

Möwenzählung zu Land und aus der Luft – Bestandserfassung von Silber- und Heringsmöwen *Larus argentatus* und *L. fuscus* mittels Drohne und Bodenerfassung an der Amrummer Odde

Leonie Enners, Verein Jordsand e.V., Bornkampsweg 35, 22926 Ahrensburg, leonie.enners@jordsand.de
 Anna Kersten, BioConsult SH GmbH & Co. KG, Schobüller Straße 36, 25813 Husum, a.kersten@bioconsult-sh.de
 Marc Schnurawa, BioConsult SH GmbH & Co. KG, Schobüller Straße 36, 25813 Husum, m.schnurawa@bioconsult-sh.de

Amrum ist bekannt als Möweninsel. Neben der Silbermöwe *Larus argentatus*, brütet etwa ein Viertel des deutschen Brutbestandes der Heringsmöwe *Larus fuscus* auf Amrum (Gerlach et al. 2019). Ein großer Anteil davon nutzt das Naturschutzgebiet ‚Amrummer Odde‘ als Brutgebiet. Dieses befindet sich im Norden der Insel und ist geprägt durch seine Dünenlandschaft. Seit 1941 wird es vom Verein Jordsand betreut. Von Süd nach Nord lassen sich folgende Täler abgrenzen: das Haustal mit Vogelwärter*innenhütte, die sogenannte Sahara, das Fischertal sowie das Langtal. Zusätzlich befinden

sich an der Westseite des Fischertals (‚Westtälér‘) und im Norden des Langtals (‚Spitze‘) je ein kleines Nebental (Abb. 1).

Im Rahmen der Gebietsbetreuung werden die Brutbestände jährlich erfasst. Diese sind nicht nur die Basis für das Management des Gebietes, sondern nehmen auch im internationalen Kontext eine große Bedeutung ein. Um den Zustand des Wattenmeeres beurteilen zu können, werden die Brutbestände systematisch im Rahmen des mit den Niederlanden und Dänemark abgestimmten trilateralen Monitoring- und

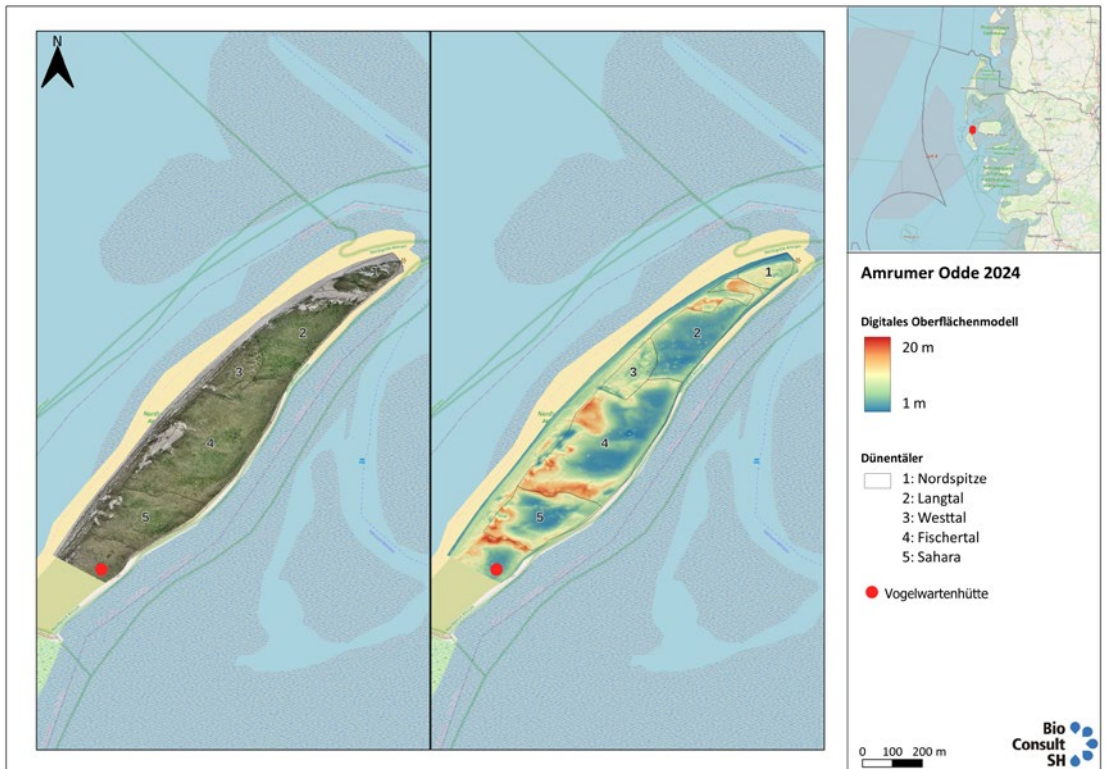


Abb. 1: Orthomosaik (links) und digitales Oberflächenmodell (rechts) der Amrummer Odde, basierend auf den Bildern der Drohnenerfassung vom 26.5.2024. Im digitalen Oberflächenmodell wird die Struktur der Dünentäler (mit Nummern eingezeichnet) erkennbar. // Orthomosaic (left) and digital surface model (right) of Amrummer Odde based on the images from the drone survey on 26 May 2024. The structure of the dune valleys (marked with numbers) can be seen in the digital surface model.



