

Vogelwarte 50, 2012: 87 – 108
© DO-G, IFV, MPG 2012

Jahres- und tageszeitliche Phänologie der Vogelrufaktivität über der Deutschen Bucht

Kathrin Hüppop, Jochen Dierschke, Reinhold Hill & Ommo Hüppop

Hüppop K, Dierschke J, Hill R & Hüppop O 2012: Annual and diurnal phenology of birdcall activity above the German Bight. *Vogelwarte* 50: 87-108.

With regard to potential sites for the construction of offshore wind farms and to their possible threats for birds it is essential to enlarge the current knowledge on bird migration above the sea – especially during the night. Within a comprehensive study for the evaluation of offshore wind farms bird calls were registered automatically on a research platform in the south-eastern North Sea. The species identification of nocturnally migrating birds is almost exclusively possible only by means of their calls. Here, we present species-specific bird occurrence near an anthropogenic offshore structure in the total daily and yearly course on the basis of automatically registered calls.

From 2004 to 2007, a total of 100 species was identified. Calls from 95,318 individuals (excluding the large gulls) were used for analyses. Three quarters were passerines (predominantly thrushes), furthermore mainly waders, terns and smaller gulls were detected. 79.4% of all individuals were registered during the night. High numbers of individuals, mostly of several species occurring together, were concentrated in only a few days/nights or even hours. Bird occurrence was much higher during autumn migration than during spring migration. A maximum of 5,236 birds of different species (corresponding to 392 Ind./h) was identified in the night from 28th to 29th October 2005. The migration periods of the short-/medium distance migrants were clearly distinguishable, otherwise not those of the long-distance passerine migrants, presumably due to their much minor ambition to call. In July mainly smaller gulls and terns, in August above all terns and waders (especially Redshank) and in winter some late smaller gulls and thrushes were registered. Generally, numbers increased continually with the beginning of the night and reached a maximum before sunrise. The fewest birds were detected in the late afternoon.

Despite methodological constraints, the shown species-specific phenologies broadly match the migration times in the offshore area of the German Bight as recovered by trapping and/or by scheduled or coincidental visual observations of bird migration. Like these methods the acoustic recording cannot cover the whole occurrence of birds. Presumably, the number of birds is underestimated during fine and overestimated during adverse weather when birds reduce flight altitude. However, we assume that the birds registered acoustically on the platform reflect at least the low flying proportion of the calling species in the course of the year and in their daily variability.

The opportunity to estimate numbers of low and thereby close to an anthropogenic obstruction flying birds using calls is – with regard to the evaluation of its collision risk and the introduction of mitigation and avoidance measures (site, short-term shutdown of the construction and optimization of illumination) – not exiguous.

✉ KH, JD & OH: Institut für Vogelforschung “Vogelwarte Helgoland”, An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven. E-Mail: ommo.hueppop@ifv-vogelwarte.de
RH: Avitec Research GbR, Sachsenring 11, D-27711 Osterholz-Scharmbeck. E-Mail: reinhold.hill@avitec-research.de

Einleitung

Jährlich überqueren etliche Millionen Vögel der westlichen Paläarkt auf ihren Wanderungen die Deutsche Bucht. Die Zugwege verbinden ihre Brutgebiete in Fennoskandien und in Russland mit ihren Überwinterungsgebieten, die sich je nach Art irgendwo zwischen Mitteleuropa und dem südlichen Afrika befinden. Etliche Arten überfliegen das Gebiet bei wetterbedingten kleinräumigen Zugsbewegungen sogar mehrfach in einer Zugseason (Hüppop et al. 2006 a, b), viele nutzen es zudem regelmäßig als Nahrungs-, Rast- oder Überwinterungsraum (Dierschke et al. 2006; Mendel et al. 2008).

Die Kenntnis über die räumliche und zeitliche Verteilung des Vogelzugs über der Nordsee ist von großer Bedeutung zur Beurteilung der potenziellen Gefähr-

dung von Zugvögeln durch geplante oder schon gebaute Windenergieanlagen (WEA) und andere anthropogene Strukturen im Offshore-Bereich. Da sich das Bewusstsein für potenzielle Gefahren, die von WEA auf Vögel ausgehen können, in den letzten Jahren wesentlich verstärkt hat und deswegen sogar in Verordnungen rechtsverbindlich berücksichtigt wurde (Dahlke 2002), ist auch die Entwicklung von Untersuchungs- und Bewertungsmethoden deutlich vorangeschritten (Hüppop et al. 2002; Garthe & Hüppop 2004; Percival 2005; Desholm et al. 2006; Drewitt & Langston 2006; Hüppop 2007; Kunz et al. 2007; Hill & Hüppop 2008).

Die Vogelzugintensität und das Artenspektrum tagsüber ziehender Vogelarten sind mit Sichtbeobach-

tungen, zumindest in niedrigen Höhen, gut, wenn auch sehr personalintensiv erfassbar. Die genaue Artzugehörigkeit nachts ziehender Vögel ist hingegen fast ausnahmslos anhand ihrer Rufe möglich, sehr gute Arten- und Stimmenkenntnisse vorausgesetzt. Beobachtungen vor der Mondscheibe sowie Erfassungen mittels lichtstarker Scheinwerfer, per Wärmebildkamera oder per Radar geben hingegen bis auf wenige Ausnahmen allenfalls Hinweise auf die Artgruppe (Graber 1968; Liechti & Bruderer 1995; Hüpopp et al. 2004; Desholm et al. 2006; Bolshakov et al. 2010; Bruderer et al. 2010). Andererseits rufen längst nicht alle Vogelarten während des Zuges (Graber 1968; Dorka 1979; Evans & Mellinger 1999; Farnsworth 2005).

Da Vogelzug keinesfalls gleichförmig sondern vielmehr in Schüben verläuft (Alerstam 1990; Hüpopp et al. 2006 b), ist eine repräsentative stichprobenartige Erfassung schwierig und eine durchgehende Registrierung sicher sinnvoller, wegen des hohen Arbeitsaufwands aber in aller Regel kaum realisierbar. Vogelrufe und -gesänge haben aber den Vorteil, dass sie mit vergleichsweise geringem technischen Aufwand weitgehend autonom detektiert und gespeichert werden können (Frommolt et al. 2012). Teilautomatisierte Ruferfassungen wurden bereits mehrfach realisiert (z. B. Graber & Cochran 1960; Dierschke 1989; Evans & Mellinger 1999; Farnsworth et al. 2004; Farnsworth & Russel 2007; Hill & Hüpopp 2008; für einen historischen Überblick siehe Evans 2005). Von den Rufen auf die Anzahl der vorbei fliegenden Vögel zu schließen, ist allerdings schwierig. Schließlich reflektieren Flugrufe nicht zwingend die Zugintensität, können aber in unserem Fall als ein Maß für die Zahl der nahe fliegenden Vögel angenommen werden (Hüpopp & Hilgerloh 2012).

Umfangreiche Planungen und zahlreiche Genehmigungen von WEA im Bereich der deutschen Nordsee haben Befürchtungen über eine Gefährdung des Vogelzugs über diesem Seegebiet aufkommen lassen. Im Hinblick auf potenzielle Standorte für Offshore-WEA und die von ihnen ausgehende mögliche Gefährdung von Zugvögeln ist es erforderlich, die räumliche und zeitliche Verteilung des Vogelzugs über der Nordsee vertiefend zu untersuchen, mögliche Attraktion durch anthropogene Strukturen - vor allem durch Licht - näher zu untersuchen, Ursachen für Kollisionen mit Hindernissen zu ermitteln sowie geeignete Erfassungsmethoden zu entwickeln und zu erproben. Auch müssen Wege zur Verminderung und Vermeidung negativer Effekte auf den Vogelzug aufgezeigt werden.

Im Rahmen der umfassenden ökologischen Begleitforschung zur Offshore-Windenergienutzung (Kutscher 2006) wurden auf einer Forschungsplattform in der südöstlichen Nordsee auch die Rufe von Vögeln mehr als drei Jahre lang automatisch erfasst. Im Folgenden wird die jahres- und tageszeitliche Häufigkeit der Rufe für die am häufigsten registrierten Arten dargestellt.

Dank

Für die umfangreichen Auswertungen der Rufaufzeichnungen danken wir namentlich Julia Bayer, Fabian Bindrach, Balduin Fischer, Elvira Fredrich, Klaas Felix Jachmann, Martin Gottschling, Martin Grimm, Benjamin Steffen und David Sturm. Klaas Felix Jachmann gilt besonderer Dank für Auswertungsarbeiten und die Pflege der Datenbank. Franz Bairlein und Wolfgang Fiedler kommentierten in hilfreicher Weise eine frühere Version dieses Beitrags. Die dieser Veröffentlichung zugrundeliegenden Vorhaben BeoFINO und FINO-BIRD wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter den Förderkennzeichen FKZ 0327526 und 0329983 gefördert (die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren).

Material und Methoden

Die Forschungsplattform FINO 1 mit einer maximalen Höhe von etwas über 100 m liegt ca. 45 km nördlich der Insel Borkum im Bereich der Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Bundesrepublik Deutschland unmittelbar westlich des inzwischen errichteten ersten deutschen Offshore-Windparks „alpha ventus“ (54° 01' N, 06° 35' O, www.fino1.de, Abb. 1). Die Plattform ist mit roten und weißen Lampen für die Schiffs- und Flugsicherheit ausgerüstet (Details bei Hüpopp & Hilgerloh 2012).

Die Erfassung der Rufe erfolgte mit einem Richtmikrofon (Sennheiser ME67 mit K6-P Phantom-Speisegriff) 22 m über dem Meeresspiegel auf dem Plattformdeck. Zur Minimierung der Windgeräusche wurde das Mikrofon wasserdicht in dünner Kunststoffolie verpackt und dann in einem Windschutzkorb mit Windschutzfell (Sennheiser) untergebracht. Schutz vor Niederschlag und aggressivem Möwenkot bot eine Edelstahlhaube. Zur Datenaufzeichnung war das Richtmikrofon über ein externes USB-Audiointerface (Swissonic) mit Mikrofon-Vorverstärker und Phantom-Speisung für das Mikrofon mit einem PC auf der Forschungsplattform verbunden, der autonom rund um die Uhr in Betrieb war.

Das Messprogramm lief automatisch, eine Überwachungs-routine fing software- oder betriebssystembedingte Fehler weitestgehend durch automatische Neustarts des Rechners im Bedarfsfall ab. Darüber hinaus konnte der Rechner über Internet manuell aus der Ferne kontrolliert und Fehler ggf. behoben werden. Die Audiodateien wurden lokal gespeichert und von dort regelmäßig auf einen Datenserver übertragen. Rufe wurden, abgesehen von kurzen technisch bedingten Unterbrechungen, ab dem 12.3.2004 aufgezeichnet und die bis zum 1.6.2007 registrierten Dateien ausgewertet. Obwohl hier nur die Daten aus drei Jahren und den beiden Projekten BeoFINO und FINO-BIRD präsentiert werden, wird die Datenaufzeichnung im Rahmen anderer Projekte bis heute fortgesetzt. Zusätzlich wird die gleiche Methodik an einem zweiten Offshore-Standort, der 80 km westlich von Sylt gelegenen Forschungsplattform FINO 3, seit Sommer 2009 eingesetzt. Ergebnisse daraus sollen an anderer Stelle publiziert werden, sind aber teilweise in Form von Berichten auch jetzt schon zugänglich (www.fino3.de, www.bsh.de/stukplus, www.avitecresearch.de).

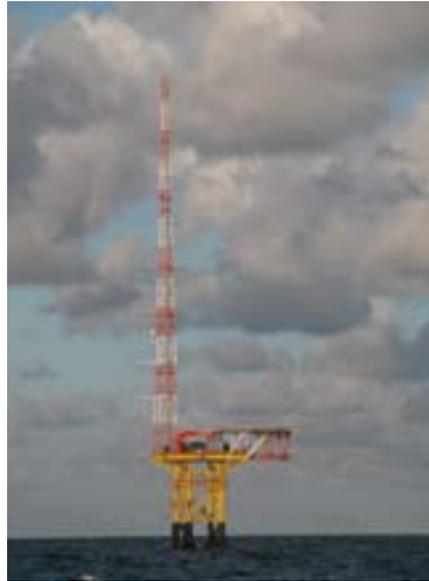


Abb. 1: Die Forschungsplattform FINO 1 (links) und ihre Lage in der Nordsee (rechts). – *The research platform FINO 1 (left) and its location in the North Sea (right).*

Die in der Skriptsprache Tcl/Tk selbst entwickelte Software zur automatischen Erkennung von Vogelrufen AROMA (Automatic Recording of Migrating Aves), untersucht auf der Basis des Audio-Processing-Toolkits „Snack“ das eingehende Audio-Signal kontinuierlich auf Gipfel, also sich im Leistungsspektrum steil vom Grundrauschen abhebende Geräusche oberhalb einer einstellbaren Frequenzuntergrenze (verwendet wurden 1.500 Hz, Abb. 2; Hill & Hüppop 2008). Nur die anhand der Gipfel erkannten Rufe werden dann automatisch als Audio-Dateien abgespeichert, durch Wind und Wellenschlag erzeugte Störgeräusche hingegen weitgehend ignoriert. Das System arbeitete nach einer längeren Evaluierungs- und Verbesserungsphase sehr stabil und reduzierte durch seine Filterwirkung im Vergleich zu einer allein durch den Pegel getriggerten Aufnahmetechnik (vgl. Frommolt et al. 2012) das auszuwertende Datenvolumen auf ein erträgliches Maß (Hill & Hüppop 2008).

Die gespeicherten Dateien wurden später von qualifizierten Mitarbeitern abgehört. Dabei konnten die Rufe in den allermeisten Fällen bis auf Artniveau bestimmt werden. In Zeiten mit starker Vogelrufaktivität entstanden oft mehrere Dateien pro Minute. Einzelne Vögel bzw. Vogeltrupps wurden auf mehreren Dateien in Folge gespeichert, wenn die Pausen zwischen den detektierten Rufen länger als 1,5 s waren oder die maximale Dateigröße von 5 s erreicht wurde. Für jede Datei wurde die Mindestzahl der zu hörenden Individuen geschätzt. In diesem Zeitraum ruft ein Individuum nur wenige Male, und weitere Individuen fallen durch mehr oder weniger gleichzeitige bzw. leicht abweichend klingende Rufe auf (vgl. Dierschke 1994). Da auch ein mit einer Geschwindigkeit von 20 km/h fliegender Kleinvogel den Erfassungsbereich des Mikrofons innerhalb einer Minute durchfliegt (Evans & Melinger 1999), wurde für die weiteren Auswertungen aus allen Dateien einer Minute jeweils nur die Datei mit der höchsten geschätzten Individuenzahl berücksichtigt. Alle Darstellungen in diesem Beitrag basieren auf diesen Minutenmaxima, die nachfolgend allgemein als „Individuen“ bezeichnet werden (nicht rufende Individuen bleiben bei dieser Methode natürlich unberücksichtigt). Inwieweit die Minutenmaxima ein Maß für das tatsächliche Vogelaufkommen sind, wird in der Diskussion beleuchtet.

