

Band 50 • Heft 2 • Mai 2012

Vogelwarte

Zeitschrift für Vogelkunde

Jubiläum: Band 50



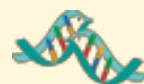
Deutsche Ornithologen-Gesellschaft e.V.



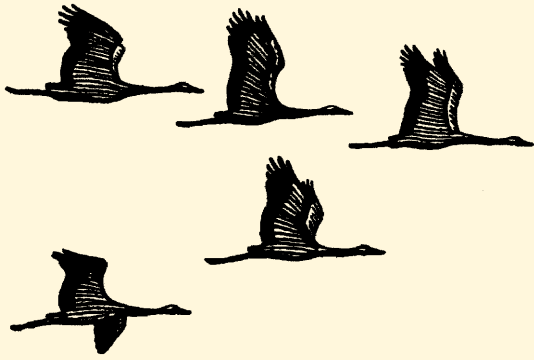
Institut für Vogelforschung
„Vogelwarte Helgoland“



Vogelwarte Hiddensee
und
Beringungszentrale Hiddensee



Max-Planck-Institut für Ornithologie
Vogelwarte Radolfzell



Vogelwarte

Zeitschrift für Vogelkunde

Die „Vogelwarte“ ist offen für wissenschaftliche Beiträge und Mitteilungen aus allen Bereichen der Ornithologie, einschließlich Avifaunistik und Beringungswesen. Zusätzlich zu Originalarbeiten werden Kurzfassungen von Dissertationen, Master- und Diplomarbeiten aus dem Bereich der Vogelkunde, Nachrichten und Terminhinweise, Meldungen aus den Beringungszentralen und Medienrezensionen publiziert.

Daneben ist die „Vogelwarte“ offizielles Organ der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und veröffentlicht alle entsprechenden Berichte und Mitteilungen ihrer Gesellschaft.

Herausgeber: Die Zeitschrift wird gemeinsam herausgegeben von der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft, dem Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, der Vogelwarte Radolfzell am Max-Planck-Institut für Ornithologie, der Vogelwarte Hiddensee und der Beringungszentrale Hiddensee. Die Schriftleitung liegt bei einem Team von vier Schriftleitern, die von den Herausgebern benannt werden.

Die „Vogelwarte“ ist die Fortsetzung der Zeitschriften „Der Vogelzug“ (1930 – 1943) und „Die Vogelwarte“ (1948 – 2004).

Redaktion / Schriftleitung:

Manuskripteingang: Dr. Wolfgang Fiedler, Vogelwarte Radolfzell am Max-Planck-Institut für Ornithologie, Schlossallee 2, D-78315 Radolfzell (Tel. 07732/1501-60, Fax. 07732/1501-69, fiedler@orn.mpg.de)

Dr. Ommo Hüppop, Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven (Tel. 04421/9689-0, Fax. 04421/9689-55, ommo.hueppop@ifv-vogelwarte.de)

Dr. Ulrich Köppen, Beringungszentrale Hiddensee, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Badenstr. 18, D-18439 Stralsund (Tel. 03831/696-250, Fax. 03831/696-249, Ulrich.Koepfen@lung.mv-regierung.de)

Meldungen und Mitteilungen der DO-G:

Dr. Christiane Quaiser, Museum für Naturkunde Berlin, Invalidenstr. 43, D-10115 Berlin (Tel. 030/2093-8377, Fax 030/2093-8868, ch.quaiser@googlemail.com)

Redaktionsbeirat:

Hans-Günther Bauer (Radolfzell), Peter H. Becker (Wilhelmshaven), Timothy Coppack (Neu Broderstorf), Michael Exo (Wilhelmshaven), Klaus George (Badeborn), Fränzi Korner-Nievergelt (Sempach/Schweiz) Bernd Leisler (Radolfzell), Felix Liechti (Sempach/Schweiz), Ubbo Mammen (Halle), Roland Prinzing (Frankfurt), Joachim Ulbricht (Neschwitz), Wolfgang Winkel (Cremlingen), Thomas Zuna-Kratky (Tullnerbach/Österreich)

Layout:

Susanne Blumenkamp, Abraham-Lincoln-Str. 5, D-55122 Mainz, susanne.blumenkamp@arcor.de

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren verantwortlich. V.i.S.d.P. sind die oben genannten Schriftleiter.

ISSN 0049-6650

Die Herausgeber freuen sich über Inserenten. Ein Mediadatenblatt ist bei der Geschäftsstelle der DO-G erhältlich, die für die Anzeigenverwaltung zuständig ist.

DO-G-Geschäftsstelle:

Karl Falk, c/o Institut für Vogelforschung, An der Vogelwarte 21, 26386 Wilhelmshaven (Tel. 0176/78114479, Fax. 04421/9689-55, geschaefststelle@do-g.de, <http://www.do-g.de>)



Alle Mitteilungen und Wünsche, welche die Deutsche Ornithologen-Gesellschaft betreffen (Mitgliederverwaltung, Anfragen usw.) werden bitte direkt an die DO-G Geschäftsstelle gerichtet, ebenso die Nachbestellung von Einzelheften.

Der Bezugspreis ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.

DO-G Vorstand

Präsident: Prof. Dr. Franz Bairlein, Institut für Vogelforschung, „Vogelwarte Helgoland“ An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven, franz.bairlein@ifv-vogelwarte.de

1. Vizepräsident: Prof. Dr. Hans Winkler, Konrad-Lorenz-Institut für Verhaltensforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Savoyenstr. 1a, A-1160 Wien, H.Winkler@klivv.oew.ac.at

2. Vizepräsident: Dr. Stefan Garthe, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ), Universität Kiel, Hafentörn 1, D-25761 Büsum, garthe@fiz-west.uni-kiel.de

Generalsekretär: Dr. Wolfgang Fiedler, Vogelwarte Radolfzell am Max-Planck-Institut für Ornithologie, Schlossallee 2, D-78315 Radolfzell, fiedler@orn.mpg.de

Schriftführerin: Dr. Friederike Woog, Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart, Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart, woog.smns@naturkundemuseum-bw.de

Schatzmeister: Joachim Seitz, Am Hexenberg 2A, D-28357 Bremen, schatzmeister@do-g.de

DO-G Beirat

Sprecherin: Dr. Dorit Liebers-Helbig, Deutsches Meeresmuseum, Katharinenberg 14-20, 18439 Stralsund (Tel.: 03831/2650-325, Fax: 03831/2650-309, Dorit.Liebers@meeresmuseum.de).

Titelbild: „Brachvögel“ von Ute Bartels, Größe des Originals: 70 x 45 cm, Seidenmalerei, 2010. Siehe auch Heft 1/2012, S.47.

Automatisierte Methoden der Erfassung von Rufen und Gesängen in der avifaunistischen Feldforschung

Karl-Heinz Frommolt, Ommo Hüppop, Rolf Bardeli, Reinhold Hill, Martina Koch, Klaus-Henry Tauchert & Raimund Specht

Frommolt K-H, Hüppop O, Bardeli R, Hill R, Koch M, Tauchert K-H & Specht R 2012: Methods for the automatic recording of bird calls and songs in field ornithology. *Vogelwarte* 50: 65-78.

This review presents our current knowledge on automated methods for acoustic recording of calls and songs of birds. Acoustic long-term recordings can serve as a basis for an automated bird census. We stress the question of whether sound recordings are suitable for qualitative and quantitative analysis of bird populations. Special attention is devoted to autonomous recording methods and the evaluation of long-term recordings by use of acoustic pattern recognition algorithms. Realistic scenarios for the use of automated methods in field ornithology we see in the investigation of nocturnal bird migration, the census of nocturnal bird species, and data collection in core areas of nature reserves.

✉ KHF: Museum für Naturkunde - Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Invalidenstraße 43, D-10115 Berlin. E-Mail: karl-heinz.frommolt@mfn-berlin.de

OH: Institut für Vogelforschung "Vogelwarte Helgoland", An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven.

RB: Fraunhofer Institut IAIS Schloss Birlinghoven, D-53754 Sankt Augustin.

RH: Avitec Research GbR, Sachsenring 11, D-27711 Osterholz-Scharmbeck.

MK: Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Biologie, Invalidenstr. 43, D-10115 Berlin

KHT: BfUL/Sächsische Vogelschutzzone Neschwitz, Park 2, 02699 Neschwitz.

RS: Avisoft Bioacoustics, Kirchstr. 11, D-13158 Berlin.

Einleitung

Bioakustische Methoden sind ein wesentlicher Bestandteil moderner ornithologischer Forschungen. Durch die Entwicklung der Rechner- und Signalverarbeitungstechnik sind moderne akustische Analyseverfahren weit zugänglich. Die Anwendung umfasst nicht nur verhaltensökologische Untersuchungen zur akustischen Kommunikation (Kroodsmma & Miller 1996), sondern reicht auch hin bis zu Fragen des Einflusses von Lärm auf Vögel (Nemeth & Brumm 2010) oder der Nutzung von Stimmen als taxonomisches Merkmal (Tietze 2012, dieses Heft). In der avifaunistischen Feldforschung hingegen werden bioakustische Methoden derzeit nur vereinzelt eingesetzt.

Die avifaunistische Feldforschung ist zur Dokumentation von Veränderungen unserer Umwelt, aber auch zur Abschätzung der Folgen menschlicher Eingriffe unerlässlich. Sie liefert die Basisdaten für wissenschaftlich fundierten Naturschutz und Landschaftsplanung. Insbesondere vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels gewinnen Langzeitmonitoringprogramme zunehmend an Bedeutung. Dank standardisierter Erfassungsmethoden liegen insbesondere für Vögel fundierte Daten vor, die es erlauben, Langzeittrends in den Bestandsentwicklungen zu bewerten. Für Großbritannien z. B. reichen die Daten bis 1962 zurück (Greenwood et al. 1994). In Deutschland begannen zwar erste großräumige Erfassungen einzelner Arten (speziell

Weißstorch und Seeadler) bereits in den ersten Jahren des letzten Jahrhunderts, aber erst seit 1989 wird ein flächendeckendes Monitoring häufiger Brutvogelarten durchgeführt, das auf der Methodik der Punkt-Stopp-Zählung beruht (Schwarz & Flade 2000; Flade & Schwarz 2004). Seit 2005 wurde im Rahmen dieses bundesweiten Monitorings als neue Methode die Linienkartierung zur Erfassung von Vögeln der Normallandschaft eingeführt (Mitschke et al. 2005). Auf der Grundlage der Erfassungen von zahlreichen ehrenamtlichen Ornithologen wird damit ein zuverlässiges Bild über bundesweite Bestandsänderungen geliefert. Für seltene Brutvogelarten wurde damit im Osten Deutschlands bereits 1956 und im Westen 1977 (für sechs Brutvogelarten von Feuchtgebieten) begonnen.

Für eine Reihe von Aufgaben, wie z. B. die Erfassung des nächtlichen Vogelzuges oder die Bestandserfassung nachtaktiver oder weniger ruffreudiger Vogelarten, sind traditionelle Erfassungsmethoden jedoch entweder ungeeignet oder zeitlich sehr aufwändig. Automatisierte akustische Methoden, die bereits für das Monitoring anderer Tiergruppen erfolgreich eingesetzt werden, können auch in der avifaunistischen Feldforschung dazu beitragen, Wissenslücken zu schließen. Die akustische Erfassung von Vögeln ist z. B. im Standarduntersuchungskonzept (StUK), mit dem die Auswirkungen von

Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt untersucht werden, als Methode vorgeschrieben (Hüppop et al. 2002; Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie 2007).

Die breiteste Anwendung finden akustische Methoden außerhalb der Feldornithologie derzeit bei der Erfassung von Meeressäugern und Fledermäusen. Die umfassendste Langzeitstudie wurde an Blau-, Finn- und Grönlandwalen (*Balaenoptera musculus*, *B. physalus* und *B. mysticetus*) vor der schottischen Küste durchgeführt (Charif & Clark 2009).

Für die Erfassung von Schweinswalen (*Phocoena phocoena*) und Großen Tümmlern (*Tursiops truncatus*) kommen derzeit auch in den deutschen Meeresgebieten Klickdetektoren, sogenannte T-PODs (Timing Porpoise Detectors) in großem Maßstab zum Einsatz (Philpott et al. 2007; Verfuß et al. 2007; Bailey et al. 2010; Simon et al. 2010). Eine Ermittlung der Anzahl rufender Tiere kann mit dieser Methodik jedoch nicht erfolgen.

Am weitesten fortgeschritten ist die Methodik einer automatisierten Artbestimmung auf der Grundlage akustischer Parameter für Fledermäuse (Obrist et al. 2004 und 2008; Runkel 2008). Fledermausrufe eignen sich für eine Mustererkennung sehr gut, da ihre Ultraschall-Ortungsrufe sehr laut sind und in einem Frequenzbereich liegen, der kaum von anderen Arten genutzt wird. Mit den von Obrist et al. (2004) bzw. Runkel (2008) entwickelten Systemen können mit hoher Sicherheit die meisten mitteleuropäischen Arten bestimmt werden. Eine Quantifizierung kann auch hier nur relativ über die Anzahl der aufgezeichneten Rufe erfolgen.

Auch bei Amphibien werden akustische Methoden für Bestandserfassungen eingesetzt (Gunzburger 2007; Dorcas et al. 2009).

In unserem Beitrag möchten wir beleuchten, welches Potenzial in automatisierten Verfahren für avifaunistische Untersuchungen liegt, und sinnvolle Aufgabenbereiche für deren Einsatz aufzeigen. Automatisierte Methoden ermöglichen eine weitgehend störungsfreie Erfassung, eine kontinuierliche Beobachtung, die Erfassung seltener Ereignisse und von Ereignissen, die sonst nicht zugänglich sind, wie z. B. der nächtliche Vogelzug in Offshore-Gebieten.

Autonome akustische Aufzeichnungsverfahren

Die wichtigste Voraussetzung für eine akustische Erfassung ist die Realisierung von Langzeitaufnahmen. Bereits vor mehr als 50 Jahren haben Graber & Cochran (1959) Tonaufzeichnungen zur Erfassung des nächtlichen Vogelzuges genutzt. Die Aufzeichnungen erfolgten dabei auf großen Magnetbandspulen mit Hilfe eines Parabolreflektors mit 72,5 Zoll Durchmesser. Als Mikrofon kam ein umgebauter Lautsprecher zum Einsatz. Mit dieser Technik konnten bereits 8 Stunden kontinuierlich aufgezeichnet werden. Die lange Aufzeichnungsdauer wurde aber nur bei einer geringen

Bandgeschwindigkeit von 5 cm/s erreicht, womit damals nur eine sehr schlechte Tonqualität erreicht wurde. Daher nutzten die Autoren in der Folge einen Timer, womit die Erfassung in kürzeren Intervallen erfolgte und die Aufzeichnung mit höherer Bandgeschwindigkeit möglich war. Erste durch akustische Signale ausgelöste (getriggerte) Aufzeichnungen konnten mit dem für UHER-Tonbandgeräte entwickelten Akustomat F411 realisiert werden. Die Tonaufzeichnung startete, sobald die Lautstärke einen bestimmten Schwellwert erreicht hatte. Diese Technik nutzte z. B. Pröve (1978) bei experimentellen Untersuchungen zum Gesang des Zebrafinken (*Taeniopygia guttata*). Ein großer Nachteil der Methodik war, dass meist die ersten Elemente einer Strophe gar nicht oder nicht einwandfrei aufgezeichnet wurden.

Für die Erfassung von Zugrufen von Vögeln wurde von amerikanischen Ornithologen die Tonspur eines HiFi-Videorecorders genutzt, womit acht bis neun Stunden ohne Unterbrechung aufgezeichnet werden konnten (Evans & Mellinger 1999; Farnsworth & Russell 2007).