Abb. 2: WingtraOne Gen II Starflügler-Drohne mit VTOL (Fluggeschwindigkeit 16 m/s, Front- und Seitenüberlappung der Bilder 70 %, Flughöhe 100 m, Flugdauer Amrum Odde ca. 20 min, Flächenleistung ca. 100 ha/h) // *WingtraOne Gen II fixed-wing drone with VTOL (flight speed 16 m/s, front and side overlap of images 70 %, flight altitude 100 m, flight duration Amrum Odde approx. 20 min, area coverage approx. 100 ha/h).* Foto: BioConsult SH.

Bewertungsprogramms (TMAP) gezählt. Der Verein Jordsand wurde von der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer beauftragt, das seit 2016 bestehende Bruterfolgsmonitoring für Silber- und Heringsmöwen im NSG ‚Amrum Odde‘ durchzuführen. Die Erfassung der Brutvögel und insbesondere der Großmöwen an der Amrum Odde ist sehr aufwändig. Durch die Dünenlandschaft und die teilweise sehr hohe Vegetation sind die Brutkolonien nur schwer einsehbar. Daher ist eine zuverlässige Erfassungsmethode von hoher Relevanz.

Wie wurden bisher an der Amrum Odde die Großmöwen gezählt?

Seit Beginn der 2000er Jahre werden jährlich die Möwenbestände in den Dünen durch „Paarzählung in nicht einsehbaren Kolonien durch Auszählen auffliegender Altvögel“ (Methode C nach Hälterlein et al. 1995) erfasst. Dafür werden die Kolonien einmal in der Bebrütungszeit, zwischen Mitte Mai und Anfang Juni, begangen. Um die Zählung zu beschleunigen und die Störung möglichst kurz zu halten, wird die Erfassung von einer Gruppe von ca. 20 Personen durchgeführt. Die Teilnehmenden setzen sich primär aus Mitarbeiter*innen der drei Vereine auf Amrum zusammen: Verein Jordsand, Öömrang Ferian und Schutzstation Wattenmeer (Hauptamtliche, Ehrenamtliche sowie Teilnehmende des FÖJ und BFD). Bei

der Ausführung der Zählmethode sammelt sich die Gruppe am Rand einer Teilkolonie mit einer guten Übersicht über den zu erfassenden Bereich. Heringsmöwen besetzen zumeist Brutplätze im Zentrum der Täler, während Silbermöwen vornehmlich in den Randbereichen brüten. Ein erster Eindruck zum Verhältnis Silber- und Heringsmöwe wird notiert. Anschließend begeben sich Einzelpersonen in die Kolonie, bis alle anwesenden Altvögel auffliegen. Die aufgeflogenen Individuen werden von allen Personen am Rand der Kolonie möglichst genau gezählt. Für die Auswertung wird für jede Teilzählung der Minimal- und der Maximalwert gestrichen, die restlichen Zahlen gemittelt und um rastende Partner oder Nichtbrüter zu berücksichtigen mit dem Faktor 0,7 multipliziert (Hälterlein et al. 1995). Das Ergebnis ist die Brutpaarzahl und kann mit Ergebnissen aus anderen Brutkolonien oder Jahren verglichen werden.

Aus Schutzgründen erfolgt die Erfassung ausschließlich bei moderaten Wetterbedingungen. Bei großer Hitze, Regen und Starkwind werden keine Zählungen durchgeführt.

Alternative: Drohnenerfassung

Die Erfassung der Brutbestände ist stets ein Kompromiss zwischen Datengenauigkeit und Schutz der Brutkolonien. Kleinformatige, aber sehr leistungsfähige Kameras, ermöglichen heutzutage hochauflösende

Aufnahmen mit Drohnen aus der Luft. Als Instrument für den Naturschutz gewinnen sie an Bedeutung, da sie verbesserte und störungsarme Erfassungen von Arten und Habitaten ermöglichen (z. B. Wich & Koh 2018, López & Mulero-Pázmány 2019). Weltweit werden Drohnen zunehmend für das Monitoring von Brutvögeln genutzt (u. a. Francis et al. 2020, Valle & Scarton 2020, Zbyryt et al. 2023), um Störungen bei Kolonierütern durch das Begehen der Brutareale zu vermeiden (Rush et al. 2018, Barr et al. 2020).

