

Das Vorkommen ausgewählter See- und Küstenvögel vor Wangerooge während des Herbstzuges: der Einfluß von Windrichtung und Windstärke

Thorsten Krüger¹ und Stefan Garthe²

¹ Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven, Germany, Email: thorsten.krueger@freenet.de, ² Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Universität Kiel, Werftstraße, D-25761 Büsum, Germany, Email: garthe@ftz-west.uni-kiel.de

Summary

The occurrence of selected seabirds and coastal birds off Wangerooge in autumn: the influence of wind direction and wind force.

Between 1995 and 1999 a study was made of the autumn migration of seabirds and coastal birds on the seaward side of Wangerooge Island (SE German Bight, East Frisian Islands; 53°47'N 07°54'E). Analyses are based on a total of 418 h on 118 days from 1 September to 15 November. Migration patterns in relation to wind direction and wind force are presented for 19 species. The patterns differed significantly from a hypothetical distribution. It proved possible to allocate the observed species to one of two groups, based on their occurrence patterns: 1. Those which migrated regularly and were wont to occur whatever the wind direction and wind force: divers, grebes, Great Cormorant, Common Shelduck, Barnacle Goose, Brent Goose, Great Scaup, Black Scoter, Common Eider, Sandwich Tern, Common/Arctic Tern, Little Gull, Common Guillemot and Razorbill. In general, their migration intensity is strongest during weak tailwinds (easterly winds) and during strong on-shore winds from W/NW. Plainly, the latter case is not due to actual increase in migration intensity but is rather the result of birds being pushed closer to the coast while migrating farther out at sea. 2. Seabirds such as Northern Fulmar, Leach's Petrel, Sooty Shearwater, Northern Gannet and skuas occur chiefly or exclusively during gale-force winds from W or NW (weather system after passage of cyclones). The reasons for the observed patterns are discussed.

Keywords: Bird migration, North Sea, seabirds, coastal birds, occurrence, wind.

Zusammenfassung

In den Jahren 1995–1999 wurde jeweils während der Wegzugperiode von der Insel Wangerooge aus (SE-Deutsche Bucht, Ostfriesische Inseln) der seewärtige Durchzug von See- und Küstenvögeln untersucht. Der Bearbeitung liegen aus den Wegzugperioden der Jahre 1995–1999 (Spanne: 01.09.–15.11.) Beobachtungsprotokolle von insgesamt 118 Tagen über insgesamt 418 h zu Grunde. Die Vorkommensmuster von 19 Arten in Bezug zu Windrichtung und -stärke werden aufgezeigt. Sie unterscheiden sich von einer hypothetischen Gleichverteilung sehr hoch signifikant. Hinsichtlich des Vorkommens lassen sich die Arten in zwei Gruppen ordnen. 1. Arten, die regelmäßig durchziehen und bei allen

Windrichtungen und -stärken auftreten können: See- und Lappentaucher, Kormoran, Brandgans, Weißwangen- und Ringelgans, Berg-, Trauer- und Eiderente, Brand- und Fluß/Küstenseeschwalbe, Zwergmöwe, Trottellumme und Tordalk. Allgemein ist ihr Zug bei schwächeren Rückenwinden (östliche Winde) am stärksten, daneben kommt es bei stärkeren anlandigen Winden (West/Nordwest) zu Maxima. Letzteres ist offensichtlich nicht auf eine tatsächlich erhöhte Zugaktivität zurückzuführen; die ansonsten weiter entfernt ziehenden Vögel werden lediglich näher vor die Küste gedrückt. 2. Hochseevögel: Eissturmvogel, Wellenläufer, Dunkler Sturmtaucher, Baßtöpel und Raubmöwen erscheinen ausschließlich oder überwiegend bei stürmischen Winden aus westlicher und nordwestlicher Richtung (Rückseitenwetter nach Durchzug von Zyklonen). Die Ursachen für die Ausprägung der Muster werden diskutiert

Einleitung

Alljährlich ziehen Hunderttausende von See- und Küstenvögeln auf dem Weg in ihr Winterquartier durch die südliche Nordsee. Verlauf und Intensität dieser beeindruckenden Wanderungen sind in vielen an der Nordsee liegenden Ländern schon seit Jahrzehnten Gegenstand zahlreicher Untersuchungen und werden auch heute noch – teilweise in groß angelegten Studien – planmäßig erfaßt (z. B. Niederlande: Camphuysen & van Dijk 1983, Platteeuw et al. 1994, Winter et al. 1996). Im Bereich der Deutschen Bucht stand der Vogelzug auf See nur vereinzelt im Mittelpunkt systematischer Untersuchungen. Lediglich auf Helgoland werden seit 1987 ziehende See- und Küstenvögel systematisch erfaßt (Dierschke 1991, 2000), durch Planbeobachtungen vor der Insel Norderney wurden Aspekte der Wanderungsbewegungen für die Ostfriesischen Inseln beleuchtet (Temme 1995). Ziel dieser in den Herbstmonaten 1995–1999 durchgeführten Untersuchung war es, den Wegzug von See- und Küstenvögeln vor der Insel Wangerooge zu analysieren. Im Rahmen dieser Arbeit soll an einem breiteren Artenspektrum für die südliche Deutsche Bucht aufgezeigt werden, welchen Einfluß meteorologische Faktoren, hier Windrichtung und -stärke, auf das Vorkommen bzw. die Zugaktivität ausüben.

Material und Methode

Untersuchungsgebiet

Wangerooge liegt in der Deutschen Bucht (südöstliche Nordsee; 53°47'N, 07°54'E) und stellt die östlichste der in einer Reihe liegenden Westfriesischen und Ostfriesischen Inseln dar (Abb. 1). Östlich geht das offene Meer in den Jadebusen sowie in die Mündungsgebiete von Weser und Elbe über, denen mit Minsener Oog, Mellum, Neuwerk und Scharhörn kleinere Inseln vorgelagert sind. Nördlich von Wangerooge erstreckt sich die offene Nordsee, südlich befindet sich das etwa fünf Kilometer breite Rückseitenwatt der Insel.

Die Seevogelplanbeobachtungen wurden vom nördlichsten Punkt der leicht bogenförmig verlaufenden Insel aus durchgeführt. Er befindet sich an der Promenade der Ortschaft Wangerooge. Hier bietet ein Gebäude guten Schutz vor Wind aus fast allen Richtungen sowie durch einen Dachvorsprung Schutz vor Niederschlägen. Der Platz liegt etwa 10 Meter über dem Meeresspiegel, was dem Beobachter einen guten Überblick verschafft. Auf Höhe des Beobachtungspunktes ist der Strand sehr schmal (ca. 50 m), so dass die Brandungszone und die teilweise an ihr entlang ziehenden Vögel dem Beobachter sehr nah sind. Eine etwa parallel zur Insel verlaufende Reihe von Tonnen dient auf der offenen See der Orientierung und Abschätzung von Entfernungen. Die Tonnen markieren einen Schifffahrtsweg (Jadefahrtswasser) und liegen nördlich des Beobachtungspunktes in etwa 4300 m Entfernung.

Erfassungsmethodik

Alle Seevogelplanbeobachtungen auf Wangerooge wurden mit einem 30-fach vergrößernden Spektiv (Swarovski, AT 30×80 HD) durchgeführt. Die Beobachtungen erfolgten von einem wind- und wettergeschützten Platz, da bereits Winde mit der Stärke 4–5 Beaufort das Bild verwackeln können und hierdurch wichtige artdiagnostische Merkmale durchziehender Vögel nicht mehr zu erkennen sind (s. a. Temme 1988, Dierschke 1991). Zur Protokollierung wurde stets ein Diktiergerät benutzt, da während des Aufschreibens etliche Individuen unbemerkt durchziehen könnten (Källander et al. 1972).

Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurde der Spektivausschnitt in der Regel auf einen bestimmten Bereich am Horizont ausgerichtet (als Fixpunkte bieten sich vor Wangerooge die Fahrwassertonnen an). Alle in den Bildausschnitt „hineinfliegenden“ Vögel ließen sich auf diese Weise einzeln registrieren. Bei Wetterlagen mit Starkwinden hingegen zogen die Vögel nicht überwiegend in parallel zur Inselinie verlaufender Bahn, sondern kamen vielfach aus nördlichen Richtungen auf die Insel zugeflogen, um dann in westliche Richtung abzuschwenken oder aber die Insel in südliche Richtung zu überfliegen. An einem fest gewählten Bildausschnitt würden somit viele Individuen links oder rechts unentdeckt vorbeiziehen. Zudem geht mit zunehmender Windstärke eine Vergrößerung der Wellenhöhe einher, so dass insbesondere flach über dem Wasser ziehende Arten für den Beobachter lange Zeit in einem Wellental „verschwinden“ können und bei fixen Bildausschnitten unter Umständen gänzlich unentdeckt bleiben (Duffy 1983). Deshalb wurde bei solchen Wetterlagen der Horizont mit dem Spektiv regelmäßig entgegen der Hauptzugrichtung mit geringer Geschwindigkeit abgeschwenkt (im Herbst ist die Hauptzugrichtung vor den Ostfriesischen Inseln West, also von links nach rechts; s. a. Camphuysen & van Dijk 1983, Temme 1995). Die Horizontlinie lag beim Beobachten in der Regel im oberen Drittel des Bildausschnittes. Auf diese Weise konnte man vom Beobachtungspunkt auf Wangerooge das Meer etwa von der Brandungszone bis zum Horizont kontrollieren.

