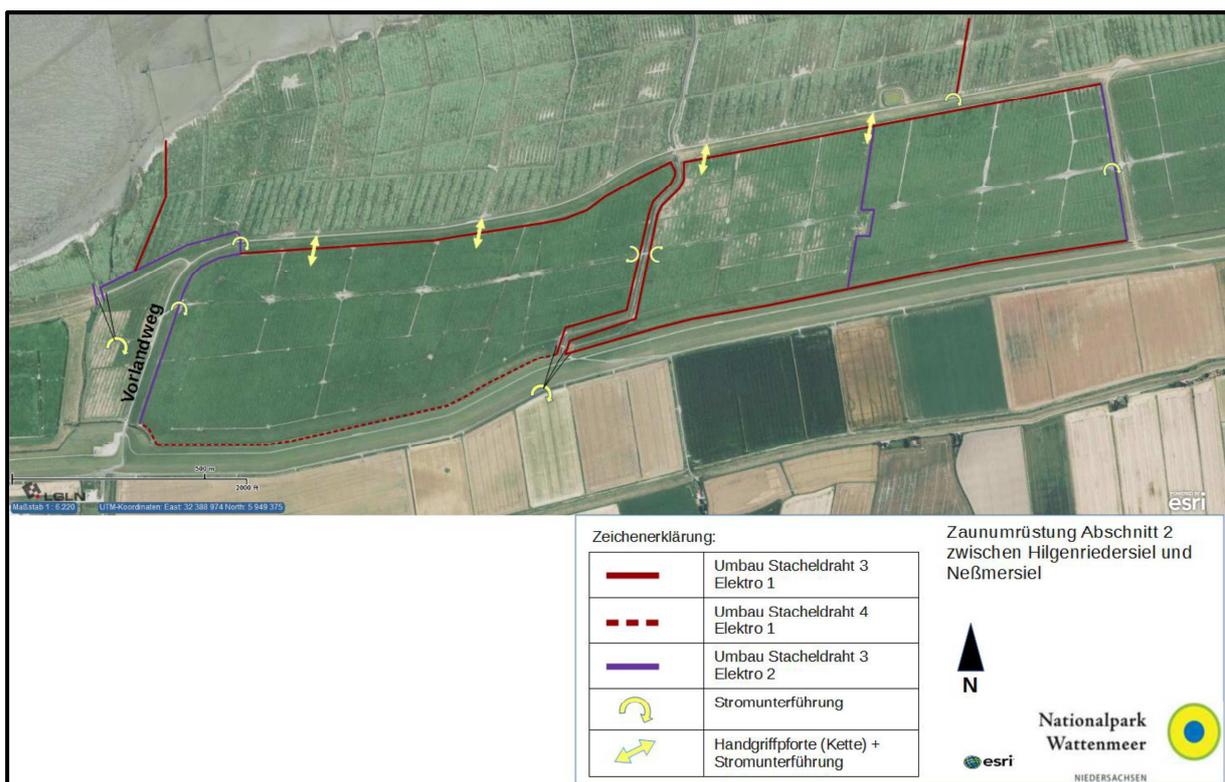


Abb. 58: Zweiter Maßnahmenabschnitt zur Umrüstung der vorhandenen Weidezäune von Stachel- in Glattdraht im westlichen Teil des Westerneßmerheller zwischen Hilgenriedersiel und Neßmersiel im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Winterhalbjahr 2016/2017. (Karte: Nationalparkverwaltung)

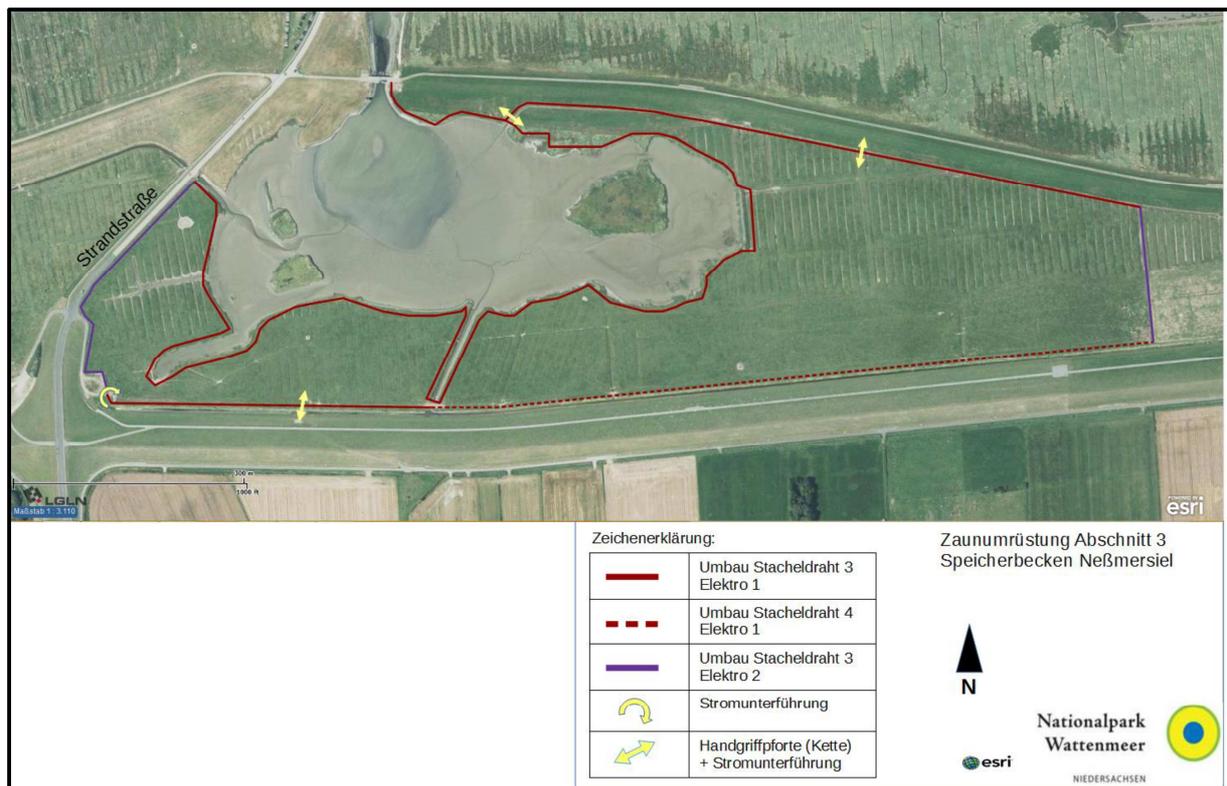


Abb. 59: Dritter Maßnahmenabschnitt zur Umrüstung der vorhandenen Weidezäune von Stachel- in Glattdraht im Bereich des Speicherbeckens bei Neßmersiel im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer im Winterhalbjahr 2016/2017. (Karte: Nationalparkverwaltung)

6.3 Prädationsmanagement im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer

Die Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer stellen einen äußerst wertvollen Lebensraum nicht nur für typische Brutvogelarten der Salzwiesen, Strände und Feuchtwiesen, also insbesondere für Limikolen dar. Auch die großflächigen Dünengebiete sind ein wichtiger Brutlebensraum für Vogelarten, die zum Teil in ihrem Bestand stark gefährdet oder gar vom Aussterben bedroht sind. Das trifft auf Sumpfohreulen (*Asio flammeus*), aber vor allem auch auf Kornweihen zu. Diese Arten sind ausschließlich Bodenbrüter. Ihre Gelege sind daher für Säugetiere leicht erreichbar. Das ist unter anderem ein Grund, warum sich die Bestände dieser Arten auf den vorgelagerten Inseln entlang der niedersächsischen Wattenmeerküste konzentrieren, da sie natürlicherweise frei von Raubsäugetieren sind. Langjährige Erfassungen der Brutbestände typischer Küstenvögel sowie brutbiologische Untersuchungen (an Säbelschnäblern *Recurvirostra avosetta*, Uferschnepfe *Limosa limosa*, Austernfischer *Haematopus ostralegus* und Kiebitz *Vanellus vanellus*) haben ergeben, dass zum einen deren Brutbestandszahlen rückläufig sind und zum anderen die Ursache dafür in einem zu geringen Schlupferfolg liegt (ROODBERGEN et al. 2012, SALEWSKI et al. 2016). Auf Norderney beispielsweise fielen bis zu 80% der Gelege von Säbelschnäblern der Prädation durch Igel (*Erinaceus europaeus*), Frettchen (*Mustela putorius furo*), Fuchs (*Vulpes vulpes*) und Wanderratte (*Rattus norvegicus*) zum Opfer (ANDRETZKE 2016). Ratte, Frettchen und Igel kommen nicht natürlicherweise auf Norderney vor, sondern wurden von Menschen eingeschleppt. Verluste von Gelegen in diesem Ausmaß können den Fortbestand der teilweise individuenstarken Populationen typischer Brutvogelarten der Küsten mit hohen Bestandsdichten gefährden. Für Brutvogelarten, die ohnehin bereits mit dramatischen Bestandseinbußen zu kämpfen haben, wie die Kornweihen, hat die Anwesenheit einge-

schleppter Bodenprädatoren und dem damit verbundenen Risiko der Prädation des Geleges oder der Küken einen umso größeren Einfluss auf Bestand und Bruterfolg (vgl. Kap. 6.1). Bei lediglich noch zwei Brutten im Jahr 2017 (auf Norderney und Wangerooge) mit sechs geschlüpften Küken, macht der Verlust eines Jungvogels aufgrund von Prädation durch einen Fuchs einen Anteil von 16% aus.

Bereits seit dem Jahr 2008 führt die Nationalparkverwaltung ein so genanntes Prädationsmanagement durch, um den negativen Einfluss von eingeschleppten Beutegreifern auf Brutvögel zu minimieren. Im Fokus der Maßnahme stehen, neben dem Fuchs, Frettchen und Igel, die natürlicherweise nicht auf den Inseln vorkommen, auch verwilderte Hauskatzen. Ziel des Prädationsmanagements ist es, durch eine weitgehende Reduktion bzw. Eliminierung gebietsfremder Beutegreifer den Bruterfolg der betroffenen Arten auf ein natürliches Niveau zu steigern und damit den gesetzlich verankerten Schutz und Erhalt wertgebender Brutvogelarten zu gewährleisten.