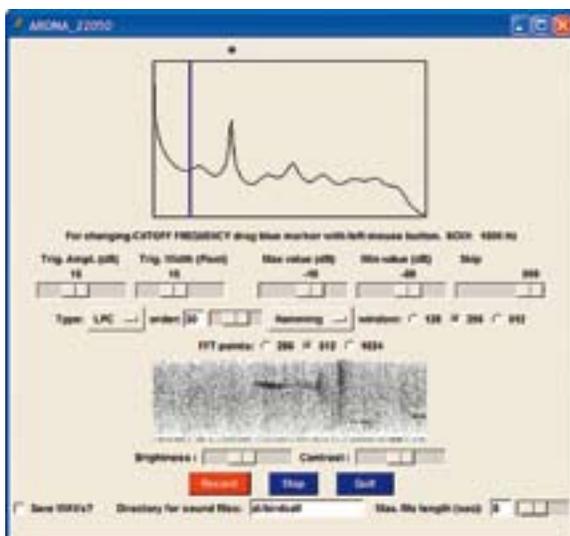


Abb. 2: Screenshot der Software AROMA, die ein kontinuierlich eingehendes Audio-Signal mit Hilfe von Stimmerkennungsalgorithmen nach Vogelrufen (dunkle „Bänder“ ab der Mitte des Spektrogramms) durchsucht und detektierte Rufe (blauer Punkt über dem Leistungsspektrum) automatisch auf der Festplatte abspeichert. – *Screenshot of the software AROMA. It scans a continually incoming audio-signal for flight calls (dark bars in the spectrogram) and saves detected calls (blue dot above the power spectrum) automatically on hard disk.*

Die ständigen Rufe der auf der Plattform rastenden Großmöwen (Hüppop et al. 2008) erhöhten das Datenvolumen stark und führten zu einem enorm hohen Zeitaufwand bei der Auswertung der Dateien. Außerdem bedingten sie nicht zu quantifizierende Ausfälle, da die Rufe anderer Arten nur schwer oder gar nicht zu hören waren. Alle Versuche, eine automatische Filterung des Eingangssignals vorzunehmen, scheiterten bisher wegen der enormen Vielfalt der Möwenrufe und erscheinen auch nicht Erfolg versprechend, ohne zu viel andere Vogelrufe zu verlieren. Mantel-, Silber- und Heringsmöwen (*Larus marinus*, *argentatus* und *fuscus*) blieben daher bei den quantitativen Auswertungen unberücksichtigt.

Im Gegensatz zur visuellen Zugplanbeobachtung ist es mit der Ruferfassung nicht möglich, die nach Nahrung suchenden Vögel (insbesondere bei Möwen und Seeschwalben) oder die auf der Plattform rastenden von ziehenden zu unterscheiden. Wir werden daher im Folgenden nur vom Vorkommen von Vögeln an der Plattform sprechen.

Ergebnisse

Trotz der nur aus dem näheren Umkreis der Plattform stammenden Stichprobe konnten auf FINO 1 im Erfassungszeitraum von mehr als drei Jahren die Rufe von insgesamt 95.318 Individuen identifiziert und 97 verschiedenen Arten zugeordnet werden (vgl. Anhang). Weit mehr als die Hälfte der Individuen waren Drosseln (Tab. 1, Abb. 3), vor allem Rotdrosseln *Turdus iliacus*, Amseln *T. merula*, Singdrosseln *T. philomelos* und Wacholderdrosseln *T. pilaris*. Neben dem Star *Sturnus vulgaris* waren noch andere Passeres wie Wiesenpieper *Anthus pratensis*, Rotkehlchen *Erithacus rubecula*, Buchfink *Fringilla coelebs*, Wintergoldhähnchen *Regulus regulus* und Feldlerche *Alauda arvensis* vergleichsweise

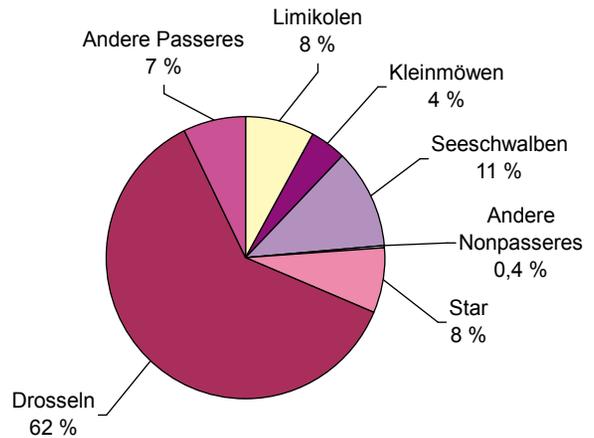


Abb. 3: Anteile der Artengruppen an der Summe aller erfassten Individuen in der Nähe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 95.318). – Proportions of the species groups of all recorded individuals near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 95,318).

häufig. Alle Passeres zusammen stellten drei Viertel aller Registrierungen. Es handelte sich dabei fast ausschließlich um Kurz/Mittelstreckenzieher (davon 75 % Drosseln), Langstreckenziehern wurden nur selten erfasst. An Nonpasseres waren Seeschwalben (vor allem Brandseeschwalbe *Sterna sandvicensis*), Limikolen (vor allem Rotschenkel *Tringa totanus*, Flussuferläufer *Acti-*

Tab. 1: Anzahl der Individuen (Summen der Minutenmaxima) der häufigsten anhand ihrer Rufe erfassten Vogelarten und ihre Anteile in der Nähe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007. – Number of individuals (totals of the minute-maxima) of the most frequent species as recognized by means of their calls and their proportions near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007.

Art - species	Individuen - individuals	Anteil - proportion [%]
Rotdrossel <i>Turdus iliacus</i>	24.724	25,9
Amsel <i>Turdus merula</i>	22.043	23,1
Star <i>Sturnus vulgaris</i>	7.210	7,6
Brandseeschwalbe <i>Sterna sandvicensis</i>	6.683	7,0
Singdrossel <i>Turdus philomelos</i>	6.586	6,9
Wacholderdrossel <i>Turdus pilaris</i>	5.084	5,3
Fluss/Küstenseeschwalbe <i>Sterna hirundo/paradisaea</i>	4.113	4,3
Lachmöwe <i>Larus ridibundus</i>	2.453	2,6
Rotschenkel <i>Tringa totanus</i>	2.043	2,1
Sturmmöwe <i>Larus canus</i>	1.478	1,6
Wiesenpieper <i>Anthus pratensis</i>	1.079	1,1
Andere Arten – other species	11.822	12,4
Summe - total	95.318	100,0

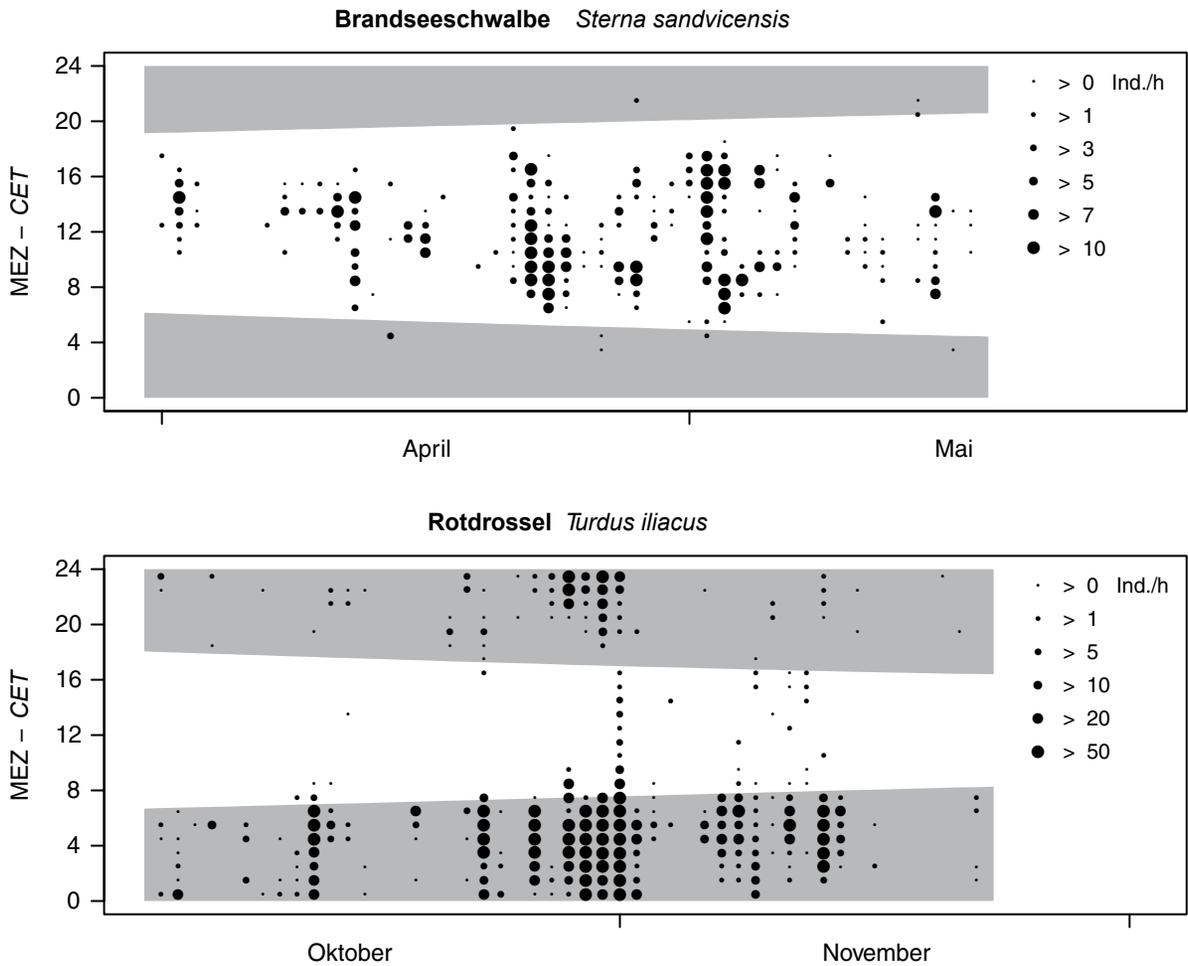


Abb. 4: Summen der Minutenmaxima aller Brandseeschwalben im Frühjahr 2005 (n = 1.156) und aller Rotdrosseln im Herbst 2006 (n = 7.541) nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jeden Tag und jede Stunde (mitteleuropäische Zeit, MEZ). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Totals of minute-maxima of all Sandwich Terns in spring 2005 (n = 1,156) and of all Redwings in autumn 2005 (n = 7,541) near the research platform FINO 1 for each day and each hour (Central European time, CET). Grey areas = period between sunset and sunrise.

tis hypoleucos, Knutt *Calidris canutus*, Grünschenkel *Tringa nebularia*, Goldregenpfeifer *Pluvialis apricaria* und Regenbrachvogel *Numenius phaeopus*) sowie Kleinmöwen (vor allem Lachmöwe *Larus ridibundus* und Sturmmöwe *L. canus*) vertreten.

Insgesamt war das Material bei zwölf Arten, deren Anteil jeweils über 1 % aller erfassten Individuen ausmachte, für eine artspezifische Auswertung ausreichend (Tab. 1). Am anschaulichsten erwies sich zunächst die Berechnung der stündlichen Summen der Minutenmaxima für jeden einzelnen Tag des Untersuchungszeitraums, hier beispielhaft für die Brandseeschwalbe im Frühjahr 2005 und die Rotdrossel im Herbst desselben Jahres dargestellt (Abb. 4, weitere Grafiken in Hüppop et al. 2009).

Hohe Individuenzahlen konzentrierten sich oft auf wenige Tage/Nächte oder Stunden. Derartige Phasen waren selten artspezifisch, eher wurden viele verschiedene Arten gleichzeitig erfasst.

Um die hohe Variabilität zwischen den Jahren, sowohl in der Summe als auch auf Artniveau, auszugleichen, berechneten wir für alle Arten die Pentadenmittel der stündlichen Summen der Minutenmaxima über den gesamten Untersuchungszeitraum. Damit sind Aussagen über die mittlere tageszeitliche Verteilung der artspezifischen Individuenzahl innerhalb der Zugzeiten möglich. Zusätzlich geben Standard-Pentadendiagramme einen Überblick über die mittlere jahreszeitliche Phänologie der in der Nähe der Forschungsplattform fliegenden Vögel. Die für beide Darstellungen

vorgenommenen Mittelwertbildungen erlaubten es, die von Jahr zu Jahr variierenden technisch bedingten kurzen Erfassungslücken zu vernachlässigen.

Alle Arten

Die für alle Arten zusammengefassten Pentadenmittel zeigen, dass fast das ganze Jahr über Vögel über die Nordsee fliegen und rufen (Abb. 5 und 6). Mit 79,4 % wurden in der Nacht (Zeitraum zwischen 30 Minuten nach Sonnenuntergang und 30 Minuten vor Sonnenaufgang) wesentlich mehr Individuen registriert als am Tage (20,6 %). Deutlich sind die Heimzug- bzw. Wegzugzeit der Kurz/Mittelstreckenzieher von März bis April bzw. von Oktober bis Dezember zu erkennen. Die Zugzeiten der Langstreckenzieher, im Frühjahr v. a. von Ende Mai bis Mitte Juni und im Herbst v. a. von August bis September (vgl. Abb. 1 in Hüppop & Hüppop 2004; Hüppop et al. 2010; Dierschke et al. 2011), sind wegen der wenigen Rufe von Arten dieses Zugtyps nicht zu erkennen. Die vergleichsweise vielen Individuen im August gehen auf Seeschwalben und Limikolen (insbes-

ondere Rotschenkel) zurück. Im Juli wurden überwiegend Kleinmöwen und ebenfalls Seeschwalben und im Winter spät wegziehende Kleinmöwen und Drosseln registriert.

Mit in der Summe 11.177 Individuen und im Mittel 1.112 Ind./d (entsprechend 46 Ind./h) ragte die Pentade zur Monatswende Oktober/November über alle anderen hinaus (Abb. 5). Die für dieses Maximum verantwortlichen Häufigkeiten beruhen aber bei den einzelnen Arten (v. a. Rotdrossel, Amsel, Star und Wacholderdrossel) auf verschiedenen Nächten. Die bedeutendste Nacht war die vom 28. auf den 29.10.2005 mit 5.236 in geringer Höhe in der Nähe der Plattform fliegenden Vögeln verschiedener Arten (vor allem Star und Rotdrossel), was 392 Ind./h entspricht. In weiteren 18 Nächten konnten Individuensummen von mehr als 1.000 und noch weiteren 21 Nächten von mehr als 500 verzeichnet werden. Zur Wegzugzeit (30 Nächte mit mehr als 500 Individuen) wurden wesentlich mehr Vögel erfasst als zur Heimzugzeit (sechs Nächte mit mehr als 500 Individuen).

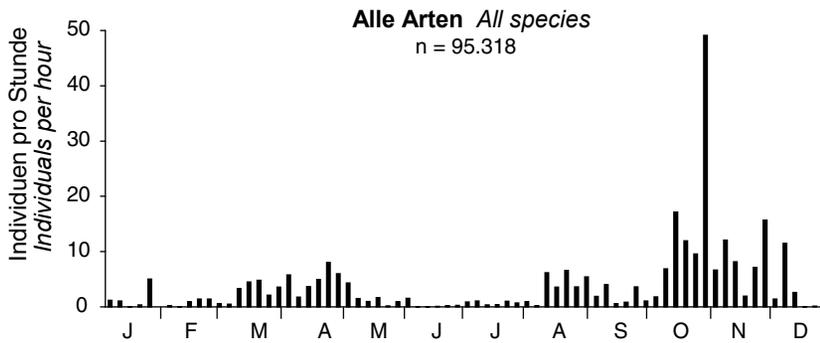


Abb. 5: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Arten nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 95.318). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all all species near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 95,318).