Auch im Wattenmeer kommen Drohnen immer häufiger zum Einsatz bei regelmäßigen Erfassungen von Brutkolonien. So werden beispielsweise Brandeschwalben und Lachmöwen durch das NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) auf Baltrum erfasst (NLWKN 2017), sowie Herings- und Silbermöwen auf Spiekeroog (Schulze-Dieckhoff 2022). Außerdem wurden auch in Dänemark bereits mehrfach Silber- und Heringsmöwen auf Langli mit Drohnen gezählt (Corregidor-Castro et al. 2021).

Beim Einsatz einer neuen Methode ist es für die Interpretation der Ergebnisse essentiell, dass sowohl die alte als auch die neue Methode für einen Zeitraum parallel eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine Bewertung der neuen Methode. Zusätzlich schafft ein Methodenvergleich die Basis, um Abweichungen zwischen den Methoden quantifizieren zu können. Gemeinsame Auswertungen von Daten beider Methoden sind nur mit diesem Wissen möglich. Daher wurde an der Amrumer Odde über drei Jahre (2017–2019) ein Vergleich durchgeführt. Silber- und Heringsmöwen wurden in diesem Zeitraum sowohl nach „Methode C“ als auch mittels Drohne erfasst. Zusätzlich wurden in Teilflächen Nester am Boden mittels Hand-GPS-Gerät eingemessen und mit Drohnenbildern verglichen.

Wie verläuft eine Drohnenerfassung?

Voraussetzungen für eine Bestandserfassung mittels Drohne ist zum einen die luftfahrtrechtliche Qualifikation (EU-Kompetenznachweis) der Drohnenpilot*in und zum anderen ggf. die Genehmigung zum Aufstieg einer Drohne nach § 21h Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO). Neben der Amrumer Odde werden folgende Gebiete von BioConsult SH im Auftrag der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer per Drohne (Starrflügler und Multikopter) erfasst: Föhr, Süderoog, Südfall und Trischen, sowie

Lachmöwenkolonien im Bereich der Friedrichskoog-Halbinsel.

An der Amrumer Odde wird eine WingtraOne Starrflüglerdrohne (Abb. 2) eingesetzt. Der Flug erfolgt automatisch und auf konstanter Höhe (100 m) entlang einer vorab einprogrammierten Flugroute. Das Gebiet ist auf vorliegenden Satellitenbildern sehr gut erkennbar, was die Planung vereinfacht. Für die Erfassung werden sogenannte Transekte geplant. Dazu werden über das Gebiet Linien gelegt, die von der Drohne später automatisch abgeflogen und abfotografiert werden. Die Anzahl der Transekte ist dabei abhängig von der Flughöhe bzw. Bildauflösung sowie der gewünschten Überlappung der Fotos. Für die Erfassung der Amrumer Odde werden zwischen 500 und 900 Einzelbilder aufgenommen. Die Flüge werden aktuell ausschließlich in Sichtweite durchgeführt, die Flugdauer beträgt ungefähr 20 Minuten und erfolgt um Hochwasser (+/- 2 Std.). Außerdem wird ausschließlich bei geeigneten Wetterverhältnissen geflogen. Diese sind nur gegeben, wenn es keinen Nebel oder Regen gibt und der Wind in Böen bei maximal 30 km/h gemessen wird.

Um mögliche Störeffekte der Drohne auf die anwesenden Vögel im Schutzgebiet zu analysieren, wird das Verhalten während des gesamten Drohnenflugs dokumentiert. Da es in den Brutkolonien meist eine gewisse Grundaktivität gibt, ist es nicht trivial, einzelne Ereignisse auffliegender Vögel direkt auf die Drohne zu beziehen. Daher wird auch in kurzen Zeiträumen vor und nach dem Flug (Referenzzeiträume) das Verhalten beobachtet. Folgende Verhaltenskategorien werden unterschieden: einfliegen/setzen, durchfliegen, auffliegen, wegfliegen, angreifen. Bei der Verhaltensbeobachtung wird die Anzahl der Vögel, die Art und die jeweilige Verhaltenskategorie notiert.