Die Maßnahme wird seit 2008 auf Norderney in Zusammenarbeit mit der örtlichen Jägerschaft erfolgreich umgesetzt. Der Bestand verwilderter Frettchen auf Norderney ist, durch Fang und Tötung, seit 2011 erloschen. Der Igelbestand auf Norderney ist im Ostteil der Insel erloschen, im Westteil mindestens stark geschwächt. Hier wurden Igel gefangen und in Waldgebieten am Festland angesiedelt. In den vergangenen Jahren wurde das Prädationsmanagement auch auf den Inseln Borkum und Langeoog in Zusammenarbeit mit den örtlichen Jägerschaften begonnen. Der Abschuss eines eingewanderten Fuchses gelang der Norderneyer Jägerschaft 2011. Im Jahr 2016 haben sich erneut ein bis zwei Füchse auf Norderney angesiedelt. Vor dem Hintergrund der Prädation eines nicht flüggel Jungvogels auf Norderney im Jahr 2017 besteht hier dringender Handlungsbedarf hinsichtlich der Entfernung der Tiere von der Insel.

Obwohl das vorrangige Ziel des Prädationsmanagement im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer der Schutz bodenbrütender Grünland- und Salzwiesenlimikolen ist, kommt die Eliminierung von Bodenprädatoren auch den Kornweihen zugute. Gerade diese, in ihrem Brutbestand so hochgradig gefährdete Brutvogelart ist auf einen von gebietsfremden Prädatoren befreiten Brutlebensraum angewiesen. Zum einen kommt es in diesem Populationsstadium auf jeden erfolgreich ausgeflogenen Jungvogel an. Zum anderen können Prädatoren in einem Lebensraum einerseits direkte letale Effekte auf ihre Beute (in diesem Fall Küken/Jungvögel von Limikolen oder Kornweihen) haben. Andererseits kann jedoch die alleinige Anwesenheit bzw. eine entsprechende Dichte potentieller Prädatoren einen wesentlichen Einfluss auf das Verhalten seiner Beutetiere haben, indem ihre Präsenz unter anderem Angst hervorruft und kann dadurch beispielsweise bereits die Ansiedlung von Brutpaaren mindestens beeinflussen oder sogar verhindern (LAUNDRÉ et al. 2010).

Vor diesem Hintergrund sollte in Betracht gezogen werden, dass Kornweihen in der Lage sein könnten, die Brutbedingungen innerhalb des Bruthabitats bereits im Vorfeld zu antizipieren und auf dieser Grundlage für oder gegen die Zeitigung eines Geleges zu entscheiden. Das ökologische Konzept der „landscape of fear“ (LAUNDRÉ et al 2010) kann ein möglicher Bausteine bei der Suche nach Ursachen für den dramatische Verlust der Kornweihen Brutpopulation auf den niedersächsischen Wattenmeerinseln sein. Das Management zur Zurückdrängung bzw. Eliminierung gebietsfremder Bodenprädatoren im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer ist daher von essentieller Bedeutung nicht nur im Hinblick auf einen höheren Reproduktionserfolg durch geringere direkte letale Effekte auf Brutvögel und ihre Jungen, sondern auch für den Qualitätserhalt dieses Lebensraumes für bedrohte Brutvogelarten des Wattenmeeres.

7. Diskussion und Fazit

Die vorliegende Studie zur Populationsdynamik von Kornweihen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer kann im Detail verschiedene Phasen der Populationsentwicklung nachzeichnen. Die Gesamtpopulation im Wattenmeer (Niederlande und Deutschland) erreichte ihr Maximum in der Mitte der 1990er Jahre, danach setzte ein kontinuierlicher und starker Rückgang der Brutpopulation ein, im westlichen Wattenmeer etwas früher als weiter im Osten, aber durchgängig mit jährlichen Rückgangsraten von etwa 10%. Heute hat die Population im gesamten Wattenmeer eine kritisch kleine Populationsgröße erreicht mit wenigen Brutpaaren in den vormals so präferierten Dünenhabitaten (KLAASSEN et al. 2006, VAN OOSTEN et al. 2008, FELDT 2010). Die Brutpopulation von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer ist damit akut vom Erlöschen bedroht.

Die in dieser Studie im Detail und über lange Zeiträume durchgeführten Erhebungen zu Bruterfolg, Nahrungsangebot und –nutzung sowie zur Habitatwahl zeigen eindrücklich, dass es sich bei den gewählten Bruthabitaten durchaus um sehr geeignete Lebensräume handelt. Kornweihen zeigen sich in dieser Studie, neben der Wahl ihrer Nistplätze, auch als relativ flexibel in Bezug auf ein jährlich schwankendes Nahrungsangebot an Kleinsäugetern, insbesondere an Wühlmäusen. In Jahren mit geringem Angebot an (Wühl-)Mäusen werden deutlich mehr Singvögel verfüttert. Die Kornweihen erreichen auch in diesen Jahren einen gleichbleibend hohen Ausfliegeerfolg und sind damit offenbar wenig abhängig von der jährlichen Wühlmausdichte (REDPATH et al. 2002, KLAASSEN et al. 2006).

Typische Brutvogelarten der Salzwiesen und Küstengrünländer, wie z.B. Austernfischer, Rotschenkel, Säbelschnäbler, Kiebitz oder Uferschnepfe gehören damit offenbar nicht zum bevorzugten Nahrungsspektrum von Kornweihen während der Brutzeit. Obwohl Beobachtungen von Beuteübergaben belegen, dass in geringem Maß und vermutlich nur in einzelnen Jahren oder evtl. abhängig vom Brutplatz und individuellen Nahrungspräferenzen auch in den Salzwiesen brütende Limikolenarten als Beute in die Nester eingetragen werden. Kornweihen sind Teil der typischen Brutvogelgemeinschaft der niedersächsischen Wattenmeerinseln und obwohl sie in diesem Inselökosystem zwar als Greifvögel in der Spitze der dortigen Nahrungskette stehen, haben sie als Topprädator keinen limitierenden Einfluss auf die (z.T. ebenfalls rückläufigen) Brutpopulationen der Watvögel.

Generell beobachten wir eine gleichbleibend hohe Reproduktionsleistung im untersuchten Zeitraum. Mit 1,7 flüggen Jungvögeln pro brütendes Weibchen pro Jahr liegt der Bruterfolg recht hoch im Vergleich zu anderen europäischen Populationen (NEWTON 1979, GREEN & ETHERIDGE 1999, SIMMONS 2000, KLAASSEN et al. 2006). Wenn die Kornweihen im Untersuchungsgebiet brüten, dann tun sie das vergleichsweise erfolgreich. Interessanterweise ist der Bruterfolg in jenen Jahren niedriger, in denen der Brutbestand insgesamt noch grösser war. Ob sich hieraus dichteabhängige Prozesse ableiten lassen, bleibt spekulativ. Die Tatsache deutet aber darauf hin, dass in Jahren mit hohen Populationszahlen und potentieller intraspezifischer Konkurrenz Ressourcen beschränkend sein können. Es wird dabei vor allem um geeignete (geschützte) Neststandorte gehen, sowie um die Verfügbarkeit von Nahrung in der Periode der Jungenaufzucht (GARCIA & ARROYO 2002).

Kornweihen sind bereit, große Abstände zurück zulegen, um geeignete Nahrung zu finden, wie Beobachtungen, aber vor allem auch die GPS-Logger generierten Habitatdaten zu Jagdflügen ans Festland belegen. Ein Trade-off dieses erhöhten Energie- und Zeiteinsatzes gegenüber dem Nesterfolg ist nicht unwahrscheinlich, bleibt jedoch aufgrund der Stichprobengröße in unserer Studie anekdotisch. Interessant wäre es, mehr zu erfahren zur Qualität der Nahrung in Abhängigkeit vom Aufwand, der zum Nahrungserwerb nötig ist. Dazu haben wir mit den Senderstudien eine erste Grundlage gelegt, um Einblicke in die Flug-

leistung und damit den Energieaufwand zur Nahrungssuche zu erhalten. Studien zur Energiebilanz von Nahrungssuche und Beutewahl gibt es bisher nur zu anderen Greifvogelarten (BARTON & HOUSTON 1993, BRODIN et al. 2003, STEEN et al. 2011), wären für Weihenarten aber sehr interessant, um z.B. potentielle Effekte des Nahrungssuchverhaltens auf den Bruterfolg zu bestimmen. Zudem erhält man über die Nahrungsqualität und die Energiebilanz Einblicke in die Kondition der Altvögel sowie auch der Jungvögel. Kondition ist ein wichtiger Baustein für unser Verständnis von Überlebensraten außerhalb der Brutzeit (DAAN et al. 1990, WIENS et al. 2006, MILLON et al. 2011).

Prädation von Gelegen und Küken in den Nesthabitaten kommt vor, spielt aber keine bedeutende Rolle für die Erklärung des Populationsrückganges. Vielmehr weist das Populationsmodell auf die rückläufigen Überlebensraten der Altvögel als mögliche Erklärung der beobachteten Populationsentwicklung ebenso wie auf die hohe Mortalität von jungen, noch unerfahrenen Vögeln in den ersten Lebensjahren. Interessant ist dabei, dass wir im Untersuchungsgebiet verstärkt beobachteten, dass der relative Anteil an unverpaarten Weibchen im Laufe der Jahre und mit zunehmend kleiner werdender Population stieg (Abb. 60). Zu Beginn der Brutperiode wurden jährlich einige Weibchen beobachtet, die kein Männchen finden und nach einiger Zeit wieder aus den Bruthabitaten abwandern. Eine geschlechtsspezifische Modellierung der Überlebensraten war aufgrund der unzureichend großen Stichprobe (Anzahl der wiederbeobachteten markierten Männchen und Weibchen) im Rahmen des IPM leider nicht möglich.