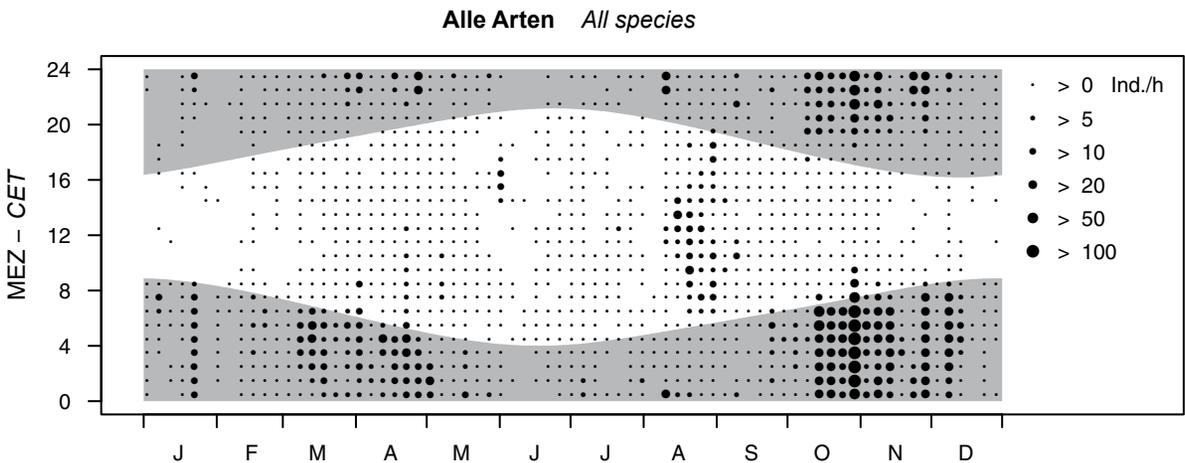


Abb. 6: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Arten nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 95.318). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all species near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 95,318). Grey areas = period between sunset and sunrise.

Da die oben erwähnten Arten überwiegend nachts ziehen, war die Häufigkeit in den Nachtstunden erwartungsgemäß höher, in den Tagstunden dagegen wesentlich geringer. Das stärkste stündliche Aufkommen im Erfassungszeitraum (mit 607 Ind./h) wurde am 29.10.2005 morgens zwischen 6:00 und 7:00 Uhr MEZ gemessen.

Während Vögel von Mitte November bis Februar vor allem nachts erfasst wurden, konnten in der übrigen Zeit, insbesondere im August, auch tagsüber größere Zahlen registriert werden. Generell nahm die Häufigkeit im Laufe der Nacht zu und war in den frühen Morgenstunden am höchsten (Abb. 6). Die wenigsten Vögel wurden in den späten Nachmittagstunden registriert.

Rotschenkel

Vom Rotschenkel wurden bedeutende Anzahlen auf der Plattform fast nur in den Kernzeiten seiner Zugzeiten über der Deutschen Bucht (vgl. Dierschke et al. 2011) von Mitte März bis Mitte Juni bzw. von Juli bis Oktober

registriert (Abb. 7). Maximal konnten in der Nacht vom 12. auf den 13.8.2004 innerhalb weniger Stunden insgesamt 463 Individuen (entsprechend 19 Ind./h) bei FINO 1 gezählt werden, welche die hohe Säule im August verursachen. Die insgesamt 100 Individuen in der Nacht des 29./30.10.2004 belegen einen für die Art relativ späten Wegzugtermin (Abb. 7).

Der Rotschenkel präsentierte sich als ausgesprochener Nachtzieher mit einem Maximum um Mitternacht herum (Abb. 8). Da er während des Flugs häufig und laut ruft, konnte der Rotschenkel nachts in vergleichsweise repräsentativen Zahlen erfasst werden. Nur selten wurden auch tagsüber wenige Individuen registriert. Dass der Rotschenkel über der Deutschen Bucht am Tage - zumindest in den durch visuelle und akustische Methoden zugänglichen Höhen - tatsächlich wenig zieht, belegen auch die in der Hellphase durchgeführten Zugplanbeobachtungen, bei denen nur wenige ziehende Rotschenkel beobachtet werden konnten (Hüppop et al. 2010).

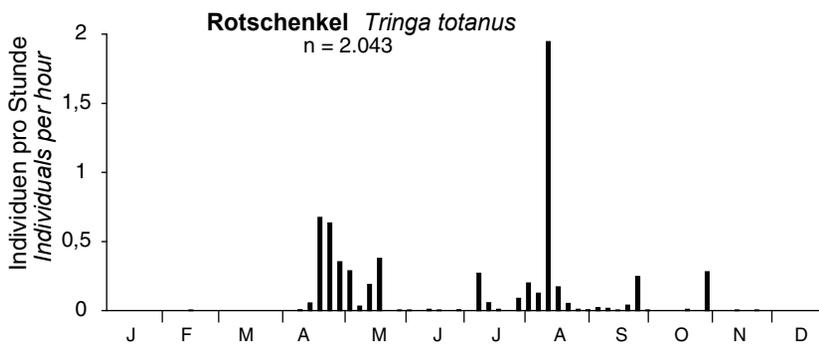


Abb. 7: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotschenkel nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.043). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Redshanks near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 2,043).

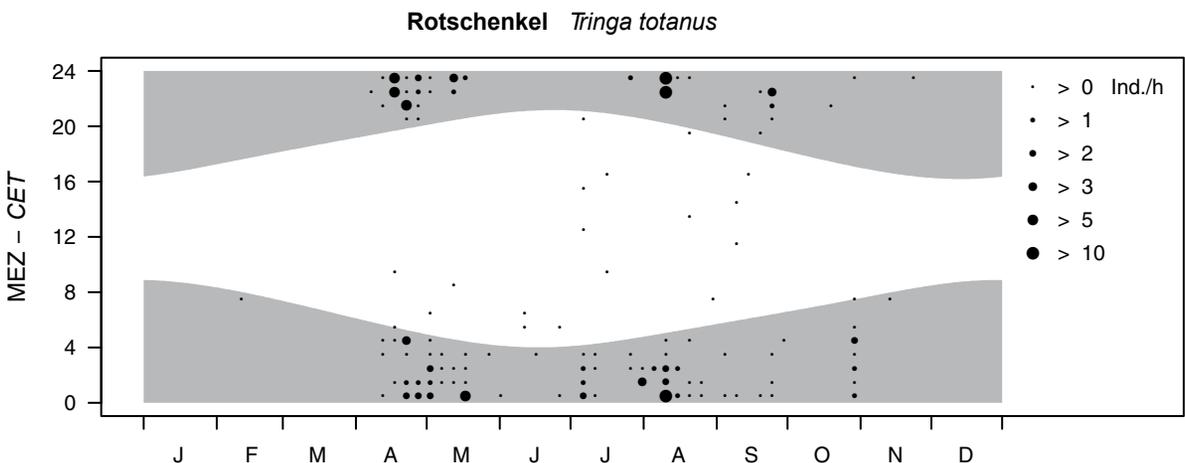


Abb. 8: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotschenkel nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.043). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Redshanks near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 2,043). Grey areas = period between sunset and sunrise.

Lachmöwe

Lachmöwen kamen fast ganzjährig bei FINO 1 vor (Abb. 9). Der Heimzug von März bis Mai war wesentlich deutlicher ausgeprägt als der Wegzug, von dem nur der erste Teil von Juli bis September (nach Dierschke et al. 2011 vor allem Jungvögel), nicht aber der zweite Teil bis Ende November (vor allem Altvögel) registriert werden konnte. Besonders viele Lachmöwen riefen bei der Plattform von Anfang März bis Anfang April 2005 mit einem Maximum von 205 Individuen in der Nacht des 31.3./1.4.2005. Während die Heimzugintensität im Jahr 2006 unbedeutend war, konnten Ende März/Anfang April 2007 wieder vergleichsweise viele Lachmöwen (maximal 63 in der Nacht des 28./29.3.2007) erfasst werden.

Da Lachmöwen von November bis März vorwiegend nachts registriert wurden, handelte es sich vermutlich überwiegend um Zugvögel (Abb. 10). Die von April bis September – überwiegend tagsüber – erfassten Rufe stammten eher von Vögeln, die auf der Plattform rasteten.

Sturmmöwe

Das im Vergleich zum Frühjahr (März bis April) vergleichsweise sehr geringe Vorkommen von Sturmmöwen bei FINO 1 in der Wegzugperiode (Oktober, Abb. 11) belegt, dass Sturmmöwen im Herbst offensichtlich nicht über das offene Meer, sondern eher an der Küste entlang fliegen (vgl. Hüppop et al. 2010). Nur der sommerliche Anfang des Wegzugs von Juli bis August wurde auf der Forschungsplattform erfasst. Ab Ende November bis Februar konnten dann Kälte-/Eisflüchter (vgl. Hüppop et al. 2010; Dierschke et al. 2011) aufgezeichnet werden.

Der Heimzug im Frühjahr 2005 fiel besonders stark auf. Hier zogen in der Nacht des 31.3./1.4.2005 mit 190 Individuen die meisten Sturmmöwen des Erfassungszeitraums an der Plattform vorbei, zeitgleich mit dem Maximum der Lachmöwe (s. o.). Auch in der Nacht des 28./29.3.2007 konnte mit 65 Individuen, wie bei der Lachmöwe, eine große Zahl von Vögeln akustisch erfasst werden.

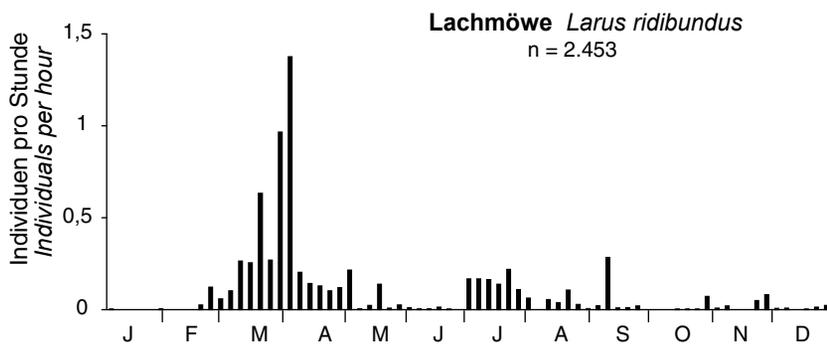


Abb. 9: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Lachmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.453). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Black-headed Gulls near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 2,453).

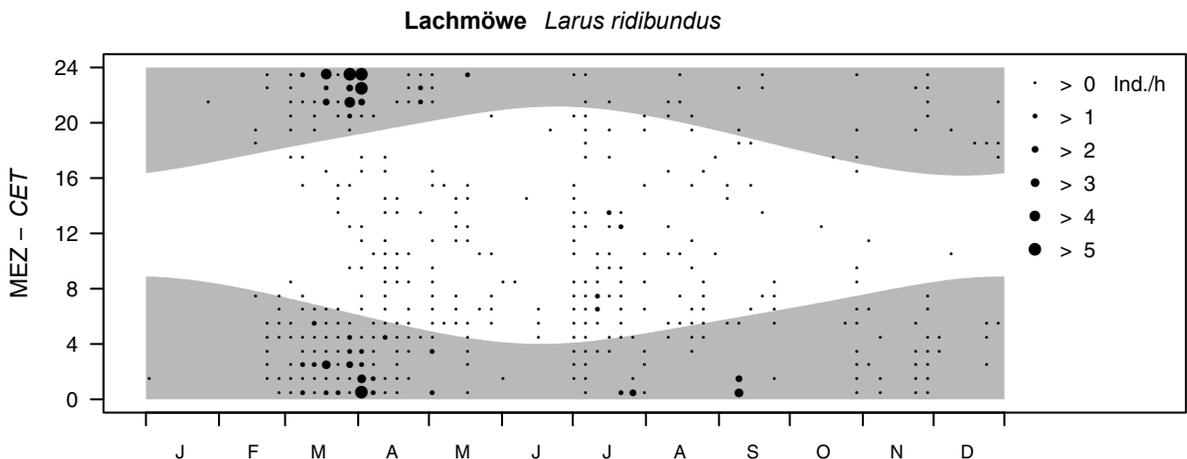


Abb. 10: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Lachmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.453). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Black-headed Gulls near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 2,453). Grey areas = period between sunset and sunrise.

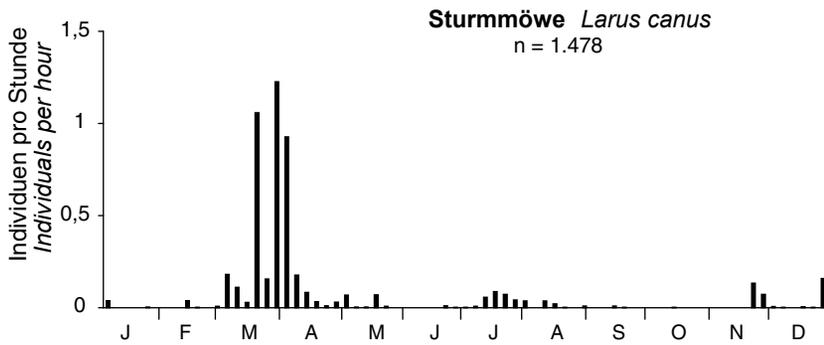


Abb. 11: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Sturmmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.478). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Common Gulls near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 1,478).

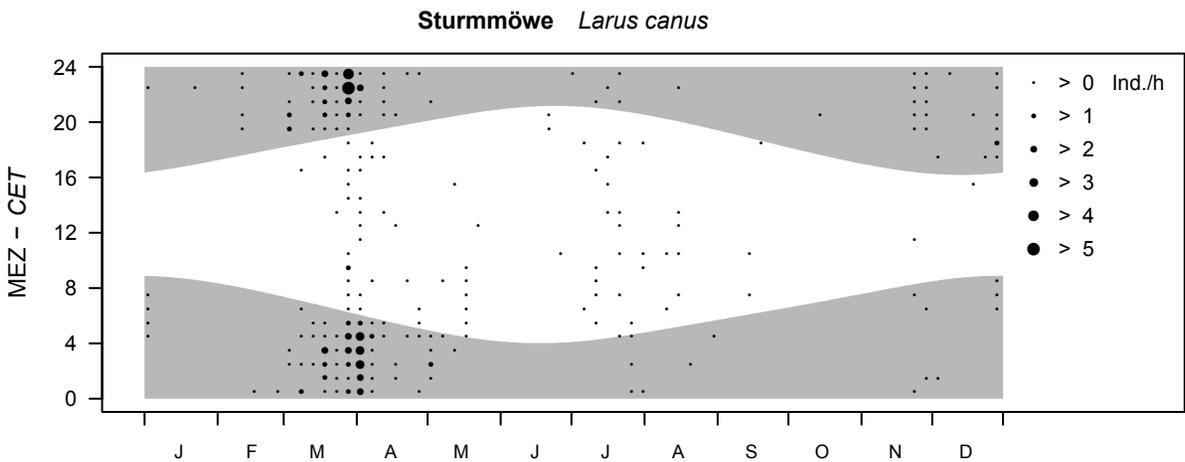


Abb. 12: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Sturmmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.478). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Black-headed Gulls near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 1,478). Grey areas = period between sunset and sunrise.

Die Sturmmöwe wurde in den Wintermonaten und bis Ende März fast ausschließlich nachts registriert (Zugvögel), die wenigen Individuen ab Ende März und v. a. in den Sommermonaten dagegen überwiegend tagsüber (vmtl. Rastvögel, Abb. 12).