Die aufgenommenen Bilder werden georeferenziert und ein Orthomosaik zur weiteren Bearbeitung erstellt. Anfangs wurden die Bilder manuell in einem Kartenanalyseprogramm betrachtet. Das bedeutete, dass erst einmal alle Vögel manuell markiert wurden und anschließend die Artbestimmung erfolgte. Seit 2023 wird eine Spezialsoftware eingesetzt und seit 2024 eine KI-unterstützte Software (Einsatz „Künstlicher Intelligenz“) zur Detektion und Identifikation. Neben den Informationen zu den Arten können weitere Parameter zum Brutgebiet betrachtet werden (z. B. ein Höhenprofil).

Ergebnisse aus dem Jahr 2024

Am 26.5.2024 wurde von 13:30 bis 13:50 Uhr die Amrumer Odde zur Bestandserfassung überflogen. Der Aufstieg der Drohne erfolgte an der Ostseite der Amrumer Odde, der Flug selbst dauerte knapp 20 Minuten. Es wurden nur minimale Reaktionen in den Kolonien beobachtet.

Mittels der Drohne konnten insgesamt 1289 Brutpaare Heringsmöwen und 592 Brutpaare Silbermöwen erfasst werden (Abb. 3, Abb. 4). In Anlehnung an ‚Methode C‘ werden auch bei der Drohnenerfassung die Individuen mit dem Faktor 0,7 multipliziert und der Flug wird im Zeitraum +/- zwei Stunden zu Hochwasser durchgeführt.

Methodenvergleich – Möwenzählung vom Boden und aus der Luft

In den Jahren 2017, 2018 und 2019 wurden die Großmöwen an der Amrumer Odde sowohl nach ‚Methode

C‘ als auch mittels Drohne erfasst. Während 2017 noch ca. 3.500 Brutpaare Silber- und Heringsmöwen an der Amrumer Odde brüteten, nahm der Bestand seit 2018 ab (Abb. 5). Der Rückgang an Brutpaaren ist vergleichbar zu anderen Kolonien an der Küste und steht vermutlich in Zusammenhang mit einer geringeren Nahrungsverfügbarkeit. Die Schließung von Mülldeponien und der Rückgang an Discard (Rückwurf von Beifang in der Fischerei) führte zu einer Abnahme der Bestandszahlen der Großmöwen (Dierschke et al. 2021). Seit 2018 brüten ca. 2.000 Brutpaare Silber- und Heringsmöwen an der Amrumer Odde.

Im Vergleich der beiden Methoden fällt auf, dass die Gesamtbrutpaarzahl von Silber- und Heringsmöwen zwischen ‚Methode C‘ und Drohne ähnlich sind. Allerdings weichen die Werte für die einzelnen Arten deutlich voneinander ab. (Abb. 5). Während bei ‚Methode C‘ nur ein subjektiver Eindruck zum Verhältnis Silber- und Heringsmöwe aufgenommen werden kann, ermöglichen die Drohnenbilder eine genauere Artdifferenzierung. Die hellgrauen bzw.