Bei stärkeren Winden, die der Hauptzugrichtung folgen, zogen einige Arten (z. B. Seetaucher, Enten, Möwen) in beträchtlicher Höhe über dem Meeresspiegel (Krüger & Garthe, im Druck). Um möglichst alle Vögel zu erfassen, wurde der Bildausschnitt so gewählt, dass sich die Horizontlinie etwa in der

Mitte befand. Dennoch war es gerade wegen der hoch oder in südliche Richtung ziehenden Arten erforderlich, den Himmel immer wieder mit dem Fernglas abzusuchen.

Bei Seevogelplanbeobachtungen werden regelmäßig Vögel notiert, die den Zählposten in einer Entfernung von fünf bis sechs Kilometern passieren. Bei guter, klarer Sicht können beispielsweise Zwergmöwen *Larus minutus* noch in einer Entfernung von etwa 4500 m gut erkannt werden, Baßtölpel *Morus bassanus* sind dann bis zu einer Entfernung von ca. 8000 oder 9000 m zu bestimmen.

Fehlerquellen

Seevogelplanbeobachtungen werden durch verschiedene Faktoren beeinflusst, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschweren können. Neben Übersehen oder Doppelzählungen von Individuen sind es vor allem die Sichtbedingungen, die den Grad der Erfassung variieren lassen. Gemeinhin können Beeinträchtigungen durch Luftflimmern oder -trübung, Gischt und Wellengang sowie Gegenlicht auftreten (Bailey & Bourne 1972, Duffy 1983, Camphuysen & van Dijk 1983). Bei Nebel sind oftmals nur die ersten 1000 m seewärts zu kontrollieren. Auch bei Rückseitenwetterlagen mit zumeist guten Sichtbedingungen kann während des Durchzugs von Regenschauern die Sicht für einige Zeit stark eingeschränkt sein. Um das Bild des tatsächlichen Auftretens nicht zu verzerren, fanden an Tagen mit schlechter Sicht keine Planbeobachtungen statt, Phasen mit eingeschränkter Sicht im Verlauf einer Beobachtungseinheit blieben bei der Auswertung unberücksichtigt.

Allgemein ist dem Erkennen bzw. dem Bestimmen der Arten die größte Bedeutung beizumessen. Beim „Seawatching“ kommt es neben den arttypischen Gefiedermerkmalen ganz besonders auf Gestalt und Struktur („jizz“; Breife et al. 1993) sowie auf arttypische – je nach Windbedingungen veränderte – Flugweisen an. Bei Gegenlicht lassen sich Brand- *Sterna sandvicensis* und Flußseeschwalben *S. hirundo* hierdurch eindeutig auch auf größere Entfernung unterscheiden, die Unterscheidung von Fluß- und Küstenseeschwalbe *S. paradisaea* ist jedoch nicht möglich. Sich sowohl in Gefiedermerkmalen wie in Struktur stark ähnelnde Arten werden dann zu Artgruppen wie „Seetaucher spec.“, „Fluß/Küsten“, „Alk spec.“ o. ä. zusammengefaßt. Sämtliche Beobachtungen seltenerer Arten (z. B. Dunkler Sturmtaucher *Puffinus griseus*), die einer Dokumen-

Tab. 1. Erfassungszeiträume und Stundenzahl der Seevogelplanbeobachtungen auf Wangerooge 1995–1999.**Table 1.** Study periods and number of observation hours at Wangerooge 1995–1999.

| Jahr | Zeitraum | Anzahl Stunden |
|------|--------------------------------|----------------|
| 1995 | 22.09.–30.09. | 33,0 |
| 1996 | 22.09.–04.10. | 27,5 |
| 1997 | 07.09.–09.09. u. 29.09.–12.10. | 51,0 |
| 1998 | 01.09.–20.10. | 112,5 |
| 1999 | 03.09.–15.11. | 194,0 |

tation bei der Deutschen Seltenheitenkommission bedürfen (Barthel 1993), wurden gemeldet und sind bis einschließlich 1997 anerkannt (Deutsche Seltenheitenkommission 1997, 1998, 2000).

Von der Erfassung waren alle häufigen Möwenarten ausgenommen (*L. ridibundus*, *L. canus*, *L. fuscus*, *L. argentatus*, *L. marinus*), bei denen aufgrund hoher Rastbestände sowohl auf Wangerooge wie auch auf den benachbarten Inseln nicht zwischen lokalen Ortswechsellern und gerichtetem Durchzug unterschieden werden konnte.

Auswertung

Der Bearbeitung liegen aus den Wegzuperioden (Spanne: 01.09.–15.11.) der Jahre 1995–1999 Beobachtungsprotokolle von 118 Tagen zugrunde. Insgesamt wurde in 418 h der herbstliche Wegzug von See- und Küstenvögeln registriert (Tab. 1), wobei die Haupterfassungszeit in den Vormittag fiel (62 %).

Die Zuordnung des Seevogelvorkommens zu meteorologischen Parametern basiert auf Windschreiber-Daten, die auf der 8 km östlich von Wangerooge gelegenen Insel Minsener Oog erhoben wurden (Quelle: Wasser- und Schifffahrtsamt Wilhelmshaven, Abt. Gewässerkunde, Götschenberg briefl.).

Für jeden der insgesamt 118 Untersuchungstage liegt eine Tageskarte mit kontinuierlicher Aufzeichnung von Windrichtung [Winkelgrade] und -geschwindigkeit [Knoten] vor. Aus diesen Aufzeichnungen wurde die während der Beobachtungen vorherrschende Windrichtung und -geschwindigkeit ermittelt. Hierfür werden Messwerte im Abstand von 15 min zu Grunde gelegt, aus denen anschließend ein Mittelwert über den jeweiligen Beobachtungszeitraum gebildet wird. Bei der Windgeschwindigkeit zeigte sich, daß durch Böigkeit

bedingte Spitzengeschwindigkeiten nicht nur sporadisch, sondern regelmäßig erreicht werden. Da die Seevögel diesen Böigkeiten permanent ausgesetzt sind und beispielsweise ihr Flugverhalten hieran anpassen müssen, wurden für die Angabe von Windgeschwindigkeiten generell die Spitzenwerte ausgewertet.

Die Angabe von Windrichtungen orientiert sich an der „Windrose“ (Windrichtung in Winkelgraden von Nord über Ost nach Süd und West), wobei der Vergleichbarkeit mit anderen Untersuchungen wegen ein z. B. aus WNW kommender Wind je nach Tendenz der Richtung W oder NW zugeordnet wurde.

Das Auftreten von Seevögeln in Bezug zur Windstärke wird in Anlehnung an andere Untersuchungen in Beaufort-Graden [Bft] angegeben (Skalierung nach Eimern & Häckel 1979). In den Artbearbeitungen wird für jede Windrichtung und -stärke die Gesamtzahl der registrierten Individuen ermittelt und durch die Zahl der bei dieser Windrichtung bzw. -stärke aufgewendeten Erfassungsstunden dividiert. Auf diese Weise werden relative Werte in Form von „Individuen/Stunde“ berechnet. Wegen der in den

Tab. 2. Einteilung der für die Varianzanalyse zu Grunde gelegten Faktoren in Klassen.**Table 2.** Definition of the classes of the independent variables used in the ANOVA.

| Tageszeit | Windrichtung [°] | Windstärke [Bft] |
|-----------------|---------------------|---------------------|
| 07.00–10.00 Uhr | 45 und 90 | 1–3 |
| 10.05–13.05 Uhr | 135 und 180 | 4–5 |
| 13.10–16.10 Uhr | 225 und 270 | 6–7 |
| 16.15–19.15 Uhr | 315 und 360 | 8–9 |

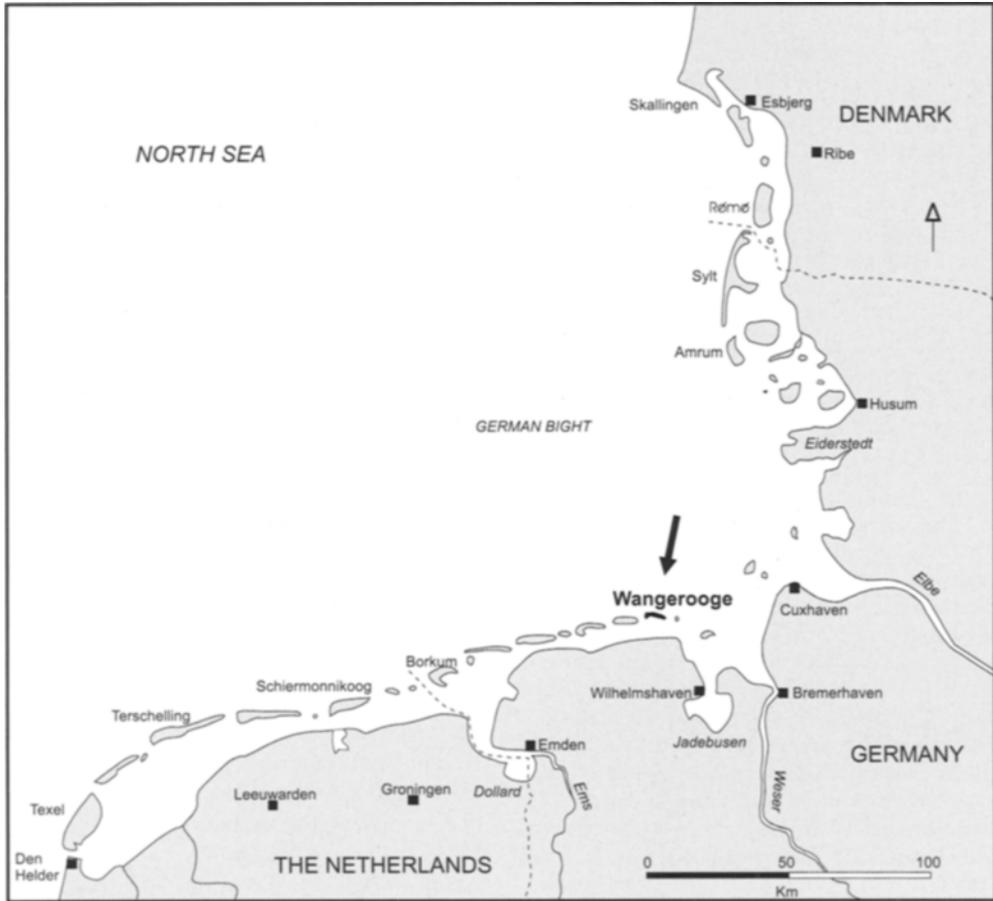


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes an der südlichen Nordseeküste.
Fig. 1. Location of the study site in the southern North Sea.