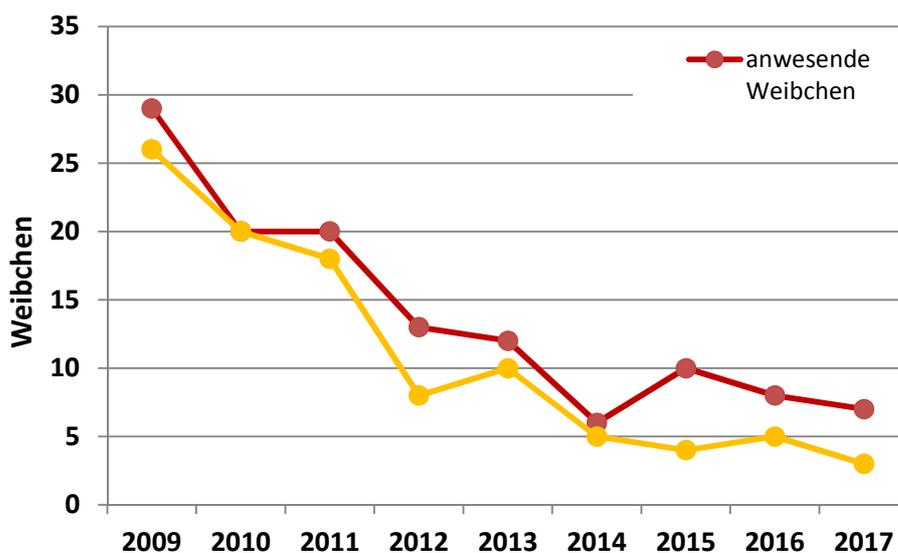


Abb. 60: Rückläufige Anzahlen von im Brutgebiet anwesender Weibchen im März/April auf den Wattenmeerinseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer.

Die für die Stabilisation der Wattenmeerpopulation unzureichende Rekrutierung von gebietseigenen Jungvögeln in die Brutpopulation sowie die hohe Mortalität der Adultvögel müsste ausgeglichen werden durch eine starke Zuwanderung aus anderen Teilpopulationen, zum Beispiel aus der großen südwesteuropäischen bzw. französischen Population (MILLON et al. 2002). Die Populationsanalyse zeigt u.a. auf, dass es in den Jahren des starken Populationszuwachses (Periode vor 1995) mehr Zuwanderung gegeben hat. Die größere Brutpopulation hat also auch mehr ‚neue‘ Individuen angezogen und damit für eine stärkere Durchmischung mit südlichen Teilpopulationen gesorgt. Generell weist die Wattenmeerpopulation der Kornweihen deutliche Merkmale einer Population an einem Arealrand auf: eine Phase der Kolonisation der Wattenmeerinseln als Bruthabitat wird gefolgt durch ein Einbre-

chen der Population aufgrund unzureichender Rekrutierung in den Brutbestand der Teilpopulation. Abwanderung und Mortalität der Individuen der Teilpopulation werden nicht ausgeglichen durch ausreichende Zuwanderung aus dem Kernareal. Das ist insofern erstaunlich, als unsere Studie deutlich auf die gute Eignung des Lebensraumes als Brut- und sogar auch als Winterhabitat hinweist.

Unabhängig davon ist es aber für die noch verbliebene, wenn auch sehr kleine Restpopulation der Kornweihen von essentieller Bedeutung, dass das bereits bestehende Schutzkonzept des Nationalparks mit u.a. Abgrenzung von Schutzzonen, Wegekonzept (inkl. mobiler Maßnahmen zur kurzfristigen Sperrung von Wegen oder Dünenbereichen) und ungenutzten Dünengebieten (keine Beweidung) als Mindeststandard für den Schutz der bodenbrütenden Kornweihen bestehen bleibt. Das bereits auf einigen Inseln erfolgreich durchgeführte Management (tlw. Eliminierung) von gebietsfremden Raubsäugerpopulationen (v.a. Fuchs, Igel, verwilderte Hauskatzen) ist auf alle niedersächsischen Wattenmeerinseln auszuweiten.

Zu überprüfen ist auch, wie weit die Vegetationsentwicklung insbesondere der gebietsfremden z.T. angepflanzten Baum- und Straucharten bereits vorangeschritten ist (DE GROOT et al. 2017) und welche Auswirkung dies auf die räumliche Ausdehnung der von Kornweihen präferierten Bruthabitate und damit indirekt auf die Dichte von (potentiellen) Brutterritorien hat.

Für die gesamteuropäische Brutpopulation von Kornweihen bedarf es aber wohl vor allem internationaler Anstrengungen zum Artenschutz, insbesondere auch in Bezug auf eine anzustrebende Verringerung der Mortalität außerhalb der Brutsaison. Die auch im Rahmen dieser Studie offenkundig gewordene komplexe artspezifische Ökologie braucht einen breit gefächerten Ansatz zur Klärung der in ganz Europa schwierigen Bestandssituation dieser Art. Umfangreiche Senderstudien (TRIERWEILER & EXO 2011) könnten beispielsweise wichtige vertiefende Erkenntnisse zur Winterökologie von Kornweihen und Überlebensbedingungen in den Rast- und Überwinterungsgebieten liefern, auf deren Basis effektive Schutzmaßnahmen auf europäischer Ebene entwickelt werden könnten.

8. Öffentlichkeitsarbeit

8.1 Veröffentlichungen

- DIERSCHKE, J. (2008): Bestandsentwicklung von Kornweihe *Circus cyaneus* und Sumpfohreule *Asio flammeus* auf den Ostfriesischen Inseln. Vogelkd. Ber. Niedersachs. 40: 459-465.
- SCHRÖDER, M., OBERDIEK, N., DIERSCHKE, J., FELDT, T. & J. STAHL (2009): Jagdhabitatwahl von Kornweihen *Circus cyaneus* und Rohrweihen *Circus aeruginosus* auf den Ostfriesischen Inseln, Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Vogelwarte 47, 4: 363.
- OBERDIEK, N., DIERSCHKE, J., SCHRÖDER, M., FELDT, T. & J. STAHL (2009): Greifvögel an der Küste in Bedrängnis? - Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Vogelwarte 47,4: 362.
- SCHRÖDER, M., OBERDIEK, N., DIERSCHKE, J., FELDT, T. & J. STAHL (2010): Wahl des Jagdhabitats von Kornweihen (*Circus cyaneus*) und Rohrweihen (*Circus aeruginosus*) auf den Ostfriesischen Inseln. Vogelwelt 131: 231-238.
- DIERSCHKE, J. KLAASSEN, O., DE BOER, P. & L. DIJKSEN (2010): Rekrutierung und Inselhopping von Kornweihen *Circus cyaneus* auf den West- und Ostfriesischen Inseln. Vogelkd. Ber. Niedersachs. 41: 241-246.
- OBERDIEK, N., DIERSCHKE, J. & J. STAHL (2012): Brutökologische Untersuchungen an der Kornweihe *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Ornithol. Rundbr. Mecklenbg.-Vorpomm. 47, Sonderheft 1: 89-94.
- OBERDIEK, N. & A. BANGE (2012): Farbberingung als Beitrag zur Erstellung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ – „echte Insulaners met bonte Been“. Natur- und Umweltsch. 11, 1: 15-19.
- VOSKUHL, J., OBERDIEK, N & H. ZUCCHI (2013): Untersuchungen zur Nahrungswahl der Kornweihe (*Circus cyaneus*) auf Langeoog (Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer) unter besonderer Berücksichtigung des Kleinsäugervorkommens. Acta ornithoecologica 7, 4: 195-217.
- KNIPPING, N., VOSKUHL, J. & J. STAHL (2014): Von Weihen und Mäusen – Nahrungsökologische Untersuchungen an Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Corax 22, Sonderheft 1: 49-58.
- KNIPPING, N. (2014): Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. 1. Zwischenbericht AZ 30347-33, 2013. AG Landschaftsökologie, Universität Oldenburg.
- KNIPPING, N. (2015): Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. 2. Zwischenbericht AZ 30347-33, 2014. AG Landschaftsökologie, Universität Oldenburg.
- KNIPPING, N. (2016): Die letzten ihrer Art. Kornweihen – oder von den Schwierigkeiten, eine gefährdete Art zu schützen. In: Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (Hrsg.): Einzigartiges gemeinsam schützen - 30 Jahre Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Schriftenreihe der Nationalparkverwaltung „Niedersächsisches Wattenmeer“ Band 15: 40-42.
- KNIPPING, N. (2016): Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. 3. Zwischenbericht AZ 30347-33, 2015. AG Landschaftsökologie, Universität Oldenburg.

KNIPPING, N., DIERSCHKE, J. & J. STAHL (2017): Schlupf- und Bruterfolg von Kornweihen (*Circus cyaneus*) im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. In: MAMMEN, U. (Hrsg.): Populationsökologie Greifvogel- und Eulenarten 7: 181-187.

KNIPPING, N. & J. STAHL (2018): Entwicklung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Abschlussbericht DBU-Projekt AZ 30347-33, Oldenburg: AG Landschaftsökologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Nijmegen: Sovon Vogelonderzoek Nederland.

HALLMANN, C.A., KNIPPING, N., STAHL, J., DE BOER, P., DIJKSEN, L., KLAASSEN, O. & E. JONGEJANS (in Bearb.): The rise and fall of the Hen Harrier in the Wadden Sea.

Weitere Veröffentlichungen befinden sich in der Vorbereitung und werden der DBU nach Erscheinen zugesandt.

8.2 Tagungs-, Konferenz- und Seminarbeiträge

Die Ergebnisse aus diesem Projekt bzw. das Projekt selbst wurden im Rahmen verschiedener Konferenzen, Tagungen und Seminare vorgestellt:

- 2009-2018 Vorstellung des Kornweihenprojektes mit Möglichkeiten zu freiwilligen Mitarbeit auf der jährlichen Frühjahrsschulung der Freiwilligen (FÖJ, Bundesfreiwilligendienst, ehem. Zivildienst) des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Carolinensiel (Vortrag)
- 2009 142. Jahrestagung der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft in Pörschach am Wörthersee, Kärnten, Österreich (2 Posterbeiträge von Manuela Voßkuhl und Nadine Knipping)
- 2010 7. Internationales Symposium „Populationsökologie von Greifvogel- und Eulenarten“ „Population Ecology of Raptors and Owls“ in Halberstadt (Poster)
8. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium der AG Seevogelschutz in Stralsund (2 Vorträge von Manuela Voßkuhl und Nadine Knipping)
Beringertagung der Beringungszentrale Helgoland – Institut für Vogelforschung, Wilhelmshaven (Vortrag)
- 2012 9. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium der AG Seevogelschutz in List/Sylt (Vortrag)
Zugvogelfest im Rahmen der 4. Zugvogeltage im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (Vortrag)
- 2013 Coastal Ecology Workshop, Spiekeroog (Vortrag)
Jahrestagung der Niedersächsischen Ornithologischen Vereinigung, Leer (Vortrag)
Arbeitsgruppenseminar der AG Landschaftsökologie, Universität Oldenburg (Vortrag)
Quality Assurance Meeting der Joint Monitoring Breeding Bird (JMBB) Group im Rahmen des Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP), Norderney (Vortrag)
- 2014 Weihentag, Ökowerk Berlin (Vortrag Manuela Voßkuhl)
- 2016 Arbeitsgruppenseminar der AG Landschaftsökologie, Universität Oldenburg (Vortrag)
- 2018 Jahrestagung der Niedersächsischen Ornithologischen Vereinigung, Hitzacker (Vortrag)
12. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium, Greifswald (Vortrag)
Jahrestreffen der ehrenamtlichen Nationalparkwacht im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer (Vortrag)