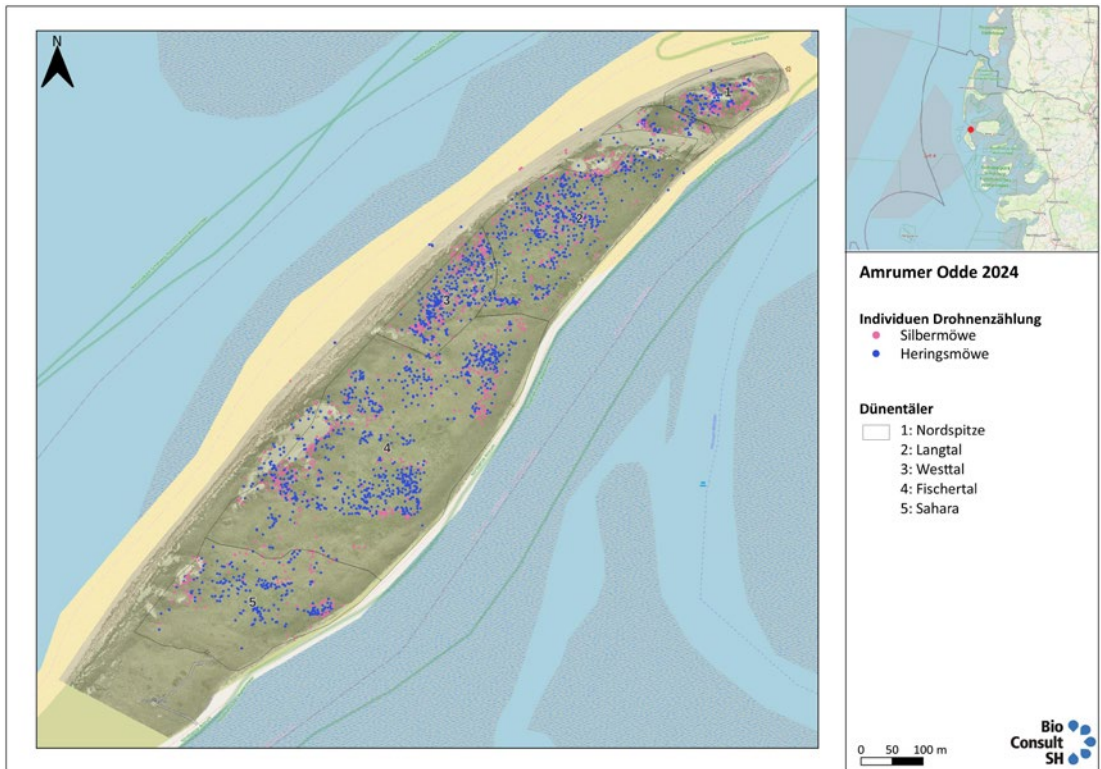


Abb. 3: Orthomosaik der Amrumer Odde basierend auf der Drohnenbefliegung am 26.5.2024. Die eingezeichneten Punkte entsprechen allen detektierten Silber- (rosa) und Heringsmöwen (blau). // Orthomosaic of Amrumer Odde based on the drone survey on 26 May 2024. The points represent all Herring Gulls (pink) and Lesser Black-backed Gulls (blue) detected.



Abb. 4: Detailaufnahme des Orthomosaiks der Amrummer Odde. Silber- (rosa umrandet) und Heringsmöwen (blau umrandet) sind durch ihre hell- bzw. dunkelgraue Färbung der Flügeldecken gut zu unterscheiden. // Detailed image of the orthomosaic of Amrummer Odde. Herring Gulls (outlined in pink) and Lesser Black-backed Gulls (outlined in blue) can easily be distinguished by the light vs. dark grey coloration of their wings.

dunklen Flügeldecken sind auf den Fotos gut unterscheidbar. Es ist zu vermuten, dass bei ‚Methode C‘ der Anteil der brütenden Silbermöwen unterschätzt wird. Zusätzlich verursacht das Auszählen auffliegender Altvögel (Methode C) eine größere Störung als der Überflug der Drohne. Diese fliegt konstant auf 100 m Höhe, sodass das Brutgeschehen während des Flugs weitestgehend ungestört weiterverläuft. Die hier beschriebenen Flüge sind keinesfalls mit privaten Drohnenflügen gleichzusetzen. Letztere werden zumeist manuell gesteuert, rufen in niedriger Höhe eine große Störung hervor und werden trotz Verbot in Naturschutzgebieten immer wieder beobachtet. Die professionell eingesetzten und gesteuerten Drohnen sind speziell für die Bestandserfassung ausgerüstet und fliegen in einer gleichmäßigen Flugweise sowie in konstanter Höhe. Im Vergleich von Methode C (Begehung) und Drohnenerfassung ist die Erfassung mittels

Drohne störungärmer und generiert zudem eine höhere Datengenauigkeit. Die Auswertung der Bilder ist momentan jedoch noch sehr zeitintensiv. Während bei ‚Methode C‘ die Bestandszahlen bereits nach kurzer Zeit (wenigen Minuten nach der Zählung) vorliegen können, dauert die Verarbeitung der Fotos und die anschließende Artbestimmung der Drohnenerfassung länger. KI-gestützte Programme werden zunehmend weiterentwickelt und in absehbarer Zeit den Auswertungsaufwand deutlich reduzieren. An einer Standardisierung und Verbesserung der Methode wird international laufend gearbeitet.

Corregidor-Castro et al. (2022) haben eine Vergleichsstudie zwischen traditionellen (bodenbasierten) Methoden zur Brutvogelerfassung und der drohnengestützten Erfassung durchgeführt. Bei den Erfassungen von Silber- und Heringsmöwen auf Langli (DK) konnten durch Drohnenbefliegungen

Anzahl Brutpaare [n]