Erst der Einzug der digitalen Tonaufzeichnung und -bearbeitung ermöglichte die kontinuierliche Registrierung über sehr lange Zeiträume und brachte auch flexiblere Lösungen für das Triggern von Tonaufzeichnungen. Eine Hybridlösung war das von Peter Kätsch entwickelte und von Dierschke (1989) eingesetzte Helgoländer Nachtzugerfassungsgerät (Evans 2005). Hierbei erfolgte zunächst eine digitale Zwischenspeicherung und erst, wenn das Signal für Flugrufe typische Eigenschaften hatte (Einzelsignale im Frequenzbereich von 3 bis 8 kHz, die einen vorher festgelegten Pegel überschritten), wurde auf Magnetband aufgezeichnet.

In den letzten Jahren ist eine Vielzahl digitaler Recorder auf dem Markt erschienen, die dank großer Speichermedien lange kontinuierliche Aufzeichnungen ermöglichen. So erstellten z. B. Hill et al. (2006) bei der Suche nach dem wahrscheinlich ausgestorbenen Elfenbeinspecht (*Campephilus principalis*) Langzeitaufzeichnungen im mp3-Format (Marantz PMD 670 mit Sennheiser ME 62). An der Cornell University (Ithaca, USA) entwickelte Festplattenrecorder wurden u. a. bei der Suche nach dem Elfenbeinspecht in Arkansas und Florida eingesetzt (Rohrbaugh et al. 2006; Hutto & Stutzman 2009). Von der Firma Wildlife Acoustics wurde ein speziell für Langzeiterfassungen von Tierstimmen konzipierter wetterfester Stereorecorder (Song Meter) entwickelt (z. B. Farina et al. 2011).

Eine weitere einfache Möglichkeit der Erstellung von Tonaufnahmen ist die direkte Speicherung mittels PC oder Notebook. Dabei sind sowohl kontinuierliche als auch zeit- oder ereignisgesteuerte Aufnahmen möglich, deren Größe nur durch die Kapazitäten der verwendeten internen oder externen Speichermedien begrenzt

ist (z. B. <http://www.waverec.de/> oder <http://www.sagebrush.com/recall.htm>). Etliche Audiorecorder-Programme ermöglichen die Aufnahme zu bestimmten programmierbaren Zeiten oder in wählbaren Intervallen. Ereignisgesteuerte Aufnahmen basieren im einfachsten Fall auf der Lautstärke des Eingangssignals: Sobald dieses einen einstellbaren Pegel überschreitet, wird die Aufnahme gestartet. Nach einer (einstellbaren) Zeit der Stille wird sie beendet. Anwender mit Programmierkenntnissen können sich auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene Lösungen auch selbst erstellen. So lässt sich das Snack Sound Toolkit verhältnismäßig leicht in die Skriptsprachen Python und Tcl/Tk einbinden (<http://www.speech.kth.se/snack/>).

Insbesondere für bioakustische Untersuchungen wurde die Software Avisoft-Recorder entwickelt (www.avisoft.com), mittels derer Mehrkanalaufzeichnungen sowohl mit zeitlichen als auch signalbasierten Triggern erstellt werden können. Ähnliches leistet das am Cornell Laboratory of Ornithology entwickelte Raven (<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/RavenOverview.html>). Eine auf PCs basierte Detektion und Aufzeichnung von Zugrufen realisierten Hill & Hüppop (2008) mit Hilfe des o. g. Snack Sound Toolkits. Das Triggern erfolgte dabei auf der Grundlage einer einfachen akustischen Mustererkennung (AROMA), und die Aufzeichnungen wurden direkt auf Festplatte gespeichert.

Erfassung des Artenspektrums mittels akustischer Aufzeichnungen

Bereits Parker (1991) verweist darauf, dass Tonaufzeichnungen ein äußerst effektives Mittel zur Erfassung von Vögeln sind, zumindest in der neotropischen Region. Es stellt sich aber die Frage, wie komplett das Artenspektrum in den Tonaufzeichnungen widerspiegelt wird. Ein Vergleich der Ergebnisse von Punkt-Stopp-Zählungen, die im Amazonasgebiet durchgeführt wurden, mit parallel dazu erstellten Tonaufzeichnungen ergab, dass mit Hilfe von Tonaufzeichnungen mehr Arten erfasst werden (Haselmayer & Quinn 2000). Die Aufnahmen erfolgten dabei mit einem Richtmikrofon (Sennheiser ME 66), das während der 10 minütigen Aufzeichnung jeweils um 90 Grad gedreht wurde. Nicht mittels Tontechnik erfasste Arten wurden entweder im Feld nur durch Sichtbeobachtung bestätigt oder hatten unauffällige Lautäußerungen. Seltene Arten wurden hingegen eher direkt vor Ort registriert als später auf den Tonaufzeichnungen detektiert. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist aber zu berücksichtigen, dass in den Tropen im Gegensatz zur gemäßigten Zone, ein Großteil der Vogelarten nicht von relativ konstanten Singwarten aus singt.

Bei Einsatz eines hoch empfindlichen omnidirektionalen Mikrophons (River Fork Compression Zone Microphone CVX-360) fanden Hobson et al. (2002) 83 bis 97 % Übereinstimmung im Spektrum der Arten, die sie während der Aufzeichnung in den borealen Mischwä-

ldern des mittleren Saskatchewan und westlichen Ontario (USA) im Feld gehört hatten und der Artenanzahl, die sie später auf den Aufnahmen gefunden hatten. Die Reichweite der Tonaufzeichnungen war vergleichbar mit der Leistung des menschlichen Gehörs. Einen Vorteil von Tonaufzeichnungen sahen die Autoren der Studie darin, dass die Tonaufzeichnungen von Nichtspezialisten erstellt werden und die Auswertungen später von erfahrenen Ornithologen im Labor vorgenommen werden können.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse einer Punkt-Erfassung mit der zeitgleichen Aufzeichnung mittels einer autonomen Aufzeichnungseinheit fanden Hutto & Stutzmann (2009) in Bezug auf das Artenspektrum in Wald- und Feuchtgebieten in Montana (USA) eine deutlich geringere Übereinstimmung. Dabei wurden von einem erfahrenen Ornithologen lediglich 52,3 % der Arten sowohl vor Ort als auch auf den Aufzeichnungen detektiert, 35,6 % wurden nur vor Ort gefunden und 12,1% nur auf den Aufzeichnungen. Die Hauptursache für die niedrige Erfassungsrate der akustischen Aufzeichnung sahen die Autoren in der zu niedrigen Empfindlichkeit der Mikrophone. Ein weniger erfahrener Ornithologe fand nur 45 % der Arten sowohl auf den Aufzeichnungen als auch im Feld. Es wurde dabei auch deutlich, dass im Feld ein nicht unerheblicher Anteil von Arten überhört wurde.

Frommolt et al. (2008) verglichen die Anzahl der auf Vierkanal-Tonaufzeichnungen gefundenen Vogelarten mit den Ergebnissen einer zeitgleich im Rahmen des DDA-Monitorings häufiger Brutvogelarten durchgeführten Linienkartierung auf einer 50 ha großen Fläche bestehend aus Mischwald und Riedgrasbeständen. Von 37 im Rahmen der Kartierung erfassten Arten wurden 32 auch auf den Tonaufzeichnungen gefunden. Auf den Tonaufzeichnungen wurden 13 weitere Arten entdeckt. Ein großer Teil davon war jedoch offensichtlich nur als Nahrungsgast auf der Fläche. Ebenfalls mit Vierkanaltechnik arbeiteten Celis-Murillo et al. (2009). Für die Auswertung der Tonaufzeichnungen wurde hier ein quadrophonischer Ansatz gewählt. Die Aufzeichnungen erfolgten in nordamerikanischen Auwaldbiotopen mit vier Mikrofonen, die durch Trennwände akustisch voneinander getrennt waren. Für die Auswertung erfolgte die Tonwiedergabe in einer quadratischen Kammer mit je einem Lautsprecher in jeder Ecke. Die Anzahl der Arten, die durch Abhören der Aufzeichnungen bzw. durch Erfassung vor Ort bestimmt wurden, war zwar nahezu identisch, die Übereinstimmung im Artenspektrum jedoch relativ gering (nur 59 bis 60 %). Seltener Arten wurden eher durch Abhören gefunden. Trotz unterschiedlicher Ergebnisse der einzelnen Studien kann festgestellt werden, dass bei Verwendung von empfindlichen Mikrofonen mit einer Tonaufzeichnung die gleiche Reichweite erzielt werden kann, wie mit unserem menschlichen Gehör.

Quantitative Erfassung auf der Grundlage von Tonaufzeichnungen

Neben der Anzahl der Arten ist für Erfassungszwecke auch meist deren Häufigkeit erforderlich. Stereo- bzw. quadrophonische Aufzeichnungen erlauben es, einen räumlichen Eindruck der Geräuschkulisse wiederzugeben und eröffnen dadurch die Möglichkeit, allein durch Abhören auch eine Abschätzung der Anzahl rufender Tiere vorzunehmen (Rempel et al. 2005; Celis-Murilo et al. 2009).

Eine weitere Möglichkeit für die Bestimmung der Anzahl rufender Tiere könnte in der Nutzung individueller Merkmale in der Stimme zur Unterscheidung einzelner Individuen bestehen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Merkmale zumindest für den Erfassungszeitraum stabil genug sind und sich klar voneinander unterscheiden.

Gilbert & McGregor (1994) haben als erste die Individualität der Rufe von Rohrdommeln (*Botaurus stellaris*) und Prachtauchern (*Gavia arctica*) für Bestandserfassungen genutzt. Einzelne Individuen konnten dabei auf der Grundlage der visuellen Bewertung von Spektrogrammen unterschieden werden. Seit 1990 wurden zum Monitoring der (sehr kleinen) britischen Rohrdommelpopulation systematisch Tonaufzeichnungen herangezogen (Gilbert et al. 2002).

Anhand akustischer Merkmale in den Duetten konnte Weßling (2000) Revier- und Partnertreue von Kranichen (*Grus grus*) über mehrere Jahre dokumentieren. Die Stabilität akustischer Merkmale wurde dabei einfach vorausgesetzt.

An fünf gekäfigten Uhus (*Bubo bubo*) belegte Lengagne (2001) die Konstanz von Parametern der Stimme über zwei Folgejahre. In einer Untersuchung an Bartkäuzen (*Strix nebulosa*) in Kalifornien konnten mittels einer kanonischen Diskriminanzanalyse 92,8 % der Rufe den richtigen Individuen zugeordnet werden, wenn die Aufnahmen aus der gleichen Saison stammten (Rognan et al. 2009). Wenn Aufnahmen aus unterschiedlichen Jahren genutzt wurden, waren es nur noch 71,4 %.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Kirschel et al. (2011) für Mexikoameisendrosseln (*Formicarius moniliger*). Gesänge von 14 Individuen wurden mittels kanonischer Diskriminanzanalyse zu 88,9 % dem richtigen Tier zugeordnet.

Am Beispiel des Eistauchers (*Gavia immer*) konnten Walcott et al. (2006) auch deutliche Änderungen in Stimmparametern einzelner Individuen belegen. An einer mit Farbringen markierten Population fanden sie, dass der Revierruf deutliche Merkmale aufweist, die zur Individualerkennung genutzt werden können. Gleichzeitig verweisen die Autoren auf Veränderungen im Ruf über mehrere Jahre. Insbesondere ein Wechsel des Territoriums ging mit einer deutlichen Änderung der akustischen Struktur einher. Bei 12 von 13 untersuchten Tieren änderte sich die Rufstruktur deutlich nach einem Wechsel des Territoriums.

Es sei vermerkt, dass für die Untersuchungen zur Individualität der Stimme stets qualitativ gute, mit Richtmikrophonen erstellte Aufnahmen verwendet wurden. Bisher fehlt noch der Nachweis, dass dieses Merkmal für die Ermittlung der Anzahl rufender Individuen auf der Grundlage von Tonaufzeichnungen autonomer Einheiten, wo der Signal-Rausch-Abstand in der Regel deutlich schlechter ist, geeignet ist.

Auch die Anzahl aufgezeichneter Rufe oder Gesangstrophen könnte als Maß für die Anzahl der Tiere herangezogen werden. Diese Methode wird u. a. bei der mehr oder weniger automatisierten Erfassung des Vogelzuges genutzt (Dierschke 1989; Farnsworth & Russel 2007; Hill & Hüppop 2008; Hüppop & Hilgerloh 2012; Hüppop et al. 2012). Ein Rückschluss auf die absolute Anzahl der Tiere ist aber schwierig, da verschiedene Arten unterschiedlich häufig rufen und auch innerhalb einer Art die Rufrate stark von den jeweiligen Umweltbedingungen abhängt (Farnsworth et al. 2004; Farnsworth 2005; Hüppop & Hilgerloh 2012). Trotzdem sind Rufrate und Zugintensität nach Radarmessungen manchmal gut korreliert, die Rufrate also dann ein gutes Maß für die Zugintensität (Larkin et al. 2002; Farnsworth et al. 2004).

Buxton & Jones (2012) fanden, dass die Rufaktivität nachtaktiver in Höhlen brütender Seevögel zumindest relative Angaben zur Bestandsdichte liefern kann. Im Rahmen eines Methodenvergleichs zur quantitativen Erfassung der Reviere von Singvögeln zeigte Buckland (2006) jedoch, dass eine Erfassung über die Anzahl registrierter Gesangstrophen recht ungenau ist. Trotzdem ist es denkbar, dass für bestimmte Arten die Rufaktivität ein zuverlässiger Indikator für Bestandsdichten sein kann. Für Säugetiere wurde am Beispiel des Waldelefanten (*Loxodonta africana cyclotis*) gezeigt, dass die Anzahl der Rufe pro Zeiteinheit als ein zuverlässiges Kriterium für die Populationsgröße genutzt werden kann (Thompson et al. 2009a). Die Anwendung des Kriteriums setzt aber voraus, dass die Rufaktivität relativ konstant ist. Dank der extrem hohen Reichweite der Rufe der Elefanten kann mit einem einzelnen akustischen Sensor eine Fläche von 3,22 km² erfasst werden (Thomson et al. 2009b). Eine so große Reichweite ist aber zumindest im terrestrischen Bereich eher die Ausnahme.

Mikrofonarrays und akustische Ortung

Eine zeitgleiche Erfassung der Rufe mit mehreren Mikrofonen, sogenannten Mikrofonarrays, erlaubt eine Ortung der Schallquelle auf der Grundlage der unterschiedlichen Ankunftszeiten der akustischen Signale an den einzelnen Mikrofonen. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, die Anzahl rufender Tiere vergleichbar der klassischen Revierkartierung über den Rufort zu bestimmen.

In Landlebensräumen wurden Mikrofonarrays in erster Linie für verhaltensbiologische Untersuchungen

eingesetzt (Blumstein et al. 2011). Die Untersuchungsfläche war dabei in den meisten Fällen nicht größer als $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$. Während bei der Ortung von Meeressäugern die drei Dimensionen des Raumes unbedingt zu berücksichtigen sind, ist für die meisten feldornithologischen Fragestellungen eine Reduktion auf zwei Dimensionen möglich. Dabei gibt es prinzipiell zwei Ansätze zur Ortung von Schallquellen: Mit drei räumlich getrennten Mikrofonen kann die Ortung über Hyperbelfunktionen erfolgen (Abb. 1 a; z. B. Wahlberg et al. 2003). Dabei sind die einzelnen Mikrofone weiter voneinander entfernt. Dieses Verfahren setzt voraus, dass die Aufzeichnung der einzelnen Tonspuren zeitlich synchron erfolgt. Die einfachste Variante dafür ist, dass die Mikrofone mit langen Kabeln an einen Mehrkanalrecorder angeschlossen sind. Wenn der Abstand der Schallquelle, also des rufenden Tieres, gegenüber dem Abstand der Membranen eines Mikrofonpaares sehr groß ist, kann für die Bestimmung der Schalleinfallrichtung alternativ eine einfache trigonometrische Funktion genutzt werden, die u. a. auch für das Richtungshören des Menschen gilt (Borucki 1989 und Abb. 1 b). Für die Ortung werden dann zumindest zwei Mikrofonpaare benötigt. Der Ort der Schallquelle wird

über den Schnittpunkt der beiden Schalleinfallgeraden bestimmt. Zu beachten ist aber, dass es hier eine spiegelsymmetrische Lösung gibt. Ohne a priori Kenntnis des ungefähren Ortes sind zumindest drei Mikrofonpaare erforderlich.