8.3 Studentische Arbeiten

SCHRÖDER, M. (2009): Charakterisierung der Jagdhabitats von Kornweihen (*Circus cyaneus*) und Rohrweihen (*Circus aeruginosus*) im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

FELDT, T. (2010): Brut- und Jagdhabitatwahl zweier sympatrischer Weihenarten (*Circus cyaneus* und *Circus aeruginosus*) im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Diplomarbeit, Landschaftsökologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

BEYER, C. (2010): Beutespektrum und Fütterungssequenzen von Kornweihen (*Circus cyaneus*) während der Jungenaufzucht - Analyse von Beuteübergaben und Nestkameradaten. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

KLÖVER, T. (2010): Nahrungsangebot und -wahl von Kornweihen (*Circus cyaneus*) während der Jungenaufzucht - Analyse von Transektkartierungen, Beuteübergaben und Nestkameradaten. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

ZEUNER, N. (2011): Charakterisierung des Nahrungsspektrums von Kornweihen (*Circus cyaneus*) im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ anhand von Gewölleanalysen. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

VOSKUHL, J. (2012): Untersuchungen zur Nahrungswahl der Kornweihe (*Circus cyaneus*) auf Langeoog (Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer) unter besonderer Berücksichtigung des Kleinsäugervorkommens. Bachelorarbeit, Landschaftsentwicklung, Hochschule Osnabrück

HELGE, A. (2013): Kleinsäuger auf Norderney - Populationsökologische Studien der Kleinsäugerfauna Norderneys. Diplomarbeit, Landschaftsplanung, Technische Universität Berlin

KRUMM, B. (2013): Beuteangebot und Fütterungsverhalten von Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln. Masterarbeit, Biologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

DIERKS, M. (2013): Vorkommen und Dichte von Wühlmäusen in Abhängigkeit der Habitatstruktur am Beispiel der Insel Langeoog im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

GÄRMANN, J. (2015): Populationsdynamik von Wühlmäusen auf den ostfriesischen Inseln unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung als Nahrungsgrundlage für Kornweihen während der Brutzeit. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

BLESSING, C. (2018): Habitatveränderungen als Einflussfaktoren auf die Brutbestandsentwicklung von Kornweihen (*Circus cyaneus*) und Rohrweihen (*Circus aeruginosus*) auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Masterarbeit, Landschaftsökologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

8.4 Medienpräsenz

Der Norddeutsche Rundfunk (NDR) widmete dem sogenannten „Kornweihen-Projekt“ einen halbstündigen Beitrag in der Senderreihe NDR naturnah mit dem Titel „Die Kornweihe“, der am 01.07.2014 erstausgestrahlt wurde. Es folgten mehrere Wiederholungen. Die inhaltliche Konzipierung der Sendung erfolgte in enger Abstimmung mit Nadine Knipping und der Nationalparkverwaltung. Die Dreharbeiten fanden auf Norderney statt. Hier leitete und betreute Nadine Knipping das Drehteam. Insbesondere bei den Dreharbeiten an einem ausgewählten Kornweihen-Nest, bei dem eine Videokamera für Langzeitaufnahmen in den verschiedenen

Phasen der Brut vom Schlupf bis zum Beringen und Ausfliegen der Jungvögel zum Einsatz kam, erforderte eine intensive Betreuung. Die Dreharbeiten konnten mit einmaligen Aufnahmen zum Nestgeschehen erfolgreich abgeschlossen werden. Die Sendung hat Kornweihen und ihre schwierige Brut- und Bestandssituation in ganz Niedersachsen bekannt gemacht. Die zahlreichen positiven Rückmeldungen nach den verschiedenen Ausstrahlungen haben dies verdeutlicht. Der volle Beitrag ist in der Mediathek des NDR nicht mehr abrufbar. Lediglich eine Kurzfassung der Sendung steht noch zur Verfügung unter: <https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/nordseereport/Auf-der-Suche-nach-der-bedrohten-Kornweihe,nordseereport1840.html>

Darüber hinaus was das „Kornweihen-Projekt“ in der regionalen Presse vertreten (Abb. 61). Im Frühjahr 2013 berichteten verschiedene Tageszeitungen der Region über den Auftakt des Projektes: Ostfriesischer Kurier am 08.06.2013, Ostfriesen-Zeitung am 08.06.2013, Nord West Zeitung am 11.06.2013 sowie der Anzeiger für das Harlinger Land am 12.06.2013.

11.06.2013, 9.11.2013

INTERVIEW

Heimischen Brutvögeln per Satellitensendern auf der Spur

VON MELANIE JEPSEN

FRAGE: Frau Oberdiek, Kornweihen gehören zu den seltensten und am stärksten bedrohten Brutvögeln in Deutschland. Die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg hat eigens ein Projekt zur Rettung der Kornweihet initiiert. Warum ist diese Vogelart so gefährdet?

OBERDIEK: Kornweihen waren früher weit verbreitet in den nordwestdeutschen Moor- und Heidelandschaften. Heute brüten sie nur noch regelmäßig auf den Ostfriesischen Inseln im UNESCO-Weltnaturerbe und Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. In ganz Deutschland gibt es aktuell weniger als 50 Brutpaare, mehr als die Hälfte davon brütet auf den niedersächsischen Wattenmeeresinseln. Der Nationalpark besitzt daher eine herausragende Bedeutung, aber auch nationale Verantwortung für den Schutz und Erhalt der Kornweihen in Deutschland. Seit einigen Jahren geht aber auch hier der Brutbestand deutlich zurück. Um ehrlich zu sein, wir wissen aktuell nicht, welche Gründe dahinter stecken. Die bisherigen Ergebnisse unserer Untersuchungen seit dem Projektstart 2007 zeigen, dass Kornweihen in ihren Brutrevieren auf den Wattenmeeresinseln erfolgreich brüten und viele Küken großziehen. Kornweihen sind aber auch Zugvögel und

THEMA: KORNEWIEHEN



Nadine Oberdiek ist seit 2009 an der Universität Oldenburg in der AG Landschaftsökologie als wissenschaftliche Mitarbeiterin für das Kornweihen-Projekt verantwortlich.
→ Infos unter www.landeco.uni-oldenburg.de

so können die Gründe für die starke Gefährdung auch außerhalb des Wattenmeeres liegen, also in den Rast- und Überwinterungsgebieten.

FRAGE: Wie sieht das Projekt konkret aus?

OBERDIEK: Neben den Untersuchungen während der Brutzeit wollen wir in den kommenden Jahren mit Hilfe von kleinen Satellitensendern, die wir den Kornweihen als „Rucksack“ mitgeben, die genauen Rast- und Überwinterungsgebiete der Kornweihen herausfinden. Um die Populationsdynamik besser zu verstehen, müssen wir den kompletten Jahreslebensraum und die dortigen Überlebensbedingungen für Kornweihen kennen. Nur so können Schutzmaßnahmen bei uns im Wattenmeer erfolgreich sein.

FRAGE: Wie schätzen Sie die Zukunft der Kornweihen im niedersächsischen Wattenmeer ein?

OBERDIEK: Basierend auf den Ergebnissen ist unser maßgebliches Ziel, geeignete Schutzmaßnahmen zu entwickeln und sofort umzusetzen, um daraus ein effektives Schutzkonzept für Kornweihen erstellen zu können. Ich bin sicher, dass damit die Kornweihet auch weiterhin eine Charakterart der Dünenlandschaften im Weltnaturerbe Wattenmeer sein wird.

Heute in der NBZ: Graffiti an der Flutschutzmauer (Seite 2)

Nordseezeitung

Amtliche Zeitung der Stadt und des Nordseeheilbades Norderney

Geegründet 1868 Dienstag, den 11. Juni 2013 Einzelverkaufspreis 0,80 Euro / Nr. 133

Kornweihet ist vom Aussterben bedroht

NATURSCHUTZ Vierjähriges Projekt zur Untersuchung des Greifvogel-Vorkommens beginnt

Das Brut- und Nahrungsverhalten soll unter anderem untersucht werden.

NORDERNEY-VEL – Die Kornweihet ist zwar kein typischer Wattenmeervogel. Doch der Greifvogel war früher in den Dünenlandschaften weit verbreitet. Inzwischen gehört die Kornweihet aber in Deutschland zu den am stärksten bedrohten Brutvogelarten. In ganz Deutschland gab es 2012 nur acht Brutpaare. Fünf davon wurden auf Norderney gesichtet, berichtete die Landschaftsökologin Nadine Oberdiek am Donnerstag auf Norderney. Nicht umsonst hat sich die Insel den Vogel als Symbol gewählt. Ende der 1990er-Jahre wurden noch 60 Brutpaare in Deutschland gezählt. Innerhalb von zehn Jahren ging der Bestand um 60 Prozent zurück.

Oberdiek, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Universität Oldenburg, hat am Donnerstag zusammen mit dem Leiter der Nationalparkverwaltung, Peter Südbek, und dem Leiter des Nationalpark-Hauses Norderney, Jürgen Rahmel, ein Schutzprojekt für die Kornweihet vorgestellt.

Im Wattenmeer ist die Art vom Aussterben bedroht. europaweit geht der Bestand zurück. „Das ist eine Art, die wirklich unter Druck steht“, so Peter Südbek.

Die Kornweihet, die früher in Mooren und Heiden verbreitet war, und bis zu 20 Jahre alt wird, wurde mit dem Verschwinden dieser Regionen verdrängt und hat sich nach dem Zweiten Weltkrieg auf den Ostfriesischen Inseln heimisch gemacht – und manche der Tiere sind teuer. So komme ein Mäand, das durch seine Pigmentstörung gut zu erkennen ist, immer wieder bisher. „Das ist ein echter Norderneier“, so Oberdiek.