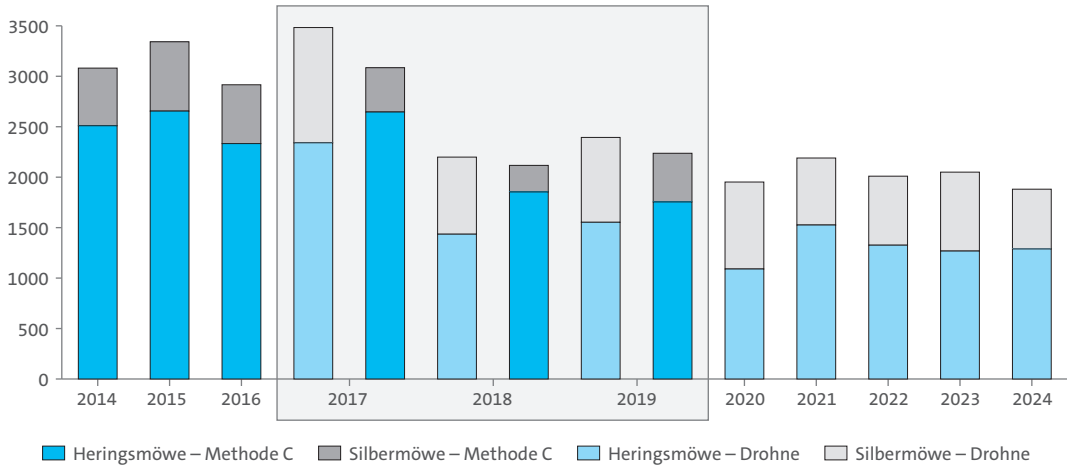


Abb.5: Brutpaarzahlen von Silber- und Heringsmöwen an der Amrummer Odde für die Jahre 2014 bis 2024. Methode C (dunkelblau und dunkelgrau) und die drohnengestützte Erfassung (hellblau und hellgrau) wurden über einen Zeitraum von drei Jahren parallel angewendet, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu prüfen. Seit 2020 wird zur Ermittlung der Brutpaarzahlen nur noch die Drohnenbefliegung genutzt, wobei weiter ein Bruterfolgsmonitoring (Beringung von Jungmöwen) für beide Arten am Boden stattfindet. // *Breeding pairs of Herring Gulls and Lesser Black-backed Gulls at Amrummer Odde for the years 2014 to 2024. Method C (dark blue and dark grey) and the drone-based survey (light blue and light grey) were used simultaneously over a period of three years, to check the comparability of the results. Since 2020, only drone surveys have been used to determine the number of breeding pairs. Breeding success is still monitored (ringing of young gulls) for both species on the ground.*

präzisere Ergebnisse erreicht werden, welche in höheren Brutpaarzahlen resultierten. Die Ergebnisse der Studie bestätigten darüber hinaus die Anwendung des Korrekturfaktors 0,7 nach Hälterlein et al. 1995. Flüge zu verschiedenen Wasserständen und Tageszeiten innerhalb einer Brutsaison könnten wichtige Zusatzinformationen für die Festlegung eines internationalen Standards liefern.

Die Erfassung mittels Drohne ersetzt die Begehung eines Gebietes nicht vollständig. Einige Arten sind brütend auf den Drohnenbildern nicht erkennbar (z.B. Brandgans, Hohltaube) oder bei Mischkolonien nur schwer unterscheidbar (z.B. Heringsmöwe/Mantelmöwe, Silbermöwe/Sturmmöwe, Fluss-/Küstenseeschwalbe). Der Einsatz einer Drohne ist sowohl von den Zielarten als auch der Vegetation abhängig. Während z.B. Löffler *Platalea leucorodia* auf Amrum unter und auf Holunderbüschen brüten (Abb. 6), befinden sich die Nester in anderen Kolonien (u.a. Trischen, Föhr, Südfall) auf dem Boden und sind gut mittels Drohne erfassbar. Auch für die Erfassung von Brandseeschwalben *Thalasseus sandvicensis* ist die Erfassung aus der Luft sehr gut möglich (z.B. Baltrum).

Fazit

Beide Brutvogelerfassungsmethoden – Methode C und Drohnenerfassung – sind für die Erfassung der untersuchten Möwenkolonien geeignet und liefern bezüglich der Gesamtzahl der Brutpaare ähnliche Ergebnisse mit unterschiedlichen Vorteilen bezüglich Auswertegeschwindigkeit und Artbestimmung. Beim Auszählen auffliegender Altvögel (Methode C) liegen die Bestandszahlen sehr schnell vor. Bei gemischten Kolonien birgt die Artunterscheidung der durcheinander fliegenden Altvögel eine höhere Ungenauigkeit. Zusätzlich ist die Erfassung mit einer erheblichen Störung verbunden. Um diese möglichst gering zu halten, ist eine große Gruppe zur Begehung erforderlich, da die Zählung dann zügig von statten geht.