Bereits in den 1970er Jahren haben Magyar et al. (1978) mit Hilfe eines Vierkanalrecorders Virginia-wachteln (*Colinus virginianus*) im Rahmen von Verhaltensexperimenten akustisch lokalisiert. Die Rufe der Vögel wurden mit einem Aufbau aus vier Mikrofonen, die über Kabel mit einem Vierkanalrecorder verbunden waren aufgezeichnet. Fitzsimmons et al. (2008) haben eine kabelgebundene Anordnung von 16 Mikrofonen für Playback-Experimente an Schwarzkopfmäusen (*Poecile atricapilla*) genutzt.

Die wohl erste Untersuchung zur Nutzung von Lokalisationsalgorithmen zur Bestimmung von Bestandsgrößen wurde von Wahlberg et al (2003) an Rohrdommeln durchgeführt. Mit einer Anordnung aus vier Mikrofonen, die 65 bis 294 m voneinander entfernt standen, konnten auf einer Fläche von ca. 65 ha 6 rufende Männchen lokalisiert werden. Systematisch wurde die Methodik der akustischen Lokalisation von Frommolt & Tauchert (2010 a, b) für die Bestandser-

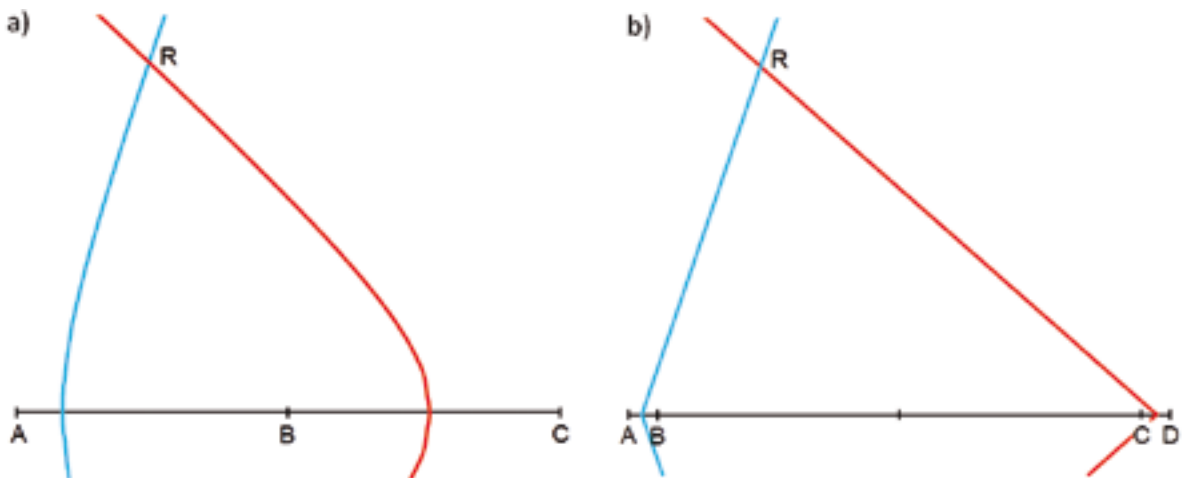


Abb. 1: Zwei Möglichkeiten zur Ortung von Schallquellen in der Ebene. a) Bestimmung der „Schalleinfallrichtung“ auf der Grundlage der Laufzeitunterschiede des akustischen Signals an entfernten Einzelmikrofonen (Hyperbelfunktion). Blau ist die Isolinie für einen beispielhaft gewählten Laufzeitunterschied zwischen den Mikrofonen A und B, rot die Isolinie für einen solchen zwischen den Mikrofonen B und C dargestellt. Die Schallquelle R befindet sich am Schnittpunkt der beiden Isolinien. b) Vereinfachte trigonometrische Ortung einer weit entfernten Schallquelle R auf der Grundlage der Laufzeitunterschiede des akustischen Signals an zwei Mikrofonpaaren A-B (blaue Gerade) und C-D (rote Gerade). Bei der gewählten Anordnung ist in beiden Fällen eine spiegelsymmetrische Lösung (jeweils nach unten angedeutet) denkbar. – Two approaches for locating sound sources in the plane. a) Determination of "sound incidence direction" on the basis of time differences of arrival of the acoustic signal at distant microphones (hyperbolic approach). The blue line is the isoline for an arbitrarily chosen difference of sound arrival times at microphones A and B, the red line those for the difference of arrival time measured at microphones B and C. The source of sound R is located at the intersection point of the two isolines. b) Simplified trigonometric localisation a distant source of sound on the basis of time differences of signal arrival at two pairs of microphones A-B (blue line) and C-D (red line). In both configurations a mirror-symmetric solution (indicated) is possible.

fassung von Rohrdommeln genutzt. In drei aufeinanderfolgenden Jahren konnten dabei auf einer Fläche von ca. 400 ha mindestens 10 bzw. 17 rufende Individuen festgestellt werden.

Bei der Aufzeichnung mit autonomen Recordern ohne direkte Kabel- oder ähnliche Verbindung ist die Synchronisation der Aufzeichnungsgeräte entscheidend. Møhl & Wahlberg (2001) haben ein System entwickelt, welches das GPS-Signal zur Synchronisation nutzt. Bei der Untersuchung von Frommolt & Tauchert (2010 a, b) wurde vor Beginn der Aufzeichnungen auf alle Digitalrecorder zeitgleich ein Synchronisationssignal aufgezeichnet, wobei eine Nachjustierung mit Hilfe eines akustischen Signals einer bekannten Schallquelle erforderlich war. Ein UKW-Signal zur Synchronisation von DAT-Recordern haben Hayes et al. (2000) genutzt.

Sowohl GPS-Signale als auch Funksignale setzen voraus, dass diese auch störungsfrei empfangen werden können. Unter einer geschlossenen Baumkrone und insbesondere in tropischen Regenwäldern ist dies meist nicht gegeben. Für Untersuchungen an Mexikoameisendrosseln im mexikanischen Regenwald haben Collier et al. (2010) ein sich selbst justierendes System bestehend aus 32 Mikrofonen, das acht Einheiten mit jeweils vier Mikrofonen beinhaltet, entwickelt. Die Synchronisation der Recorder erfolgte über akustische Signale, die von den Erfassungseinheiten gesendet wurden.

Bei der Nutzung von Lokalisationsalgorithmen ist unbedingt zu beachten, dass die Genauigkeit vor allem davon abhängt, wie genau die Schallgeschwindigkeit sowie Windstärke und Windrichtung bestimmt werden kann (Spiesberger & Fristrup 1990). Die Schallgeschwindigkeit hängt von Lufttemperatur, -druck und -feuchtigkeit ab. Luftschichtungen und Temperaturgradienten haben insbesondere bei Messungen über große Distanzen einen nicht unwesentlichen Einfluss. Auch Habitat und Lauttyp haben einen Einfluss auf die Genauigkeit der Lokalisation (McGregor et al. 1997).

Akustische Analyse und Mustererkennung

Die Visualisierung akustischer Aufzeichnungen mit Hilfe von Spektrogrammen (früher auch Sonagramme genannt) erleichtert die Sichtung von Tonaufzeichnungen. Beispiele verfügbarer Software sind etwa GlassOfFire (<http://www.oldbird.org/glassofire.htm>) oder Raven (<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/RavenOverview.html>). GlassOfFire bietet wenige Einstellmöglichkeiten und ist auch bei der ersten Anwendung zunächst gewöhnungsbedürftig, da die Software nur rudimentär per graphischer Benutzerführung bedient wird. Bei großen Mengen kurzer Dateien etwa mit Zugrufen und etwas Einarbeitungszeit erweist sich das Programm als große Hilfe bei der Sortierung der durch Spektrogramme visualisierten Dateien. Raven bietet dagegen zumindest in der kostenpflichtigen Pro-Version sehr viele individuelle Änderungsmöglichkeiten an. Audio-dateien werden bei Raven nahtlos aneinander gereiht

und interessante Energieakkumulationen im Spektrum können optisch leicht erfasst werden. Uninteressante und immer wiederkehrende Störgeräusche können mit einiger Übung am Spektrogramm erkannt und schon vor dem Abhören übersprungen werden. Das Nutzerhandbuch ist umfangreich und setzt dabei auch einige Grundlagen beim Anwender voraus, wenngleich mit Hilfe von mitgelieferten Beispieldateien schnell ein Einstieg in die Menüführung möglich ist. Ein Online-Forum hilft häufig binnen kurzer Zeit bei speziellen Fragen weiter. Auch die automatische Detektion über selbst zu definierende Parameter ist möglich.

Bei gezielter Suche nach einzelnen Arten ist die Visualisierung mit Hilfe von Spektrogrammen bedeutend effektiver als das reine Abhören der Aufzeichnungen. So benötigten Swiston & Menill (2009) für die Sichtung von 24 Stunden Tonmaterial auf Rufe von Helmspechten (*Dryocopus pileatus*) und Elfenbeinspechten etwas mehr als eine Stunde. Die Suche nach dem Doppelklopfen des Elfenbeinspechts dauerte mit gut zwei Stunden etwas länger.

Mehrspurtaufzeichnungen erlauben, selbst bei sehr ähnlicher Rufstruktur oftmals einzelne Individuen sicher auseinanderzuhalten und ermöglichen damit quantitative Aussagen (Abb. 2).

Wie bereits gezeigt, können Langzeitaufzeichnungen das Artenspektrum singender und rufender Vögel gut dokumentieren. Eine Bestimmung durch Abhören der Aufzeichnungen durch erfahrene Ornithologen bleibt immer noch sehr zeitaufwändig. Daher sind Algorithmen der akustischen Mustererkennung gefragt, die eine Art sicher im Stimmengewirr erkennen können.

Ein naheliegender Ansatz zur Mustererkennung von Tierstimmen ist es, Verfahren aus der Spracherkennung auf dieses Problem zu übertragen. Solche Ansätze wurden schon früh verfolgt, um Elemente des Gesangs von Vögeln zu erkennen. In diesem Zusammenhang wurden klassische Methoden wie Dynamic Time Warping und Hidden-Markov-Modelle (HMMs) angewandt (Kogan & Margoliash 1998; Brandes 2008). Die in der Spracherkennung sehr erfolgreichen Methoden lassen sich jedoch nicht ohne weiteres auf das Mustererkennungsproblem für Tierstimmen übertragen. Dies liegt vor allem an drei Eigenschaften dieser Methoden. Erstens sind die für die Spracherkennung verwendeten Audiomerkmale spezifisch auf menschliche Sprache abgestimmt. Insbesondere bieten sie für diejenigen Frequenzbereiche, die für Vogelstimmen bedeutsam sind, geringe Sensitivität. Zweitens sind sie sehr anfällig gegenüber Hintergrundgeräuschen, die vor allem bei Freilandaufnahmen von Vogelstimmen eher die Regel als die Ausnahme darstellen. Drittens gehen die in diesem Zusammenhang verwendeten Signalmodelle (HMMs) davon aus, dass die Signale lokal-stationär sind, d. h. dass sich ihre Merkmale zeitlich lokal gut durch einen Mittelwert approximieren lassen. Dies trifft auf die menschliche Sprache zwar

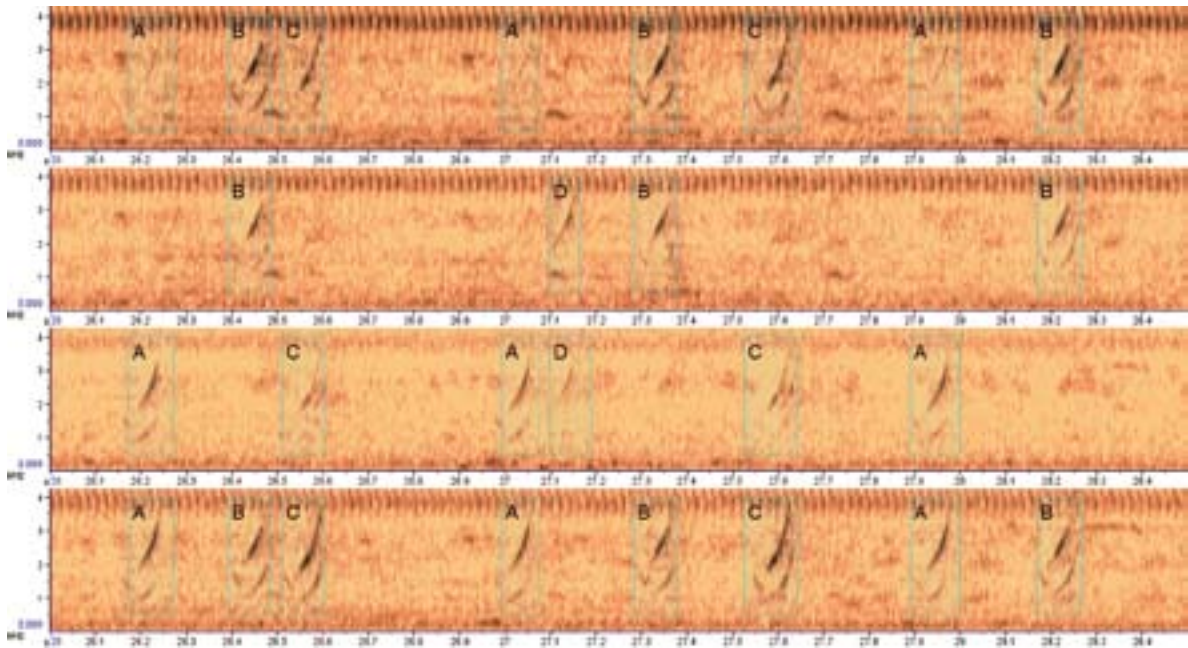


Abb. 2. Spektrogramm einer Vierkanalaufzeichnung der Rufe von Tüpfelsumpfhühnern (*Porzana porzana*). Buchstaben kennzeichnen einzelne Individuen. – *Spectrogram of a four-channel recording of Spotted Crake (Porzana porzana) calls. Capital letters indicate different individuals.*

näherungsweise zu, auf die meisten Vogelstimmen jedoch nicht.

Zum Teil dürften sich diese Probleme durch speziell für Tierstimmen entworfene Audiomerkmale mildern lassen. Eine direkte Übertragung von Methoden aus der Spracherkennung auf die Mustererkennung in Feldaufnahmen ist jedoch ohne umfangreiche Anpassungen nicht möglich.

In den letzten Jahren wurden insbesondere für Musikdatenbanken Algorithmen für ein inhaltsbasiertes „Retrieval“ entwickelt, die es erlauben, auf der Grundlage von akustischen Mustern auch große Soundarchive nach bestimmten Sequenzen schnell zu durchsuchen. Die Anwendung solcher Algorithmen wurde bisher nur ansatzweise für Tierstimmenarchive durchgeführt. Bardeli (2009) hat unter Nutzung von Aufzeichnungen aus dem Tierstimmenarchiv des Museums für Naturkunde Berlin die prinzipielle Möglichkeit gezeigt, mittels einer auf Parameterextraktion basierenden Ähnlichkeitssuche einzelne Tierstimmen mit Sicherheit zu erkennen. Gute Trefferquoten wurden dabei bei Gesängen erzielt, die vornehmlich aus klanghaften Elementen aufgebaut waren, wohingegen bei geräuschhaften Signalen noch keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt wurden.