Brandseeschwalbe

Brandseeschwalben wurden an der Forschungsplattform von Anfang April bis Anfang Oktober erfasst (Abb. 13). Das nur geringe Aufkommen im Juni wurde vermutlich von Brutvögeln aus den umliegenden Ko-

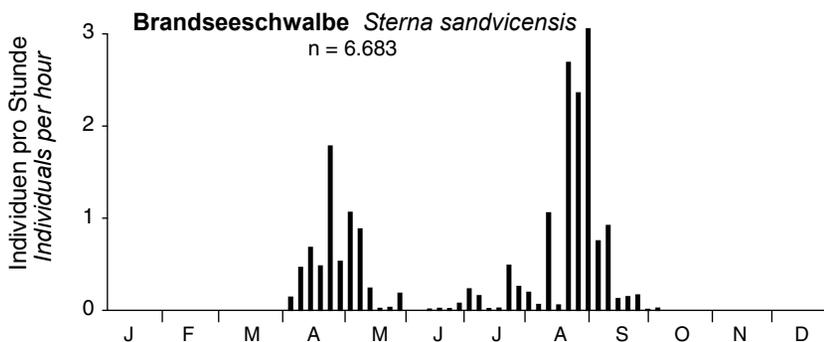


Abb. 13: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Brandseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 6.683). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Sandwich Terns near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 6,683).

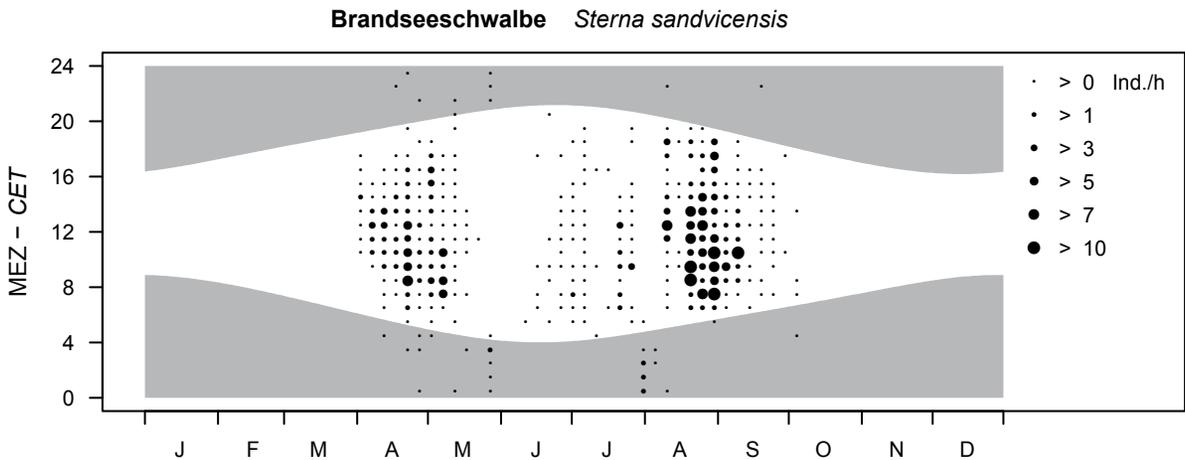


Abb. 14: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Brandseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 ($n = 6.683$). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Sandwich Terns near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 ($n = 6,683$). Grey areas = period between sunset and sunrise.

lonien gestellt. Die Vögel im Juli waren eher schon flügel Junge, die den Beginn des Wegzugs markieren (vgl. Dierschke et al. 2011). Die Wegzugperiode im Jahr 2004 war besonders auffällig: Allein vom 20.8. bis zum 2.9.2004 wurden mit 2.287 Individuen rund zwei Drittel aller innerhalb des Untersuchungszeitraums erfassten Brandseeschwalben verzeichnet. Maximal konnten 466 Individuen am 24.8.2004 (19 Ind./h) registriert werden. Mit 375 Individuen (16 Ind./h) war auch der 10.5.2006 als singuläres Ereignis herausragend.

Während der Zugzeiten wurden größere Anzahlen, an einzelnen Tagen mehr als 50 Ind./h (im Pentadenmittel mehr als 10 Ind./h), erfasst. Dabei wurden fast alle Individuen tagsüber deutlich außerhalb der Dämmerungsphasen und nur wenige nachts aufgezeichnet (Abb. 14). Die meisten der tagsüber erfassten Vögel waren vermutlich zu den Zugzeiten ziehende Vögel und im Sommer Brutvögel bzw. Jungvögel aus den Kolonien auf den küstennahen Inseln (vgl. Garthe & Flore 2007), die auf der

Plattform rasteten. Die wenigen nächtlichen Erfassungen, die nur zu den Zugzeiten erfolgten, stammten wohl eher von fliegenden Brandseeschwalben.

Fluss- und Küstenseeschwalbe

Fluss- und Küstenseeschwalben *Sterna hirundo/paradisaea* mussten in dieser Auswertung zusammengefasst werden, weil sie anhand ihrer Flugrufe nicht zuverlässig unterschieden werden können. Da die Phänologie der Fluss/Küstenseeschwalben bei FINO 1 (Abb. 15) aber gut mit der anhand von Sichtbeobachtungen (Seawatching) für die Flusseeeschwalbe ermittelten übereinstimmt (vgl. Hüppop et al. 2010), ist anzunehmen, dass es sich auch bei FINO 1 überwiegend um Flusseeeschwalben gehandelt hat. Im Gegensatz zum Wegzug von Juli bis September war der Heimzug im April und Mai, bis auf einen einzigen Tag, dem 31.5.2007 mit 357 Individuen (entsprechend 15 Ind./h), nur sehr schwach ausgeprägt. Drei sehr hohe Werte konnten im Herbst

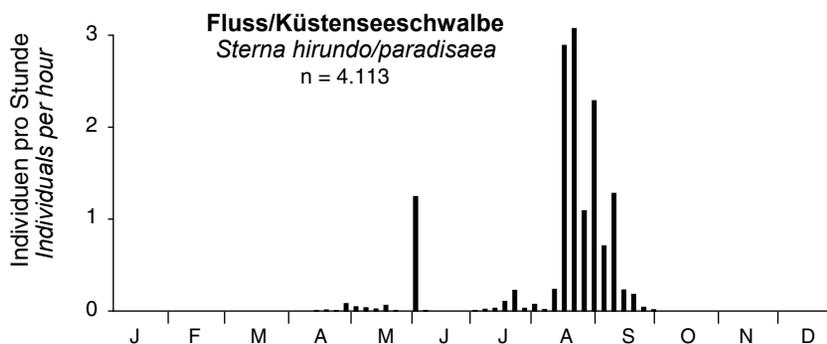


Abb. 15: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Fluss/Küstenseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 ($n = 4.113$). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Common/Arctic Terns near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 ($n = 4,113$).

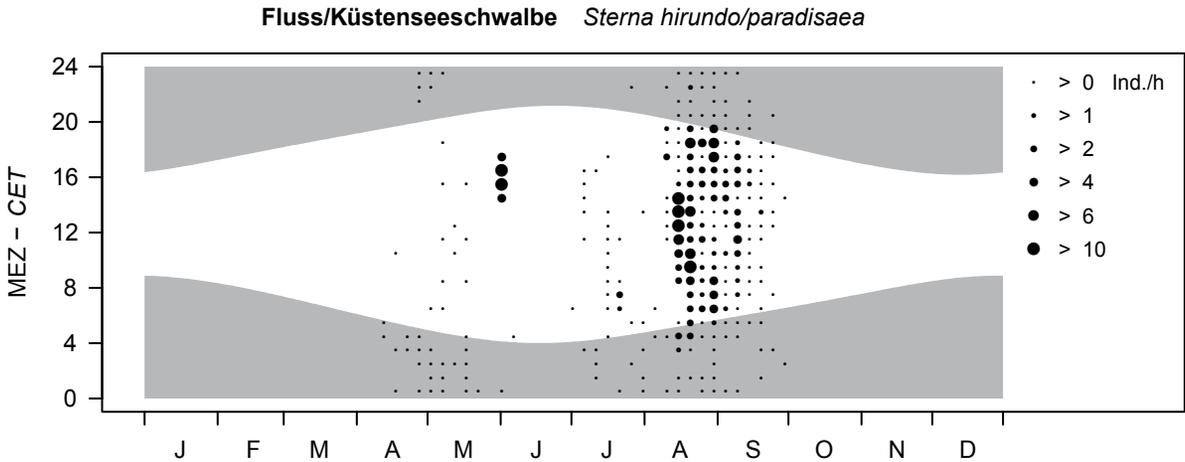


Abb. 16: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Fluss/Küstenseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 4.113). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – *Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Common/Arctic Terns near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 4,113). Grey areas = period between sunset and sunrise.*

verzeichnet werden: 317 Individuen am 17.8.2005 (13 Ind./h) sowie 339 Individuen am 23.8.2005 und 340 Individuen am 29.8.2006 (jeweils 14 Ind./h).

Für den hohen Pentadenmittelwert Anfang Juni waren ausschließlich vier sehr individuenreiche Tagstunden am 31.5.2007 verantwortlich (Abb. 16), an denen vermutlich viele Vögel auf der Forschungsplattform rasteten oder diese umflogen. Während davor zur Heimzugzeit die meisten der nur wenigen Individuen in der Nacht registriert wurden, verteilten sie sich im Juli und in der Wegzugzeit überwiegend auf die Tagstunden. Mitte August gab es höchste Zahlen in den Mittagsstunden, Ende August eher in den Morgen- und Abendstunden.

Star

Die auf FINO 1 erfassten Stare konzentrierten sich auf März bis Mitte April und auf Oktober bis November. Die wenigen Individuen im Juni und Juli können auf Zwischenzug, vor allem von Jungvögeln, zurückgeführt

werden (vgl. Dierschke et al. 2011). Die Art der aufgezzeichneten Rufe, aber auch direkte bzw. über Video erfolgte Beobachtungen deuten darauf hin, dass viele Stare auch auf der Plattform rasten, so dass Zug und Rast anhand der Rufe oft nicht zu differenzieren sind.

Im Gegensatz zu den Drosseln gab es beim Star auf FINO 1 nur eine einzige individuenreiche Pentade Ende Oktober (Abb. 17). Hierfür war wiederum nur eine einzige sehr starke Nacht, die des 28./29.10.2005 mit 4.891 Individuen verantwortlich, in der von 21:00 bis 7:00 Uhr stündlich mehrere Hundert Individuen (maximal 600 Ind./h von 6:00 bis 7:00 Uhr) registriert wurden (Abb. 18). Auch sonst konnte der Star während der Zugzeiten überwiegend nachts, im Frühjahr vor allem in der zweiten Nachthälfte, im Herbst in der ganzen Nacht, erfasst werden. Aber auch tagsüber, im Sommer sogar fast ausschließlich, gab es häufig kleinere Anzahlen von möglicherweise auf der Plattform rastenden Vögeln (Abb. 18).

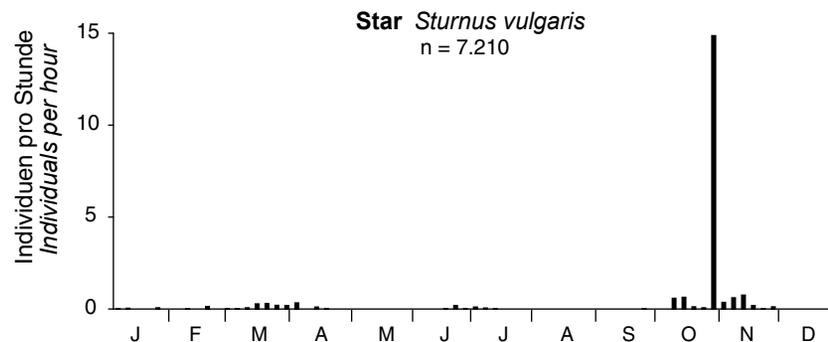


Abb. 17: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Stare nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 7.210). – *Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Starlings near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 7,210).*

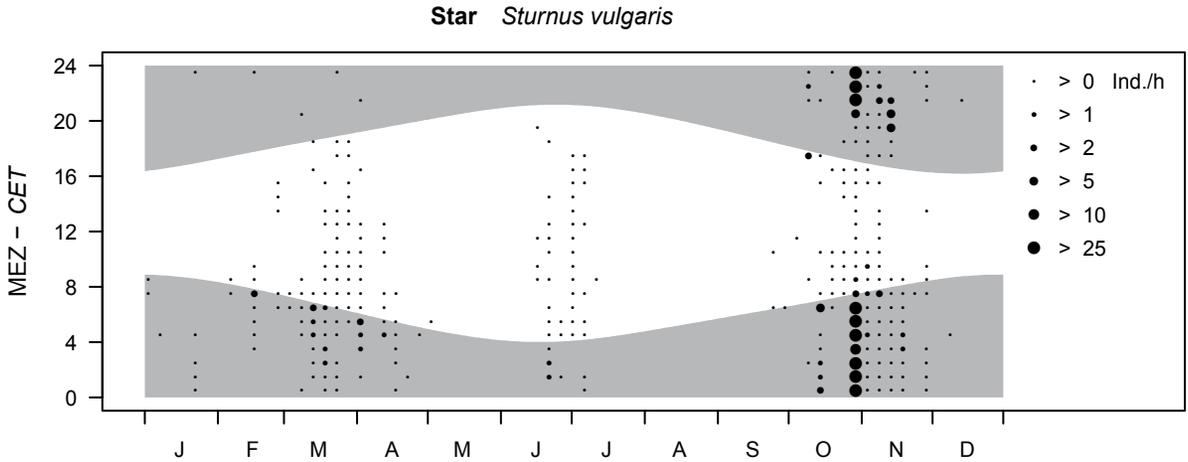


Abb. 18: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Stare nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 7.210). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Starlings near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 7,210). Grey areas = period between sunset and sunrise.

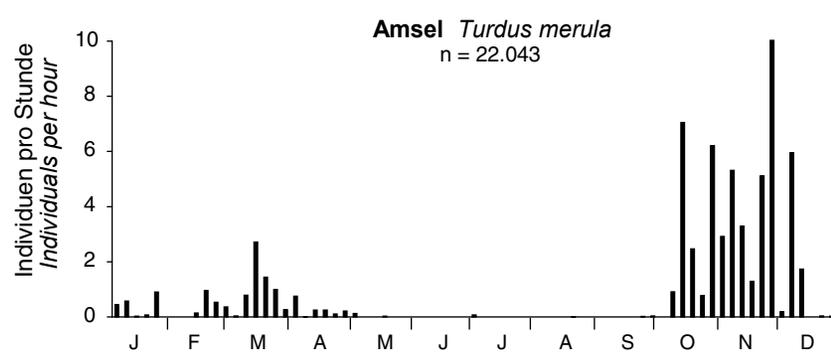


Abb. 19: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Amseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 22.043). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Blackbirds near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 22,043).

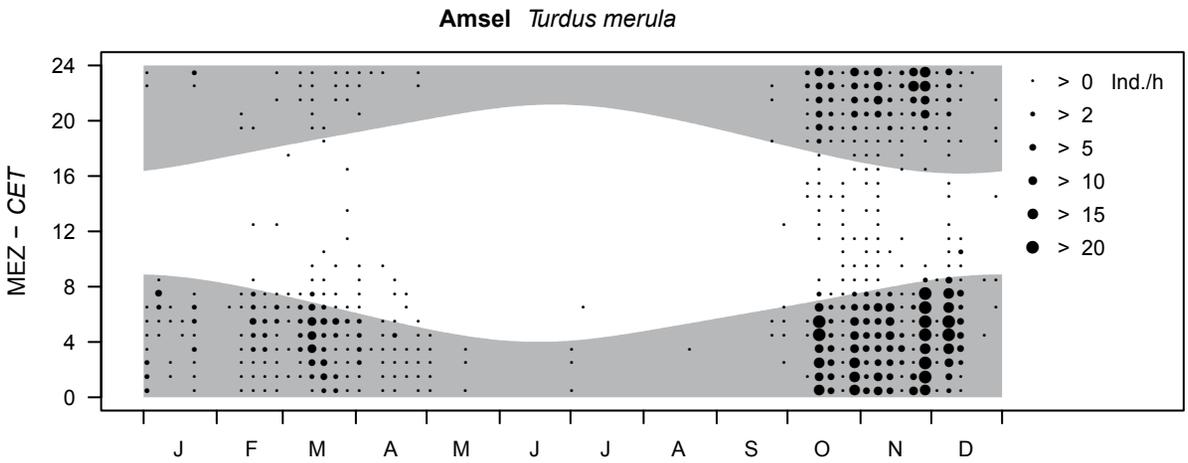


Abb. 20: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Amseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 22.043). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Blackbirds near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 22,043). Grey areas = period between sunset and sunrise.