Die Brutbestandserfassung mittels Drohne ermöglicht genauere Zahlen und vermindert gleichzeitig die Störung in den Brutkolonien. Insbesondere die Unterscheidung der Arten ist anhand der Fotos leichter möglich. Der Vorteil eines Drohneneinsatzes ist abhängig von der Zielart und der Vegetation. Zusätzliche Begehungen des Gebietes sind daher unter Umständen

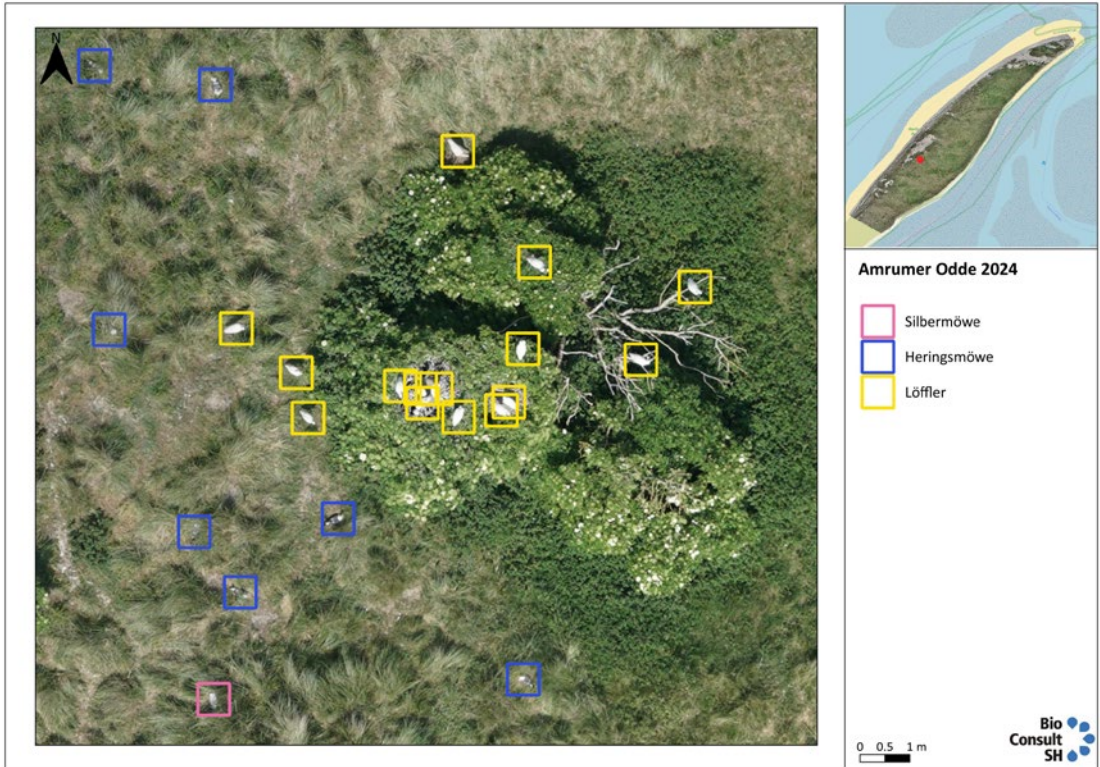


Abb. 6: Detailaufnahme des Orthomosaiks der Amrumer Odde mit Silber- (rosa umrandet), Heringsmöwen (blau umrandet) und Löfflern (gelb umrandet). Die Löffler neben und auf den Holunderbüschen sind durch ihr weißes Gefieder und ihre Größe sehr gut von anderen anwesenden Arten zu differenzieren. // Detailed image of the orthomosaic of Amrumer Odde with Herring Gulls (outlined in pink), Lesser Black-backed Gulls (outlined in blue) and spoonbills (outlined in yellow). The spoonbills on the ground and on top of elder bushes can easily be distinguished from other species, due to their white plumage and larger body size.

weiterhin notwendig. Seit 2020 werden die Großmöwen an der Amrumer Odde allein mittels Drohne erfasst. Aktuell ist die Auswertung der Bilder noch sehr zeitintensiv, sodass die Bestandszahlen erst verzögert vorliegen. Die Weiterentwicklung von KI-gestützten Programmen wird die Bearbeitungszeit in den nächsten Jahren verringern. Ein weiterer Vorteil der Drohnenerfassung ist, dass neben der Erfassung der Brutpaare weitere relevante Parameter wie Höhenmodelle im Zusammenhang mit der räumlichen Verteilung der Brutvögel untersucht werden können.

Dank

Das Bruterfolgsmonitoring für Silber- und Heringsmöwen im NSG ‚Amrumer Odde‘ wird von der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer finanziert. Wir möchten uns ganz herzlich bei allen

Helfer*innen bedanken, die uns bei den Erfassungen unterstützt haben! Kai Borkenhagen und Bernd Härtlein danken wir für die Durchsicht und Kommentierung des Manuskripts.