Eine für die Detektion bioakustischer Signale häufig genutzte Methode ist die Spektrogrammkorrelation, die u. a. auch in die Analysesoftware Avisoft SASLab Pro (www.avisoft.com) integriert ist (Abb. 3). Ausgangs-

punkt für den Vergleich sind mit Hilfe der schnellen Fouriertransformation (FFT) berechnete Spektrogramme. Diese numerischen Spektrogramme stellen eine Matrix von Amplitudenwerten in der Zeit- und Frequenzdimension dar. Für die Korrelation werden die berechneten Spektrogramme schrittweise entlang der Zeitachse verschoben und jeweils ein Korrelationskoeffizient Φ_{xy} nach folgender Formel berechnet (Avisoft Bioacoustics 2012):

$$\Phi_{xy} = \frac{\sum_x \sum_y ((a_{xy} - m_a) \times (b_{xy} - m_b))}{\sqrt{\sum_x \sum_y (a_{xy} - m_a)^2 \times \sum_x \sum_y (b_{xy} - m_b)^2}}$$

Dabei sind m_a und m_b die Mittelwerte aller für die Spektrogramme a und b errechneten Amplitudenwerte. a_{xy} und b_{xy} sind jeweils die Einzelwerte für die Amplituden der Spektrogramme a und b zum Zeitpunkt x für die Frequenz y. Der Maximalwert der so bestimmten Korrelationskoeffizienten repräsentiert die Übereinstimmung der Rufe innerhalb der beiden Spektrogramme. Je größer dieser maximale Korrelationskoeffizient ist, umso größer ist die Ähnlichkeit der Rufe. Identische Spektrogramme ergeben einen Korrelationskoeffizienten von 1. Durch Hinzufügen von zusätzlichen Referenz-Spektrogrammen, die eine möglichst große Bandbreite der zu erwartenden Rufvariationen umfassen sollten, kann die Erkennungsrate weiter erhöht werden.

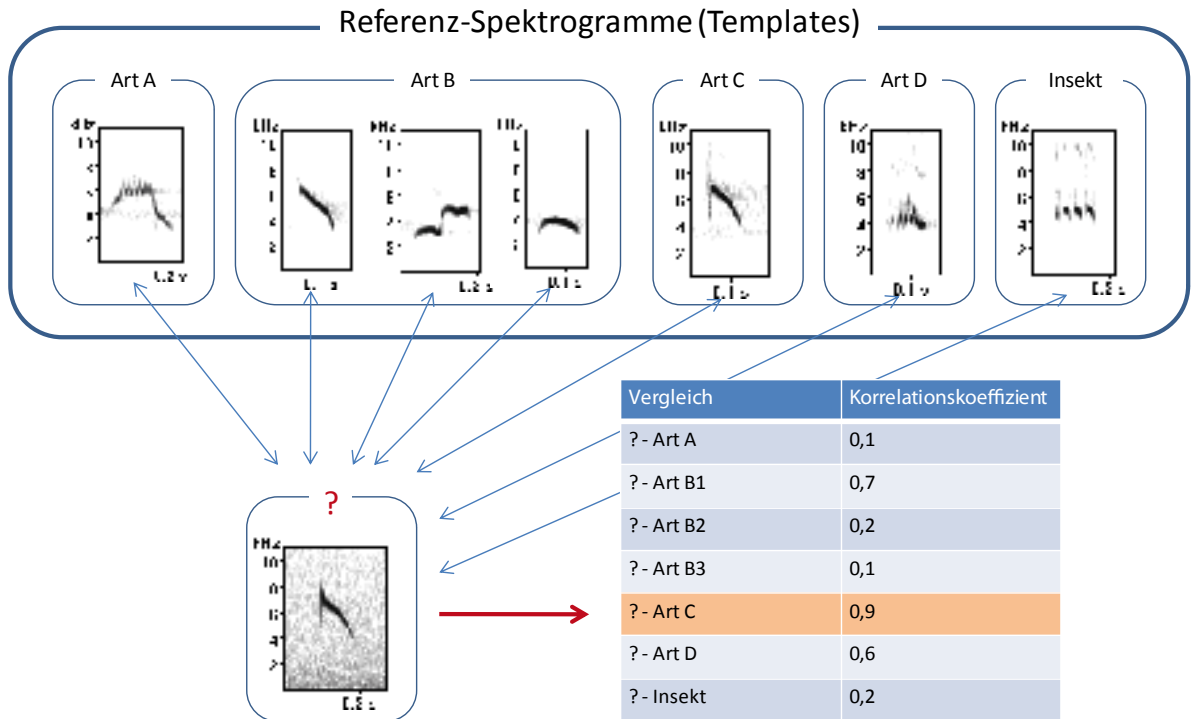


Abb. 3: Funktionsschema der Spektrogrammkorrelation. Große Ähnlichkeiten in den Spektrogrammen spiegeln sich in einem hohen Korrelationskoeffizienten wieder. - *Functional diagram of spectrogram correlation. Great similarities in the spectrograms are reflected in a high correlation coefficient.*

Abbildung 4 zeigt am Beispiel der Rufe des Tüpfelsumpfhuhnes, wie mit Hilfe einer Spektrogrammkorrelation arttypische Rufe in einer Langzeitaufzeichnung gefunden werden können. Die Methodik ist gut geeignet, um nach einfachen Strukturen, wie z. B. Rufen zu suchen. Weniger geeignet ist sie für komplexe Gesänge.

Von der Firma Wildlife Acoustics wurde eine Software (Song Scope) entwickelt, die es erlaubt auf der Grundla-

ge von Hidden-Markov-Modellen sowohl Rufe als auch Gesänge in Langzeitaufzeichnungen zu detektieren (Agranat 2009). Ausgangspunkt ist dabei das Trainieren des Erkennungsalgorithmus durch bekannte Lautäußerungen. Das Programm liefert gute Ergebnisse, wenn sich die Gesänge bzw. Rufe klar vom Hintergrund abheben (Agranat 2007). Nachteilig ist jedoch, dass der Prozess des Trainierens oft sehr zeitaufwändig ist und im Ender-

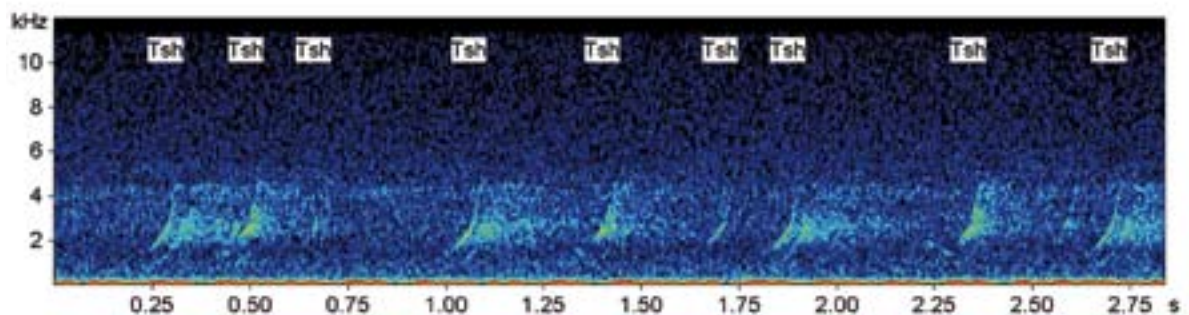


Abb. 4: Detektion der Rufe des Tüpfelsumpfhuhnes (*Porzana porzana*) in einem Ausschnitt einer Langzeitaufzeichnung unter Nutzung der Spektrogrammkorrelation in Avisoft SASLab Pro. Detektierte Rufe sind mit Tsh gekennzeichnet. - *Detection of Spotted Crake (*Porzana porzana*) calls in a sequence of a long-term recording using the spectrogram correlation algorithm of Avisoft SASLab pro. Detected calls are labelled with Tsh.*

gebnis nicht gezeigt wird, welche Parameter konkret für die jeweilige Arterkennung herangezogen wurden.

Ziel der Mustererkennung ist es, möglichst viele Rufe bzw. Gesänge sicher zu detektieren. Dabei sollte sowohl die Anzahl der falsch positiven Ereignisse (Fehlbestimmung) und falsch negativen Ereignisse (Nichterkennen) gering gehalten werden. Oft muss dabei ein Kompromiss eingegangen werden. Wenn es darum geht, eine Art sicher zu bestimmen, sollte die Anzahl der falsch positiven Ereignisse minimiert werden. Wenn es jedoch darum geht, seltene Rufereignisse zu finden, sollte eher die Anzahl falsch negativer Ereignisse gering gehalten werden (Waddle et al. 2009). Eine Nachkontrolle ist meist unverzichtbar. So haben Goyette et al. (2011) die Spektrogrammkorrelation genutzt, um in Daueraufzeichnungen Rufe von neotropischen Eulen zu detektieren. Auch hier war die automatische Auswertung lediglich ein Hilfsmittel, die endgültige Entscheidung erfolgte durch Spezialisten. Swiston & Menill (2009) verglichen die Effektivität der Spektrogrammkorrelation mit dem visuellen Scannen von Spektrogrammen anhand von Langzeitaufzeichnungen dreier amerikanischer Spechtarten (Helmspecht, Königsspecht *Campyphilus guatemalis* und Elfenbeinspecht). Dabei hat die visuelle Inspektion von Spektrogrammen die sichersten Ergebnisse erbracht.

Die Effektivität von Mustererkennungsalgorithmen wurde von Waddle et al. (2009) am Beispiel von drei Froscharten unter Nutzung der Software Song Scope (Wildlife Acoustics) getestet. Mit dem Bestreben, die Anzahl falsch positiver Ereignisse gering zu halten, er-

gaben die Analysen 2,7 bis 15,8 % Fehlbestimmungen und 45 bis 51% nicht erkannte Rufe. Buxton and Jones (2012) nutzten die gleiche Software zur Erfassung von Rufen von Wellenläufern (*Oceanodroma furcata*, *O. leucorhoa*) und Silberalken (*Synthliboramphus antiquus*) bei einer Rate von 29 bis 54 % nicht erkannter Rufe. Bei starker Überlappung von Rufen mehrerer Arten wurden jedoch nur 10 % der Rufe erkannt.

Neben generellen Mustererkennungsalgorithmen können gezielt auf einzelne Arten abgestimmte Verfahren insbesondere in Situationen mit hohem Hintergrundpegel gute Ergebnisse erzielen. Hill & Hüppop (2008) beschreiben ein Verfahren zur automatischen Detektion von Rufen der Rotdrossel (*Turdus iliacus*) in einer großen Zahl von Dateien, die mittels der Registrierungssoftware AROMA (s. o.) aufgezeichnet wurden. Die Rufsuche wurde per Skript in einer für die Phonetik entwickelten und frei verfügbaren Software (<http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>) realisiert. Ein Ruf wurde dabei als Rotdrosselruf klassifiziert, wenn im Frequenzbereich von 6.200 bis 8.500 Hz die Bandbreite der Formanten für mindestens 130 ms weniger als 50 Hz betrug und zudem die Frequenz des Formanten signifikant linear über die Rufdauer abnahm (ein Formant beschreibt die Konzentration der akustischen Energie in einem bestimmten Frequenzbereich).

Für die Rohrdommel und den Rohrschwirl (*Locustella luscinioides*) wurden Detektionsalgorithmen entwickelt, die es erlauben, die Art auch in Aufzeichnungen mit starken Hintergrundgeräuschen zu erkennen (Bardeli et al 2010). Beim Rohrschwirl wurden

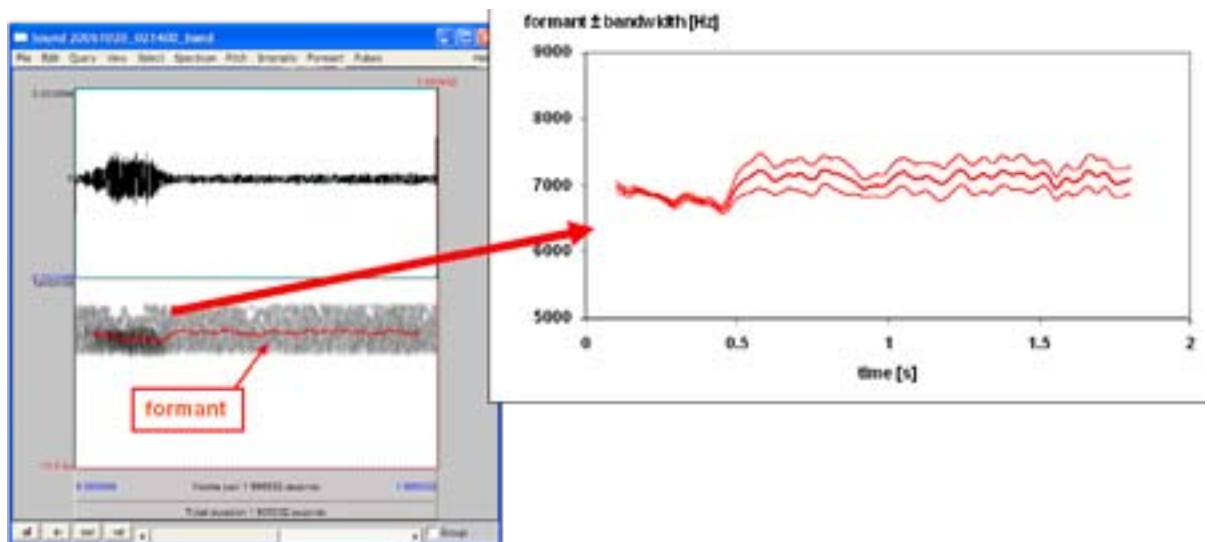


Abb. 5: Formant des Zugrufs einer Rotdrossel im Frequenzbereich 6200 bis 8500 Hz (Darstellung in Praat). – *Formant of a flight call of a Redwing (Turdus iliacus) in the frequency band from 6,200 to 8,500 Hz as displayed in the free phonetic software "Praat".*



Abb. 6: Erfassung des Rohrschwirls von einem langsam fahrenden Boot aus. – *Mapping of Savi's Warbler (Locustella luscinioides) from a slowly moving boat.*

Foto: K.-H. Frommolt

auf Tonaufzeichnungen durchschnittlich 92 % aller Gesänge der Art detektiert, mit lediglich 1,2 % Fehlinterpretationen. Unter Nutzung des Erkennungsalgorithmus für den Rohrschwirl wurde der Versuch unternommen, eine Linienkartierung mit rein akustischen Methoden zu realisieren (Frommolt et al. 2008; Koch et al. 2008). Dafür wurde die Schilfkante eines Gewässers mit einem Boot langsam abgefahren (Abb. 6). Während der Fahrt erfolgte eine kontinuierliche Aufzeichnung von Ton und GPS-Position. Parallel dazu wurden singende Individuen direkt vor Ort kartiert. Hinsichtlich der Anzahl der ermittelten Reviere wurde dabei eine gute Übereinstimmung zwischen den mittels Linienkartierung vor Ort und der auf akustischem Weg ermittelten Ergebnisse festgestellt (Abb. 7). Gewisse Abweichungen waren bei der Lage der Reviere zu erkennen.

Auch Towsey et al. (2012) kamen zu dem Schluss, dass es kaum einen einheitlichen Algorithmus zur Erkennung von Tierstimmen geben wird. Die von ihnen entwickelte Toolbox zur Stimmdetektion enthält eine Kombination verschiedener Methoden.

Indices für Artendiversität

Die Möglichkeit, innerhalb kurzer Zeit sehr umfangreiches akustisches Datenmaterial zu sammeln, wirft die Frage einer effektiven Auswertung auf. Zu diesem Zweck wurden Indices entwickelt, welche die Biodiversität allein auf der Grundlage von Tonaufzeichnungen beschreiben sollen.