Seit Ende der 1990er-Jahre gibt es ein Schutzprogramm, seit 2007 werden die Jungvögel beringt. Die Pilotphase für das jetzige Projekt begann 2009 und nun war der Auftakt für das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Projekt.

Die Fördermittel der DBU umfassen 200.000 Euro, 50.000 Euro kommt von der Wattenmeerstiftung und von der Nationalparkverwaltung. Das Projekt umfasst die Jahre 2013 bis 2016.

Auf Norderney geht es den Tieren gut, so Oberdiek. Mit Hubschraubern – insbesondere Kamekamen – und Vögeln finden die Tiere hier genug Nahrung. Untersucht wird mit einem Bruterfolgsmonitoring, die Reproduktionsrate. Parallel werden Nestkameras eingesetzt. Die Analyse des Lebensraums vor Ort ist der erste Schritt.

Doch dass sich der Bestand dennoch reduziert, liegt möglicherweise in anderen Gebieten. Die Rast- und Überwinterungsgebiete sind in anderen Ländern, sind relativ unbekannt. Und nur ein kleiner Anteil der hier geborenen Vögel kehrt in den Nationalpark zurück.

„Um die Tiere auch außerhalb der Inseln beobachten zu können und die Überwinterung zu untersuchen, ist eine Satellitensenderstudie geplant.“

Die Erkenntnisse aus den Beobachtungen des Ganzjahreslebensraums sollen sofort in Maßnahmen umgesetzt werden, so Südbek.

„Ziel ist es, Wissenslücken zur Fort-, Nahrungs- und Winterökologie von Kornweihen zu schließen und potenzielle Rückgangursachen aufzuzeigen, um die Populationsdynamik der Kornweihen besser zu verstehen“, erklärt Nadine Oberdiek. Die enge Verbindung von Naturschutz-Forschung und der direkten Umsetzung von Maßnahmen verspreche dabei eine besondere Wirkung.



Auf Norderney gibt es noch fünf Kornweihen-Brutpaare. FOTO: NINA/RENO LITTMANN



Sollten das Projekt vor (von links): Nadine Oberdiek, Jürgen Rahmel, Bürgermeister Frank Ullrich und Peter Südbek. FOTO: LEOPOLD

Abb. 61: Presseartikel zum Auftakt des Kornweihen-Projektes im Juni 2013.

8.5 Auszeichnungen

Am 24.09.2016 erhielt Nadine Knipping den Förderpreis der Niedersächsischen Ornithologischen Vereinigung. Die Laudatio hielt der damalige 1. Vorsitzende und heutige Ehrenvorsitzende Herwig Zang.

Laudatio NOV-Förderpreis 2016

Die Niedersächsische Ornithologische Vereinigung hat auf ihrer 44. Jahrestagung am 24. September 2016 in Goslar

Frau Nadine Knipping

den NOV-Förderpreis zuerkannt.

Die Förderung ist für möglichst in sich begrenzte Vorhaben aus allen Bereichen der Vogelkunde gedacht, die sich mit Biologie, Ökologie, Verbreitung, Populationsbiologie, Wanderungen und Schutz der Vögel Niedersachsens und Bremens beschäftigen. Dieses Kriterium zeichnet die Untersuchungen der Preisträgerin in besonderem Maße aus.

Die Kornweihe gehört zu den seltensten und am stärksten bedrohten Brutvogelarten Deutschlands. Einst war sie weit verbreitet und Charaktervogel der nord-westdeutschen Moor- und Heidelandschaften, heute konzentriert sich nahezu der gesamte deutsche Bestand im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer, insbesondere auf den Ostfriesischen Inseln. Doch auch hier ist der Bestand seit 1997 rückläufig, ohne dass Gründe dafür auf der Hand liegen. Insbesondere fehlen Kenntnisse zu den Zugbewegungen und dem Aufenthalt im Winterhalbjahr. Zur Erforschung möglicher Ursachen wurde das Kornweihen-Projekt der Arbeitsgemeinschaft Landschaftsökologie der Uni Oldenburg ins Leben gerufen. Seit 2009 ist Frau KNIPPING für dieses Projekt verantwortlich.

Im Fokus der vielseitigen Untersuchungen steht einerseits die Ermittlung von Grunddaten zur Biologie der Kornweihe in den Brutgebieten wie z.B. Habitat- und Raumnutzung, Ernährung, Schlupf- und Bruterfolg, Populationsdynamik, andererseits die dringend erforderlichen Kenntnisse zu Verbleib und Ernährung während des Winters.

Dabei kommt neben klassischen Methoden moderne Technik wie Farbberingung, Nestkameras, GPS-Logger und Satellitentelemetrie zum Einsatz.

Ziel ist ein verlässliches Konzept für den Schutz der Kornweihe. Sie steht im Anhang I der EU-Vogelschutz-Richtlinie, darum kommt den Arbeiten auch herausgehobene Naturschutzbedeutung zu.

Herwig Zang

Vorsitzender Niedersächsische Ornithologische Vereinigung (NOV)



9. Zusammenfassung

Kornweihen (*Circus cyaneus*) gehören zu den seltensten und am stärksten bedrohten Brutvogelarten in Deutschland. Dem niedersächsischen Wattenmeer kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu, denn derzeit brütet nahezu der gesamte deutsche Brutbestand der Kornweihe auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Die Brutpopulation im niedersächsischen Wattenmeer hat jedoch, wie auch auf den Westfriesischen Inseln in den Niederlanden, in den letzten 15 Jahren dramatisch abgenommen und ist aktuell vom Erlöschen bedroht. Vor dem Hintergrund der nationalen Verantwortung für den Schutz der Kornweihen werden auf Basis umfangreicher reproduktions-, nahrungs- und verhaltensökologischer Datenerhebungen und -analysen die populationsdynamischen Prozesse modelliert und die limitierenden Faktoren für die Brutpopulation im Wattenmeer identifiziert. Darüber hinaus liefert das Projekt erste Erkenntnisse zu Rast- und Überwinterungsgebieten sowie Habitat- und Raumnutzungen niedersächsischer Kornweihen während der Nicht-Brutzeit.

Aufbauend auf dem seit 2007 bestehenden Farbberingungsprogramm sowie auf dem 2009 initiierten Bruterfolgsmonitoring wurden im Projektzeitraum in etablierter Methodik zum Aufbau eines Langzeitdatensatzes zur Berechnung jährlicher Überlebenswahrscheinlichkeiten und Reproduktionsraten weitergeführt. Ergänzend dazu erfolgte eine qualitative und quantitative Erfassung der Beutepopulationen (insbesondere Wühlmäuse) mittels einer Fang-Wiederfang-Methode (Lebendfallen und individuelle Markierung gefangener Individuen) zur Ermittlung des jährlichen Nahrungsangebotes sowie dessen Verfügbarkeit für Kornweihen während der Brutzeit. In diesem Zusammenhang wurde auch die Nahrungswahl von Kornweihen für die Aufzucht der Jungvögel anhand von Gewölleanalysen und dem Einsatz von Nestkameras untersucht. Eine neue innovative GPS-Logger Technik kam zum Einsatz, die es ermöglichte, in einer kombinierten Analyse mit bereits vorhandenen Vegetationsdaten die individuelle Habitatwahl von Kornweihen sowohl in als auch außerhalb der Brutzeit raumzeitlich hochaufgelöst zu ermitteln und Habitatpräferenzen insbesondere bei der Nahrungssuche zu bestimmen. Eine erstmalige Erfassung von Zugbewegungen im Herbst- und Winterzeitraum sowie Überwinterungsstrategien erfolgte mittels des Einsatzes von Satellitensendern im ARGOS System.

Die Brutpopulation von Kornweihen erstreckt sich neben den Ostfriesischen Inseln auch auf die Westfriesischen Inseln im niederländischen Wattenmeer, die ebenfalls seit mehreren Jahren intensiv erforscht wird. Für die Erstellung eines Integrierten Populationsmodells (IPM) für die niederländisch-deutsche Wattenmeer-Brutpopulation von Kornweihen wurden aus dem Zeitraum 1970-2017 sämtliche verfügbare Daten zu Brutbestandszählungen, Beringungs- und Wiederfunddaten sowie zum Reproduktionserfolg aus beiden Teilpopulationen zusammengeführt. Das IPM integriert und modelliert alle relevanten demografischen Parameter (Reproduktion, Überleben, Abwanderung, Zuwanderung) zur Identifizierung der potenziell verantwortlichen demografischen Faktoren im Lebenszyklus der Kornweihen. Unter Verwendung eines „Life Table Response Experiment“ (LTRE) wurde analysiert, welcher der betrachteten demografischen Parameter (Überlebensraten, Reproduktion, Zu- und Abwanderung) in welchem Zeitraum (Anstiegs- bzw. Rückgangphase) die jährlichen Populationswachstumsraten bestimmte.

Der Brutbestand von Kornweihen auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer steht aufgrund des extremen Rückgangs seit den letzten 15 Jahren nahe dem Erlöschen. Dennoch hielten sich die jährlichen Reproduktionsraten im untersuchten Zeitraum von 2009-2017 auf einem hohen Niveau stabil. Kleinsäuger, insbesondere Wühl-

mäuse stellten die Hauptbeute von Kornweihen für die Aufzucht der Jungen dar. Zusätzlich bildeten auch Vögel, vor allem Singvögel einen weiteren wichtigen Bestandteil der Kornweihennahrung. Die Anteile der beiden Beutegruppen in der Nahrung der Jungvögel schwankten jährlich. Das für Kornweihen während der Brutzeit vorhandene Nahrungsangebot wurde als sogenannter jährlicher Vole Index (mittlere relative Abundanz von Wühlmäusen pro Jahr) für die Jahre 2011-2016 berechnet. Nach dem Gradationsjahr 2011 brach die Population von Wühlmäusen im Jahr 2012 zusammen, baute sich seither nicht wieder auf und pendelte sich auf niedrigem Dichteniveau ein. Zyklische Populationsschwankungen, wie sie für Wühlmäuse detailliert beschrieben sind, konnten im Untersuchungszeitraum auf den niedersächsischen Wattenmeerinseln nicht nachgewiesen werden.