Jahren 1998 und 1999 längeren Erfassungszeiträume und somit aussagekräftigerer Datendichte wird bei der Auswertung für die regelmäßig vor Wangerooe auftretenden Arten ausschließlich auf diese beiden Wegzugperioden zurückgegriffen. Für die pelagisch lebenden Arten wurde wegen der geringeren Häufigkeit der gesamte Datensatz verwendet.

Statistische Auswertung

Um zu prüfen, inwieweit die beobachtete Verteilung der Daten auf Windrichtung bzw. -stärke von einer angenommenen, hypothetischen Häufigkeitsverteilung abweicht, wird der χ^2 -Anpassungstest verwen-

det (Sachs 1999). Hierbei wird die Individuensumme je Windrichtung bzw. -stärke („beobachtete Verteilung“) dem Ergebnis nachstehender Formel („erwartete Verteilung“; Beispiel für Nordwestwind) gegenübergestellt:

$$\text{erwartete Verteilung} = \text{Individuen-} * \frac{\text{Beobachtungsstunden bei NW-Wind}}{\text{Beobachtungsstunden bei allen Richtungen}}$$

Für 17 Arten wird der Einfluß von Windrichtung und -stärke sowie Tageszeit auf das Vorkommen mit einer dreifaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) getestet. Hierzu wird zunächst jeder Beobachtungsstunde aus den Jahren 1995–1999 – als abhängige

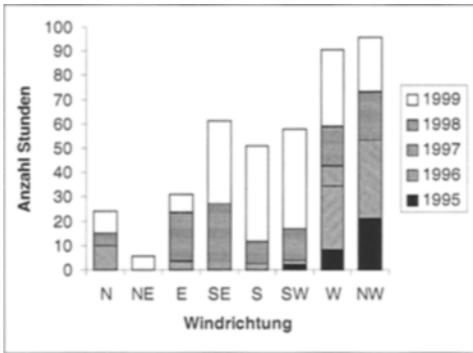


Abb. 2. Verteilung der Beobachtungsstunden auf Windrichtungen von 1995–1999 (n = 418 h).

Fig. 2. Frequency of observation hours per wind direction from 1995–1999 (n = 418 h).

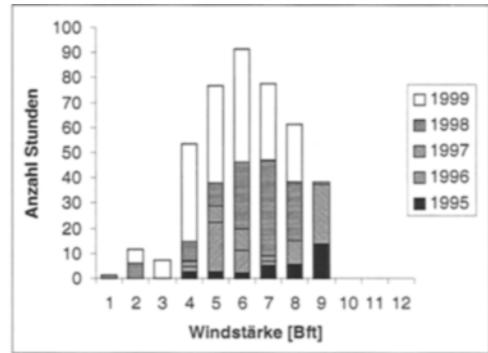


Abb. 3. Verteilung der Beobachtungsstunden auf Windstärken von 1995–1999 (n = 418 h).

Fig. 3. Frequency of observation hours per wind force from 1995–1999 (n = 418 h).

Variable – die Anzahl der registrierten Individuen einer Art zugeordnet. Arten, die im Verlauf einer Beobachtungsstunde nicht registriert wurden, erhalten dabei Nullwerte. Die Zählergebnisse von viertel, halben oder drei viertel Stunden wurden auf volle Stunden hochgerechnet. Somit liegen der Varianzanalyse insgesamt 482 Beobachtungsstunden zugrunde. Um eine bessere Normalverteilung der Daten zu erzielen, wurden die Werte Quadratwurzeltransformiert. Für die Varianzanalyse werden die unabhängigen Faktoren Windrichtung, Windstärke und Tageszeit in jeweils vier Klassen unterteilt (Tab. 2).

Bei Arten, die aufgrund ihrer Jahresdynamik erst ab einer bestimmten Jahreszeit durchzogen, wurde für die Analyse nicht der komplette Datensatz verwendet. So traten Weißwangengänse *Branta leucopsis* nicht vor dem 30.09. auf. Hier hätte eine Einbeziehung der Daten vom 01.09.–29.09. zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt.

Das Wetter im Verlauf der Erfassungen

Im Verlauf der Wegzugperioden 1995–1999 wurde bei nahezu allen Windrichtungen und Windstärken beobachtet. Während die Planbeobachtungen in den Erfassungszeiträumen von 1995 und 1997 maßgeblich durch Sturmtiefs geprägt wurden, waren es in den Wegzugperioden von 1998 und 1999 vor allem südliche und östliche Winde. Die Verteilung der Beobachtungsstunden auf Windrichtungen und Windstärken ist in Abb. 2 und Abb. 3 dargestellt.

Ergebnisse

Sternaucher (*Gavia stellata*) zogen bei nahezu jeder Windrichtung und -stärke, die meisten bei schwachem Ostwind (Tab. 3 u. Tab. 4). Bei östlichen Winden (NE, E, SE) wurden insgesamt 52 % der Vögel registriert. 32 % passierten die Insel bei westlichen Winden (NW, W, SW). Bezüglich der Windstärke wurde besonders intensives Zuggeschehen bei 2 Bft notiert. Bei den übrigen Windstärken schwankte der Anteil zwischen 6–12 %, mit Max. bei 7 Bft. Insgesamt unterschied sich die beobachtete Verteilung der Sterntaucher auf Windrichtungen und -stärken sehr hoch signifikant von der hypothetischen Häufigkeitsverteilung (Ergebnisse des χ^2 -Anpassungstests, wie auch bei nachfolgenden Arten, in Tab. 3 u. Tab. 4).

Haubentaucher (*Podiceps cristatus*) zogen ähnlich Sterntaucher mehrheitlich bei Ostwind (Tab. 3). Auf östliche Winde (NE, E, SE) entfallen insgesamt 48 %. Bei westlichen Winden (NW, W, SW) kamen 42 % der Haubentaucher vor, hierunter bei Westwind die meisten. Leichte bis mäßige Brisen (2–4 Bft) resultierten vielfach in starkem Zug (zusammen 54 %; Tab. 4). Bei stärkeren Winden (5–8 Bft) traten nur jeweils 9–13 % der Vögel auf.

Tab. 3. Relative Häufigkeit ausgewählter See- und Küstenvögel auf dem Wegzug vor Wangerooge in Bezug zur Windrichtung. χ^2 = Ergebnis des χ^2 -Anpassungstests. Signifikanz: für alle Arten $p < 0,001$.

Table 3. Relative frequency of selected seabirds and coastal birds off Wangerooge during autumn in relation to wind direction. χ^2 = Result of the χ^2 goodness of fit test. Significance: for all species $p < 0.001$.