Amsel

Das Vorkommen von Drosseln als ausgesprochene Nachtzieher (Dorka 1966) über der Deutschen Bucht konnte mit der akustischen Erfassungsmethode auf der Forschungsplattform gut dokumentiert werden. Allein mit Tagbeobachtungsmethoden (Hüppop et al. 2010) ist der Drosselzug nicht repräsentativ zu erfassen.

Bei der Amsel wurden auf dem Heimzug von Mitte Februar bis April wesentlich weniger Individuen erfasst als auf dem Wegzug von Oktober bis Mitte Dezember, vereinzelt bis Ende Januar (vgl. Dierschke et al. 2011). Die sehr starke Nacht des 28./29.11.2006 mit 1.466 Individuen (entsprechend 61 Ind./h), in der zwischen 20:00 und 7:00 Uhr im Mittel 76 Ind./h registriert wurden, ist verantwortlich für die hohe Säule Ende November (Abb. 19). Weiterhin gab es noch 16 starke Nächte im Herbst mit mehr als 500 Individuen, während das Maximum im Frühjahr bei 394 Individuen in der Nacht des 17./18.3.2005 lag, in der von 0:00 bis 6:00 Uhr im Mittel 64 Ind./h erfasst wurden.

Die tageszeitliche Verteilung der Amseln bei der Forschungsplattform ergibt sich entsprechend ihrer vorwiegend nächtlichen Zugweise (Abb. 20): Die überwiegende Zahl wurde ab 20:00 Uhr mit einem abrupten Ende in der Morgendämmerung und nur vereinzelt tagsüber registriert (möglicherweise einzelne auf der Plattform rastende Amseln). Die erfassten Rufe der im Zuge von Kälteflucht im Januar wegziehenden Amseln beschränkten sich ebenfalls auf die Dunkelphase.

Wacholderdrossel

Die im Vergleich zu den anderen Drosselarten relativ selten erfasste Wacholderdrossel wurde auf FINO 1 im Herbst von Mitte Oktober bis Mitte Dezember registriert (Abb. 21). Wie beim Star gab es Ende Oktober einen sehr hohen Pentadenmittelwert, allerdings war hierfür allein die starke Nacht vom 29. auf den 30.10.2004 mit 290 Individuen verantwortlich (beim Star 28./29.10.2005). Das Vorkommen von Wacholderdrosseln war im Frühjahr deutlich schwächer und auf die

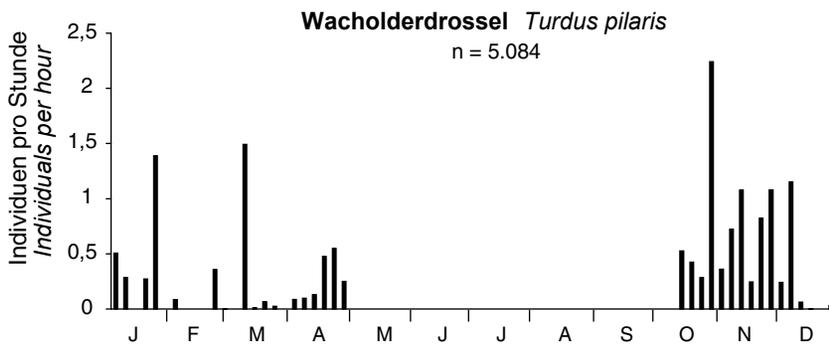


Abb. 21: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wacholderdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 5.084). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Fieldfares near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 5,084).

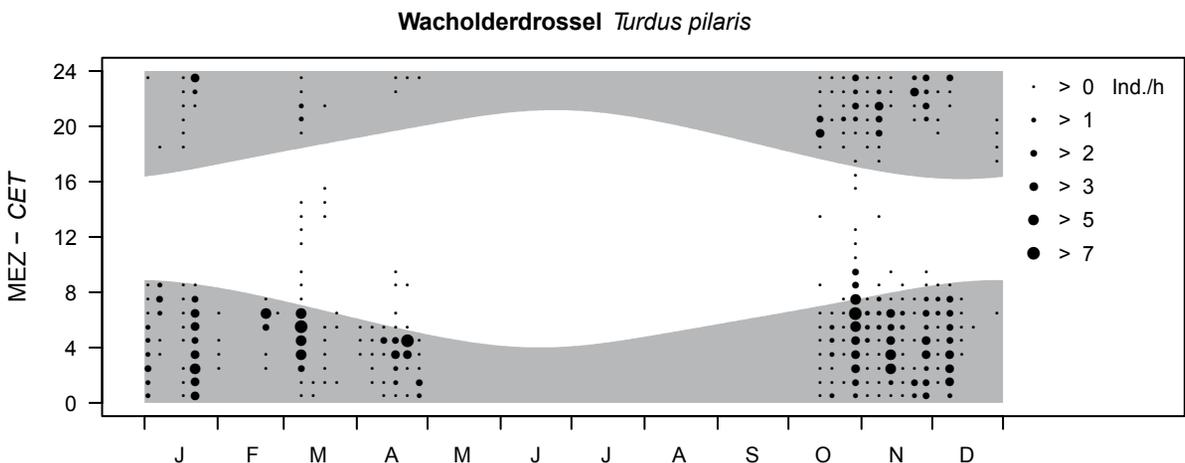


Abb. 22: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wacholderdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 5.084). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Fieldfares near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 5.084). Grey areas = period between sunset and sunrise.

Zeit von März bis April beschränkt. Von Dezember bis Februar konnte manchmal später Wegzug verzeichnet werden, maximal 327 Vögel in der Nacht vom 21. auf den 22.1.2006, die anscheinend starken Schneefällen verbunden mit auf Minusgrade fallenden Temperaturen in Südsandinavien auswichen.

Die Wacholderdrossel wurde ebenfalls überwiegend nachts registriert (Abb. 22) und zwar vor allem in der zweiten Nachthälfte, weniger in den ersten Stunden nach Sonnenuntergang und kaum am Tag. Maximal konnten in einer Stunde 120 Individuen zwischen 5:00 und 6:00 Uhr am 7.3.2007 verzeichnet werden. Auch die insgesamt stärkste Nacht vom 6. auf den 7.3.2007 mit 380 Individuen beruht allein auf einem starken Aufkommen erst in den letzten vier Nachtstunden. Im Winter wurden Wacholderdrosseln ausschließlich nachts festgestellt. Wenige starke Nächte wechselten hier mit längeren Zeiträumen schwachen oder gar fehlenden Vorkommens ab.

Singdrossel

Insbesondere im Herbst, aber auch im Frühjahr gab es mehrere Schübe von wenigen Tagen/Nächten mit starkem Vorkommen der Singdrossel bei der Plattform und insgesamt 19 Nächte mit mehr als 100 Individuen. Da diese Schübe von Jahr zu Jahr zeitlich jedoch deutlich variierten, entstanden im zusammenfassenden Pentadendiagramm dennoch durchgehende Zugzeiten, die von Mitte März bis Anfang Mai und Wegzug von Ende September bis Ende November reichen (Abb. 23). Mitte Oktober war die Häufigkeit am größten, dabei konnten insbesondere im Jahr 2006 mehrere sehr starke Nächte mit maximal 512 Individuen in der Nacht des 12./13.10.2006 (und noch weiteren 349 Vögeln in der übernächsten Nacht) verzeichnet werden. Auffällig sind das steile Ende der frühjährlichen und der abrupte Beginn des herbstlichen Vorkommens an der Plattform. Winterbewegungen konnten nur sporadisch nachgewiesen werden.

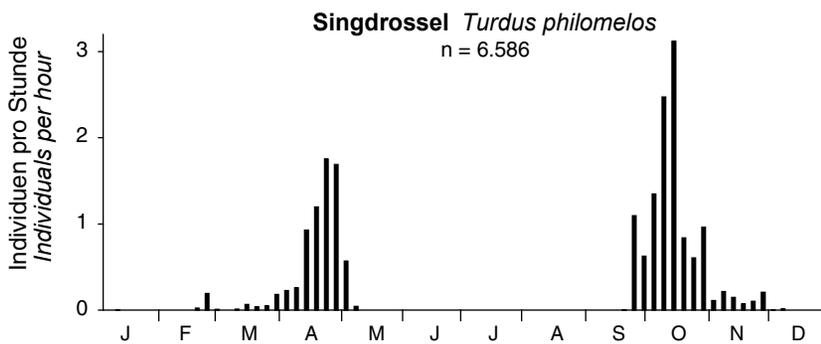


Abb. 23: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Singdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 6.586). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Song Thrushes near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 6,586).

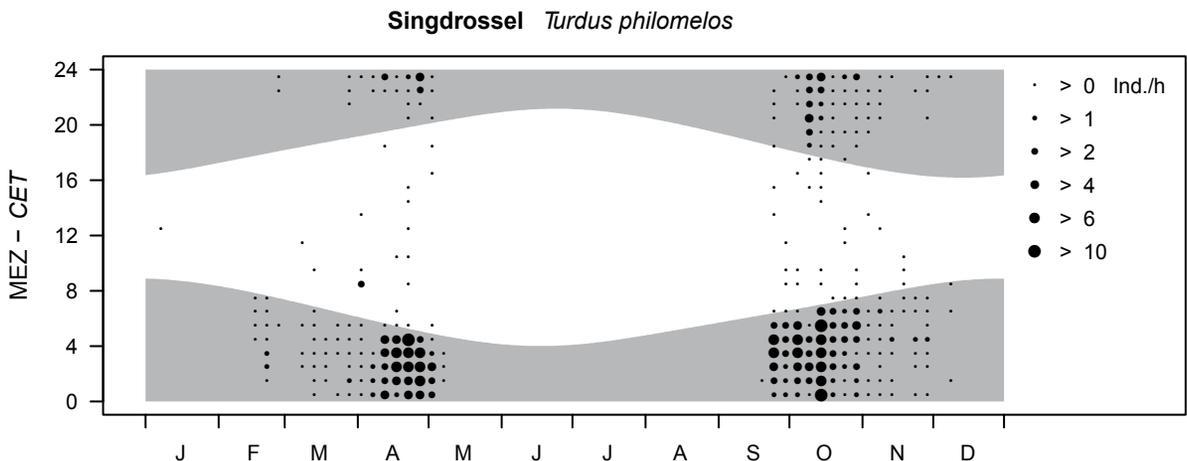


Abb. 24: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Singdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 6.586). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Song Thrushes near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 6.586). Grey areas = period between sunset and sunrise.

Auch diese Art ist ein ausgesprochener Nachtzieher (Abb. 24 und Dorka 1966). Starkes Aufkommen setzte allerdings meist erst nach Mitternacht ein und endete im Morgengrauen. Maximal wurden 108 Ind./h am 19.4.2005 zwischen 2:00 und 3:00 Uhr verzeichnet. Wesentlich geringer war die Häufigkeit in den ersten Stunden nach Sonnenuntergang und noch geringer tagsüber.

Rotdrossel

Das Vorkommen der Rotdrossel bei FINO 1 ist charakterisiert von einem starken Ungleichgewicht zwischen Frühjahr und Herbst (Abb. 25). Von allen Drosseln ist die Dominanz des Wegzugs bei der Rotdrossel am stärksten. Dennoch waren bei dieser mit 29 % am häufigsten im Projekt erfassten Art auch im Frühjahr nicht unerhebliche Häufigkeiten zu verzeichnen (maximal 327 Individuen am 17.3.2006). Wesentlich eindrucksvoller jedoch sind die Zahlen für den Herbst mit vier nächtlichen Summen von mehr als 1.000 und

16 von mehr als 500 Individuen. Maximal wurden 1.439 in der Nacht vom 31.10. auf den 1.11.2005 erfasst. Wie bei Amsel und Wacholderdrossel wurde eine nicht unerhebliche Zahl später Individuen im Dezember und Januar festgestellt (Kälteflucht).

Die Rotdrossel wurde überwiegend nachts, manchmal auch in den ersten Morgenstunden erfasst (Abb. 26). Wie die anderen Singvögel wurden Rotdrosseln nur in wenigen Nächten registriert, dann aber meist in großer Zahl und ununterbrochen. Als Stundenmaximum wurden 278 Ind./h zwischen 1:00 und 2:00 Uhr am 1.11.2005 sowie weitere 47 Stunden mit mehr als 100 Ind./h verzeichnet.

Wiesenpieper

Der Wiesenpieper ist nach den Drosseln und dem Star der am häufigsten registrierte Singvogel, wenn auch nur mit 1,1 % aller identifizierten Individuen. Die Häufigkeit im Frühjahr und im Herbst war annähernd ausgegli-

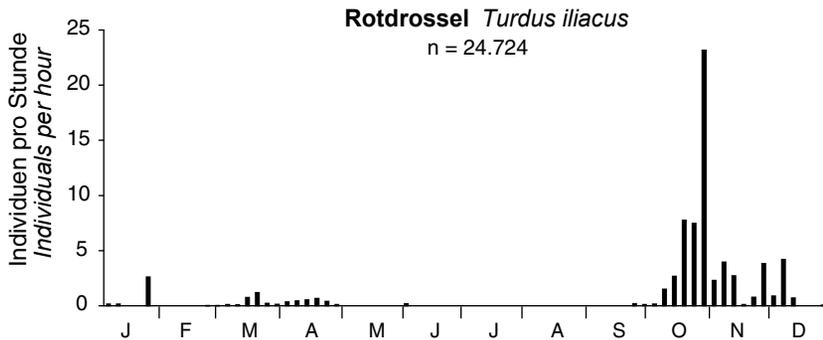


Abb.25: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 24.724). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Redwings near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 24,724).

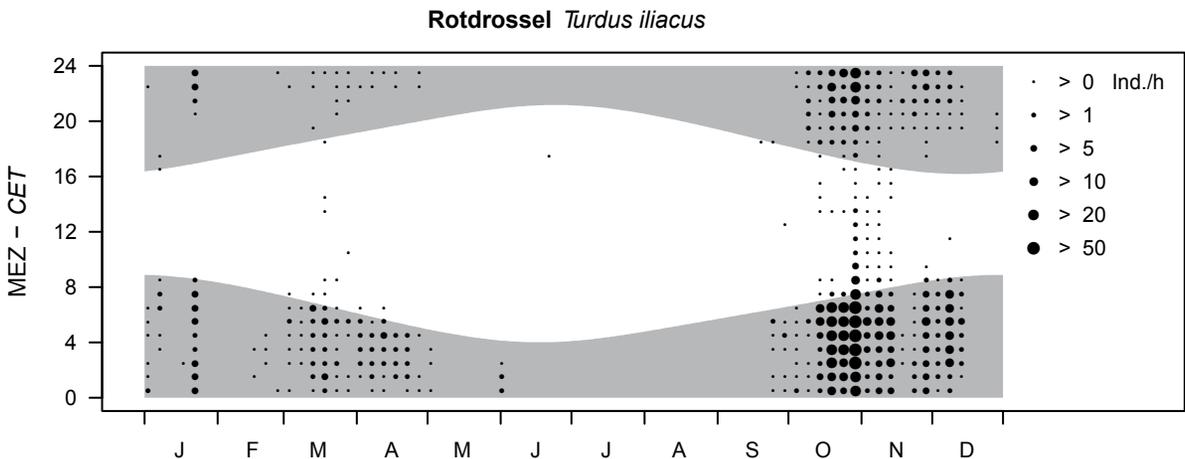


Abb. 26: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 in jeder Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 24.724). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Redwings near the research platform FINO 1 in each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 24,724). Grey areas = period between sunset and sunrise.