Die Abundanz der Wühlmäuse hatte keinen signifikanten Einfluss auf die jährlichen Reproduktionsraten, insbesondere den Bruterfolg. Dichteschwankungen der Wühlmauspopulation kompensierten die Kornweihen durch einen Wechsel auf Singvogelnahrung zur Aufzucht der Jungen bei gleichbleibend hohem Bruterfolg. Im Jahr 2015 wurden zwei adulte Kornweihen Weibchen mit GPS-Loggern ausgerüstet. Die räumlich hochaufgelösten Datensätze dieser beiden Individuen wurden im Hinblick auf Raumnutzung und Habitatwahl zu verschiedenen Phasen (Nestphase bis zum Ausflug der Jungvögel, Ausfliegephase der Jungvögel mit weiterer Betreuung durch das Weibchen, Nicht-Brutzeit ab Selbständigkeit der Jungvögel) während der Brutzeit analysiert und verglichen. Mit zunehmender Selbständigkeit der Jungvögel vergrößerten die Weibchen sowohl ihre Aktionsradien (home ranges) als auch die Anzahl, Dauer und Distanz von Nahrungsflügen. Es konnte Hinweisen darauf gefunden werden, dass das Fütterungsverhalten des zugehörigen Männchens einen deutlichen Einfluss auf das Raumnutzungsverhalten der Weibchen haben kann. Das von beiden Weibchen bevorzugte Nahrungshabitat waren die trockenen grasdominierten Vegetationstypen der Dünengebiete.

Für eines der beiden Weibchen konnten zwei aufeinander folgende Überwinterungszeiten mittels der GPS-Loggerdaten detailliert ausgewertet werden. Dieses Weibchen hat das Wattenmeergebiet im Winter nicht verlassen und konnte als Standvogel bezeichnet werden. Der Vogel flog geringe tägliche Distanzen zur Nahrungssuche und zeigt zudem eine hohe Rast- und Schlafplatztreue.

Zur Ermittlung von Zugbewegungen und Rast- bzw. Wintergebieten wurden sechs juvenile Kornweihen mit Satellitensendern ausgerüstet. Lediglich zwei der sechs Weibchen verließen in der Nachbrutzeit ihre Schlupfgebiete und zogen in südwestlicher Richtung aus dem Wattenmeer ab. Mit wenigen Zwischenstopps zog eines der beiden Weibchen an die niederländisch-belgische Grenze, wo das Sendersignal verlosch. Über den Verbleib und das Schicksal dieses Vogels gibt es keine weiteren Informationen. Das zweite Weibchen zog nach einem Schleifenzug in nordöstlicher Richtung ebenfalls aus dem Wattenmeer ab und flog bis in die Nähe von Bordeaux in Frankreich. Hier verlor sich das Signal, der Vogel ist vermutlich dort verstorben. Ein weiteres Weibchen blieb als Standvogel im Wattenmeer und überwinterte auf der Juister Ostspitze. Der Vogel verstarb im Juni des folgenden Jahres auf Juist aus unbekannten Gründen und wurde im Spülsaum bei Norddeich aufgefunden.

Die Brutpopulation von Kornweihen im niederländisch-deutschen Wattenmeer erreichte 1994 mit geschätzten 152 Paaren ihr Maximum. In der ersten Hälfte des Betrachtungszeitraums (1970-1994) stieg die Population um durchschnittliche 6,26% pro Jahr an. Danach (1995-2016) waren die Bestandszahlen stark rückläufig und nahmen durchschnittlich um 9,8% pro Jahr ab. Die durchschnittliche jährliche Überlebensrate über alle 46 Untersuchungsjahre betrug für Juvenile 50,46%, für Immaturre 72,50% und für Adulte 77,90%. Allerdings wurde ein deutlicher Rückgang der Überlebensraten bei den Juvenilen ab den frühen 1990er

Jahre und bei den Adulten ab etwa Mitte der 1990er Jahre beobachtet. Die durchschnittliche jährliche Reproduktionsleistung für die gesamte Brutpopulation betrug 1,49 flügge Jungvögel pro Paar und Jahr und zeigt keinen besonderen Langzeittrend. Die jährliche Geburtsortstreue der juvenilen Kornweihen wurde auf 50,95% geschätzt. Für die Anzahl der immaturren Individuen, die in die Population einwanderten, lag die Schätzung bei 0,10 Weibchen pro Jahr und Insel. Abgesehen vom Parameter Immigration korrelierten die jährlichen Populationswachstumsraten mit allen anderen demografischen Parametern (Überleben, Reproduktion und Immigration) signifikant positiv. Die größten Effekte auf die interannuelle Variation in den Populationswachstumsraten hatten die Überlebensraten von Juvenilen und Adulten. Die LTRE Analyse ergab, dass der Unterschied im Populationstrend zwischen den beiden definierten Perioden (1970-1994 und 1995-2016) hauptsächlich durch die veränderten Überlebensraten der Adulten, gefolgt von den Reproduktionsraten, erklärt wird.

Die in dieser Studie im Detail und über lange Zeiträume durchgeführten Erhebungen zur jährlichen Reproduktionsleistung, Nahrungsangebot und –nutzung sowie zur Habitatwahl zeigen eindrücklich, dass es sich bei den gewählten Bruthabitaten durchaus um sehr geeignete Lebensräume handelt. Kornweihen zeigen sich in dieser Studie, neben der Wahl ihrer Nistplätze, auch als relativ flexibel in Bezug auf ein jährlich schwankendes Nahrungsangebot an Kleinsäugetern, insbesondere an Wühlmäusen. Das bestehende Schutzkonzept im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer sowie die Anwendung kurzfristiger und gezielter Maßnahmen (z.B. Wegesperrung, Zäunung zum Schutz von Neststandorten) können den Schutz von Brutplätzen und Nahrungsgebieten der Kornweihen weitgehend sicherstellen. Die Gründe für den massiven Rückgang der Brutpopulation im Wattenmeer sind demnach weniger im Wattenmeer selbst mit den dortigen Habitat- und Brutbedingungen als vielmehr in einem deutlichen Rückgang der Überlebensraten sowohl der Jungvögel als auch der Altvögel zu suchen.

Für die gesamteuropäische Brutpopulation von Kornweihen bedarf es aber wohl vor allem internationaler Anstrengungen zum Artenschutz, insbesondere auch in Bezug auf eine anzustrebende Verringerung der Mortalität außerhalb der Brutsaison. Die auch im Rahmen dieser Studie offenkundig gewordene komplexe artspezifische Ökologie braucht einen breit gefächerten Ansatz zur Klärung der in ganz Europa schwierigen Bestandssituation dieser Art.

10. Literatur

- ANDRETZKE, H. (2016): Prädationsmanagement auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Vortrag im Rahmen der Fachtagung „Prädationsmanagement im Wiesenvogelschutz“ am 09./10.03.2016 in Kleve, Nordrhein-Westfalen
- ARROYO, B. & V. BRETAGNOLLE (2000): Evaluating the long-term effectiveness of conservation practices in Montagu's Harrier *Circus pygargus* in France. In: Chancellor, R.D. & B.-U. Meyburg (Hrsg.): Raptors at Risk. World Working Group of Birds of Prey and Owls. Berlin: 403-408
- BAAIJ, E. (2011): Manual Bird Tracking System, Version 2.0. UvA Bird Tracking System (UvA BiTS), unveröff.
- BAINES, D. & M. RICHARDSON (2013): Hen harriers on a Scottish grouse moor: multiple factors predict breeding density and productivity. *J. Appl. Ecol.* 50: 1397-1405
- BARTON, N.W. & D.C. HOUSTON (1993): A comparison of digestive efficiency in birds of prey. *Ibis* 135: 363-371
- BAUER, H.-G., BEZZEL, E. & F. FIEDLER (Hrsg. 2005): Kompendium der Vögel Mitteleuropas, Nonpasseriformes – Nichtsperlingsvögel. AULA-Verlag, Wiesbaden
- BESBEAS, P., FREEMAN, S.N., MORGAN, B.J. & E. A. CATCHPOLE (2002): Integrating mark-recapture-recovery and census data to estimate animal abundance and demographic parameters. *Biometrics* 58: 540-547
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2018): Species factsheet - *Circus cyaneus*. Download: <http://www.birdlife.org> 21.05.2018
- BLESSING, C. (2018): Habitatveränderungen als Einflussfaktoren auf die Brutbestandsentwicklung von Kornweihen (*Circus cyaneus*) und Rohrweihen (*Circus aeruginosus*) auf den Ostfriesischen Inseln im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Masterarbeit, Landschaftsökologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- BOELE, A., VAN BRUGGEN, J., HUSTINGS, F., KOFFIJBERG, K., VERGEER, J.W. & T. VAN DER MEIJ (2015): Broedvogels in Nederland in 2013. Sovon-Rapport 2015/04. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen
- BOUTEN, W., BAAIJ, E.W., SHAMOUN-BARANES, J. & K.C. CAMPHUYSEN (2013): A flexible GPS tracking system for studying bird behaviour at multiple scales. *Journal of Ornithology*, 154, 2: 571-580
- BOYE, P. (1996): Formeln zur Berechnung der Populationsgröße aufgrund von Fang-Wiederfang-Studien: Eine Übersicht für Einsteiger. – In: BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrsg.) Säugetiere in der Landschaftsplanung. Referate und Beiträge der Fachtagung „Standardmethoden und Mindestanforderungen für säugetierkundliche Beiträge zu Umwelt- und Naturschutzplanungen“ am 4. und 5. Dezember 1993 in Raischholzhausen. LV Druck im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup: 173-179
- BOYE, P. & H. MEINIG (1996): Flächenbezogene Erfassung von Spitzmäusen und Mäusen. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.) Säugetiere in der Landschaftsplanung. Referate und Beiträge der Fachtagung „Standardmethoden und Mindestanforderungen für säugetierkundliche Beiträge zu Umwelt- und Naturschutzplanungen“ am 4. und 5. Dezember 1993 in Raischholzhausen. LV Druck im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup: 45-54
- BRODIN, A., JÖNSSON, K.I. & N. HOLMGREN (2003): Optimal energy allocation and behaviour in female raptorial birds during the nestling period. *Écoscience* 10, 2: 140-150
- BUNDESAMT FÜR KARTOGRAFIE UND GEODÄSIE (2012): CORINE Land Cover 10 ha, CLC10 (2012). Stand: 19.04.2016