| Art | Windrichtung | | | | | | | | Jahre | n | χ^2 |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-----------|--------|----------|
| | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW | | | |
| Sterntaucher | 9,3 | 13,5 | 28,8 | 10,1 | 6,4 | 6,3 | 13,6 | 12,0 | 1998–1999 | 497 | 211,6 |
| Haubentaucher | 2,4 | 5,7 | 28,7 | 13,9 | 6,6 | 11,3 | 16,5 | 14,9 | 1998–1999 | 128 | 40,2 |
| Dunkler Sturmtaucher | 6,1 | 0 | 3,6 | 0 | 3,6 | 6,1 | 64,2 | 16,4 | 1995–1998 | 109 | 168,5 |
| Wellenläufer | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,5 | 94,5 | 1995–1999 | 211 | 611 |
| Eissturmvogel | 6,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,1 | 91,8 | 1995–1999 | 181 | 547,6 |
| Baßtölpel | 0 | 0 | 3,5 | 0,6 | 29,1 | 21,2 | 28,7 | 16,9 | 1995–1999 | 707 | 337,9 |
| Kormoran | 4,4 | 1,0 | 32,9 | 21,4 | 11,5 | 2,5 | 21,1 | 5,2 | 1998–1999 | 1 359 | 948,9 |
| Weißwangengans | 0 | 0 | 63,8 | 16,2 | 17,8 | 1,5 | 0,6 | 0,1 | 1998–1999 | 12 376 | 34.450 |
| Ringelgans | 22,1 | 0 | 23,2 | 7,1 | 3,0 | 1,2 | 11,7 | 31,7 | 1998–1999 | 3 398 | 1581,4 |
| Brandgans | 5,4 | 5,5 | 8,5 | 26,1 | 25,8 | 5,4 | 13,4 | 9,9 | 1998–1999 | 2 432 | 1008,8 |
| Bergente | 1,3 | 0 | 5,3 | 1,6 | 13,2 | 27,3 | 32,6 | 18,7 | 1998–1999 | 934 | 404,9 |
| Eiderente | 8,6 | 11,6 | 39,6 | 17,8 | 11,1 | 2,3 | 6,5 | 2,5 | 1998–1999 | 30 684 | 40 386 |
| Trauerente | 5,5 | 12,3 | 20,4 | 12,6 | 13,1 | 5,6 | 15,6 | 14,9 | 1998–1999 | 19 011 | 3475,2 |
| Mittelsäger | 1,5 | 0 | 12,8 | 16,3 | 15,4 | 4,1 | 35,0 | 14,9 | 1998–1999 | 442 | 131,4 |
| Brandseeschwalbe | 0,2 | 0 | 2,7 | 15,3 | 14,2 | 21,6 | 24,6 | 21,4 | 1998–1999 | 3 283 | 685,7 |
| Fluß-/Küstenseeschwalbe | 0 | 0 | 11,7 | 40,0 | 16,5 | 8,4 | 6,3 | 17,1 | 1998–1999 | 1 194 | 1226 |
| Spatel-/Schmarotzerraubmöwe | 1,2 | 0 | 1,0 | 6,9 | 8,2 | 11,8 | 17,6 | 53,3 | 1995–1999 | 246 | 227,2 |
| Zwergmöwe | 11,7 | 43,6 | 11,8 | 7,0 | 0,8 | 1,1 | 7,0 | 17,0 | 1995–1999 | 476 | 305,7 |
| Trottellumme/Tordalk | 3,6 | 21,9 | 13,6 | 2,1 | 2,5 | 2,1 | 31,6 | 22,6 | 1998–1999 | 177 | 124,6 |

Dunkle Sturmtaucher (*Puffinus griseus*) kamen überwiegend bei westlichen Winden vor (NW, W, SW: 87 %), unter diesen hauptsächlich bei Westwind (Tab. 3). Daneben zogen vereinzelt Sturmtaucher bei Nord-, Ost- und Südwind. Bezüglich der Windstärke kulminierte das Vorkommen bei stürmischem Wind und bei Sturm (8–9 Bft: 64 %), doch wurden auch bei mäßigen Brisen bis steifen Winden (4–7 Bft) Dunkle Sturmtaucher beobachtet (Tab. 4). Sie flogen überwiegend gegen den Wind bzw. schräg von vorne kommenden Wind (bei Nordwestwind: 100 %). Bei Westwind wurde nur ein einziges Mal ein gen Osten fliegender Sturmtaucher beobachtet (= 1,4 %). Bei Südwestwind lag der Anteil der Ostzieher bei 69 %. Kam der Wind aus Osten, zogen ihm alle Sturmtaucher entgegen.

Wellenläufer (*Oceanodroma leucorhoa*) erschienen ausschließlich bei Nordwest- bzw. Westwind (Tab. 3). Mit 95 % war das Auftreten bei Nordwestwind am stärksten. Dabei mußte die Windstärke mindestens 6 Bft betragen, bei schwächeren Winden wurden keine Wellenläufer notiert. Bei 8 bzw. 9 Bft wurden schließlich 73 % der Ind. festgestellt (Kulmination bei 9 Bft; Tab. 4). Am Beispiel des Wellenläufers kann für pelagisch lebende Arten verdeutlicht werden, wie stark die Vorkommen und somit auch die phänologischen Aspekte vom Windeinfluß abhängig sind. Von 1995–1999 kam es im Verlauf der Untersuchungen an 30 Tagen zu Starkwinden (≥ 6 Bft) aus der Richtung W-NNW. An 20 von diesen Tagen wurden Wellenläufer registriert (67 %), bis Mitte Oktober trat die Art sogar an 78 % der

Tab. 4. Relative Häufigkeit ausgewählter See- und Küstenvögel auf dem Wegzug vor Wangerooge in Bezug zur Windstärke. χ^2 = Ergebnis des χ^2 -Anpassungstests. Signifikanz: für alle Arten $p < 0,001$.

Table 4. Relative frequency of selected seabirds and coastal birds off Wangerooge during autumn in relation to wind force. χ^2 = Result of the χ^2 goodness of fit test. Significance: for all species $p < 0,001$.

| Art | Windrichtung | | | | | | | | Jahre | n | χ^2 |
|-----------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|--------|----------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | |
| Sterntaucher | 34,5 | 11,3 | 7,6 | 9,8 | 8,9 | 11,7 | 9,8 | 6,4 | 1998–1999 | 497 | 200,8 |
| Haubentaucher | 17,9 | 9,3 | 27,1 | 9,3 | 12,0 | 11,0 | 13,4 | 0 | 1998–1999 | 128 | 34,1 |
| Dunkler Sturmtaucher | 9,4 | 0 | 3,3 | 7,7 | 11,0 | 4,4 | 49,7 | 14,5 | 1995–1998 | 109 | 128,2 |
| Wellenläufer | 0 | 0 | 0 | 0 | 16,6 | 10,5 | 28,5 | 44,5 | 1995–1999 | 211 | 209,6 |
| Eissturmvogel | 0 | 0 | 2,0 | 0,4 | 3,7 | 25,5 | 26,5 | 41,9 | 1995–1999 | 181 | 192,2 |
| Baßtöpel | 5,9 | 2,1 | 5,3 | 9,3 | 25,1 | 8,5 | 8,6 | 35,2 | 1995–1999 | 707 | 337,9 |
| Kormoran | 10,7 | 14,7 | 17,4 | 9,8 | 19,0 | 15,5 | 13,0 | 0 | 1998–1999 | 1359 | 140,6 |
| Weißwangengans | 0,6 | 13,9 | 22,0 | 12,7 | 8,0 | 26,3 | 16,5 | 0 | 1998–1999 | 12.376 | 5230,8 |
| Ringelgans | 0 | 0 | 16,2 | 12,5 | 16,8 | 29,9 | 12,4 | 12,2 | 1998–1999 | 3.398 | 1411,3 |
| Brandgans | 4,6 | 34,6 | 15,5 | 13,2 | 10,5 | 6,8 | 8,1 | 6,7 | 1998–1999 | 2.432 | 943,3 |
| Bergente | 2,9 | 1,2 | 7,5 | 39,1 | 17,5 | 23,3 | 8,2 | 0,3 | 1998–1999 | 934 | 466,5 |
| Eiderente | 12,1 | 12,4 | 31,2 | 10,4 | 8,1 | 7,5 | 13,1 | 5,2 | 1998–1999 | 30.684 | 19000,2 |
| Trauerente | 25,0 | 7,7 | 8,3 | 10,7 | 10,0 | 13,8 | 13,4 | 11,1 | 1998–1999 | 19.011 | 4207,9 |
| Mittelsäger | 10,7 | 1,4 | 34,0 | 23,4 | 6,5 | 6,9 | 17,1 | 0 | 1998–1999 | 442 | 269 |
| Brandseeschwalbe | 15,7 | 10,6 | 13,3 | 11,7 | 14,4 | 19,5 | 14,8 | 0 | 1998–1999 | 3283 | 597,5 |
| Fluß-/Küstenseeschwalbe | 27,0 | 27,9 | 7,2 | 5,8 | 7,4 | 12,4 | 12,3 | 0 | 1998–1999 | 1194 | 577,3 |
| Spatel-/Schmarotzerraubmöwe | 5,9 | 0 | 5,5 | 6,8 | 9,7 | 15,8 | 19,9 | 36,4 | 1995–1999 | 246 | 107,9 |
| Zwergmöwe | 43,6 | 2,5 | 2,9 | 7,8 | 6,6 | 14,3 | 16,1 | 6,2 | 1995–1999 | 476 | 213,5 |
| Trottellumme/Tordalk | 8,7 | 0 | 2,6 | 16,0 | 21,4 | 16,0 | 21,4 | 13,9 | 1998–1999 | 177 | 33,6 |

Starkwindtage auf ($n = 23$; Abb. 4). Umgekehrt wurden an Tagen, an denen der Wind nicht mit dieser Stärke aus diesem Sektor kam, keine Wellenläufer beobachtet.

Ähnlich markant wie beim Wellenläufer zogen Eissturmvögel (*Fulmarus glacialis*) hauptsächlich bei Nordwestwind, in geringerer Zahl auch bei West- und Nordwind (Tab. 3). Bei Sturm erreichte das Vorkommen sein Maximum (42%), doch bereits bei Windstärke 7 und 8 Bft passierten etliche Ind. die Insel (Tab. 4). Auch bei schwächeren Windstärken wurde die Art bemerkt, jedoch nur in geringer Zahl.

Baßtöpel (*Morus bassanus*) wurden meistens bei Südwind und Westwind registriert (Tab. 3). Auf westliche Winde (NW, W, SW)

entfielen insgesamt 67% der Feststellungen. Bei östlichen Winden traten nur wenige Baßtöpel auf (E, SE: 4%). Bezüglich der Windstärke wurden bei 2–4 Bft 13% der Baßtöpel beobachtet (Tab. 4). Ab 5 Bft wurde das Vorkommen stärker, bei 6 Bft zogen 25% aller Individuen, bei 9 Bft schließlich 35% (Max.). Bei Nordwest- und Westwind flogen Baßtöpel größtenteils gen Westen, also schräg gegen oder direkt gegen den Wind (98 bzw. 80%). Mit zunehmendem Einfluß südlicher Winde dominierte der Anteil gen Osten ziehender Vögel (Südwestwind: 55%, Südwind 88%). Bei Ostwind zogen alle Baßtöpel gegen den Wind gen Osten.