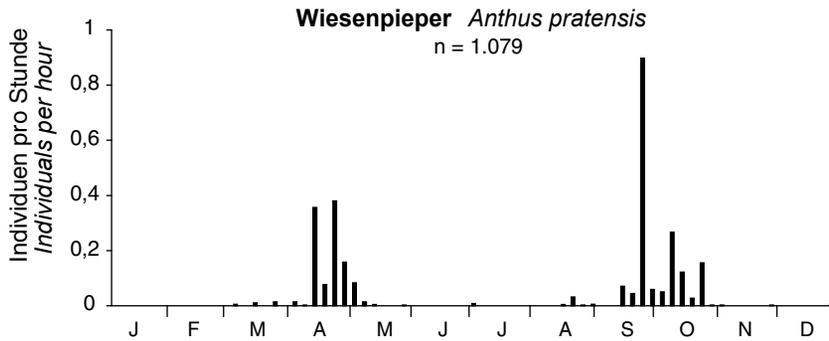


Abb. 27: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wiesenieper nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.079). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Meadow Pipits near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 1,079).

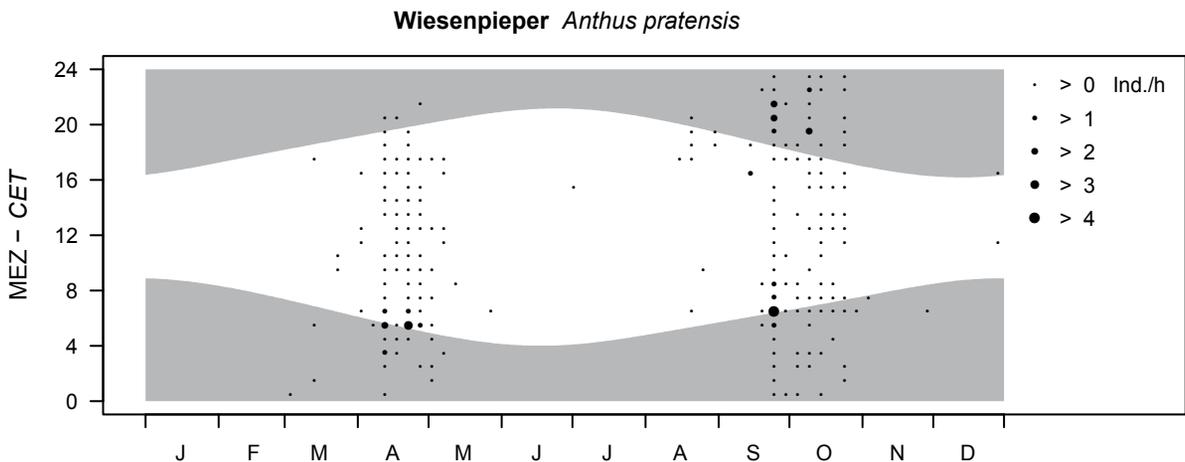


Abb. 28: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wiesenieper nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.079). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Meadow Pipits near the research platform FINO 1 for each hour (CET) from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 1,079). Grey areas = period between sunset and sunrise.

chen. Die auffälligsten Zugperioden waren das Frühjahr 2005 und der Herbst 2006, in denen an zwei Tagen sogar mehr als 100 Wiesenieper an der Plattform registriert wurden, 113 am 14.4.2005 und 148 am 25.9.2006. An weiteren zwei Tagen im Frühjahr 2005 und drei Tagen im Herbst 2006 konnten noch mehr als 25 Individuen verzeichnet werden. Diese Ereignisse spiegeln sich im Pentadendiagramm als vergleichsweise hohe Säulen wider (Abb. 27).

Neben wenigen größeren Stundensummen wurden überwiegend nur einzelne oder wenige Individuen pro Stunde registriert, und zwar überwiegend tagsüber. Aber auch in den Stunden vor Sonnenaufgang in beiden Jahreszeiten sowie in den Stunden nach Sonnenuntergang im Herbst flogen Wiesenieper bei FINO 1 über die offene See (Abb. 28). Das höchste Aufkommen konnte in einzelnen Stunden gegen Sonnenaufgang verzeichnet werden, am stärksten zwischen 5:00 und 6:00 Uhr sowohl am 14.5.2005 (53 Individuen) als auch am 22.4.2006 (50). Dennoch ist der Punkt für 6:00 bis

7:00 Uhr in der zweiten Septemberhälfte (Abb. 28) am größten, da über den gesamten Erfassungszeitraum in dieser Pentade die Summe der zu dieser Uhrzeit erfassten Individuen (insgesamt 62) am höchsten war.

Diskussion

Quantitative Aussagekraft der akustischen Erfassungsmethode

Schon Gätke (1891) war bewusst, dass der Mensch mit seinen Sinnen nur einen geringen Teil des Zuggeschehens wahrnehmen kann. Dies gilt besonders für die Dunkelfase und natürlich auch für technische Erfassungsmethoden. Eine allumfassende Methode zur Erfassung des Vogelzugs gibt es nicht (Alerstam 1990; Desholm et al. 2006; Hill & Hüppop 2007). Können mittels unserer automatisierten Ruferfassung überhaupt verlässliche Angaben über das Vorkommen von Vögeln über See gewonnen werden, sind die Phänologien repräsentativ und die artspezifischen Anteile realistisch?

Bei dieser Beurteilung sind sowohl biologische als auch technische Aspekte zu berücksichtigen.

Generell kann es zunächst im interspezifischen Vergleich aus unterschiedlichen Gründen zu Fehleinschätzungen kommen:

- 1) Viele Vogelarten sind während des Zuges weitgehend stumm (Farnsworth 2005), und können daher mit akustischen Verfahren nicht erfasst werden, auch wenn sie sich in Reichweite des Mikrofons befinden. Unter den europäischen Singvögeln gilt dies vor allem für die Langstreckenzieher (Dorka 1979). Von den alljährlich in großer Zahl die Deutsche Bucht überfliegenden Arten dieser Gruppe (z. B. Dierschke et al. 2011) rufen lediglich Schafstelzen *Motacilla flava* (inkl. *M. thunbergi* u. a.), Baumpieper *Anthus trivialis* (Dierschke 1994) und Schwalben. Tatsächlich wurden in der vorliegenden Untersuchung fast ausschließlich Rufe von Kurz/Mittelstreckenziehern identifiziert. Selbst innerhalb von Artengruppen gibt es ruffreudige und weniger ruffreudige Arten (z. B. Rotschenkel vs. Kampfläufer *Philomachus pugnax* und Kurzschnabelgans *Anser brachyrhynchus* vs. Saatgans *A. fabalis*).
- 2) Wie jeder Feldornithologe weiß, gibt es deutliche Unterschiede in der Lautstärke der Rufe verschiedener Arten (konkrete Messungen fehlen allerdings, vgl. z. B. Brackenbury 1979; Gillooly & Ophir 2010). Die meisten Limikolen und Gänse rufen viel lauter als Singvögel und können somit über weitere Distanzen erfasst werden. Wir hatten zwar keine Möglichkeit, die „Erfassungsweite“ unserer Anlage zu ermitteln, gehen aber davon aus, dass die Rufe von Kleinvögeln allenfalls wenige hundert Meter weit zu „hören“ sind (Evans und Mellinger 1999; Farnsworth et al. 2004). Sie sind also in der vorliegenden Untersuchung unterrepräsentiert, zumal leise Rufe zudem eher durch Windgeräusche maskiert werden als laute.
- 3) Unterschiedlich sind auch die von den Arten bevorzugten Flughöhen (Hüppop et al. 2004), so dass bevorzugt niedrig fliegende Arten vergleichsweise häufiger, höher fliegende wie z. B. Limikolen dagegen relativ selten erfasst werden.

Auch innerhalb einer Art kann es aus folgenden Gründen zu einer Unterschätzung des tatsächlichen Vorkommens im Erfassungsbereich kommen:

- 1) Mit der Ruferfassung wird - im Gegensatz zur visuellen Erfassung - nur der rufende Anteil aller niedrig fliegenden Vögel registriert. Innerhalb eines Trupps nimmt zudem - zumindest tagsüber - die Rufintensität mit zunehmender Trupfgröße ab (Dierschke 1994).
- 2) Auch wenn die Ergebnisse verschiedener Methoden belegen, dass die höchsten Anteile von Flugbewegungen in den unteren 200 m über dem Meer stattfinden (Hüppop et al. 2009), fliegen viele Vögel bei guten Flugbedingungen (kein Niederschlag, gute Sicht, geringe Windstärke und Rückenwind) außer-

halb des Erfassungsbereichs des Mikrofons und rufen zudem vermutlich wenig.

- 3) Im Gegensatz zum optischen Erfassungsraum bei Sichtbeobachtungen sind Größe und Form des akustischen Erfassungsraumes von der Ausrichtung des rufenden Vogels zum Mikrophon (vgl. Larsen & Dabelsteen 1990; Brumm 2002) sowie von Windrichtung und Windstärke abhängig.

Aber auch eine Überschätzung des artspezifischen Vorkommens ist möglich:

- 1) Vögel, die im Erfassungsbereich rasten (z. B. Möwen, Seeschwalben und Stare), dabei immer wieder auf-fliegen und um das Mikrophon kreisen, können mehrfach registriert werden und somit fälschlich eine erhöhte Individuenzahl vortäuschen. Tatsächlich wurden auf der Plattform außerhalb der Zugzeiten, insbesondere im August, tagsüber besonders viele Rufe von rastenden Brandseeschwalben registriert.
- 2) Die Flughöhe und somit die Entfernung zum Mikrophon ist wetterabhängig. Bei Gegenwind, Regen oder schlechter Sicht (oder einer Kombination dieser Umstände) fliegen Vögel in der Regel niedriger (Able 1970; Alerstam 1990; Gruber & Nehls 2003; Hüppop et al. 2004; Aumüller et al. 2011) und damit eher in Reichweite des Mikrofons. Außerdem übt die beleuchtete Forschungsplattform - v. a. nachts - eine hohe Anziehungskraft aus, so dass besonders viele Vögel in die Reichweite des Mikrofons kommen und auffällig viele Individuen registriert werden. Tatsächlich wurden an der Forschungsplattform vor allem bei ungünstigen Flugbedingungen Vogelrufe registriert (Aumüller et al. 2011; Hüppop & Hilgerloh 2012). Eine derart herausragende Zugnacht war die vom 28. auf den 29.10.2005, in der allein 5 % aller aufgezeichneten Rufe gezählt wurden. Zwar nimmt die Zahl der registrierten Rufe nachts ziehender Vögel in Verbindung mit zunehmendem Bedeckungsgrad, absinkender Wolkenhöhe sowie einsetzendem Nebel oder Nieselregen zu (Drost 1960; Dierschke 1989; Evans 2005; Graber & Cochran 1960; Farnsworth 2005; Hüppop & Hilgerloh 2012). Doch ist oft unklar, ob tatsächlich die einzelnen Individuen häufiger rufen oder ob die Vögel nur wegen ihrer geringeren Entfernung zum Mikrophon, z. B. aufgrund von Lichtattraktion, zahlreicher erfasst werden. Zudem umkreisen desorientierte Vögel oftmals ein beleuchtetes Objekt (Drost 1960; Larkin & Frase 1988) und werden dann möglicherweise mehrfach erfasst.

Wie mit anderen Erfassungsmethoden ist also auch mit der akustischen Aufzeichnung eine vollständige Quantifizierung des Vogelauftkommens nicht möglich. Allerdings ist die Zahl der registrierten Rufe ein gutes Maß für das Vorkommen von Vögeln in Plattformnähe (Hüppop & Hilgerloh 2012). Dies ist in Hinblick auf die Beurteilung des Kollisionsrisikos (s. u.) nicht unerheblich.

Artspezifische Rufaktivität

Auch wenn die vorliegenden Daten von der Forschungsplattform FINO 1 nur die plattformnahen niedrig fliegenden und rufenden Vögel betreffen, wurde eine überraschend hohe Zahl von Arten erreicht. So werden auf der 85 km ostnordöstlich gelegenen Insel Helgoland trotz wesentlich höherer Beobachtungsintensität (visuell und akustisch, ganzjähriger Fang) und einem weit vielfältigeren Rastplatzangebot jährlich auch „nur“ knapp 250 Arten registriert (z. B. Dierschke et al. 2010).

Die beobachteten Jahres- und Tagesgänge haben je nach Art einen unterschiedlichen Verlauf mit verschiedenen Höhepunkten. In aufgelöster Darstellung werden auch Schübe deutlich (siehe Hüppop et al. 2009). Die erstellten artspezifischen Phänologien stimmen trotz der oben dargestellten methodischen Einschränkungen im Großen und Ganzen mit den bekannten Zugzeiten der einzelnen Arten im Offshore-Bereich der Deutschen Bucht gemäß Fangzahlen sowie Zugplan- und Zufallsbeobachtungen überein (vgl. für Helgoland Hüppop & Hüppop 2004; Hüppop et al. 2010; Dierschke et al. 2011). So spiegelt beispielsweise das Vorkommen der Rotdrossel bei der Plattform gemäß der Ruferfassung das für Helgoland (Hüppop & Hüppop 2004; Dierschke et al. 2011), aber auch für die niedersächsische Küste (Zang 2005), typische starke Auftreten im Herbst bei weit geringeren Zahlen während des Frühjahrs wider, während im norddeutschen Binnenland auch ein deutlicher Frühjahrgipfel zu beobachten ist (Hüppop 1979; Zang 2005). Darüber hinaus sind mit der Ruferfassung vor allem zusätzliche Kenntnisse über das nächtliche Vorkommen der einzelnen Arten im Offshore-Bereich zu gewinnen. Dies ist insbesondere in Hinblick auf die Einschätzung des Kollisionsrisikos an beleuchteten anthropogenen Strukturen von wesentlicher Bedeutung (Drewitt & Langston 2008; Ballasus et al. 2009; Longcore et al. 2008).

Im Herbst, aber auch im späteren Frühjahr, begann die besonders rufintensive Zeit ca. ein bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang. Dies ist gut damit zu erklären, dass Nachtzieher etwa eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang aufbrechen (Alerstam 1990) und nach der Tagesrast am Festland erst um diese Zeit die Plattform erreichen. Das Aufkommen der Nachtzieher nahm auf der Forschungsplattform im Verlauf der Nacht zu und erreichte höchste Werte in den frühen Morgenstunden. Das steht zwar im Widerspruch zu Erfassungen mit Radar bzw. Wärmebildkameras nach denen der nächtliche Vogelzug sein Maximum schon vor Mitternacht hat (Alerstam 1976; Zehnder et al. 2001; Farnsworth et al. 2004), wird aber durch andere Studien bestätigt (Lowery and Newman 1955; Farnsworth et al. 2004). Zumindest war der Anteil aller nachts auf FINO 1 mit einer Wärmebildkamera erfassten Vögel mit 77 % (Hüppop et al. 2006) fast identisch mit den von uns gefundenen 79 %. Vermutlich führt eine Verminderung der

Flughöhe nach Mitternacht (Hüppop et al. 2004), möglicherweise auch zur Suche nach einem Rastplatz, trotz abnehmender Vogelzugintensität zur verstärkten Aufzeichnung von Rufen auf der Plattform. Bei Sonnenaufgang endete die rufintensive Phase meist abrupt, obwohl sich auch der Zug von Nachtziehern über See bis weit in den Tag hinein fortsetzen kann (Myres 1964; Gauthreaux 1971; Dierschke et al. 2011). Vögel, die dann unterwegs waren, wurden aber vielleicht nicht mehr von der Beleuchtung der Plattform angelockt (Ballasus et al. 2009; Hüppop et al. 2009; Aumüller et al. 2011) oder flogen nach dem Hellwerden höher, um sich an Landmarken zu orientieren („dawn ascent“ nach Myres 1964). Vermutlich rufen ziehende Vögel im Hellen zudem weniger als im Dunkeln (vgl. auch Farnsworth et al. 2004).