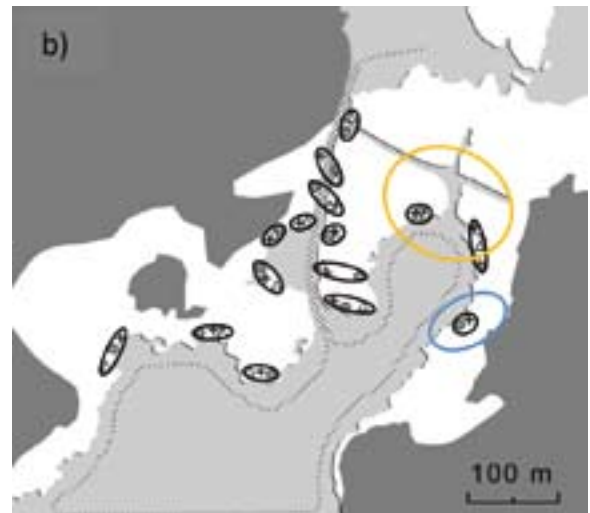
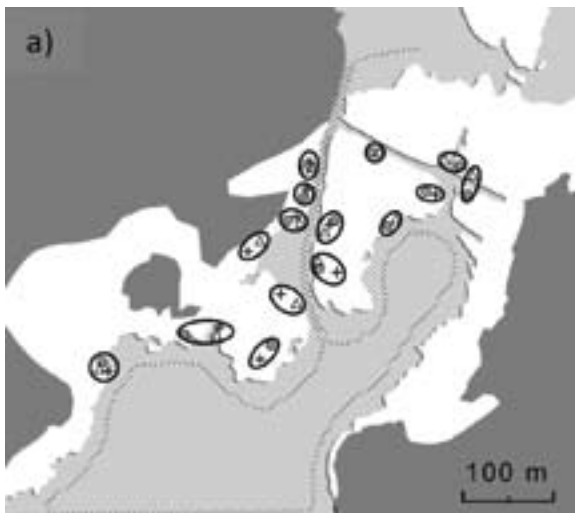


Abb. 7: Ergebnisse der Erfassung des Rohrschwirls am Parsteiner See 2009. a) Bestimmung der Reviere durch Kartierung vor Ort. b) Bestimmung der Reviere auf der Grundlage einer kontinuierlichen Tonaufzeichnung unter Einsatz eines Mustererkennungsalgorithmus. Die Ortsbestimmung erfolgte anhand der aufgezeichneten GPS-Route. Gelb umrandet ist ein Gebiet, das mittels Mustererkennung schwer zu erfassen war, blau umrandet ein Revier, das vom Beobachter vor Ort übersehen wurde. – *Mapping of Savi's Warbler (Locustella luscinioides) at lake Parsteiner See in 2009. a) Determination of the territories by direct mapping. b) Determination of territories by continuous sound recording using a pattern recognition algorithm. The location of the boat was determined on the basis of the recorded GPS track. Yellow bordered is an area that was difficult to assess using pattern recognition algorithms. Blue outlined is a territory that was overlooked during direct observation.*

Sueur et al. (2008) haben einen akustischen Entropie-Index zur Beschreibung der akustischen Diversität vorgeschlagen, der auf informationstheoretischen Ansätzen beruht. Damit soll eine schnelle Bewertung der Komplexität der Zusammensetzung von Tiergemeinschaften ermöglicht werden. Auf diese Weise können generelle Veränderungen in Lebensgemeinschaften schnell aufgezeigt werden, jedoch nicht, welche Arten konkret betroffen sind. Eine Überprüfung der Anwendbarkeit auf Wälder der gemäßigten Zone erfolgte durch Deprater et al. (2012), wobei Hinweise gefunden wurden, dass dieser auf der Grundlage der Bewertung der Geräuschkulisse berechnete Index mit der Artenmannigfaltigkeit (Anzahl der Arten, die auf den Aufnahmen zu hören waren) korreliert. Bei Betrachtung der Ergebnisse entsteht jedoch der Eindruck, dass bei sieben und mehr singenden Arten keine weitere Zunahme des Entropie-Indexes erfolgt.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgen Pieretti et al. (2011) und Farina et al. (2011) mit einem Index der akustischen Komplexität. Dieser Index basiert darauf, dass die meisten Lautäußerungen von Tieren aus kurzen Elementen bestehen. Bewertet wird hier die zeitliche Änderung innerhalb der einzelnen Frequenzbänder. Dieser Index ist anscheinend gut geeignet, um die Aktivitätsphasen bestimmter Artengruppen innerhalb von Langzeitaufzeichnungen zu erkennen (Farina et al. 2011).

Diskussion

Aus unserer Übersicht wird deutlich, dass wir von einer kompletten automatisierten Erfassung und Auswertung zwar noch weit entfernt sind, automatisierte akustische Verfahren aber ein riesiges Potenzial für ornithologische Feldforschungen verschiedenster Art haben. Für die meisten Aufgaben einer kontinuierlichen Bestandserfassung ist zu erwarten, dass auch in Zukunft traditionelle Erfassungsmethoden wie die Linienkartierung oder die Punkt-Stopp-Zählung weit aus effektiver sind, als z. B. eine akustische Erfassung. Automatisierte Methoden sind eine wertvolle Ergänzung und sollten dort eingesetzt werden, wo herkömmliche Methoden sehr aufwändig oder gar unmöglich sind. Der Vorteil automatisierter Methoden besteht neben der Zeit- und Arbeitersparnis darin, dass die Erfassung vor Ort weitgehend störungsfrei erfolgt. Die Aufzeichnungstechnik kann zu einem Zeitpunkt aufgestellt werden, wo keine Störung vom Beobachter ausgeht. Der Einsatz von Technik ermöglicht auch eine kontinuierliche Langzeitüberwachung entweder durch ununterbrochene Aufzeichnung über längere Zeiträume, z. B. während einer kompletten Nacht, durch Erfassung nach einem Zeitraster oder durch Auslösen der Aufnahme, wenn bestimmte Rufe erkannt werden. Nicht zu vergessen ist, dass die Datenerfassung unabhängig von der Artenkenntnis des

Erfassers, seinen Sinnesleistungen und auch seiner Konzentrationsfähigkeit erfolgt. Im Folgenden sollen sinnvolle Einsatzszenarien für automatisierte Methoden exemplarisch umrissen werden:

- Erfassung des nächtlichen Vogelzuges. Dieses Ereignis kann vom Beobachter, abgesehen von der extrem eingeschränkten Möglichkeit der Beobachtung der Vögel vor der Mondscheibe, ohne technische Hilfe nur über die Lautäußerungen der ziehenden Vögel wahrgenommen werden, was allerdings sehr zeitaufwändig ist. Mit einer automatisierten Erfassung können jedoch vergleichsweise einfach wertvolle Informationen über das Zuggeschehen auch über längere Zeiträume gewonnen werden.
- Erfassung nachtaktiver Vogelarten (Eulen, Rallen). Das Monitoringprogramm für häufige Brutvogelarten erfasst durch die methodische Beschränkung auf die Morgenstunden diese Arten nicht. Für Eulen konnte gezeigt werden, dass der Erfassungsradius mittels automatisierter akustischer Methoden zumindest so groß ist wie der eines Erfassers vor Ort (Frommolt et al. 2008). Unter Einsatz mehrerer Aufzeichnungsgeräte kann sogar eine größere Fläche abgedeckt werden.
- Erfassungen in schwer zugänglichen Gebieten oder Kernzonen von Schutzgebieten. Die heutigen technischen Möglichkeiten erlauben es, über längere Zeiträume kontinuierlich aufzuzeichnen und damit auch eine Datenerfassung in Abwesenheit des Beobachters zu realisieren. Dadurch können Erfassungen in Kernzonen von Schutzgebieten auch ohne regelmäßige Begehungen durchgeführt werden.

Denkbar sind noch zahlreiche weitere Einsatzbereiche wie z. B. die Suche nach seltenen Vogelarten. Das von Hobson et al. (2002) vorgeschlagene Szenario der Erstellung von Tonaufzeichnung durch Hilfskräfte und Abhören durch Spezialisten erscheint uns zumindest für mitteleuropäische Verhältnisse mit einer hohen Beobachterdichte wenig geeignet. Die direkte Erfassung vor Ort kann hier durch geschulte Ornithologen abgesichert werden, wobei auch Sichtbeobachtungen berücksichtigt werden. Der breite Einsatz automatisierter Methoden erfordert, dass die Auswertung effektiver sein muss als herkömmliche „manuelle“ Methoden. Bisher liegen aber nur wenige exemplarische Lösungen für eine automatisierte Auswertung unter Nutzung von Algorithmen der akustischen Mustererkennung vor. Dabei sollte aber nicht außer Acht gelassen werden, dass mit den bereits vorhandenen Lösungen und Hilfsmitteln zahlreiche Aufgabenstellungen angegangen werden können. Eine weitere Voraussetzung sind preiswerte Aufzeichnungsgeräte mit empfindlichen Mikrofonen. Gerade in diesem Bereich zeichnet sich eine sehr dynamische Entwicklung ab. Es ist zu erwarten, dass in naher Zukunft auch technologische Lösungen, die auf Mobiltelefonen und mobilen Kleincomputern basieren, zum Einsatz kommen.

Zusammenfassung

Der gegenwärtige Kenntnisstand über automatisierte Methoden zur akustischen Erfassung von Rufen und Gesängen von Vögeln wird dargelegt. Die Grundlage für eine automatisierte Erfassung bilden Langzeitaufzeichnungen. Es wird der Frage nachgegangen, inwiefern Tonaufzeichnungen für eine qualitative und auch quantitative Analyse von Vogelbeständen geeignet sind. Spezielles Augenmerk wird autonomen Aufzeichnungsmethoden und der Auswertung von Langzeitaufzeichnungen unter Nutzung von Algorithmen der akustischen Mustererkennung gewidmet. Sinnvolle Einsatzszenarien für automatisierte Methoden im Rahmen avifaunistischer Feldforschung sind die Erfassung des nächtlichen Vogelzuges, die Erfassung nachtaktiver Brutvogelarten und die Datenerhebung in Kernzonen von Schutzgebieten.

Literatur

- Agrat ID 2007: Automatic detection of Cerulean Warblers using autonomous recording units and Song Scope bioacoustics software. Wildlife Acoustics, Inc.: 1-13. http://www.fs.fed.us/t-d/programs/im/acoustic_wildlife/Cerulean%20Warbler_%20Report_Final.pdf (letzter Zugriff 3.4.2012).
- Agrat ID 2009: Automatically identifying animal species from their vocalizations. Wildlife Acoustics, Inc.: 1-22. <http://www.wildlifeacoustics.com/wp-content/uploads/2011/08/Automatically-Identifying-Animal-Species-from-their-Vocalizations.pdf> (letzter Zugriff 3.4.2012).
- Avisoft Bioacoustics 2012: Avisoft-SASLab Pro version 5.2 Sound Analysis and Synthesis Laboratory for Microsoft Windows XP/ Vista / 7 / 8. <http://www.avisoft.com/SASLab-Pro.pdf> (letzter Zugriff 3.4.2012).
- Bailey H, Clay G, Coates EA, Lusseau D, Senior B & Thompson PM 2010: Using T-PODS to assess variations in the occurrence of coastal Bottlenose Dolphins and Harbour Porpoises. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 20: 150-158.
- Bardeli R 2009: Similarity search in animal sound databases. *IEEE Transactions on Multimedia* 11(1): 68-76.
- Bardeli R, Wolff D, Kurth F, Koch M, Tauchert K-H & Frommolt K-H 2010: Detecting bird sounds in a complex acoustic environment and application to bioacoustic monitoring. *Pattern Recognition Letters* 31: 1524-1534.
- Blumstein DT, Mennill DJ, Clemins P, Girod L, Yao K, Patricelli G, Deppe JL, Krakauer AH, Clark CW, Cortopassi KA, Hanser SF, McCowan B, Ali AM & Kirschel ANG 2011: Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *J. Appl. Ecol.* 48: 758-767.
- Borucki H 1989: Einführung in die Akustik. BI Wissenschaftsverlag, Mannheim, Wien, Zürich.
- Brandes TS 2008: Feature vector selection and use with hidden Markov models to identify frequency-modulated bioacoustic signals amidst noise. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 16: 1173-1180.
- Buckland ST 2006: Point-transect surveys for songbirds: robust methodologies. *Auk* 123: 345-357.
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie 2007: Standard. Untersuchung der Auswirkung von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK 3). BSH-Nr. 7003. <http://www.bsh.de/de/Produkte/Buecher/Standard/7003.pdf> (letzter Zugriff 29.3.2012).
- Buxton RT & Jones IL 2012: Measuring nocturnal seabird activity and status using acoustic recording devices: application for island restoration. *J. Field Ornithol.* 83: 47-60.
- Celis-Murillo A, Deppe JL & Allen MF 2009: Using soundscape recordings to estimate bird species abundance, richness, and composition. *J. Field Ornithol.* 80: 64-78.
- Charif RA & Clark CW 2009: Acoustic monitoring of large whales in deep waters north and west of the British Isles: 1996-2005. Preliminary Report. Cornell Laboratory of Ornithology, Cornell University, Ithaca: 40. http://www.offshore-sea.org.uk/site/scripts/consultation_download_info.php?downloadID=237 (letzter Zugriff 3.4.2012).
- Collier TC, Kirschel ANG & Taylor CE 2010: Acoustic localization of Antbirds in a Mexican rainforest using a wireless sensor network. *J. Acoust. Soc. Am.* 128: 182-189.
- Depraetere M, Pavoine S, Jiguet F, Gasc A, Duval S & Sueur J 2012: Monitoring animal diversity using acoustic indices: implementation in a temperate woodland. *Ecological Indicators* 13: 46-54.
- Dierschke V 1989: Automatisch-akustische Erfassung des nächtlichen Vogelzuges bei Helgoland im Sommer 1987. *Vogelwarte* 35: 115-131.
- Dorcas ME, Price SJ, Walls SC & Barichivich WJ 2009: Auditory monitoring of anuran populations. In: Dodd CKJ (Hrsg): *Amphibian ecology and conservation. A handbook of techniques*: 281-298. Oxford University Press, Oxford.
- Evans WR 2005: Monitoring avian night flight calls - The new century ahead. *Passenger Pigeon* 67: 15-24.
- Evans WR & Mellinger DK 1999: Monitoring grassland birds in nocturnal migration. *Studies in Avian Biology* 19: 219-229.
- Farina A, Pieretti N & Piccioli L 2011: The soundscape methodology for long-term bird monitoring: a Mediterranean Europe case-study. *Ecological Informatics* 6: 354-363.
- 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 (WSR-88D). *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.
- Fitzsimmons LP, Foote JR, Ratcliffe LM & Mennill DJ 2008: Eavesdropping and communication networks revealed through playback and an acoustic location system. *Behav. Ecol.* 824-829.
- Flade M & Schwarz J 2004: Ergebnisse des DDA-Monitoringprogramms, Teil II: Bestandentwicklung von Waldvögeln in Deutschland 1989-2003. *Vogelwelt* 125: 177-205.
- Frommolt K-H & Tauchert K-H 2008: Anwendungsszenarien eines auf bioakustischer Mustererkennung basierenden Monitorings. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 60: 153-158.
- Frommolt K-H, Tauchert K-H & Koch M 2008: Advantages and disadvantages of acoustic monitoring of birds – realistic scenarios for automated bioacoustic monitoring in a