Der Durchzug des Kormoran (*Phalacrocorax carbo*) war am stärksten bei östlichen Win-

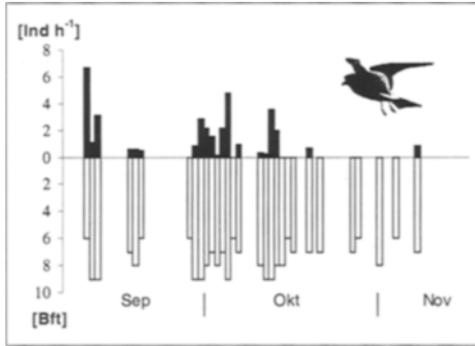


Abb. 4. Tage mit Winden ≥ 6 Bft aus dem Sektor W-NNW und Wellenläufer-Vorkommen 1995–1999.

Fig. 4. Days with winds ≥ 6 Bft from W-NNW and records of Leach's Storm-Petrels 1995–1999.

den (NE, E, SE: 55 %), ein Drittel aller Kormorane zog bei Ostwind (Tab. 3). Unter den westlichen Winden (NW, W, SW: 29 %) tritt insbesondere Westwind mit 21 % der Feststellungen hervor. Daneben wurde auch bei Südwind reger Zug notiert. Mit zunehmender Windgeschwindigkeit wurde das Vorkommen von Kormoranen stärker (Max. bei 6 Bft), ab 6 Bft wieder schwächer (Tab. 4). Bei Winden > 8 Bft zogen keine Kormorane mehr.

Etwa zwei Drittel aller Weißwangengänse (*Branta leucopsis*) zogen bei Ostwind. Daneben wurden auch bei Südostwind und Südwind stärkere Zugbewegungen registriert (Tab. 3). Bei westlichen Winden (NW, W, SW) hingegen fand kaum Zug statt (insgesamt 2,2 %). Das Bild zum Auftreten bezüglich Windstärke läßt zwei Höchstwerte erkennen. Zunächst wurden Weißwangengänse bei Winden von 2–4 Bft stetig häufiger, die Zahlen nahmen dann bis 6 Bft wieder ab (Tab. 4). Bei steifen bis stürmischen (Rücken)Winden passierte schließlich das Gros der Vögel Wangerooge (7–8 Bft insgesamt 43 %, Max. bei 7 Bft.).

Etwa ein Drittel der Ringelgänse (*Branta bernicla*) zog bei Nordwestwind (Tab. 3), insgesamt liegt der Anteil bei westlichen Winden (NW, W, SW) festgestellter Vögel bei 45 %.

Starke Vorkommen wurden außerdem bei Ostwind sowie bei Nordwind notiert. Letzterer stand unter Einfluß westlicher Winde (NNW). Ab 4 Bft wurden Wanderungsbewegungen der Art registriert, mit dem Maximum bei 7 Bft (Tab. 4). Bei Sturm (≥ 9 Bft) wurden 12 % der Vögel erfasst.

Brandgänse (*Tadorna tadorna*) zogen bevorzugt bei Südost- und Südwind, stärkere Vorkommen wurden zudem bei West- und Nordwestwinden bemerkt (Tab. 3). Der Anteil bei westlichen Winden (NW, W, SW) gezählter Vögel beträgt 27 %, der bei östlichen Winden (NE, E, SE) 41 %. Bezüglich der Windstärke gipfelte das Vorkommen bei schwachen Brisen (3 Bft), hiernach wurden die Zahlen mit zunehmender Windstärke kontinuierlich kleiner (Tab. 4).

Bergenten (*Aythya marila*) waren bei westlichen Winden am häufigsten (NW, W, SW: insgesamt 79 %), mit Max. bei Westwind (Tab. 3). Daneben passierten 13 % der Bergenten bei Südwind die Insel. Der Durchzug verlief bei anderen Windrichtungen (N, E, SE) eher unauffällig. Winde von 5–8 Bft resultierten in hohen Zahlen (88 % der Vögel, davon 39 % bei 5 Bft). Bei schwächeren Winden zogen nur wenige Bergenten (Tab. 4).

Die meisten Eiderenten (*Somateria mollissima*) wanderten bei Ostwind, insgesamt verlief der Durchzug bei östlichen Winden am stärksten (NE, E, SE: 69 %; Tab. 3). Bei westlichen Winden (NW, W, SW) wurden nur 11 % der Vögel registriert. Außerdem zog ein Teil der Eiderenten bei Nord- und bei Südwind. Bei Winden in Brisen (2–5 Bft) zogen zwei Drittel der Enten mit markantem Höchstwert bei 4 Bft (Tab. 4). Ab 5 Bft wurde das Auftreten mit zunehmender Windstärke schwächer, mit Ausnahme eines hohen Wertes bei stürmischem Wind (8 Bft).

Die meisten Trauerenten (*Melanitta nigra*) zogen bei Ostwind (NE, E, SE: 45 %; Tab. 3). Auf westliche Winde (NW, W, SW) entfallen 36 % der Feststellungen mit Max. bei Westwind. Weitere 13 % zogen bei Südwind. Bei 2 Bft war das Vorkommen bezüglich der Wind-

stärke am größten (Tab. 4). Mit stärker werdenden Winden nahmen die Zahlen zu. Bei steifen und stürmischen Winden sowie bei Sturm war das Vorkommen wieder recht stark (7–9 Bft: 13–11 %).

Mittelsäger (*Mergus serrator*) zogen überwiegend bei Westwind, außerdem wurden 13–16 % der Vögel jeweils bei Ost-, Südost-, Süd- und Nordwestwind festgestellt (Tab. 3). Auf westliche Winde (NW, W, SW) entfallen insgesamt 54 % der Ind., auf östliche (E, SE) 29 %. Bei 4–5 Bft war das Auftreten am stärksten (Tab. 4), ein zweiter Vorkommensgipfel ist bei 8 Bft zu erkennen.

Brandseeschwalben (*Sterna sandvicensis*) wurden größtenteils bei westlichen Winden beobachtet (NW, W, SW: 68 %; Tab. 3), ein Viertel aller Vögel wurde bei Westwind gesehen. Bei östlichen Winden (E, SE) hingegen waren es nur 18 %. Daneben lag der Anteil bei Südwind ziehender Brandseeschwalben bei 14 %. Außer bei Sturm trat die Art bei allen anderen registrierten Windstärken auf (Tab. 4). Bei 2 Bft und 7 Bft sind Maxima zu erkennen, ansonsten liegen die Anteile zwischen 11 und 15 %.

Flußseeschwalbe und Küstenseeschwalbe (*Sterna hirundo*, *S. paradisaea*) zeigten auf dem Zug deutliche Präferenz für Südostwinde (Tab. 3). Stärkere Vorkommen wurden auch bei Nordwestwind und bei Südwind notiert. Die Zahlen bei westlichen Winden (NW, W, SW) registrierter Vögel sind mit 32 % gegenüber denen bei östlichen Winden deutlich geringer (E, SE: 52 %). Bei leichten und schwachen Brisen (2–3 Bft) war das Vorkommen bezüglich der Windstärke am größten (55 %; Tab. 4). Daneben wurde stärkeres Auftreten bei 7–8 Bft verzeichnet.

Spatelraubmöwe und Schmarotzerraubmöwe (*Stercorarius pomarinus*, *S. parasiticus*) wurden mit zunehmender Winkelgradzahl kontinuierlich zahlreicher: Bei Ostwind wurden lediglich 1 % der Vögel beobachtet, bei Nordwestwind hingegen 53 % (Tab. 3). Das Auftreten war insgesamt bei westlichen Winden (NW, W, SW) deutlich stärker als bei öst-

lichen (E, SE; 83 %:8 %). Mit zunehmender Windstärke nahm die Zahl der Raubmöwen exponentiell zu (Tab. 4). So zogen bei 2 Bft 6 % der Ind., bei 9 Bft (Sturm) waren es schließlich 36 %.

Zwergmöwen (*Larus minutus*) waren bei Nordost- und bei Nordwestwind am häufigsten (Tab. 3). Insgesamt wurden bei östlichen Winden (NE, E, SE) mehr Zwergmöwen registriert als bei westlichen (NW, W, SW; 62 % bzw. 25 %). Daneben zogen bei Nordwind 12 % der Ind.; dieser war von der Tendenz eher ein Nord-Nordwestwind. Starke Vorkommen waren vor allem bei schwachen Brisen zu verzeichnen (44 %; Tab. 4). Ein zweiter Vorkommensgipfel wurde bei Starkwinden erreicht.

Für das Auftreten von Trottellumme und Tordalk (*Uria aalge*, *Alca torda*) waren insbesondere West- und Nordwestwinde sowie Ost- und Nordostwinde ausschlaggebend (zusammen 90 %; Max. bei Westwind; Tab. 3). Bei Winden aus südlicher Richtung traten die Arten kaum in Erscheinung. Die meisten Vögel zogen bei Winden von 5–9 Bft (insgesamt 89 %; Tab. 4), also stärkeren Winden. Maxima wurden bei 6 und 8 Bft notiert.