- BURGMAN, M. & J. FOX (2003): Bias in species range estimates from minimum convex polygons: Implications for conservation and options for improved planning. *Animal Conservation* 6, 1: 19-28
- CASWELL, H. (2001): *Matrix population models: Construction, analysis, and interpretation* (2nd ed.). Sunderland, Mass.: Sinauer Associates
- CASWELL, H. (2010): Life table response experiment analysis of the stochastic growth rate. *Journal of Ecology* 98: 324-333
- CLS (2011): *Argos User's Manual*. Toulouse. <http://www.argos-system.org>
- COCHRAN, W.W. (1980): Wildlife telemetry. In: SCHEMNITZ, S.D. (Hrsg.): *Wildlife management techniques manual*. The Wildlife Society, Washington
- CWSS (2008): *Nomination of the Dutch-German Wadden Sea as World Heritage Site - Volume one*. Wilhelmshaven
- DAAN, S., DIJKSTRA, C. & J.M. TINBERGEN (1990): Family planning in the kestrel (*Falco tinnunculus*): the ultimate control of covariation of laying date and clutch size. *Behaviour* 114: 83-116
- DE BOER P., KLAASSEN O. & L. DIJKSEN (2008): *Blauwe Kiekendieven op de Waddeneilanden in 2007*. SOVON-onderzoeksrapport 2008/08. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen
- DE GROOT A.V., JANSSEN G.M., ISERMANN M., STOCK M., GLAHN M., ELSCHOT K., HELLWIG U., PETERSEN J., ESSELINK P., VAN DUIN W., KÖRBER P., JENSEN K. & N. HECKER (2017): Beaches and dunes. In: *Wadden Sea Quality Status Report* (Hrsg: KLOEPPER S. et al. 2017) Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- DIERSCHKE, J. (2007): Kornweihen und Sumpfohreulen auf Borkum, Spiekeroog und Wangerooge . Möglichkeiten für zukünftige Untersuchungen über Erkenntnislücken und erforderliche Schutzmaßnahmen im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Gutachten im Auftrag der Nationalparkverwaltung Nds. Wattenmeer, unveröff.
- DIERSCHKE, J. (2008): Bestandsentwicklung von Kornweihe *Circus cyaneus* und Sumpfohreule *Asio flammeus* auf den Ostfriesischen Inseln. *Vogelkd. Ber. Niedersachs.* 40: 459-465
- DIERSCHKE, J. (2008a): Beringung von Kornweihen im Jahr 2008 auf den Ostfriesischen Inseln. Gutachten im Auftrag der Nationalparkverwaltung Nds. Wattenmeer, unveröff.
- DIERSCHKE, J. KLAASSEN, O., DE BOER, P. & L. DIJKSEN (2010): Rekrutierung und Inselhopping von Kornweihen *Circus cyaneus* auf den West- und Ostfriesischen Inseln. *Vogelkd. Ber. Niedersachs.* 41: 241-246
- DONÁZAR, J.A., CORTÉS-AVIZANDA, A., FARGALLO, F.A., MARGALIDA, A., MOLEÓN, M., MORALES-REYES, Z., MORENO-OPO, R., PÉREZ-GARCÍA, J.M., SÁNCHEZ-ZAPATA, J.A., ZUBEROGOITIA, I. & D. SERRANO (2016): Roles of Raptors in a Changing World: From Flagships to Providers of Key Ecosystem Services. *Ardeola* 63, 1: 181-234
- FELDT, T. (2010): Brut- und Jagdhabitatwahl zweier sympatrischer Weihenarten (*Circus cyaneus* und *Circus aeruginosus*) im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer. Diplomarbeit, Landschaftsökologie, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- FIEDLER, W., & S. DAVIDSON (2012): Movebank – eine offene Internetplattform für Tierwanderungsdaten. *Vogelwarte* 50: 15-20
- GARCIA, J.T. & B.E. ARROYO (2002): Intra-and interspecific agonistic behaviour in sympatric harriers during the breeding season. *Animal Behaviour* 64, 1: 77-84

- GEDEON, K., GRÜNEBERG, C., MITSCHKE, A., SUDFELDT, C., EICKHORST, W., FISCHER, S., FLADE, M., FRICK, S., GEIERSBERGER, I., KOOP, B., KRAMER, M., KRÜGER, T., ROTH, N., RYSLAVY, T., STÜBING, S., SUDMANN, S.R., STEFFENS, R., VÖKLER, F. & K. WITT (2014): Atlas Deutscher Brutvogelarten. Herausgegeben von der Stiftung Vogelmonitoring und dem Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster
- GEITER, O. & F. BAIRLEIN (2010): Richtlinien für ehrenamtliche Beringer. Institut für Vogelforschung, Wilhelmshaven
- GERDES, K. (2000): Die Vogelwelt im Landkreis Leer, im Dollart und auf den Nordseeinseln Borkum und Lüttje Hörn. Leer
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. (Hrsg. 1989): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Band 4 Falconiformes. AULA-Verlag, Wiesbaden
- GREEN, R. E. & B. ETHERIDGE (1999): Breeding success of the Hen Harrier *Circus cyaneus* in relation to the distribution of grouse moors and the Red Fox *Vulpes vulpes*. *Journal of Applied Ecology* 36, 4: 472-483
- GRÜNEBERG, C., H.-G. BAUER, H. HAUPT, O. HÜPPOP, T. RYSLAVY & P. SÜDBECK (2015): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 5. Fassung, 30. November 2015, Ber. Vogelschutz 52: 19-67
- HANSKI, I., HANSSON, L. & H. HENTTONEN (1991): Specialist Predators, Generalist Predators, and the Microtine Rodent Cycle. *Journal of Animal Ecology* 60, 1: 353-367
- HAYHOW, D.B., EATON, M.A., BLADWELL, S., ETHERIDGE, B., EWING, S.R., RUDDOCK, M., SAUNDERS, R., SHARPE, C., SIM, I.M.W. & A. STEVENSON (2013): The status of the Hen Harrier, *Circus cyaneus*, in the UK and Isle of Man in 2010. *Bird Study* 60, 4: 446-458
- HÄLTERLEIN, B., FLEET, D.M., HENNEBERG, H.R., MENNEBÄCK, T., RASMUSSEN, L.M., SÜDBECK, P., THORUP, O. & R. VOGEL (1995): Anleitung zur Brutbestandserfassung von Küstenvögeln im Wattenmeerbereich. Wadden Sea Ecosystem No. 3, Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group & Joint Monitoring Program for Breeding Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven, Germany
- HECKENROTH, H. & J.-U. HEINS (1989): Kornweihe – *Circus cyaneus*. In: ZANG, H., HECKENROTH, H. & F. KNOLLE (Hrsg.): Die Vögel Niedersachsens – Greifvögel. *Nat.schutz Landsch.pfl. Niedersachs. B, H 2.3*: 96-107
- HÖRNFELDT, B. (2004): Long-term decline in numbers of cyclic voles in boreal Sweden: analysis and presentation of hypotheses. *Oikos* 107, 2: 376-392
- JENRICH, J., LÖHR, P.-W. & F. MÜLLER (2010): Bildbestimmungsschlüssel für Kleinsäugerschädel aus Gewöllen. Verein für Naturkunde in Osthessen e.V., Beiträge zur Naturkunde in Osthessen (Hrsg.) 47: Supplement 2
- KLAASSEN, O., DIJKSEN, L., DE BOER, P., WILLEMS, F., FOPPEN, R. & K. OOSTERBEEK (2006): Meer Blauw op de Wadden! Broedsucces, voedselécologie en dispersie van de Blauwe Kiekendief op de Waddeneilanden in 2004-2006. SOVON-onderzoeksrapport 2006/15. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen
- KNIPPING, N., J. VOSKUHL & J. STAHL (2014): Von Weihen und Mäusen — Nahrungsökologische Untersuchungen an Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. *Corax* 22, Sonderheft 1: 49 - 58
- KOFFIJBERG, K., DIJKSEN, L., HÄLTERLEIN, B., LAURSEN, K., POTEL, P. & P. SÜDBECK (2006): Breeding Birds in the Wadden Sea in 2001. Results of the total survey in 2001 and trends in numbers between 1991-2006. Wadden Sea Ecosystem No. 22. Common Wadden Sea Secretariat, Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven, Germany

- KOFFIJBERG, K., LAURSEN, K., HÄLTERLEIN, B., REICHERT, G., FRIKKE, J. & L. SOLDAAT (2015): Trends of Breeding Birds in the Wadden Sea 1991 - 2013. Wadden Sea Ecosystem No. 35. Common Wadden Sea Secretariat, Joint Monitoring Group of Breeding Birds in the Wadden Sea, Wilhelmshaven, Germany
- KOFFIJBERG, K., FRIKKE, J., HÄLTERLEIN, B., REICHERT, G. & H. ANDREZKE (2016): Breeding birds in trouble: A framework for an action plan in the Wadden Sea. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven
- KORPIMÄKI, E. & H. HAKKARAINEN (1991): Fluctuating food supply affects the clutch size of Tengmalm's owl independent of laying date. *Oecologia* 85, 4: 543-552
- KOVÁCS, A., MAMMEN, U.C.C & C.V. WERNHAM (2008): European Monitoring for Raptors and Owls: State of the Art and Future Needs. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 37, 6: 408-412
- KRUCKENBERG, H. & M. SCHULZE-DIEKHOF (2016): Die Bedeutung von Stacheldraht als Gefahrquelle für Vögel in Deutschland. *Corax* 23: 75-85
- KRÜGER, T. & B. OLTMANN (2007): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Brutvögel. 7. Fassung, Stand 2007. *Inf.dienst Nat.schutz Niedersachs* 27: 131-175
- KRÜGER, T., LUDWIG, J., PFÜTZKE, S. & H. ZANG (2014): Atlas der Brutvögel in Niedersachsen und Bremen 2005-2008 *Naturschutz Landschaftspf. Niedersachsen* 48: 1-554
- KRÜGER, T. & M. NIPKOW (2015): Rote Liste der in Niedersachsen und Bremen gefährdeten Brutvögel. 8. Fassung, Stand 2015. *Inf.dienst Nat.schutz Niedersachs*. 35: 181-260
- KUZNETSOVA, A., BROCKHOFF, P. B. & R.H.B. CHRISTENSEN (2017): lmerTest package: tests in linear mixed effects models. *Journal of Statistical Software* 82, 13
- LAUNDRÉ, J.W., HERNÁNDEZ, L. & W.J. RIPPLE (2010): The landscape of fear: ecological implications of being afraid. *Open Ecology Journal* 3: 1-7
- LEEGE, O. (1905): Die Vögel der ostfriesischen Inseln nebst vergleichender Übersicht der im südlichen Nordseegebiet vorkommenden Arten. Emden, Borkum
- LEEGE, O. (1929): Das Brutvogelleben auf den ostfriesischen Inseln in Gegenwart und Vergangenheit. *Vogelschutzw.* 1929: 46-58
- MARTI, C.D., BECHARD, M. & F.B. JAKSIC (2007): Food habits. In: BIRD, D.M. & K.L. BILDSTEIN (Hrsg.): *Raptor Research and Management Techniques*. Raptor Research Foundation: 129-152
- MÄRZ, R. (2007): *Gewöll- und Rupfungskunde*. AULA-Verlag Wiebelsheim
- MEBS, T. (2012): *Die Greifvögel Europas*. Kosmos-Verlag, Stuttgart
- MILLON, A., BOURRIOUX, J.L., RIOLS, C. & V. BRETAGNOLLE (2002): Comparative breeding biology of Hen Harrier and Montagu's Harrier: an 8-year study in north-eastern France. *Ibis* 144, 1: 94-105
- MILLON, A. & V. BRETAGNOLLE (2004): Busard Saint Martin. In: THIOLLAY, J.-M. & V. BRETAGNOLLE: *Rapaces nicheurs de France. Distribution, effectifs et conservation*. Delachaux & Niestlé, Paris: 66-69
- MILLON, A., PETTY, S. J., LITTLE, B. & X. LAMBIN (2011): Natal conditions alter age-specific reproduction but not survival or senescence in a long-lived bird of prey. *Journal of Animal Ecology* 80: 968-975
- NEWTON, I. (1979): *Population Ecology of Raptors*. T & AD Poyser Ltd., Hertfordshire, England.