- densely populated region. In: Frommolt K-H, Bardeli R & 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: 83-92. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript234.pdf> (letzter Zugriff 30.3.2012).
- Frommolt K-H & Tauchert K-H 2010a: Bioakustisches Monitoring von Brutvögeln. Fortschritte der Akustik - DAGA 2010: 493-494.
- Frommolt K-H & Tauchert K-H 2010b: Bioakustisches Monitoring von Rallen und Dommeln auf einer Renaturierungsfläche. Vogelwarte 48: 383-384.
- Gilbert G, Tyler GA & Smith KW 2002: Local annual survival of booming male Great Bittern *Botaurus stellaris* in Britain, in the period 1990-1999. Ibis 144: 51-61.
- Gilbert G, McGregor P & Tyler G 1994: Vocal individuality as a census tool: practical considerations illustrated by a study of two rare species. J. Field Ornithol. 65: 335-348.
- Graber RR & Cochran WW 1959: An audio technique for the study of nocturnal migration of birds. Wilson Bulletin 71: 220-236.
- Greenwood JJD, Baillie SR, Gregory RD, Peach WJ & Fuller RJ 1994: Some new approaches to conservation monitoring of British breeding birds. Ibis 137: S16-S28.
- Gunzburger MS 2007: Evaluation of seven aquatic sampling methods for amphibians and other aquatic fauna. Appl. Herpetol. 4: 47-63.
- Haselmayer J & Quinn JS 2000: A comparison of point counts and sound recording as bird survey methods in Amazonian southeast Peru. Condor 102: 887-893.
- Hill GE, Mennill DJ, Rolek BW, Hicks TL & Swiston KA 2006: Evidence suggesting that Ivory-billed Woodpeckers (*Campyphilus principalis*) exist in Florida. Avian Conservation and Ecology 1. <http://www.ace-eco.org/vol1/iss3/art2/> (letzter Zugriff 29.3.2012).
- 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).
- Hobson KA, Rempel RS, Greenwood H, Turnbull B & Van Wilgenburg SL 2002: Acoustic surveys of birds using electronic recordings. new potential from an omnidirectional microphone system. Wildlife Society Bulletin 30: 709-720.
- Hüppop K, Dierschke J, Hill R & Hüppop O 2012: Jahres- und tageszeitliche Phänologie der Vogelrufaktivität über der Deutschen Bucht. Vogelwarte 50: 87-108.
- Hüppop O, Dierschke J, Exo K-M, Fredrich E & Hill R 2006: Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. Ibis 148: 90-109.
- 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. 43: 85-90.
- Hutto RL & Stutzman RJ 2009: Humans versus autonomous recording units: a comparison of point-count results. J. Field Ornithol. 80: 387-398.
- Kirschel ANG, Cody ML, Harlow ZT, Promponas VJ, Vallejo EE & Taylor CE 2011: Territorial dynamics of Mexican Ant-Thrushes *Formicarius moniliger* revealed by individual recognition of their songs. Ibis 153: 255-268.
- Koch M, Frommolt K-H, Tauchert K-H, Bardeli R & Wolff D 2008: GPS-gestützte Linienkartierung des Rohrschwirls *Locustella luscinioides* in Kombination mit teilautomatisierter Mustererkennung. Vogelwarte 46: 353-354.
- Kogan JA & Margoliash D 1998: Automated recognition of bird song elements from continuous recordings using dynamic time warping and hidden Markov models: A comparative study. J. Acoust. Soc. Am. 103: 2185-2196.
- Kroodsmas DE & E.H. Miller (Hrsg) 1996: Ecology and evolution of acoustic communication in birds. Cornell University Press, Ithaca & London.
- Larkin RP, Evans WR & Diehl RH 2002: Nocturnal flight calls of Dickcissels and Doppler radar echoes over South Texas in spring. J. Field Ornithol. 73: 2-8.
- Lengagne T 2001: Stability in the individual features in the calls of Eagle Owls (*Bubo bubo*). Behaviour 138: 1407-1419.
- Magyar I, Schleidt WM & Miller B 1978: Localization of sound producing animals using the arrival time differences of their signals at an array of microphones. Experientia 34: 676-677.
- McGregor PK, Dabelsteen T, Clark CW, Bower JL & Holland J 1997: Accuracy of a passive acoustic location system: empirical studies in terrestrial habitats. Ethol. Ecol. Evol. 9: 269-286.
- Mellinger DK & Clark CW 2000: Recognizing transient low-frequency whale sounds by spectrogram correlation. J. Acoust. Soc. Am. 107: 3518-3529.
- Mitschke A, Sudfeldt C, Heidrich-Riske H & Dröschmeister R 2005: Das neue Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands – Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. Vogelwelt 126: 127-140.
- Möhl B & Wahlberg M 2001: A large-aperture array of non-linked receivers for acoustic positioning of biological sound sources. J. Acoust. Soc. Am. 109: 434-437.
- Nemeth E. & Brumm H 2010: Birds and anthropogenic noise: are urban songs adaptive? American Naturalist 176: 465-475.
- Obrist MK, Boesch R & Flückiger PF 2004: Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. Mammalia 68: 307-322.
- Obrist MK, Boesch R & Flückiger P 2008: Probabilistic evaluation of synergetic ultrasound pattern recognition for large scale bat surveys. 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: 29-42. <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript234.pdf> (letzter Zugriff 30.3.2012).

- Parker III TA 1991: On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *Auk* 108: 443-444.
- Philpott E, Englund A, Ingram S & Rogan E 2007: Using T-PODs to investigate the echolocation of coastal Bottlenose Dolphins. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 87: 11-17.
- Pieretti N, Farina A & Morri D 2011: A new methodology to infer the singing activity of an avian community: the Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators* 11: 868-873.
- Pröve E 1978: Quantitative Untersuchungen zu Wechselbeziehungen zwischen Balzaktivität und Testosterontitern bei männlichen Zebrafinken. *Z. Tierpsychol.* 48: 47-67.
- Rempel RS, Hobson KA, Holborn G, Van Wilgenburg SL & Elliott J 2005: Bioacoustic monitoring of forest songbirds: interpreter variability and effects of configuration and digital processing methods in the laboratory. *J. Field Ornithol.* 76: 1-11.
- Rohrbaugh RW, Rosenberg KV, Lammertink M, Swarthout E, Charif R, Barker S & Powers M 2006: Summary and conclusions of the 2005-06 Ivory-billed Woodpecker search in Arkansas. Ithaca, N.Y., Cornell Lab of Ornithology. <http://www.birds.cornell.edu/ivory/pastsearches/0607season/0607stories/finalreport06> (letzter Zugriff 3.4.2012).
- Runkel V 2008: Mikrohabitatnutzung syntoper Waldfledermäuse. Ein Vergleich der genutzten Strukturen in anthropogen geformten Waldbiotopen Mitteleuropas. Naturwissenschaftliche Fakultät. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen. Diss. Dr. rer. nat.: 164. <http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2008/971/pdf/VolkerRunkelDissertation.pdf> (letzter Zugriff 29.3.2012).
- Schwarz J & Flade M 2000: Ergebnisse des DDA-Monitoringprogramms. Teil 1: Bestandsänderungen von Vogelarten der Siedlungen seit 1989. *Vogelwelt* 121: 87-106.
- Simon M, Nuuttila H, Reyes-Zamundo MM, Ugarte F, Verfuß U & Evans PGH 2010: Passive acoustic monitoring of Bottlenose Dolphin and Harbour Porpoise, in Cardigan Bay, Wales, with implications for habitat use and partitioning. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 90: 1539-1545.
- Spiesberger JL & Fristrup KM 1990: Passive localization of calling animals and sensing of their acoustic environment using acoustic tomography. *Amer. Natur.* 135: 107-153.
- Sueur J, Pavoine S, Hammerlynck O & Duvail S 2008: Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PLoS ONE* 3: 1-9.
- Terry AMR, Peake TM & McGregor PK 2005. Census and monitoring based on individually identifiable vocalizations: the role of neural networks. *Frontiers in Zoology* 2: 10. doi:10.1186/1742-9994-2-10.
- Thompson ME, Schwager SJ & Payne KB 2009a: Heard but not see: an acoustic survey of the African Forest Elephant population at Kakum Conservation Area, Ghana. *Afr. J. Ecol.* 48: 224-231.
- Thompson ME, Schwager SJ, Payne KB & Turkalo AK 2009b: Acoustic estimation of wildlife abundance: methodology for vocal mammals in forest habitats. *Afr. J. Ecol.* 48: 654-661.
- Towsey M, Planitz B, Nantes A, Wimmer J & Roe P 2012: A toolbox for animal call recognition. *Bioacoustics* 12: 107-125.
- Verfuß UK, Honnef CG, Meding A, Dähne M, Mundry R & Benke H 2007: Geographical and seasonal variation of Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 87: 165-176.
- Waddle JH, Thigpen TF & Glorioso BM 2009: Efficacy of automatic vocalization recognition software for anuran monitoring. *Herpetological Conservation and Biology* 4: 384-388.
- Wahlberg M, Tougaard J & Møhl B 2003: Localising Bitterns *Botaurus stellaris* with an array of non-linked microphones. *Bioacoustics* 13: 233-245.
- Walcott C, Mager JN & Piper W 2006: Changing territories, changing tunes: male Loons, *Gavia immer*, change vocalizations when they change territories. *Animal Behaviour* 71: 673-683.
- Weßling B 2000: Kranichgedanken. Margraf Verlag, Weikersheim.

Vogellaute als taxonomische Merkmale

Dieter Thomas Tietze

Tietze DT 2012: Bird sounds as taxonomic characters. *Vogelwarte* 50: 79–86.

Bird vocalizations connected to reproduction are mostly species-specific, hence they may be used as taxonomic characters. They have special relevance when in bird species which are able to learn song speciation processes at an accelerated pace. According to the biological species concept, species are populations which are reproductively isolated from other populations. Thus it can easily be decided, if two forms occurring in the same place are species. But if their distributions do not overlap, a contact can be simulated by means of playback experiments. Otherwise homologous vocalizations have to be compared – like on a supra-specific level: Such comparisons may be performed descriptively according to auditory impression, or based on the visualization (sonagram), or statistically on parameters measured from the sonagram. In case a (molecular) phylogeny of the genus or family under investigation is available, the analyzed parameters should be tested for phylogenetic signal to exclude merely adaptive characters.

✉ DTT: Institut für Ökologie, Evolution und Diversität, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max-von-Laue-Straße 13, D-60439 Frankfurt am Main. E-Mail: mail@dieterthomastietze.de

1. Einleitung

Von Vögeln produzierte Laute sind Teil ihres Verhaltens (Kroodsma & Miller 1982). Ein Teil der Laute ist angeboren, ein Teil erlernt, die Verteilung kann äußerst unterschiedlich sein. Lautäußerungen haben eine klare Funktion für die Kommunikation innerhalb und z. T. auch zwischen Arten. Nicht immer können wir die Funktionen klar benennen, entscheidende Ausnahme ist die Lautgebung im Kontext der Fortpflanzung (Partnerwerbung, Paarbindung, Revierverteidigung). Damit unterliegen lautliche wie morphologische und andere Merkmale der natürlichen und oftmals auch sexuellen Selektion. Sofern lautliche Merkmale mit der Stammesgeschichte evolviert sind, können sie als Kriterium bei systematischen Fragestellungen herangezogen werden.

Bereits das menschliche Gehör kann Vogelstimmen unterscheiden und sie bestimmten Arten zuweisen. Vogellaute werden wiederholt geäußert und sind zu meist gut hörbar. Durch diese relativ einfache Erfassbarkeit, ohne den Vogel dabei zu stören oder zu fangen, sind sie wesentlich besser zur Entdeckung neuer Arten geeignet und für vergleichende Studien leichter zu erheben als morphologische Merkmale oder genetische Daten, die auf Blut- oder Gewebeproben basieren.

Vergleichbare Laute haben sich vielmals als nützlich erwiesen, bislang übersehene Arten zu entdecken, nah verwandte Arten voneinander abzugrenzen oder in einer Art zusammenzuführen und phylogenetische Beziehungen aufzuzeigen oder zu untermauern.

Ich werde im Folgenden einige für die weiteren Ausführungen wichtige bioakustische Begriffe definieren und den evolutionsbiologischen Hintergrund für Vogellaute, speziell den Vogelgesang, beleuchten, bevor ich die Anwendung von Vogellauten in der Vogelsystematik methodisch und an Beispielen erläutere.

2. Begriffsdefinitionen

Die nachstehende Abgrenzung von Fachausdrücken soll das Verständnis weiterer Erörterungen zur Bioakustik im taxonomischen Zusammenhang erleichtern und folgt im Wesentlichen Martens et al. (2004) und Tietze et al. (2008). Zur Definition zoogeographischer und -systematischer Begriffe verweise ich auf Martens (1996a), Helbig (2000) und einschlägige Lehrbücher, erläutere sie aber weitgehend im laufenden Text.

Ruf: Relativ kurzer und einfacher Laut, meist nur aus einem oder wenigen Elementen bestehend, der nicht unbedingt nur während der Brutzeit und nur von Männchen geäußert wird (Catchpole & Slater 1995: 10); fast immer angeborene Lautäußerung, deren Funktion selten eindeutig umrissen ist, was die zur Verwendung als taxonomisches Merkmal unabdingbare Homologisierung erschwert.

Gesang, Reviergesang: Relativ lange und komplexe Lautäußerung, (in den gemäßigten Breiten) meist von Männchen während der Brutzeit produziert, um das Revier zu verteidigen und seine Qualitäten bei Weibchen anzupreisen (Catchpole & Slater 1995: 10); besteht aus verschiedenen Untereinheiten (meist Strophen). Basierend auf angeborenen Komponenten lernen Kolibris, Papageien und Singvögel ihren Gesang von Vorbildern.

Element: Kleinste Einheit einer Lautäußerung, erkennbar als durchgängige Schwärzung im Sonagramm (Abb. 1; Catchpole & Slater 1995: 10).

Elementgruppe: Feste Kombination zweier oder mehrerer verschiedener Elementtypen, oft mehrfach wiederholt.

Motiv: Klar umrissene Folge unterschiedlicher Elemente.

Silbe: Folge nur weniger unterschiedlicher Elemente.

Phrase: Folge gleichartiger Elemente oder Silben.

Triller: Schnelle Wiederholung gleichartiger Elemente oder Elementgruppen als Teil (aber bis zu 100 %) einer Strophe.

Syntax: Reihenfolge von Element(grupp)en in einer Gesangsstrophe.

Strophe: Häufigste Untereinheit des Reviergesangs, eine Folge von Elementen, Silben und Phrasen, die durch klare Pausen von anderen Strophen abgetrennt ist.

Strophentyp: Strophenvariante.

Endlosgesang: Syntaxform, bei welcher der Reviergesang kontinuierlich präsentiert wird und sich nicht in klar umrissene Gesangstrophen, sondern bestenfalls in willkürliche Untereinheiten unterteilen lässt.

Repertoire: Gesamtheit der von einem Individuum verwendeten oder in einer Population anzutreffenden Strophentypen.

Dialekt: Zeitliche oder räumliche Variante einer Lautäußerung, beschränkt auf eine Teilpopulation; mehrere Dialekte können in derselben Population vorkommen, Dialektverbreitungsgebiete können überlappen, aber arttypische Merkmale sind im gesamten Artareal stabil (Wickler 1986; Martens 1996b).

Regiolekt: Makrogeographische Gesangsvariation, bei der es im Gegensatz zum Dialekt nicht zu geographischer Überlappung kommt (Ausnahme: sekundärer Kontakt); Gesangsparameter unterscheiden sich deutlich zwischen zwei Regiolektpopulationen (Martens 1996b). Die Abgrenzung von arttypischem Gesang ist schwierig, meist weil die Regiolektpopulationen gerade Arten ausbilden oder sogar schon als separate Arten angesehen werden sollten.

Lautbelegexemplar: Sammlungsexemplar, dem eine aufgenommene Lautäußerung zugeordnet werden kann, so dass lautliche Merkmale mit genetischen und morphologischen Eigenschaften korreliert werden können.

3. Evolutionsbiologischer Hintergrund

Lediglich für drei Abstammungslinien innerhalb der Vögel ließ sich bisher nachweisen, dass ihre rezenten Nachfahren zum Lernen von Lautäußerungen befähigt sind: Kolibris (Trochilidae, Ordnung Apodiformes), Papageien (Ordnung Psittaciformes) und Singvögel (Oscines, Ordnung Passeriformes) (Kroodsma & Miller 1982). Dennoch gehören ihnen mehr als die Hälfte aller heute lebenden Vogelarten an, während die übrigen Arten 37 anderen – überwiegend basaleren – Ordnungen zugerechnet werden (Tab. 1, <http://www.world-birdnames.org>). Gesangsmerkmale können also nicht nur hilfreiche Merkmale für die Rekonstruktion eines natürlichen Systems der Vögel sein, sondern das Lernen

von Gesang selbst ist „Schrittmacher der Evolution“ (Thielcke 1970).

Wie man aus Experimenten mit schallisoliert aufgezogenen Vögeln weiß, sind allen Vögeln arttypische Laute angeboren. Im Falle der zum Lernen befähigten Vögel bedarf es aber Vorbildern, damit der endgültige Gesang ausgeformt wird. Darwinfinken erlernen den Gesang stets vom Vater, Weibchen vermeiden es umgekehrt, Partner mit genau diesem Gesang auszuwählen, um Inzucht zu vermeiden (Grant & Grant 1996). Bei anderen Arten dienen nicht (nur) die sozialen Väter als Vorbilder während der (ersten) lernsensiblen Phase. Der aktive Teil des Gesangslernens schreitet von der Vorstufe des Subsongs über plastischen zum kristallisierten Gesang voran. Arten, die zu zwischenartlicher Mimikry oder Gesangsimitation befähigt sind, verändern in weiteren Lernphasen den Gesang auch als Adulte weiter; die arttypischen Komponenten werden aber im ersten Jahr eingebaut.