Varianzanalyse der Einflüsse von Wind und Tageszeit

Für die Hauptfaktoren „Windrichtung“, „Windstärke“ und „Tageszeit“ sowie für die Interaktionsfaktoren „Windrichtung * Tageszeit“, „Windrichtung * Windstärke“ und „Windstärke * Tageszeit“ liegen Ergebnisse vor. Bei neun Arten wurde das Vorkommen signifikant von der Windrichtung beeinflusst (Tab. 5). Unter diesen sind Eissturmvogel, Wellenläufer, Weißwangengans, Brandgans und Eiderente hervorzuheben, bei denen ein besonders hohes Signifikanz-Maß erreicht wurde. Das Vorkommen von sechs Arten wurde signifikant durch die Windstärke beeinflusst, bei den Arten Sterntaucher, Wellenläufer, Eiderente und Trauerente in sehr hohem Ausmaß. Der Einfluss der Tageszeit war bei sieben See- und Küstenvögeln signifikant, hier in be-

Tab. 5. Ergebnisse der Varianzanalyse. Signifikanz des Einflusses der Haupt- und Interaktionsfaktoren auf das Vorkommen von 17 See- und Küstenvögeln während des Wegzugs vor Wangerooge 1995–1998. Grau unterlegte Felder = höchster F-Wert.

Table 5. Results of ANOVA. Significance of the influences of the main and interactive factors on the occurrence of 17 seabirds and coastal birds during autumn migration off Wangerooge 1995–1998. Grey boxes = highest F-value.

| | Windrichtung | Windstärke | Tageszeit | Windrichtung*Tageszeit | Windrichtung*Windstärke | Windstärke*Tageszeit | n |
|-------------------------|--------------|------------|-----------|------------------------|-------------------------|----------------------|-----|
| Sterntaucher | n.s. | *** | * | n.s. | ** | n.s. | 407 |
| Haubentaucher | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | 482 |
| Eissturmvogel | *** | * | n.s. | * | *** | n.s. | 482 |
| Dunkler Sturmtaucher | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | 482 |
| Wellenläufer | *** | *** | n.s. | n.s. | *** | n.s. | 482 |
| Baßtölpel | ** | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | 482 |
| Weißwangengans | *** | n.s. | ** | *** | ** | n.s. | 301 |
| Ringelgans | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | 421 |
| Brandgans | *** | n.s. | ** | n.s. | ** | n.s. | 482 |
| Eiderente | *** | *** | *** | *** | *** | n.s. | 482 |
| Trauerente | n.s. | *** | *** | n.s. | *** | n.s. | 482 |
| Mittelsäger | n.s. | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | 424 |
| Schmarotzerraubmöwe | *** | n.s. | n.s. | ** | *** | n.s. | 482 |
| Zwergmöwe | ** | ** | *** | n.s. | *** | *** | 482 |
| Brandseeschwalbe | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | 331 |
| Fluß-/Küstenseeschwalbe | ** | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | 331 |
| Trottellumme/Tordalk | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | 385 |

sonderem Maße bei Brandgans, Eiderente, Trauerente und Zwergmöwe.

Windrichtung * Tageszeit zusammen betrachtet wirkten sich signifikant auf die Zahl der durchziehenden Eissturmvögel aus, sehr hoch signifikant auf die Zahl der Weißwangengänse und Eiderenten.

Das Zusammenwirken von Windrichtung * Windstärke beeinflusste das Auftreten von elf Arten vor Wangerooge signifikant. Sehr hoch signifikant war der Einfluß sowohl auf die pelagisch lebenden Arten Eissturmvogel, Wellenläufer und Baßtölpel, auf die Entenvögel Ringelgans, Eiderente und Trauerente als auch

auf Zwergmöwe und Fluß-/Küstenseeschwalbe. Der Interaktionsfaktor Windstärke * Tageszeit indes hatte nur auf eine Art, die Zwergmöwe, (sehr hoch) signifikanten Einfluss. Dies zeigt, daß oftmals erst bzw. zusätzlich die Kombination von Faktoren einen Einfluss auf das Vorkommen haben kann.

Diskussion

Die meisten unmittelbaren Verhaltensanpassungen werden bei ziehenden Vögeln durch die häufig wechselnden Windbedingungen bewirkt. Vögel können durch Wind erheblich in

ihrem Zugverhalten beeinflusst werden, sei es, daß sie z. B. bei Gegenwind sehr viel Energie verbrauchen oder dass sie durch Seitenwind verdriftet werden. Seevögel sind dabei in höherem Maße starken Winden und schlechten Wetterbedingungen ausgesetzt als über Land ziehende Arten. Viele Vogelarten nutzen daher auf ihrem Zug aus energetischen Gründen und aus Gründen der Zeitersparnis bevorzugt Rückenwinde (Mitwindflug). Vielfach werden sie aber mit Seiten- oder Gegenwinden konfrontiert. Der Flug bei Seitenwind ruft Orientierungsprobleme hervor; die resultierende Flugroute stimmt nicht mehr mit der Sollrichtung überein und seitliche Verdriftung ist die Folge. Wind nimmt daher eine zentrale Stellung unter den ökologischen Faktoren ein, die für das Zug- und Orientierungsverhalten von Vögeln relevant sind (Richardson 1990, Alerstam 1991, Berthold 2000).

Auswirkung von Windverhältnissen auf Zugintensität und Vorkommen

Anhand der vor Wangerooge ermittelten Vorkommensmuster lassen sich die untersuchten Arten in zwei Gruppen einteilen. In die erste Gruppe können Arten gestellt werden, die man als reguläre Durchzügler bezeichnen kann und die bei nahezu allen Windrichtungen und -stärken auftreten. Zu diesen Arten gehören Stern- und Haubentaucher, Kormoran, Brandgans, Weißwangens- und Ringelgans, Berg-, Trauer- und Eiderente, Brand- und Flußseeschwalbe. In ihrer Lebensweise, d. h. in der Wahl ihrer Rast- und Nahrungsflächen, sind sie z. T. deutlich an küstennahe Habitate gebunden (Gänse) oder bevorzugen küstennahe Bereiche der Deutschen Bucht bis zu einer bestimmten Wassertiefe (Seetaucher, Eider- und Trauerente). Auch die Dichte/Intensität ihres den unteren Luftschichten ablaufenden Durchzugs wird von der Küste in Richtung Hochsee immer geringer (Dierschke 2001). Die zweite Gruppe wird von den Hochseevögeln gebildet.

Reguläre Durchzügler

Am Beispiel von Stern- und Haubentaucher läßt sich ein bei den Arten der ersten Gruppe ausgeprägtes windabhängiges Vorkommensmuster charakterisieren. Beide Arten ziehen bei nahezu sämtlichen Windbedingungen. Höchste Zugintensität auf dem Wegzug (in Hauptzugrichtung West) ist jedoch bei schwachen östlichen Winden zu verzeichnen. Dies spricht für eine konsequente Nutzung von Rückenwindssituationen (Mitwindflug), die es ihnen ermöglicht, Energie zu sparen und den Zeitaufwand des Zuges zu minimieren (Alerstam 1991). Daneben werden hohe Vorkommen bei starken westlichen und nordwestlichen, also anlandigen Winden registriert (s. a. Camphuysen & van Dijk 1983), was auf eine Verdriftung von See vor die Festlandsküste schließen läßt. Letztere Vorkommen sind also nicht zwangsläufig auf eine tatsächlich erhöhte Zugaktivität zurückzuführen, sondern basieren lediglich auf einer höheren Dichte von Vögeln vor der Küste, die ansonsten weiter entfernt durch die Deutsche Bucht gezogen wären oder sich im Offshore-Bereich zur Rast und Nahrungssuche (Skov et al. 1995, Mitschke et al. 2001) aufgehalten haben.

Für den Durchzug der Trauerente ermittelte Platteeuw (1990) vor der niederländischen Küste in Bezug auf Windrichtung und -stärke folgende Zusammenhänge, die obige Hypothese stützen: Durch anlandige Winde wurden Trauerenten vor die Küste gedrückt. Unter solchen Bedingungen wurden immer deutlich mehr Ind. gesehen als bei ablandigen Winden. Hierbei korrelierte die mittlere Zahl der pro Wegzugperiode registrierten Trauerenten mit dem Anteil anlandiger Winde der jeweiligen Zugperiode. Bei ablandigen Winden zog das Gros der Enten weiter entfernt über dem Meer und war dann mit den Methoden des „Seawatchings“ nicht mehr zu erfassen (Nehls & Zöllick 1990). Hinsichtlich der Zugintensität waren nach Platteeuw (1990) die Zugbewegungen der Trauerente unter Rückenwindbedingungen stets stärker als bei Gegenwind (Lack 1963, Bergman & Donner 1964, Aler-

stam & Ulfstrand 1972, Bruderer 1997) und bei geringer Windstärke stärker als bei starken Winden.

Innerhalb dieses Grundmusters treten unter den vor Wangerooge erfassten Arten dieser Gruppe aber einige spezifische Variationen auf. Solche Unterschiede können z. B. durch das Flugverhalten, den Grad der Küstenbindung auf dem Zug oder einer Selektion nur bestimmter Windbedingungen für Wanderungsbewegungen sein: So zogen Kormorane vor Wangerooge mit größerer Intensität bei starken Winden als See- und Lappentaucher. Dies könnte in einer besseren Flugfähigkeit gegenüber den als schlechte Flieger geltenden Täu- chern (Rüppell 1980) begründet sein. Den zu- meist in größeren Trupps wandernden Kormoranen könnte es darüber hinaus möglich sein, durch Linien- und Keilformationenflug auch bei solchen Bedingungen energiesparen- der zu fliegen (Hummel 1973, Rüppell 1980, Norberg 1996).