Mit anderen automatisierten Erfassungsmethoden wie Radar-, Wärmebild- und Videotechnik kann nur das generelle Vogelauftreten quantifiziert werden. Allenfalls sind über Größe, Habitus oder Flügelschlagmuster fast ausnahmslos nur Artengruppen identifizierbar (Desholm et al. 2006; Hill & Hüppop 2007; Hüppop 2007; Bruderer et al. 2010). Die genannten Methoden können visuelle und akustische Zugbeobachtungen bei Weitem nicht ersetzen, aber wesentlich ergänzen, teils durch ihre deutlich größere Reichweite, teils durch die Erfassungen während der Dunkelheit (Hüppop et al. 2004, 2009). Automatisiert ist derzeit nur mit einem Audiosystem die Erfassung des artspezifischen Vogelauftommens möglich - zumindest für rufende Arten.

Zur Abschätzung der Repräsentativität der Ruferfassungen auf FINO 1 bietet sich ein Vergleich mit den zeitgleich ermittelten Fangzahlen auf der ebenfalls im Offshore-Bereich der Deutschen Bucht gelegenen Insel Helgoland an. Hier werden, ebenso wie auf der Plattform, nur die schlussendlich niedrig fliegenden Vögel (und davon auch nur diejenigen, die im Fanggarten landen; vgl. Hüppop & Hüppop 2011) erfasst. Tatsächlich gibt es zumindest bei einigen Arten gute Zusammenhänge zwischen den nächtlichen Häufigkeiten auf der Plattform und den Summen der am jeweils folgenden Tag auf Helgoland gefangenen Vögel (was an anderer Stelle ausführlicher dargestellt werden soll). Wir können also davon ausgehen, dass die auf der Plattform erfassten Vögel zumindest den niedrig fliegenden Anteil der auf dem Zug rufenden Arten im jahreszeitlichen Verlauf des Vogelzugs reflektieren.

Aussichten für die Praxis

Da mit dem Audiosystem im Wesentlichen die niedrig und in der Nähe des Mikrofons fliegenden Vögel erfasst werden, ist die Ruferfassung geeignet, Rückschlüsse auf das Vorkommen von Vögeln in geringer Höhe bei ungünstigen Flugbedingungen zu ziehen, unter denen sie desorientiert sein können, beleuchtete Objekte gezielt anfliegen und möglicherweise durch Kollision gefährdet sind (Gauthreaux & Belser 2005; Longcore et al. 2008;

Ballasus et al. 2009). Ähnlich wie ein Leuchtturm übt die nachts aus Sicherheitsgründen hell beleuchtete Plattform FINO 1, insbesondere bei schlechtem Wetter (Gegenwind, Niederschlag und schlechte Sicht), eine hohe Anziehungskraft auf in der Nacht desorientierte Vögel aus, die wegen der Wetterbedingungen auf der Suche nach einem Rastplatz sind und daher niedrig fliegen. Entsprechend kann es bei widrigen Wetterbedingungen zu Massierungen von Vögeln um die Forschungsplattform (Hüppop & Hilgerloh 2012) oder andere anthropogene Strukturen sowie zu Kollisionen in nennenswerter Zahl (Hüppop et al. 2009; Aumüller et al. 2011) kommen.

Zur Verminderung und Vermeidung von Kollisionen erscheint die Erarbeitung von Vorhersagemodellen für starkes Vogelschlagrisiko und von Beleuchtungskonzepten besonders wichtig (Drewitt & Langston 2008; Ballasus et al. 2009). Neben dem größtmöglichen Verzicht auf beleuchtete Hindernisse in Gebieten mit bekannt starkem Vogelzug ist eine Optimierung der Beleuchtung – insbesondere ein Verzicht auf Dauerbeleuchtung (Evans et al. 2007; Ballasus et al. 2009; Longcore et al. 2008) - zu empfehlen. Da das Kollisionsrisiko von Vögeln und Fledermäusen bei nicht drehenden Rotoren tatsächlich geringer ist als bei drehenden (Tucker 1996; Baerwald et al. 2009), wäre eine vorübergehende Abschaltung in „gefährlichen Nächten“ angebracht, sobald dies technisch realisierbar ist. Aufzeichnungen mit einem Vertikalradar belegen, dass Vogelzug auch über der Deutschen Bucht meist in mehreren intensiven Schüben abläuft, wobei durchschnittlich drei bis vier Nächte starken Zugs mit jeweils einigen Nächten schwachen Zugs abwechseln (Hüppop et al. 2006 b, 2009). Wenn sich innerhalb einer Zugwelle die nächtlichen Flugbedingungen über See wesentlich verschlechtern, kommen besonders viele Vögel in den Erfassungsbereich des Audiosystems (Hüppop & Hilgerloh 2012). Daher wurde auch mit der akustischen Erfassung ein hohes Vogelaufkommen meist nur in Blöcken von wenigen Tagen/Nächten, meist sogar nur Stunden dokumentiert. Somit kommen gefährliche Situationen mit gleichzeitig hohem Vogelvorkommen und schlechten Wetterbedingungen zwar mehrfach pro Zugperiode, insgesamt aber recht selten vor.

Von nächtlicher Kollision sind offenbar besonders Drosseln betroffen: Ihr Anteil an den von Oktober 2003 bis Dezember 2007 durch Kollision an FINO 1 ums Leben gekommenen Vögeln beträgt 75 % (Hüppop et al. 2009), in einer Nacht Anfang November 2010 sogar 96 % (Aumüller et al. 2011). Bei anderen Konstellationen von intensivem Vogelzug und plötzlich einsetzendem schlechten Wetter sowie in anderen Jahreszeiten mögen auch andere Arten in nennenswerten Zahlen kollidieren. Zumindest bieten sich aber die von uns massenhaft registrierten Drosselarten für ein Frühwarnsystem während der Durchzugszeiten der Kurz- und Mittelstreckenzieher an. In Ergänzung zu einem Vorhersagemodell für die Vogelzugintensität (Ruhe 2001;

Shamoun-Baranes et al. 2008) wäre eine Erfassung des tatsächlichen Vogelaufkommens an einer Plattform oder einem anderen Hindernis sinnvoll. Voraussichtlich könnte eine solche Überwachung in naher Zukunft weitgehend automatisiert erfolgen, da Algorithmen zur Identifikation von (einfachen) Vogelstimmen bereits vorliegen und eingehende Audiosignale per Computer nahezu in Echtzeit z. B. nach den typischen Rufen von Rotdrossel und Amsel zu durchsuchen sind (Hill & Hüppop 2008; Frommolt et al. 2012).

Auch tagaktive Vögel sind möglicherweise gefährdet. Aufnahmen mit Überwachungskameras und Videoaufzeichnungen am Tage belegen hohes Rastaufkommen von Vögeln auf FINO 1 und damit die große Attraktivität anthropogener Konstruktionen im offenen Meer insbesondere für einige See- und Küstenvogelarten (Hüppop et al. 2009). Gerade tagsüber und auch bei gutem Wetter werden derartige Strukturen von Vögeln offenbar gezielt als Rastplatz angefliegen (Hüppop et al. 2008). Handelt es sich dabei um aktive WEA, so ist mit einem größeren Gefährdungspotenzial vor allem für Möwen und Seeschwalben zu rechnen als auf einer unbeweglichen Plattform (Everaert & Stienen 2007). Deutschland trägt eine hohe internationale Verantwortung insbesondere für den Schutz der von uns in großer Zahl registrierten Brandseeschwalbe (Garthe & Flore 2007).

Zusammenfassung

Im Hinblick auf potenzielle Standorte für Offshore-Windenergieanlagen und die von ihnen ausgehende mögliche Gefährdung von Vögeln ist es erforderlich, die Kenntnisse über den Vogelzug über See - insbesondere über den nächtlichen - zu erweitern. Im Rahmen einer umfassenden ökologischen Begleitforschung zur Offshore-Windenergienutzung wurden daher auf einer Forschungsplattform in der südöstlichen Nordsee auch die Rufe von Vögeln automatisch erfasst. Die genaue Artzugehörigkeit insbesondere nachts ziehender Vögel automatisch zu erfassen und zu bestimmen, ist bis auf wenige Ausnahmen nur anhand von Rufen möglich. Hier wird erstmals das artspezifische Vogelaufkommen in der Nähe einer anthropogenen Offshore-Struktur im gesamten Tages- und Jahresverlauf dargestellt (Pentadenmittel von zwölf Arten).

Von 2004 bis 2007 wurden insgesamt 100 Arten identifiziert und die Rufe von 95.318 Individuen (ohne Großmöwen) analysiert. Drei Viertel aller Registrierungen betrafen Passeres (überwiegend Drosseln), ferner wurden vor allem Limikolen, Seeschwalben und Kleinmöwen nachgewiesen. 79,4 % aller Individuen wurden in der Nacht registriert. Hohe Individuenzahlen, meist von vielen Arten gleichzeitig, konzentrierten sich oft auf wenige Tage/Nächte oder gar Stunden. Zur Zugzeit war das Vogelaufkommen wesentlich höher als zur Heimzugzeit, maximal wurden in der Nacht vom 28. auf den 29.10.2005 über 5.236 Vögel (entsprechend 392 Ind./h) verschiedener Arten identifiziert. Die Zugzeiten der Kurz/Mittelstreckenzieher waren anhand der Rufe deutlich, die der

Langstreckenzieher unter den Passeres wahrscheinlich wegen ihrer geringen Ruffreude nicht zu erkennen. Im Juli wurden überwiegend Kleinmöwen und Seeschwalben, im August vor allem Seeschwalben und Limikolen (insbesondere Rotschenkel) und im Winter spät wegziehende Kleinmöwen und Drosseln registriert. Generell stieg die Häufigkeit mit Beginn der Nacht stetig an und erreichte ihr Maximum vor Sonnenaufgang, die wenigsten Vögel wurden am späten Nachmittag registriert.

Trotz methodischer Einschränkungen stimmen die gezeigten artspezifischen Phänologien im Großen und Ganzen mit den Zugzeiten im Offshore-Bereich der Deutschen Bucht nach Fangzahlen sowie nach Zugplan- und Zufallsbeobachtungen überein. Wie mit diesen Erfassungsmethoden ist aber auch mit der akustischen Aufzeichnung eine vollständige Quantifizierung des Vogelaufkommens nicht möglich. Vermutlich wird die Zahl der Vögel bei gutem Wetter unterschätzt und bei schlechtem überschätzt. Wir gehen aber davon aus, dass die auf der Plattform akustisch erfassten Vögel zumindest den niedrig fliegenden Anteil der rufenden Arten im jahreszeitlichen Verlauf und in seiner täglichen Variabilität reflektieren.

Die Möglichkeit, anhand der Rufe auf die Zahl der niedrig und damit in der Nähe eines anthropogenen Hindernisses fliegenden Vögel schließen zu können, ist in Hinblick auf die Beurteilung ihres Kollisionsrisikos und der Einleitung von Verminderungs- oder Vermeidungsmaßnahmen (Standort, kurzzeitiges Abschalten der Anlagen und Beleuchtungsoptimierung) nicht unerheblich.

Literatur

- Able PK 1970: A radar study of the altitude of nocturnal passerine migration. *Bird Banding* 41: 82-290.
- Alerstam T 1976: Nocturnal migration of Thrushes (*Turdus* spp.) in Southern Sweden. *Oikos* 27: 457-475.
- Alerstam T 1978: Analysis and a theory of visible bird migration. *Oikos* 30: 273-349.
- Alerstam T 1990: Bird migration. Cambridge University Press.
- Aumüller R, Boos K, Freienstein S, Hill K & Hill R 2011: Beschreibung eines Vogelschlagereignisses und seiner Ursachen an einer Forschungsplattform in der Deutschen Bucht. *Vogelwarte* 49: 9-16.
- Baerwald EF, Edworthy J, Holder M & Barclay RMR 2009: A large-scale mitigation experiment to reduce bat fatalities at wind energy facilities. *J. Wildl. Manage.* 73: 1077-1081.
- Ballasus H, Hill K & Hüppop O 2009: Gefahren künstlicher Beleuchtung für ziehende Vögel und Fledermäuse. *Ber. Vogelschutz* 46: 127-157.
- Barthel P & Helbig A 2005: Artenliste der Vögel Deutschlands. *Limicola* 19: 89-111.
- Bolshakov CV, Vorotkov MV, Sinelschikova A, Bulyuk VN & Griffiths M 2010: Application of the Optical-Electronic Device for study of specific aspects of nocturnal passerine migration. *Avian Ecol. Behav.* 18: 23-51.
- Brackenbury JH 1979: Power capabilities of the avian sound-producing system. *J. Exp. Biol.* 78: 163-166.
- Bruderer B, Peter D, Boldt A & Liechti F 2010: Wing-beat characteristics of birds recorded with tracking radar and cine camera. *Ibis* 152: 272-291.
- Brumm H 2002: Sound radiation patterns in Nightingale (*Luscinia megarhynchos*) songs. *J. Ornithol.* 143: 468-471.
- Dahlke C 2002: Genehmigungsverfahren von Offshore-Windenergieanlagen nach der Seeanlagenverordnung. *Natur Recht* 8: 472-479.
- Desholm M, Fox AD, Beasley PDL & Kahlert J 2006: Remote techniques for counting and estimating the number of bird-wind turbine collisions at sea: A review. *Ibis* 148 (Suppl.): 76-89.
- Dierschke J, Dierschke V, Schmaljohann H & Stühmer F 2010: Ornithologischer Jahresbericht 2009 für Helgoland. *Ornithol. Jber. Helgoland* 20: 1-73.
- Dierschke J, Dierschke V, Hüppop K, Hüppop O & Jachmann KF 2011: Die Vogelwelt der Insel Helgoland. OAG Helgoland, Helgoland.
- Dierschke V 1989: Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987. *Vogelwarte* 35: 115-131.
- Dierschke V 1994: Rufaktivität ziehender Baumpieper *Anthus trivialis* und Schafstelzen *Motacilla flava*. *Vogelwelt* 115: 15-18.
- Dierschke V, Garthe S & Mendel B 2006: Possible conflicts between offshore wind farms and seabirds in the German sectors of North Sea and Baltic Sea. In: Köller J, Köppel J & Peters W (Hrsg): Offshore wind energy. Research on environmental impacts. Springer, Berlin, Heidelberg: 121-143.
- Dorka V 1966: Das jahres- und tageszeitliche Zugmuster und Kurz- und Langstreckenziehern nach Beobachtungen auf den Alpenpässen Cou/Bretolet (Wallis). *Ornithol. Beob.* 63: 166-223.
- Dorka V 1979: Zugrufe. *Ökol. Vögel* 1: 7-8.
- Drost, R. (1960): Über den nächtlichen Vogelzug auf Helgoland. 12th Int. Ornithol. Congr.: 178-192.
- Drewitt AL & Langston RHW 2006: Assessing the impacts of wind farms on birds. *Ibis* 148 (Suppl.): 29-42.
- Drewitt AL & Langston RHW 2008: Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Ann. NY Acad. Sci.* 1134: 233-266.
- Evans WR 2005: Monitoring avian night flight calls - The new century ahead. *Passenger Pigeon* 67: 15-24.
- Evans WR, Akashi Y, Altman NS, Manville II AM 2007: Response of night-migrating songbirds in cloud to colored and flashing light. *North Am. Birds* 60: 476-488.
- Evans WR & Mellinger DK 1999: Monitoring grassland birds in nocturnal migration. *Stud. Avian Biol.* 19: 219-229.
- Everaert J & Stienen EWM 2007: Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). *Biodiversity Conserv.* 16: 3345-3359.
- Farnsworth A 2005: Flight calls and their value for future ornithological studies and conservation research. *Auk* 122: 733-746.
- Farnsworth A, Gauthreaux SA & van Blaricom D 2004: A comparison of nocturnal call counts of migrating birds and reflectivity measurements on Doppler radar. *J. Avian Biol.* 35: 365-369.
- Farnsworth A & Russel RW 2007: Monitoring flight calls of migrating birds from an oil platform in the northern Gulf of Mexico. *J. Field Ornithol.* 78: 279-289.
- Frommolt K-H, Hüppop O, Bardeli R, Hill R, Koch M, Tauchert K-H & Specht R 2012: Automatisierte Methoden der Erfassung von Rufen und Gesängen in der avifaunistischen Feldforschung. *Vogelwarte* 50: 65-78.