Das Erlernen der arttypischen Merkmale (Tradition) funktioniert in der Regel sehr gut. Hin und wieder kommt es aber analog zu genetischen Mutationen zu Kopierfehlern (Martens 1996b). Merkmalswechsel gehen mit Populationsänderungen (z. B. Drift) einher (Martens 1998). Thielcke (1973) begründete die Theorie, dass Regiolekte entstehen, indem Jungvögel, deren Gesangslernen noch nicht abgeschlossen ist, neue Areale unter „Lernentzug“ besiedeln und dort abweichende Gesangsformen etablieren (Gründereffekt). Solch eine Arealerweiterung gelingt gerade Singvögeln so gut, weil sie mehr kognitive Fähigkeiten besitzen (Sol et al. 2005).

Voraussetzung für einen Ausbreitungsschritt ist die morphologisch-physiologische Anpasstheit an die neue Umwelt (Badyaev et al. 2008; Derryberry 2009). Die selektiven Einflüsse bestimmter Habitattypen sind dabei auf verschiedenen Kontinenten die gleichen (Cardoso & Price 2010). Beispielsweise sind Frequenzen zwischen 2 und 8 kHz am besten für lange Reichweite geeignet, und im Wald sollten schnelle Amplitudenmodulation und schnelle Wiederholraten vermieden werden (Richards & Wiley 1980). Weibchen könnten also indirekt dem Gesang entnehmen, ob der mögliche Partner in das gewählte Habitat passt (Slabbekoorn & Smith 2002). Umgekehrt kann sexuelle Selektion den Männchengesang auch an körperliche Grenzen bringen (Podos 2001; Podos et al. 2004). Als Beispiel für körperliche Beschränkungen hat Wallschläger (1980) aufgezeigt, dass große Vögel tiefere Frequenzen singen als kleine.

Nach dem biologischen Artkonzept sind Arten Fortpflanzungsgemeinschaften. Sympatrisch, also am gleichen Ort auftretende Arten sind somit leicht voneinander abzugrenzen, wenn sie reproduktiv isoliert sind, was auch durch die Gesänge aufrechterhalten wird. Allopatrische, also räumlich separierte Vogelformen stellen dagegen ein Problem dar: Die vorgenannten Gründe können dazu führen, dass disjunkte, also räumlich ge-

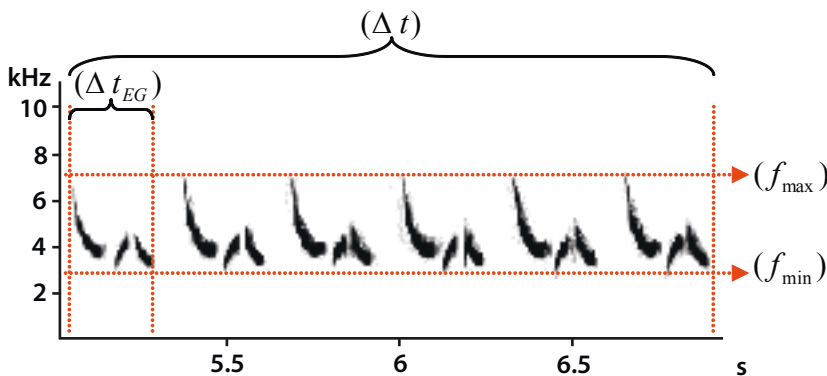


Abb. 1: Sonagramm (Spektrogramm) einer Gesangsstrophe der Tannenmeise (*Parus ater*) mit je zwei Frequenz- (f in kHz) und Zeitmaßen (t in s) – Sonagramm (spectrogram) of a Coal Tit (*Parus ater*) verse with two frequency (f in kHz) and two time parameters (t in s). EG: Elementgruppe, element group.

trennte Populationen trotz genetischer Differenzierung und morphologischer Divergenz ähnliche Gesänge oder umgekehrt trotz geringer genetischer Unterschiede oder hoher äußerlicher Ähnlichkeit stark verschiedene Gesänge aufweisen. Viele Zwischenstufen sind denkbar und auch realisiert. Sie lassen sich oft nicht in ein starres taxonomisches System pressen, sondern sind eher Beweis für die stetig fortschreitende Evolution auf verschiedenen Ebenen. Zwei Spezialfälle mögen die Problematik verdeutlichen:

Inselpopulationen weisen oft auf Grund von Gründereffekten stark unterschiedliche Gesänge auf. Kommt es nach Etablierung der Population auf der Insel zum Austausch zwischen Insel- und Festlandspopulation, könnte es wenigstens in einer Richtung zu reproduktiver Isolation gekommen sein. In einem solchen Falle gäbe es dann zwei biologische Arten, wobei die Festlandsart hinsichtlich der Inselart nicht mehr monophyletisch wäre.

Wenn eine Art sich von einem Ursprungsgebiet ausgehend ringförmig um ein für sie lebensfeindliches Gebiet ausbreitet, könnten sich zwei Frontpopulationen erneut begegnen und dann aber so weit voneinander differenziert sein, dass sich Isolationsmechanismen entwickelt haben (Ringart). Beim einzig anerkannten Beispiel unter den Singvögeln, dem Grünlaubsänger (*Phylloscopus trochiloides*), lässt sich dies auch anhand der Gesänge beobachten, die von einfacher Struktur im Himalaya ausgehend beiderseits des Tibetischen Plateaus nach Norden hin zunehmend komplexer werden. Da die aufeinandertreffenden sibirischen Populationen unterschiedliche Arten von Komplexität im Gesang aufweisen, wirkt er als prägamer Isolationsmechanismus (Irwin 2000), verhindert also, dass das Weibchen der einen Ausbreitungslinie das Männchen der anderen Ausbreitungslinie als Geschlechtspartner akzeptiert.

Nun singen aber nicht nur Männchen, sondern insbesondere in den Tropen spielt Weibchengesang – oft als Duettgesang mit dem Partner – ebenfalls eine große Rolle. In den gemäßigten Breiten wurde Weibchengesang z. B. beim Star (*Sturnus vulgaris*) intensiv unter-

sucht (Pavlova et al. 2005). Zu taxonomischen Zwecken wurde aber weder reiner Weibchengesang noch Duettgesang explizit untersucht.

Rufe und rein angeborene Gesänge unterliegen fast ausschließlich natürlicher Selektion und evolvieren deshalb so langsam, dass sie für die Abgrenzung von Arten (Mikroevolution) selten geeignet sind, dafür aber eher für Vergleiche innerhalb ganzer Gattungen oder Familien (Makroevolution).

4. Anwendung

Deskriptive Vergleiche

Wenn sich Gesänge oder andere homologe Laute zweier Vogelformen stark voneinander unterscheiden, genügt oft schon der Höreindruck. So verwies schon Brehm (1820: 581-582) bei der Beschreibung des Gartenbaumläufers (*Certhia brachydactyla*) auf den gegenüber dem Waldbaumläufer (*C. familiaris*) deutlich anderen Gesang, den er in Silben wiederzugeben versuchte. Wenn sich die Vergleichsobjekte stärker ähneln, kann man seit mehr als einem halben Jahrhundert für eine deskriptive Analyse auf die Sonographie zurückgreifen. Dabei werden die Laute nach ihrer Intensität und Frequenzlage gegen die Zeit als Schwärzung aufgetragen (vgl. Abb. 1). Anzahl, Dimensionen und Anordnung von Lautkomponenten können visuell erfasst und diskutiert werden.

Statistische Analyse

Je nach Komplexität der Lautäußerung können verschiedene Syntax-, Zeit- und Frequenzparameter am Sonagramm erfasst werden. Jeder Parameter kann statistisch zwischen fraglichen Populationen getestet werden. Überdies ermöglichen multivariate Vergleiche die Einbeziehung vieler oder gar aller erfassten Messgrößen zugleich. Solche multivariaten Analysen führten Sparling & Williams (1978) in die Vogelstimmenforschung ein. Während Hauptkomponentenanalysen lediglich – mehr oder weniger sinnvoll – Dimensionen reduzieren, werden bei Diskriminanzanalysen

schon vorher Gruppen von Individuen (die untersuchten Taxa) festgelegt. Clusteranalysen schließlich verrechnen die Messgrößen in einer Baumstruktur, welche die „Blätter“ (Individuen, Taxa) nach Ähnlichkeit anordnet (Elle 2005). Ein solches sonametrisches Dendrogramm lässt sich dann mit (molekularen) Phylogenien vergleichen (s. u.). Damit zwei allopatrische Formen als Arten gelten können, müssen sie sich mindestens in dem Maße voneinander unterscheiden, wie es ihnen nah verwandte sympatrische Artenpaare tun, und dies sollte nicht nur für den lautlichen Bereich, sondern mindestens noch einen morphologischen Aspekt oder die genetische Distanz gelten (Helbig et al. 2002).

Tobias et al. (2010) haben vorgeschlagen, zur Artabgrenzung verschiedene Merkmalskomplexe miteinander zu verrechnen – neben lautlichen Merkmalen auch Färbungsmuster, Körpermaße, Verhalten/Ökologie und Grad der geographischen Überlappung. Kritiken, z. B. von Winker (2010), fielen zwar positiv aus, weil der Ansatz die Artenliste der Vögel deutlich objektivieren würde; ich halte es dennoch nicht für sehr wahrscheinlich, dass sich ein so striktes System durchsetzt, da in verschiedenen Vogelgroßgruppen bestimmten phänotypischen Merkmalen mehr Relevanz zukommt als in anderen. Insbesondere können morphologische und lautliche Merkmale unterschiedlich starken Selektionsdrücken unterliegen (s. o.). Tobias et al. (2010) schlugen vor, sich bei der Auswahl der lautlichen Merkmale auf wenige stark erbliche wie Maximalfrequenz und Geschwindigkeit zu beschränken, um so das Problem der kulturellen Evolution erlernter Gesänge zu kompensieren. Somit soll die starke Diversifizierung der Singvögel unabhängig von reproduktiver Isolation kleingerechnet werden. Ich sehe dabei das Problem, dass die verbleibenden groben Parameter nur noch reine Approximationen körperlicher Dimensionen sind.

Trotz ausgefeilter Techniken müssen wir uns stets bewusst machen, dass wir nicht alle für die Vögel relevanten und von ihnen wahrgenommenen Unterschiede detektieren oder gar korrekt bewerten können (Thielcke 1968).

Tab. 1: Anteil der vermutlich zum Lernen von Lautäußerungen befähigten Vogelarten – *Percentage of bird species, presumably enabled to learn vocalizations* (<http://www.worldbirdnames.org>).

Taxon	Arten	Anteil
Kolibris (Trochilidae)	340	3,25 %
Papageien (Psittaciformes)	374	3,57 %
Singvögel (Oscines)	4961	47,36 %
Insgesamt	5675	54,18 %
Alle Vögel (Aves)	10474	100,00 %

Klangattrappenversuche

Die Frage der lautlichen Isolation allopatrischer Vogelformen lässt sich überdies mit Hilfe von Verhaltensexperimenten angehen. Freilebenden wie gekäfigten Männchen oder Weibchen der einen Form kann der Reviergesang einer anderen vorgespielt werden. Sollte das präsentierte Signal noch für die Art der untersuchten Vögel typische Merkmale enthalten, reagieren Männchen mit Territorialverhalten (z. B. Kontergesang, Annäherung an den „Eindringling“, Übersprungsverhalten) und Weibchen mit Paarungsbereitschaft oder zumindest Interessensbekundung. Da Versuche an Männchen wesentlich einfacher durchzuführen sind und stärkere Reaktionen zur Folge haben, werden sie häufiger durchgeführt, auch wenn für die Frage möglicher reproduktiver Isolation die Weibchenwahl entscheidend ist.

Freilandversuche folgten bis vor kurzem Thielcke (1969): Im Lebensraum der untersuchten Art wird möglichst an arttypischer Stelle („Singwarte“) ein Lautsprecher positioniert, über den zwei Gesangsfolgen abgespielt werden. Die erste besteht aus Strophen der gebietsfremden Form, die von gleichlangen Pausen unterbrochen werden. Das Verhalten, mit dem das Männchen darauf reagiert, wird protokolliert. Wenn es sich nach mehreren Minuten wieder beruhigt hat, spielt man die zweite Gesangsfolge, bestehend aus lokalen Gesangstrophen, ab und verfährt genauso. Dieses zweite Kontrollvorspiel dient der Vergleichbarkeit unterschiedlich aggressiver Männchen, indem man die Reaktion auf fremden Gesang mit der auf den vertrauten normieren kann.

Mit Hilfe künstlicher Strophen oder in Kombination mit sonametrischen Untersuchungen kann herausgearbeitet werden, welche Lautkomponente für die Auslösung territorialen Verhaltens besonders entscheidend ist.

Phylogenetische Analysen

Liegt eine Phylogenie der betrachteten Gattung vor, so sind die zwischenartlichen Beziehungen meist hinreichend geklärt. Anderenfalls können auch aus lautlichen Merkmalen Stammbäume rekonstruiert werden (vgl. Clusteranalyse oben) oder zumindest für Arten, die in die molekulare Analyse nicht einbezogen wurden, Vorhersagen über die Position in der Phylogenie gemacht werden (Price & Lanyon 2002). Molekulare Uhren können schon viel über das Differenzierungsniveau nah verwandter Formen aussagen, aber reichen zu einem abschließenden Urteil über Artgrenzen – zumindest unter dem biologischen Artkonzept – nicht aus. Die Stammbäume können aber helfen, die evolutionäre Geschichte lautlicher Merkmale nachzuzeichnen. Oft ist es aber weniger spannend, wie der jüngste gemeinsame Vorfahre heutiger Arten vermutlich sang, vielmehr interessiert, ob die verschiedenen Merkmale ein phylogenetisches Signal aufweisen bzw. wie stark es ist. Oder anders gefragt: Evolierte das betreffende

Merkmal rein zufällig entlang der Verzweigungen seiner Träger oder doch eher adaptiv, also in Anpassung an den Lebensraum, die Verbreitung oder auf Grund sexueller Selektion.

5. Beispiele

Anhand einiger konkreter Fälle möchte ich veranschaulichen, wie die Untersuchung von Vogellauten sowohl zur Aufspaltung als auch zum Einziehen von Arten beigetragen hat und wie sie im zwischenartlichen Kontext eingesetzt worden ist.

Aufdeckung kryptischer Arten („splits“)

Die hohe Ähnlichkeit der Arten in der Gattung Baumläufer (*Certhia*) ließ nicht nur in Mitteleuropa lange auf die Entdeckung der zweiten Art (s. o.) warten, sondern führte auch dazu, dass der Sichuanbaumläufer (*C. tianquanensis*) mit seinem kleinen SW-chinesischen Areal erst fälschlich als Unterart des Waldbaumläufers (*C. familiaris*) beschrieben wurde, bevor er – auch auf Grund seines ganz anderen Gesangs – in Artrang erhoben wurde (Martens et al. 2002).

Das Paradebeispiel bei eurasischen Singvögeln ist jedoch die Familie der Laubsänger (Phylloscopidae): Während Wolters (1982) noch 49 Arten in den heutigen Gattungen *Phylloscopus* und *Seicercus* führte, enthält die aktuelle Artenliste (<http://www.worldbirdnames.org>) 77. Verantwortlich für diesen Zugewinn sind neben tatsächlichen Neubeschreibungen hauptsächlich Aufspaltungen von Arten, die bei dieser äußerlich recht homogenen Gruppe neben DNA-Sequenzvergleichen hauptsächlich mit Unterschieden in den Lautäußerungen begründet wurden. Im Folgenden stelle ich zwei sehr umfangreiche Splits vor:

Über ein Vierteljahrhundert zog sich die Aufklärung der Lautäußerungen und verwandtschaftlichen Beziehungen des ostasiatischen Artkomplexes um den Goldhähnchen-Laubsänger (*Ph. proregulus*) hin, musste doch Material aus dem Himalaya, der Sowjetunion und China beschafft werden, um alle Teile des Gesamtareals zu beproben (Martens et al. 2004). Letztlich gibt es eine sibirische Art mit hoch variablem Endlosgesang, ihre Schwesterart mit strophigem Trillergesang in einem kleinen chinesischen Areal, eine weitere (west)chinesische Art mit strophigem und endlosem Trillergesang (also zwei Gesangsformen) und ihre Schwesterart im Himalaya mit endlosem Trillergesang. Die Trillergesänge unterscheiden sich höchst bedeutsam im Winkel der Einzelelemente. Auch die (angeborenen) Rufe unterscheiden sich deutlich voneinander. Eine fünfte Art mit maschinenartig monotonem Endlosgesang kommt sympatrisch mit den beiden chinesischen Arten vor.