Im Vergleich der beiden *Branta*-Arten fällt auf, daß die Weißwangengans vor Wangerooge nahezu ausschließlich bei Rückenwind oder Wind mit Rückenwindkomponenten als Zug- vogel auftritt. Im allgemeinen gilt die Art auf ihrem Zug als ausgesprochen küstenorientiert (Jellmann 1979, Busche 1991). Insofern ist zu vermuten, daß es sich bei quer durch die Deut- sche Bucht verlaufenden Flügen – Weißwan- gengänse kommen überwiegend von NNE auf Wangerooge zugeflogen – entweder um Effekte von seewärtiger Verdriftung handelt, oder dass die Art ausgewählt derartige Windver- hältnisse nutzt, um ihren Zugweg entlang der Küste abzukürzen. Anders die Ringelgans: Wie Radar- und Tageszugbeobachtungen von Jellmann (1979) und Prokosch (1991) belegen, wandert die Art nicht ausgesprochen küsten- orientiert, sondern regelmäßig über die ge- samte Deutsche Bucht. Das Vorkommens- muster der Art vor Wangerooge kann somit wieder deutlich durch westliche Winde beein- flußt werden, die in einem größeren Anteil küstennah ziehender Vögel resultiert.

Bei Bergente, Mittelsäger und Brandsee- schwalbe tritt der Effekt der durch stärkere west-nordwestliche Winde hervorgerufenen Drift vor die Küste deutlicher auf als bei Brandgans, Eiderente, Zwergmöwe, Fluß- und Küstenseeschwalbe. Am Beispiel von Brand- gans und Eiderente kann der Unterschied da- durch erklärt werden, daß sie auf dem Zug stärker an die Küste gebunden sind und an- scheinend bevorzugt und in höherer Dichte über das Rückseitenwatt, also südlich der In- seln, ziehen (eig. Beob.); anlandige Winde zei- gen vor Wangerooge für sie daher nur in gerin- gem Maße Wirkung.

Hochseevögel

Bei den Hochseevögeln liegen andere Gege- benheiten vor. Bei nicht stürmischen Wetterla- gen werden pelagische Seevögel in der Regel nicht oder nur sehr selten von Land aus ge- sehen. Eissturmvogel, Wellenläufer sowie – nicht ganz so markant ausgeprägt – Dunkler Sturmtaucher, Baßtölpel und Raubmöwen er- scheinen vor Wangerooge ausschließlich bzw. überwiegend bei stürmischen Winden aus westlicher und nordwestlicher Richtung. Auf einen starken Zusammenhang von stürmischen Winden aus west-nordwestlicher Richtung und Vorkommen dieser pelagischen Arten im Be- reich der südlichen Nordsee wurde bereits häufig hingewiesen (Goethe 1963, Dien & Ringleben 1966, Drenckhahn et al. 1974, Noer & Møller Sørensen 1974, Brunckhorst & Mo- ritz 1980, Durinck & Lausten 1990, Platteeuw 1991). Derartige Winde werden durch nordost- wärts über die Nordsee wandernde Zyklonen hervorgerufen, deren Verlauf, wie auch die Wettererscheinungen beim Wechsel von Anti- zyklone-Zyklone-Antizyklone-Sequenzen all- gemein, in einzelne „Wetterphasen“ unterteilt wird (Ungeheuer 1955, Brezowsky 1965, Stein & Schultz 1995). Zusammen mit weiteren Wetterparametern (Temperatur, Luftfeuchte, Luftdrucktendenz, Bewölkungsformen) liefern Windrichtung und -stärke eine vereinfachte Gesamtschau des herrschenden Wettergesche- hens und kennzeichnen in diesem Fall das

„Rückseitenwetter“ einer Zyklone. Temme (1974, 1988, 1991a, 1991b, 1992) hat mehrfach auf diese Zusammenhänge hingewiesen und damit Vorkommen von See- und Küstenvögeln vor Norderney beschrieben.

Pelagische Vogelarten verteilen sich nach der Brutzeit je nach Nahrungsverfügbarkeit auf See. Um Schlechtwetterphasen zu meiden, weichen sie in andere Seegebiete aus. Solche Fluchtbewegungen vor nahenden Zyklonen wurden von Manikowski (1971, 1975) für den Atlantik beschrieben. Blomqvist & Peterz (1984) wiesen auch für Nordsee und Kattegat nach, daß Hochseevögel den Zentren der Zyklonen auszuweichen versuchen, da die dort vorherrschenden schlechten Wetterbedingungen eine Nahrungssuche erschweren oder ganz unterbinden. Hierbei verlassen sie das Gebiet in rechtem Winkel zur herrschenden Windrichtung. Bei einem gen Nordosten über die Nordsee wandernden Tiefdruckgebiet bedeutet dies, dass die Vögel in südliche Richtung abziehen. An der Richtung der Fluchtbewegungen sind das Flugverhalten der Arten und das aus der Windrichtung resultierende Wellenmuster beteiligt: Dunkler Sturmtaucher, Eissturmvogel, Baßmöpel und Wellenläufer bewegen sich in der Nordsee bei genügend starken Winden energiesparend in Form des dynamischen Segelfluges und/oder Hangaufwind-Segelns fort (Pennycuik 1960, Berger & Berger 1968, Klausewitz 1971, Wilson 1975, Peterz & Rönneritz 1980, Übersicht: Pennycuik 1987). Hierbei verläuft die Hauptflugrichtung im rechten Winkel zur Windrichtung und läuft über lange Strecken auf der Leeseite von Wellenkämmen in den Wellentälern entlang. Bei Nordwestwind treffen die Wellen in einem Winkel von etwa 45° auf die Westfriesischen und Ostfriesischen Inseln (Jansen 1981). Gelangen die Vögel auf diese Weise vor die Küste, müssen sie unweigerlich entlang der Küstenlinie gegen den Wind fliegen. Eine Umkehr der Flugrichtung würde die Vögel ansonsten wieder zum Zentrum des Tiefdruckgebietes führen. Ein solches Dominieren des Fluges gegen den Wind an der Küste wurde

auch im Rahmen anderer Untersuchungen bemerkt (Jönsson & Peterz 1976, Jansen 1981, Bourne 1982). Insgesamt resultiert aus dem geschilderten Ablauf ein im Uhrzeigersinn um die über der Nordsee befindlichen Zyklonen gerichteter Zug (Blomqvist & Peterz 1984).

Die küstennahen Zugbewegungen pelagischer Seevögel direkt oder schräg gegen den Wind, wie vor Wangerooge beobachtet, können auch als eine partielle Kompensation gegen Verdriftung betrachtet werden. So wird Winddrift von Seevögeln vermutlich besonders gut kompensiert, wenn sie auf das Festland zugetrieben werden und Landmarken als Orientierungshilfe (Leitlinie) zur Verfügung stehen. Wahrscheinlich wird auch anhand des Wellenmusters eine partielle Driftkorrektur vorgenommen (Alerstam & Petterson 1977, Alerstam 1979, Wallace & Bourne 1981, Bourne 1982, Elkins 1983).

Dank

M. Feuersenger, R. Lottmann, M. Heckroth und J. Dierschke waren vielfach beste Unterstützung beim „Seawatching“. Dem Mellumrat e. V. in Person von T. Clemens ist für die Unterbringung in der Oststation auf Wangerooge zu danken, ohne die das Projekt nicht durchführbar gewesen wäre. Das Wasser- und Schifffahrtsamt Wilhelmshaven übermittelte freundlicherweise die Windaufzeichnungen von der Minsener Oog. Besonderer Dank für die kritische Redigierung des Manuskripts und wertvolle Anmerkungen gebührt P.H. Becker, O. Hüppop und einem anonymen Gutachter.

Literatur

- Alerstam, T. (1979): Optimal use of wind by migrating birds: combined drift and overcompensation. *J. Theor. Biol.* 79: 341–353.
- Alerstam, T. (1991): Ecological causes and consequences of bird orientation. In: *Orientation in Birds*. *Experientia* 46: 405–415.
- Alerstam, T. & Petterson, S.-G. (1977): Why do migrating birds fly along coastlines? *J. Theor. Biol.* 65: 699–712.
- Alerstam, T. & Ulfstrand, S. (1972): Radar and Field Observations of Diurnal Bird Migration in South Sweden, Autumn 1971. *Ornis Scand.* 3: 99–139.
- Bailey, R.S. & Bourne, W.R.P. (1972): Counting birds at sea. *Ardea* 60: 124–127.