Summary: Gull counts on land and from the air – Population monitoring of Herring Gulls *Larus argentatus* and Lesser Black-backed Gulls *L. fuscus* using drones and ground counts at Amrumer Odde

A comparison of two breeding-bird census methods was carried out on Amrum for three breeding seasons (2017–2019). Herring Gulls and Lesser Black-backed Gulls were recorded using ‘Method C’ (pair count in non-visible colonies by counting adult birds flying up) and by drone. Both methods are suitable for monitoring the gull colonies and provide similar results in terms of

the total number of breeding pairs with different advantages in terms of evaluation speed and species identification. When counting adult birds in flight (Method C), the number of birds and the very short time for counting make species differentiation more challenging. In addition, the method involves a significant disturbance. To minimise uncertainty and disturbance, a large group of people is required for the counts. Using a drone to record breeding birds yields more accurate numbers and at the same time minimises disturbance in the breeding colonies. Compared to method C, it is easier to differentiate between species, based on the drone imagery. The advantage of using drones depends on the target species and the vegetation. Additional inspections of the area may still be necessary. Since 2020, the large gulls breeding at Amrum Odde in the north of the island have been counted only by drone. Analysing the images is currently still very time-consuming, which causes a time delay in the availability of numbers. The ongoing development of AI-supported programmes will reduce the processing time in the future. Another advantage of drone surveys is that in addition to recording breeding pairs, other relevant parameters, such as habitat elevation models, can be analysed in the context of the spatial distribution of breeding birds.

Literatur

- Barr, J. R., M. C. Green, S. J. DeMaso & T. B. Hardy 2020. **Drone surveys do not increase colony-wide flight behaviour at waterbird nesting sites, but sensitivity varies among species.** Scientific Reports 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60543-z>.
- Corregidor-Castro, A., M. Riddervold, T. E. Holm & T. Bregnballe 2022. **Monitoring colonies of large gulls using UAVs: From individuals to breeding pairs.** Micromachines 13. <https://doi.org/10.3390/mi13111844>.
- Dierschke, V., V. Salewski, T. Bregnballe, J. Dierschke, B. Hälterlein, S. Martens & K. T. Pedersen 2021. **Jährliche Überlebenswahrscheinlichkeiten von Heringsmöwen *Larus fuscus* und Silbermöwen *L. argentatus* aus Schleswig-Holstein und Dänemark 2005–2014.** Corax 24: 321–340.
- Francis, R. J., M. B. Lyons, R. T. Kingsford & K. J. Brandis 2020. **Counting mixed breeding aggregations of animal species using drones: Lessons from waterbirds on semi-automation.** Remote Sensing 7. <https://doi.org/10.3390/rs12071185>.
- Gerlach, B., R. Dröschmeister, T. Langgemach, K. Borkenhagen, M. Busch, M. Hauswirth, T. Heinicke, J. Kamp, J. Karthäuser, C. König, N. Markones, N. Prior, S. Trautmann, J. Wahl & C. Sudfeldt 2019. **Vögel in Deutschland – Übersichten zur Bestandssituation.** DDA, BfN, LAG VSW, Münster.
- Hälterlein, B., D. M. Fleet, H. R. Henneberg, T. Menneböck, L. M. Rasmussen, P. Südbeck, O. Thorup & 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.
- López, J. J. & M. Mulero-Pázmány 2019. **Drones for conservation in protected areas: Present and future.** Drones 3. <https://doi.org/10.3390/drones3010010>.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) (2017): Pressemitteilung „Baltrum: Neueste Technik zur Seevögelerfassung“. https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse_und_offentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/baltrum-neueste-technik-zur-seevogelerfassung-154470.html (Abgerufen am 22.7.2024).
- Rush, G. P., L. E. Clarke, M. Stone & M. J. Wood 2018. **Can drones count gulls? Minimal disturbance and semiautomated image processing with an unmanned aerial vehicle for colony-nesting seabirds.** Ecology and Evolution 8(24). <https://doi.org/10.1002/ece3.4495>.
- Schulze-Dieckhoff, M. 2022. **Erfassung von Koloniebrütern mittels UAV in Niedersachsen am Beispiel der Lachmöwen- und Brandseeschwalbenkolonie Baltrum.** 13. Deutsches See- und Küstenvogelkolloquium der AG Seevogelschutz, 11. bis 13. November 2022, Amrum.
- Valle, R. & F. Scarton 2019. **Drones improve effectiveness and reduce disturbance of censusing Common Redshanks *Tringa totanus* breeding on salt marshes.** Ardea 107(3): 275–282.
- Wich, S. A. & L. P. Koh 2018. **Conservation drones: Mapping and monitoring biodiversity.** Oxford University Press. Oxford.
- Zbyryt, A., C. Mitrus & G. Neubauer 2023. **Productivity of the Great Egret (*Ardea alba*) and Grey Heron (*A. cinerea*) in mixed heronries in Poland and behavioral response of fledglings to a drone.** Ornithologica 100(4): 144–158.