- Garthe S & Flore B-O 2007: Population trend over 100 years and conservation needs of breeding Sandwich Terns (*Sterna sandvicensis*) on the German North Sea coast. *J. Ornithol.* 148: 215-227.
- Garthe S & Hüppop O 2004: Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. *J. Appl. Ecol.* 41: 724-734.
- Gätke H 1891: Die Vogelwarte Helgoland. Joh. Heinr. Meyer, Braunschweig.
- Gauthreaux SA 1971: A radar and direct visual study of passerine spring migration in southern Louisiana. *Auk* 88: 343-365.
- Gauthreaux SA & Belser CG 2005: Effects of artificial night lighting on migrating birds. In: Rich C & Longcore T (Hrsg): Ecological consequences of artificial night lighting. Island Press, Washington, Covelo, London: 67-93.
- Gillooly JF & Ophir AG 2010: The energetic basis of acoustic communication. *Proc. R. Soc. B* 277: 1325-1331
- Graber RR 1968: Nocturnal migration in Illinois - Different points if view. *Wilson Bull.* 80: 36-71.
- Graber RR & Cochran WW 1960: Evaluation of an aural record of nocturnal migration. *Wilson Bull.* 72: 253-273.
- Gruber S & Nehls G 2003: Charakterisierung des offshore Vogelzuges vor Sylt mittels schiffsgestützter Radaruntersuchungen. *Vogelkdl. Ber. Niedersachs.* 35: 151-156.
- Hill R & Hüppop O 2007: Methoden zur Untersuchung des Vogelzuges In: Morkel L, Toland A, Wende W & Köppel J (Hrsg): Tagungsband 2. Wissenschaftstage des Bundesumwelt-ministeriums zur Offshore-Windenergienutzung am 20. und 21. Februar 2007 in Berlin: 152-160.
- Hill R & Hüppop O 2008: Birds and bats: automatic recording of flight calls and their value for the study of migration. In: Frommolt K-H, Bardeli R and Clausen M (Hrsg): Computational bioacoustics for assessing biodiversity. Proceedings of the international expert meeting on IT-based detection of bioacoustical patterns, December 7th until December 10th, 2007 at the International Academy for Nature Conservation (INA), Isle of Vilm, Germany: 135-141. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript234.pdf> (letzter Zugriff 30.3.2012).
- Hüppop K, Dierschke J, Dierschke V, Hill R, Jachmann K & F Hüppop O 2010: Phänologie des „sichtbaren“ Vogelzugs über der Deutschen Bucht. *Vogelwarte* 48: 181-267.
- Hüppop K & Hüppop O 2004: Atlas zur Vogelberingung auf Helgoland. Teil 2: Phänologie im Fanggarten von 1961 bis 2000. *Vogelwarte* 42: 285-343.
- Hüppop O 1979: Die Rotdrossel (*Turdus iliacus*) im Hamburger Raum. *Hamburger avifaun. Beitr.* 16: 43-58.
- Hüppop O 2007: How to see the invisible: remote techniques for study of offshore bird migration. *Proc. NWCC Wildlife Workgroup Res. Plan. Meet.* VI: 10-13.
- Hüppop O, Dierschke J, Exo K-M, Fredrich E & Hill R 2006 a: Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148: 90-109.
- Hüppop O, Dierschke J, Exo K-M, Fredrich E & Hill R 2006 b: Bird migration and offshore wind turbines. In: Köller J, Köppel J & Peters W (Hrsg): Offshore wind energy. Research on environmental impacts. Springer, Berlin, Heidelberg: 91-116.
- Hüppop O, Dierschke J & Wendeln H 2004: Zugvögel und Offshore-Windkraftanlagen: Konflikte und Lösungen. *Ber. Vogelschutz* 41: 127-218.
- Hüppop O, Exo K-M & Garthe S 2002: Empfehlungen für projektbezogene Untersuchungen möglicher bau- und betriebsbedingter Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf Vögel. *Ber. Vogelschutz* 39: 77-94.
- Hüppop O & Hilgerloh G 2012: Flight call rates of migrating thrushes: effects of wind conditions, humidity and time of day at an illuminated offshore platform. *J. Avian Biol.* 85-90.
- Hüppop O, Hill R & Jachmann F 2008: Fischereibedingte Aktivitätsmuster von Großmöwen auf See. *Jber. Inst. Vogelforsch.* 8: 19-20.
- Hüppop O, Hill R, Jachmann F & Hüppop K 2009: Auswirkungen auf den Vogelzug – Begleitforschung im Offshore-Bereich auf Forschungsplattformen in der Nordsee „FINO-BIRD“. Abschlussbericht, FKZ 0329983. Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Inselstation. http://www.ifv-vogelwarte.de/files/offshore/FKZ0329983_FINO-BIRD_Abschlussbericht.pdf (letzter Zugriff: 10.5.2012).
- Hüppop O & Hüppop K 2011: Bird migration on Helgoland: the yield from 100 years of research. *J. Ornithol.* 152 (Suppl. 1): S25-S40.
- Kunz TH, Arnett EB, Cooper BM, Erickson WP, Larkin RP, Mabee T, Morrison ML, Strickland MD & Szwczak JM 2007: Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: A guidance document. *J. Wildl. Manage.* 71: 2449-2486.
- Kutscher J 2006: Ecological research initiated by the German Federal Government in the North and Baltic Seas. In: Köller J, Köppel J & Peters W (Hrsg): Offshore wind energy. Research on environmental impacts. Springer, Berlin, Heidelberg: 27-32.
- Larkin RP & Frase BA 1988: Circular paths of birds flying near a broadcasting tower in cloud. *J. Comp. Psychol.* 102: 90-93.
- Larsen ON & Dabelsteen T 1990: Directionality of Blackbird vocalization. Implications for vocal communication and its further study. *Ornis Scand.* 21: 37-45.
- Liechti F, Bruderer B & Paproth H 1995: Quantification of nocturnal bird migration by moonwatching: a comparison with radar and infrared observations. *J. Field. Ornithol.* 66: 457-468.
- Longcore T, Rich C & Gauthreaux SA 2008: Height, guy wires, and steady-burning lights increase hazard of communication towers to nocturnal migrants: a review and meta-analysis. *Auk* 125: 486-493.
- Mendel B, Sonntag N, Wahl J, Schwemmer P, Dries H, Guse N, Müller S & Garthe S 2008: Artensteckbriefe von See- und Wasservögeln der deutschen Nord- und Ostsee. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg.
- Myres MT 1964: Dawn ascent and re-orientation of Scandinavian Thrushes (*Turdus* spp.) migrating at night over the northeastern Atlantic Ocean in autumn. *Ibis* 106: 7-51.
- Percival S 2005: Birds and windfarms: what are the real issues? *Brit. Birds.* 98: 194-204.
- Ruhe W 2001: Bird strike risk forecasting - A modelling approach. *Proc. Bird Strike Meet.* 2001. Calgary: 68-72.
- Shamoun-Baranes J, Bouten W, Buurma L, DeFusco R, Dekker A, Sierdsema H, Sluiter F, van Belle J, van Gasteren H & van Loon E 2008: Avian information systems: developing web-based bird avoidance models. *Ecol. Soc.* 13(2): 38 [online] <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art38/> (letzter Zugriff 14.5.2012).

Tucker VA 1996: A mathematical model of bird collisions with wind turbine rotors. *J. Solar Energy Engineering* 118: 253-262.

Zang H 2005: Rotdrossel - *Turdus iliacus*. In: Zang H, Heckenroth H & Südbeck P (Hrsg): Die Vögel Niedersachsens,

Drosseln, Grasmücken, Fliegenschnäpper. Naturschutz Landschaftspf. Niedersachs. B, H. 2.9: 180-187.

Zehnder S, Åkesson S, Liechi F & Bruderer B 2001. Nocturnal autumn bird migration at Falsterbo, South Sweden. *J. Avian Biol.* 32: 239-248.

Anhang: Deutsche und wissenschaftliche Namen der anhand ihrer Rufe auf der Forschungsplattform FINO 1 identifizierten Vogelarten (einschließlich vermutlich rastender Vögel) nach der Systematik von Barthel & Helbig (2005). – *German and scientific names of the bird species (including presumably resting birds) identified by calls at the research platform FINO 1 according to the systematic of Barthel & Helbig (2005).*

Art, deutsch	Art, wissenschaftlich	Art, deutsch	Art, wissenschaftlich
Ringelgans	<i>Branta bernicla</i>	Kohlmeise	<i>Parus major</i>
Kurzschnabelgans	<i>Anser brachyrhynchus</i>	Heidelerche	<i>Lullula arborea</i>
Graugans	<i>Anser anser</i>	Feldlerche	<i>Alauda arvensis</i>
Pfeifente	<i>Anas penelope</i>	Ohrenlerche	<i>Eremophila alpestris</i>
Trauerente	<i>Melanitta nigra</i>	Rauchschwalbe	<i>Hirundo rustica</i>
Basstölpel	<i>Sula bassana</i>	Mehlschwalbe	<i>Delichon urbicum</i>
Kormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	Fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>
Graureiher	<i>Ardea cinerea</i>	Zilpzalp	<i>Phylloscopus collybita</i>
Turmfalke	<i>Falco tinnunculus</i>	Teichrohrsänger	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>
Wasserralle	<i>Rallus aquaticus</i>	Mönchsgrasmücke	<i>Sylvia atricapilla</i>
Austernfischer	<i>Haematopus ostralegus</i>	Wintergoldhähnchen	<i>Regulus regulus</i>
Kiebitzregenpfeifer	<i>Pluvialis squatarola</i>	Sommergoldhähnchen	<i>Regulus ignicapilla</i>
Goldregenpfeifer	<i>Pluvialis apricaria</i>	Seidenschwanz	<i>Bombicilla garrulus</i>
Kiebitz	<i>Vanellus vanellus</i>	Waldbaumläufer	<i>Certhia familiaris</i>
Flussregenpfeifer	<i>Charadrius dubius</i>	Zaunkönig	<i>Troglodytes troglodytes</i>
Sandregenpfeifer	<i>Charadrius hiaticula</i>	Star	<i>Sturnus vulgaris</i>
Regenbrachvogel	<i>Numenius phaeopus</i>	Misteldrossel	<i>Turdus viscivorus</i>
Großer Brachvogel	<i>Numenius arquata</i>	Ringdrossel	<i>Turdus torquatus</i>
Uferschnepfe	<i>Limosa limosa</i>	Amsel	<i>Turdus merula</i>
Pfuhlschnepfe	<i>Limosa lapponica</i>	Wacholderdrossel	<i>Turdus pilaris</i>
Bekassine	<i>Gallinago gallinago</i>	Singdrossel	<i>Turdus philomelos</i>
Flussuferläufer	<i>Actitis hypoleucos</i>	Rotdrossel	<i>Turdus iliacus</i>
Dunkler Wasserläufer	<i>Tringa erythropus</i>	Grauschnäpper	<i>Muscicapa striata</i>
Rotschenkel	<i>Tringa totanus</i>	Trauerschnäpper	<i>Ficedula hypoleuca</i>
Grünschenkel	<i>Tringa nebularia</i>	Rotkehlchen	<i>Erithacus rubecula</i>
Waldwasserläufer	<i>Tringa ochropus</i>	Blaukehlchen	<i>Luscinia svecica</i>
Bruchwasserläufer	<i>Tringa glareola</i>	Hausrotschwanz	<i>Phoenicurus ochruros</i>
Steinwälzer	<i>Arenaria interpres</i>	Gartenrotschwanz	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>
Knutt	<i>Calidris canutus</i>	Steinschmätzer	<i>Oenanthe oenanthe</i>
Sanderling	<i>Calidris alba</i>	Heckenbraunelle	<i>Prunella modularis</i>
Zwergstrandläufer	<i>Calidris minuta</i>	Haussperling	<i>Passer domesticus</i>
Sichelstrandläufer	<i>Calidris ferruginea</i>	Feldsperling	<i>Passer montanus</i>
Alpenstrandläufer	<i>Calidris alpina</i>	Spornpieper	<i>Anthus richardi</i>
Trottellumme	<i>Uria aalge</i>	Baumpieper	<i>Anthus trivialis</i>
Dreizehenmöwe	<i>Rissa tridactyla</i>	Wiesenspieper	<i>Anthus pratensis</i>
Lachmöwe	<i>Larus ridibundus</i>	Strandpieper	<i>Anthus petrosus</i>
Sturmmöwe	<i>Larus canus</i>	Gebirgsstelze	<i>Motacilla cinerea</i>
Mantelmöwe	<i>Larus marinus</i>	Schafstelze	<i>Motacilla flava</i>
Silbermöwe	<i>Larus argentatus</i>	Bachstelze	<i>Motacilla alba</i>
Heringsmöwe	<i>Larus fuscus</i>	Buchfink	<i>Fringilla coelebs</i>
Zwergseeschwalbe	<i>Sternula albifrons</i>	Bergfink	<i>Fringilla montifringilla</i>
Brandseeschwalbe	<i>Sterna sandvicensis</i>	Gimpel	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>
Flussseeschwalbe	<i>Sterna hirundo</i>	Grünfink	<i>Carduelis chloris</i>
Küstenseeschwalbe	<i>Sterna paradisaea</i>	Stieglitz	<i>Carduelis carduelis</i>
Ringeltaube	<i>Columba palumbus</i>	Erlenzeisig	<i>Carduelis spinus</i>
Türkentaube	<i>Streptopelia decaocto</i>	Bluthänfling	<i>Carduelis cannabina</i>
Mauersegler	<i>Apus apus</i>	Birkenzeisig	<i>Carduelis flammea</i>
Dohle	<i>Coloeus monedula</i>	Schneeammer	<i>Calcarius nivalis</i>
Saatkrähe	<i>Corvus frugilegus</i>	Goldammer	<i>Emberiza citrinella</i>
Raben-/Nebelkrähe	<i>Corvus corone/cornix</i>	Rohrhammer	<i>Emberiza schoeniclus</i>