- Barthel, P. H. (1993): Artenliste der Vögel Deutschlands. *J. Ornithol.* 143: 113–135.
- Berger, M. & Berger, C. (1968): Das Meeressegeln des Eissturmvogels (*Fulmarus glacialis*). *J. Ornithol.* 109: 418–420.
- Bergman, G. & Donner, K. O. (1964): An analysis of the spring migration of the Common Scoter and the Long-tailed Duck in southern Finland. *Acta Zool. Fennica* 105: 1–59.
- Berthold, P. (2000): Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht, 4. überarb. Aufl. Darmstadt.
- Blomqvist, S. & Peterz, M. (1984): Cyclones and pelagic seabird movements. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 20: 85–92.
- Bourne, W. R. P. (1982): The manner in which wind drift leads to seabird movement along the east coast of Scotland. *Ibis* 124: 81–88.
- Breife, B., Holmström, N., Blomqvist, L. (1993): Sjöfågelboken. Fåltbestämning av sträckande sjöfåglar. Lund.
- Brezowsky, H. (1965): Meteorologische und biologische Analysen nach Tölzer Arbeitsmethode. *Meteor. Rundsch.* 18: 132–143.
- Bruderer, B. (1997): The study of bird migration by radar. Part 2: Major achievements. *Naturwissenschaften* 84: 45–54.
- Brunckhorst, H. & Moritz, D. (1980): Das Vorkommen der Sturmtaucher Procellariidae und Sturmschwalben Hydrobatidae bei Helgoland. *Seevogel* 1: 49–56.
- Busche, G. (1991): Nonnengans, Weißwangengans – *Branta leucopsis*. In: Berndt, R. K. & Busche, G. (Hrsg.): Vogelwelt Schleswig-Holsteins. Bd. 3: Entenvogel I. Neumünster.
- Camphuysen, C. J. & van Dijk, J. (1983): Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust, 1974–79. *Limosa* 56: 83–211.
- Deutsche Seltenheitenkommission (1997): Seltene Vogelarten in Deutschland 1995. *Limicola* 11: 153–208.
- Deutsche Seltenheitenkommission (1998): Seltene Vogelarten in Deutschland 1996. *Limicola* 12: 161–227.
- Deutsche Seltenheitenkommission (2000): Seltene Vogelarten in Deutschland 1997. *Limicola* 14: 273–340.
- Dien, J. & Ringleben, H. (1966): Der Einflug pelagischer Vogelarten nach Deutschland im Herbst 1963 mit Hinweisen auf Nachbarländer. *Vogelwarte* 23: 181–190.
- Dierschke, V. (1991): Seawatching auf Helgoland. *Ornithol. Jber. Helgoland.* 1: 49–53.
- Dierschke, V. (2000): Tagzug von See-, Wasser- und Watvögeln über die Deutsche Bucht bei Helgoland. *Jber. Institut Vogelforschung* 4: 7.
- Dierschke, V. (2001): Vogelzug und Hochseevogel in den Außenbereichen der Deutschen Bucht (südöstliche Nordsee) in den Monaten Mai bis August. *Corax* 18: 281–290.
- Drenckhahn, D., Berndt, R. K. & Kuschert, H. (1974): Allgemeine Bemerkungen zum Vorkommen der Sturmvoegel – *Procellariiformes*. In: Berndt, R. K. & Drenckhahn, D. (Hrsg.): Vogelwelt Schleswig-Holsteins, Bd. 1. Kiel.
- Duffy, D. C. (1983): The effect of wave height on bird counts at sea. *Cormorant* 11: 21–23.
- Durinck, J. & Lausten, M. (1990): Effekt af observationsats på beskrivelsen af havfugles træk. *Blåvandshuk 1978–1988. Pelagicus* 5: 8–16.
- Eimern, J. van & Häckel, H. (1979): Wetter und Klimakunde für Landwirte, Gärtner, Winzer und Landschaftspfleger. Stuttgart.
- Elkins, N. (1983): Weather and bird behaviour. Calton.
- Goethe, F. (1963): Außergewöhnliches Erscheinen nordatlantischer Vogelarten Ende September 1963 in der Deutschen Bucht. *Vogelwarte* 22: 109–110.
- Hummel, D. (1973): Die Leistungersparnis beim Verbandsflug. *J. Ornithol.* 114: 259–282.
- Jansen, F. H. (1981): De trek van de Grauwe Pijlstormvogel *Puffinus griseus* langs de Nederlandse kust. *Limosa* 54: 117–126.
- Jellmann, J. (1979): Radarbeobachtungen zum Heimzug von Wildgänsen (Anser, Branta) im Raum der Deutschen Bucht. *Abh. Vogelkde.* 6: 269–288.
- Jönsson, P. E. & Peterz, M. (1976): Havsfåglar vid Kullen 1970–1974. *Anser*: 51–64.
- Källander, H., Rydén, O. & Weikert, C. (1972): Unterschiede in der Beobachtungs-Effektivität bei der Registrierung vom Küsten-Seevogelzug. *Vogelwarte* 26: 303–310.
- Klausewitz, W. (1971): Segelflieger der Hochsee. *Natur u. Museum* 101: 77–83.
- Krüger, T. & Garthe, S. (im Druck): Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and wind speed. *Atlantic Seabirds* 3.
- Lack, D. (1963): Migration across the southern North Sea studied by radar. Part 4. Autumn. *Ibis* 105: 1–54.
- Manikowski, S. (1971): The influence of meteorological factors on the behaviour of sea birds. *Acta Zool. Cracov.* 16: 581–668.

- Manikowski, S. (1975): The effect of weather on the distribution of Kittiwakes and Fulmars in the North Atlantic. *Acta Zool. Cracov.* 20: 489–498.
- Mitschke, A., Garthe, S. & Hüppop, O. (2001): Erfassung der Verbreitung, Häufigkeiten und Wanderungen von See- und Wasservögeln in der deutschen Nordsee. Ergebnisse eines Forschungs- und Entwicklungsvorhabens. BfN-Skripten 34: 100 S.
- Nehls, H. W. & Zöllick, H. (1990): The moult migration of the Common Scoter (*Melanitta nigra*) off the coast of the GDR. *Baltic Birds* 5: 36–46.
- Noer, H. & Møller Sørensen, B. (1974): Forekomsten af stormfugle, Procellaria, Thorshane, *Phalaropus fulicarius*, og Sabinemåge, *Xema sabini* ved Blåvandshuk 1963–1971. *Dansk. Ornithol. Foren. Tidsskr.* 68: 15–24.
- Norberg, U. (1996): Energetics of Flight. In: Carey, C. (Hrsg.): *Energetics and nutritional ecology*. New York.
- Pennycuik, C. J. (1960): Gliding flight of the Fulmar Petrel. *J. exp. Biol.* 37: 330–338.
- Pennycuik, C. J. (1987): Flight of seabirds. In: Croxall, J. P. (Ed.): *Seabirds: feeding, ecology and role in marine ecosystems*. Cambridge.
- Peterz, M. & Rönnerz, T. (1980): Iakttagelser rörande flyktsättet hos några havsfåglar. *Anser* 19: 167–173.
- Platteeuw, M. (1990): Het voorkomen van de Zwarte Zeeend *Melanitta nigra* langs de Nederlandse kust: een evaluatie. *Sula* 4: 55–65.
- Platteeuw, M. (1991): Zeevogels langs de Nederlandse kust: wanneer, welke soorten en onder welke omstandigheden? *Sula* 5: 2–15.
- Platteeuw, M., Ham, N. F. van der & Ouden, J. E. den (1994): Zeetrectellingen in Nederland in de jaren tachtig. *Sula* 8: 1–203.
- Prokosch, P. (1991): Ringelgans – *Branta bernicla*. In: Berndt, R. K. & G. Busche: *Vogelwelt Schleswig-Holsteins*. Bd. 3: Entenvögel 1. Neumünster.
- Richardson, W. J. (1990): Wind and orientation of migrating birds: a review. In: *Orientation in Birds*. *Experientia* 46: 416–425.
- Rüppell, G. (1980): *Vogelflug*. Reinbek.
- Sachs, L. (1999): *Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden*. 9. Aufl. Berlin.
- Skov, H., Durinck, J., Leopold, M. F. & Tasker, M. L. (1995): Important Bird Areas for seabirds in the North Sea. Cambridge.
- Stein, W. & Schultz, H. (1995): *Wetterkunde für Segler und Motorbootfahrer*. Bielefeld.
- Temme, M. (1974): Zugbewegungen der Eiderente (*Somateria mollissima*) vor der Insel Norderney unter besonderer Berücksichtigung der Wetterverhältnisse. *Vogelwarte* 27: 252–263.
- Temme, M. (1988): Herbstliche Zugbewegungen von Baßtölpeln (*Sula bassana*) vor der Ostfriesischen Insel Norderney. *Ornithol. Mitt.* 40: 59–68.
- Temme, M. (1991a): Wegzug von Mantel- und Heeringsmöwe (*Larus marinus*, *L. fuscus* subsp.) bei der Insel Norderney in den Jahren 1986 bis 1989 in Beziehung zum Wettergeschehen. *Vogelwarte* 36: 146–162.
- Temme, M. (1991b): Der Wegzug der Zwergmöwe *Larus minutus* vor Norderney in Beziehung zum Wettergeschehen. *Vogelkd. Ber. Niedersachs.* 23: 77–89.
- Temme, M. (1992): Zur Häufigkeit des Krabbentauchers (*Alle alle*) an der Ostfriesischen Insel Norderney in Beziehung zu Wetterverhältnissen. *Vogelkd. Ber. Niedersachs.* 24: 11–18.
- Temme, M. (1995): Die Vögel der Insel Norderney. Cuxhaven.
- Ungeheuer, H. (1955): Ein meteorologischer Beitrag zu Grundproblemen der Medizin-Meteorologie. *Ber. Dtsch. Wetterdienst* 16: 1–32.
- Wallace, D. I. M. & Bourne, W. R. P. (1981): Seabird movements along the east coast of England. *Brit. Birds.* 74: 417–426.
- Wilson, J. A. (1975): Sweeping flight and soaring by albatrosses. *Nature* 257: 307–308.
- Winter, C., Geelhoed, S., Stegeman, L. & Woutersen, K. (1996): De Trek van Kust- en Zeevogels langs de Nederlandse kust in 1994. *Sula* 10: 1–40.

Angenommen: 20. Juli 2001