- NIETHAMMER, J. & F. KRAPP (1978): Handbuch der Säugetiere Mitteleuropas. Bde. I Nagetiere I+II, III Hasentiere, Akademische Verlagsgesellschaft
- NLWKN (Hrsg. 2011): Vollzugshinweise zum Schutz von Brutvogelarten in Niedersachsen. – Wertbestimmende Brutvogelarten der EU-Vogelschutzgebiete mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Kornweihe (*Circus cyaneus*) (Brut- und Gastvogelart). – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, 7 S., unveröff.
- NLWKN (2017): Wertbestimmende Vogelarten der EU-Vogelschutzgebiete. Stand 01.08.2017, unveröff.
- OBERDIEK, N., DIERSCHKE, J. & J. STAHL (2012): Brutökologische Untersuchungen an der Kornweihe *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“. Ornithol. Rundbr. Mecklenbg.-Vorpomm. 47, Sonderheft 1: 89-94
- OBERDIEK, N. & A. BANGE (2012): Farbberingung als Beitrag zur Erstellung eines Schutzkonzeptes für Kornweihen *Circus cyaneus* im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ – „echte Insulaner mit bunte Been“. Natur- und Umweltsch. 11, 1: 15-19
- PERRINS, C.M., LEBRETON, J.-D. & G.J.M. HIRONS (Hrsg. 1991): Bird Population Studies. Relevance to Conservation and Management. Oxford Ornithology Series No. 1, Oxford University Press
- PETERSEN, J, KERS, B. & M. STOCK (2014): TMAP Topology of Coastal Vegetation in the Wadden Sea. Wadden Sea Ecosystem No. 32, Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Salt Marsh and Dunes Expert Group, Wilhelmshaven, Germany
- PINHEIRO J, BATES D, DEBROY S, SARKAR D & R CORE TEAM (2018): nlme - Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-137
- RHEINWALD, G. (1993): Atlas der Verbreitung und Häufigkeit der Brutvögel Deutschlands - Kartierung um 1985, Verlag: Dachverband Deutscher Avifaunisten, Münster
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2008): R - A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>
- REISE, K., BAPTIST, M., BURBRIDGE, P., DANKERS, N., FISCHER, L., FLEMMING, B., OOST, A.P. & C. SMIT (2010): The Wadden Sea – A Universally Outstanding Tidal Wetland. Wadden Sea Ecosystem No. 29: 7-24
- REDPATH, S.M. & S.J. THIRGOOD (1999): Numerical and functional responses in generalist predators: hen harriers and peregrines on Scottish grouse moors. Journal of Animal Ecology 68: 879-892
- REDPATH, S.M., THIRGOOD, S.J. & R. CLARKE (2002): Field vole *Microtus agrestis* abundance and hen harrier *Circus cyaneus* diet and breeding in Scotland. Ibis 144, 1: E33-E38
- ROODBERGEN, M., VAN DER WERF, B., & H. HÖTKER (2012): Revealing the contributions of reproduction and survival to the Europe-wide decline in meadow birds: review and meta-analysis. Journal of Ornithology 153, 1: 53-74
- SALEWSKI, V., EVERS, A., KLINNER-HÖTKER, B. & L. SCHMIDT (2016) Bericht 2016: Bruterfolg Uferschnepfe (Action D.1). Michael-Otto-Institut im NABU, Berenhusen, unveröff.
- SCHAUB, M., & F. ABADI (2011): Integrated population models: a novel analysis framework for deeper insights into population dynamics. Journal of Ornithology 152:227-237
- SIM, I.M.W., DILLON, I.A., EATON, M.A., ETHERIDGE, B., LINDLEY, P., RILEY, H., SAUNDERS, R., SHARPE, R. & M. TICKNER (2007): Status of the Hen Harrier *Circus cyaneus* in the UK and Isle of Man in 2004, and a comparison with the 1988/89 and 1998 surveys, Bird Study 54, 2: 256-267

- SIMMONS, R.E., AVERY, D.M., & G. AVERY (1991): Biases in diets determined from pellets and remains: correction factors for A. J. Raptor Res 25, 3: 63-67
- SCHRÖDER, M., OBERDIEK, N., DIERSCHKE, J., FELDT, T. & J. STAHL (2010): Wahl des Jagdhabitats von Kornweihen (*Circus cyaneus*) und Rohrweihen (*Circus aeruginosus*) auf den Ostfriesischen Inseln. Vogelwelt 131: 231-238
- SCHRÖPFER, R. (1988): Säugetierbiologisches Praktikum. – Universität Osnabrück, Praktikumsanleitung, unveröff.
- SERGIO, F., NEWTON, I. & L. MARCHESI (2005): Conservation: top predators and biodiversity. Nature 436, 7048): 192
- SOVON (Hrsg. 2018): Vogelatlas van Nederland. Nijmegen
- SUTHERLAND, W.J., NEWTON, I. & R. GREEN (Hrsg. 2004): Bird ecology and conservation: a handbook of techniques (Vol. 1). Oxford University Press
- STEEN R., LØW L.M., SONERUD G.A., SELÅS V. & T. SLAGSVOLD (2011): Prey delivery rates as estimates of prey consumption by Eurasian Kestrel *Falco tinnunculus* nestlings. Ardea, 99: 1–8
- SÜDBECK, P., ANDREZKE, H., FISCHER, S., GEDEON, K., SCHIKORE, T., SCHRÖDER, K. & C. SUDFELDT (Hrsg., 2005): Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell
- SÜDBECK, P., BAUER, H.-G., BOSCHERT, M., BOYE, P. & W. KNIEF (2007): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands, 4. Fassung, 30 November 2007. Ber. Vogelschutz 44: 23–81
- SYKORA, W. (1978): Methodische Hinweise zur Kleinsäugetierforschung mit 10 Abbildungen und einem Übersichtsschema. Abh. u. Ber. Naturkundl. Mus. „Mauritianum“ Altenburg 10: 1-33
- TEMME, M. (1995): Die Vögel der Inseln Norderney. Cuxhaven
- TOM DIEK, P. (1938): Erlebnis im Moor. Oldenburger Nachrichten 307, Beilage „Vor den Toren der Stadt – Erlebtes und Erlauschtes aus dem Reiche der Natur, Ausgabe vom 11.11.1938
- TRIERWEILER, C. & K.-M. EXO (2011): Lebensraumanalyse von Wiesenweihen-Jungvögeln mit Hilfe der Satellitentelemetrie. Abschlußbericht DBU-Projekt 26663-33/2, 2008-2011, Wilhelmshaven, Groningen
- TURNI, H. (1999): Schlüssel für die Bestimmung von in Deutschland vorkommenden Säugtierschädeln aus Eulengewöllen(Mammalia). In: Staatliches Museum für Tierkunde Dresden. (Hrsg. 1999), 50, 20: 352-397
- VAN OOSTEN, H.H., BEUSINK, P., DE BOER P., VAN DEN BREMER L., DIJKSEN L., KLAASSEN O., MAJOUR, F., VAN TURNHOUT C., & S. WAASDORP (2008): De laatste karakteristieke vogels van het open duin: de dynamiek van populaties op de rand van uitsterven - en oplossingen. SOVON-onderzoeksrapport 2008/17. Stichting Bargerveen, Nijmegen / SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen
- VAN TURNHOUT, C.A.M., HALLMANN, C., DE BOER, P., DIJKSEN, L., KLAASSEN, O., FOPPEN, R., & H.P. VAN DER JEUGD (2013): Lange termijn populatiedynamiek van de Blauwe Kiekendief op de Wadden: inzichten uit een geïntegreerd populatiemodel. Limosa 86: 31-42
- VOSKUH, J., OBERDIEK, N & H. ZUCCHI (2013): Untersuchungen zur Nahrungswahl der Kornweihe (*Circus cyaneus*) auf Langeoog (Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer) unter besonderer Berücksichtigung des Kleinsäugervorkommens. Acta ornithoecologica 7, 4: 195-217
- WATSON, D. (1977): The Hen Harrier. T & AD Poyser Ltd, Berkhamsted

WIENS, J. D., NOON, B. R. & R.T. REYNOLDS (2006): Post-Fledging Survival Of Northern Goshawks: The Importance Of Prey Abundance, Weather, And Dispersal. *Ecological Applications*, 16: 406-418

WIKELSKI, M. & R. KAYS (2014): Movebank: archive, analysis and sharing of animal movement data. World Wide Web electronic publication

ZEUNER, N. (2011): Charakterisierung des Nahrungsspektrums von Kornweihen (*Circus cyaneus*) im Nationalpark „Niedersächsisches Wattenmeer“ anhand von Gewölleanalysen. Bachelorarbeit, Umweltwissenschaften, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

ZUUR, A.F., IENO, E.N., WALKER, N.J., SAVELIEV, A.A. & G.M. SMITH (2009): Mixed effects models and extensions in ecology with R. Spring Science and Business Media, New York