Insgesamt acht Arten wurden fast zeitgleich von zwei konkurrierenden Forschungsgruppen aus dem Goldbrillen-Laubsänger (*Seicercus burkii*) im Himalaya, China und Myanmar herausgearbeitet (Alström & Ols-

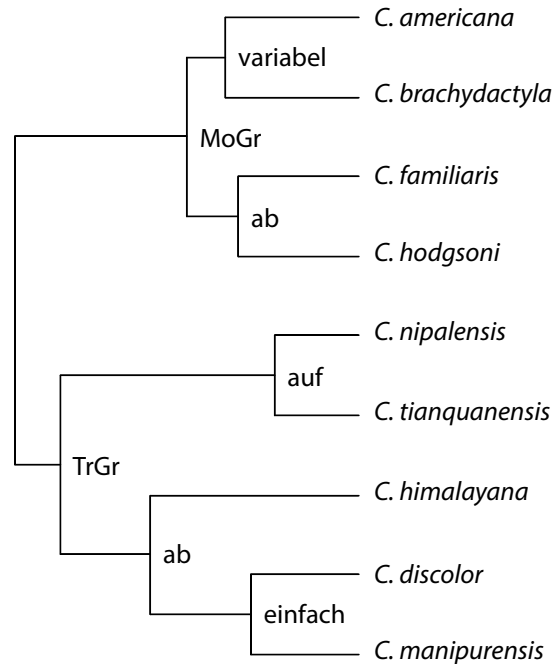


Abb. 2: Mehrgenphylogenie der Baumläufer (Gattung *Certhia*) mit gesanglicher Charakterisierung der monophyletischen Gruppen – *Multi-gene phylogeny of treecreepers (genus Certhia) with song characteristics for each clade*. ab: primär abfallende Elemente, *primarily descending elements*, Abfall: abfallende Strophe, *descending verse*, auf: primär ansteigende Elemente, *primarily ascending elements*, einfach: einfache Elementstruktur, *simple element structure*, MoGr: Motivgruppe, *motif group*, TrGr: Trillergruppe, *trill group*, variabel: variabelste Gesänge, *most variable songs*.

son 1999; Martens et al. 1999). Diese hohe Artenzahl kommt dadurch zustande, dass nicht alle Allospesies sind, sondern mehrere jeweils auch vertikal-parapatrisch in den ostasiatischen Gebirgen verbreitet sind, also ihre Verbreitungsgebiete entlang des Höhengradienten aneinanderstoßen. Man kann somit beim Auf- und Abstieg scheinbar Gesangswechsel einer Laubsänger-Art wahrnehmen, tatsächlich hat man aber mit unterschiedlichen Arten zu tun, die fast nicht morphologisch zu unterscheiden sind, dafür aber ganz andere Gesangs-komponenten zu ihrem jeweiligen Repertoire zusammenfügen und schon über Millionen Jahre hinweg re-produktiv isoliert sind.

Ein extremes Beispiel stellen die Fichtenkreuzschnäbel (*Loxia curvirostra*) dar (Edelaar 2008): Nachdem schon die Gattung *Loxia* als solche sehr jung ist, paaren sich Fichtenkreuzschnäbel auch nur innerhalb der lautlich verschiedenen Populationen, also assortativ, wenn sie durch ihr vagabundierendes Verhalten zeitweise sympatrisch vorkommen. Die Lautunterschiede entste-

hen letztlich durch die Anpassung der Schnabelmorphologie an unterschiedliche Koniferenzapfen.

Martens et al. (2000) wiesen selbst bei den kurzen Rufen der Krähen (*Corvus*) im Himalaya mit Hilfe multivariater Statistik nach, dass sie so unterschiedlich sind, dass eine der Arten, die Dickschnabelkrähe (*Corvus macrorhynchos*), in mindestens zwei aufgespalten werden sollte.

Infragestellen des Artstatus („lumps“)

Die Tannenmeise (*Parus ater*) ist über weite Teile Eurasiens verbreitet, wobei manche Unterarten äußerlich ganz anders aussehen als die in Mitteleuropa anzutreffenden. Die westlichste im Himalaya (*P. a. melanolophus*) unterscheidet sich so stark von der östlich angrenzenden, dass man sie lange für eine eigene Art hielt. Tietze et al. (2011) bestätigten, dass sie aber nur eine von acht genetischen Linien innerhalb der Art darstellt. Ihre Gesänge lassen sich nicht klar von denen anderer Populationen unterscheiden und werden von mitteleuropäischen Tannenmeisen bei Klangattrappenversuchen auch als arteigenes Signal erkannt.

Zwischen Gold- und Fichtenammer (*Emberiza citrinella*, *E. leucocephalos*) wirkt der Reviergesang ebenfalls noch nicht als prägamer Isolationsmechanismus (Tietze et al. 2012): Trotz der auffälligen Unterschiede in der Gefiederfärbung hybridisieren beide in einem riesigen Gebiet in W-Sibirien. Rhein Hessische Goldammern reagierten auf Vorspiel aller verwendeten Gold- und Fichtenammer-Gesänge mit Revierverhalten, unabhängig von der Artzugehörigkeit des ursprünglichen Sängers. Die Reaktionsintensität nahm lediglich mit der Entfernung des Aufnahme- vom Vorspielort ab. Gesänge aus der Hybridzone wurden sogar überproportional stark beantwortet, so dass eine Kontrastverstärkung zur Vermeidung von Hybridisierung ausgeschlossen werden kann.

Auch bei einem weiteren Paar anerkannter Schwesterarten können die Vögel ihre Gesänge anscheinend anpassen, wenn Sie in W-Europa in sekundären Kontakt kommen: Orpheus- und Gelbspötter (*Hippolais polyglotta*, *H. icterina*) nähern Syntax- bzw. Zeitparameter an die jeweils andere Art an (Secondi et al. 2003).

Zwischenartliche Beziehungen

Winkler & Short (1978) beschrieben ausführlich verfügbare Aufnahmen von vokalen wie instrumentalen Lauten der Buntspechte (*Dendrocopos*, *Picoides*). Ausgehend von den Rufsonagrammen evaluierten sie die bis dahin vorgeschlagenen verwandtschaftlichen Beziehungen innerhalb dieser Gruppe.

McCracken & Sheldon (1997) trugen mehrere Merkmale der Rufe von 14 Reiher-Arten (Ardeidae) auf einen molekularen Stammbaum auf, um genetische und ökologische Komponenten aufzuschlüsseln. Als adaptiv fanden sie Maximalfrequenz und Frequenzumfang heraus, da die Frequenzen habitatabhängig sind (s. o.).

Phylogenetisches Signal fanden sie hingegen in Anzahl und Struktur der Silben.

Indem Päckert et al. (2003) Gesangsmerkmale der Goldhähnchen (*Regulus*) auf den molekularen Stammbaum auftrugen, konnten sie zeigen, dass die akustische Differenzierung stark mit der genetischen Distanz (also der Zeit) korrelierte, wobei angeborene Gesangsstrukturen ein stärkeres Signal zeigten und erlernte Komponenten eher konvergierten.

Lautliche Merkmale halfen nicht nur oft, Baumläufer-Arten voneinander abzugrenzen (s. o.), sondern wurden schon vor über 30 Jahren verwendet, um die phylogenetischen Beziehungen zwischen allen Arten der Gattung *Certhia* aufzuzeigen (Martens 1981). Tietze et al. (2008) konnten auf breiterer Datenbasis für mittlerweile neun Arten anhand von 16 Gesangsmerkmalen einen Stammbaum rekonstruieren, der dem heutigen Mehrgenbaum, also einem auf den DNA-Sequenzen mehrerer Gene basierenden Stammbaum (Abb. 2; Päckert et al. 2012), näher kam als dem damals veröffentlichten reinen Cytochrom-*b*-Baum. Demnach gibt es zwei Schwestergruppen, die Trillergruppe, in der die Gesänge Triller einfacher auf- bzw. absteigender Elemente sind, und die Motivgruppe mit den beiden mitteleuropäischen Arten, in der die komplexeren Gesänge aus verschiedensten Elementen (meist auch mindestens einem sogenannten „srieh“-Element) bestehen (Abb. 2). Die Studie bestätigte außerdem, dass Rufe auf diesem niedrigen taxonomischen Niveau, also innerhalb einer Gattung, weniger als Gesänge geeignet sind, um Arten gegeneinander abzugrenzen.

6. Ausblick

Bioakustik bleibt eine wichtige Methode in Taxonomie und Systematik – neben genetischen Methoden, der Morphologie und anderen Verhaltensstudien. Insbesondere innerhalb von Arten ist – nicht zuletzt mittels bioakustischer Techniken – noch manche evolutionär bedeutsame Einheit zu entdecken, die anderenfalls auch von meist auf Arten zielenden Schutzmaßnahmen nicht erfasst wird (Winker & Haig 2010). Amadon & Short (1976) stellten ausreichend Ränge zusammen, um Populationen unterhalb der Art differenziert zu bewerten. Vorstöße wie von Tobias et al. (2010), alle Vogeltaxa weltweit nach denselben objektiven Kriterien abzugrenzen, sind zu begrüßen, aber konstruktiv zu modifizieren. Vogellaute werden bei solchen taxonomischen Unternehmungen wichtige Beiträge leisten können. Im Wechselspiel mit (datierten) molekularen Stammbäumen werden umgekehrt Erkenntnisse über die Evolution und Funktion der Vogellaute gewonnen, die anders nicht möglich wären.

Da aber die Datenaufnahme im Gelände mit breiter geographischer Streuung im Rahmen der Untersuchung einzelner Taxa nicht in verantwortbarem Zeit-

rahmen möglich ist, kann die Bedeutung von Tonarchiven nicht unterschätzt werden (Alström & Ranft 2003). Hier kommt der bürgerschaftlichen Wissenschaft („citizen science“) eine große Rolle zu. So wäre es wünschenswert, dass Vogelbeobachter nicht nur in zunehmendem Maße Vogellaute zur Bestimmung nutzen, sondern selbst auch zur Mehrung unseres Wissens zur lautlichen Vielfalt in Raum und Zeit beitragen (Constantine & The Sound Approach 2006). Analog zu den gesammelten Zufallsbeobachtungen bieten zeitlich und örtlich annotierte Tonaufnahmen das Ausgangsmaterial für Studien der Evolution von Vogellauten – durchaus auch der kurzfristigen im Zuge von Klimawandel und landschaftlicher Veränderungen (z. B. Slabbekoorn & Peet 2003) – und möglichen übersehenen Artgrenzen. Alle, die beruflich oder hobbymäßig Vogellaute aufzeichnen, sollten ihre Aufnahmen in öffentlichen Archiven wie dem Tierstimmenarchiv des Museums für Naturkunde Berlin (Frommolt 1996) oder Internetaustauschplattformen wie xeno-canto.org deponieren, wo Wissenschaftler bzw. die Community auch zu Bestimmung und Einordnung der Daten beitragen werden.

Danksagung

K.-H. Frommolt und O. Hüppop luden mich ein, diesen Übersichtsbeitrag zu verfassen. J. Martens, M. Päckert und T. D. Price verdanke ich die Einblicke, die mir das ermöglichten. K.-H. Frommolt und C. Quaiser trugen mit ihren hilfreichen Anmerkungen wesentlich zur Verbesserung der Arbeit bei. Den genannten Personen gilt mein aufrichtiger Dank.

7. Zusammenfassung

Die mit der Fortpflanzung verbundenen Lautäußerungen der Vögel sind meist artspezifisch, so dass sie als taxonomische Merkmale verwendet werden können. Besondere Relevanz kommt ihnen dabei zu, wenn bei Vögeln, die Gesang erlernen können, Artbildungsprozesse beschleunigt ablaufen. Nach dem biologischen Artkonzept sind Arten Fortpflanzungsgemeinschaften. Ob zwei am selben Ort vorkommende Formen Arten sind, lässt sich also unschwer feststellen. Überlappen ihre Verbreitungsgebiete jedoch nicht, kann ein Aufeinandertreffen mit Hilfe von Klangatruppenversuchen simuliert werden. Ansonsten bleibt – auch auf überartlichem Niveau – nur der Vergleich homologer Lautäußerungen: Er kann deskriptiv nach Höreindruck oder auf Grund der Visualisierung (Sonagramm) oder statistisch mit Hilfe verschiedener dem Sonagramm entnommener Parameter erfolgen. Sofern eine (molekulare) Phylogenie der betreffenden Gattung oder Familie vorliegt, sollten die herangezogenen Parameter auf phylogenetisches Signal hin getestet werden, um rein adaptive Merkmale auszuschließen.

8. Literatur

- Alström P & Olsson U 1999: The Golden-spectacled Warbler: a complex of sibling species, including a previously undescribed species. *Ibis* 141: 545-568.
- Alström P & Ranft R 2003: The use of sounds in avian systematics and the importance of bird sound archives. *Bull. B.O.C.* 123 A: 114-135.
- Amadon D & Short LL 1976: Treatment of subspecies approaching species status. *Syst. Zool.* 25: 161-167.
- Badyaev AV, Young RL, Oh KP & Addison C 2008: Evolution on a local scale: Developmental, functional, and genetic bases of divergence in bill form and associated changes in song structure between adjacent habitats. *Evolution* 62: 1951-1964.
- Brehm CL 1820: Beiträge zur Vögelkunde in vollständigen Beschreibungen mehrerer neu entdeckter und vieler seltener, oder nicht gehörig beobachteter deutscher Vögel. 1. Wagner, Neustadt an der Orla.
- Cardoso GC & Price TD 2010: Community convergence in bird song. *Evol. Ecol.* 24: 447-461.
- Catchpole CK & Slater PJB 1995: Bird song. Biological themes and variations. Cambridge University Press, Cambridge.
- Constantine M & The Sound Approach 2006: The Sound Approach to Birding. The Sound Approach, Poole.
- Derryberry EP 2009: Ecology shapes birdsong evolution: Variation in morphology and habitat explains variation in White-crowned Sparrow song. *Am. Nat.* 174: 24-33.
- Edelaar P 2008: Assortative mating also indicates that Common Crossbill *Loxia curvirostra* vocal types are species. *J. Avian Biol.* 39: 9-12.
- Elle O 2005: Einführung in die multivariate Statistik für Feldornithologen: Hauptkomponentenanalyse, Diskriminanzanalyse und Clusteranalyse. *Vogelwarte* 43: 19-38.
- Frommolt K-H 1996: Humboldt University Animal Sound Archive. *Bioacoustics* 6: 293-296.
- Grant BR & Grant PR 1996: Cultural inheritance of song and its role in the evolution of Darwin's finches. *Evolution* 50: 2471-2487.
- Helbig AJ 2000: Was ist eine Vogel-„Art“? – Ein Beitrag zur aktuellen Diskussion um Artkonzepte in der Ornithologie. *Limicola* 14: 57-79, 172-184, 220-247.
- Helbig AJ, Knox AG, Parkin DT, Sangster G & Collinson M 2002: Guidelines for assigning species rank. *Ibis* 144: 518-525.
- Irwin DE 2000: Song variation in an avian ring species. *Evolution* 54: 998-1010.
- Kroodsma DE & Miller EH (Hrsg) 1982: Acoustic communication in birds. Academic Press, New York.
- Martens J 1981: Lautäußerungen der Baumläufer des Himalaya und zur akustischen Evolution in der Gattung *Certhia*. *Behaviour* 77: 287-318.
- Martens J 1996a: Ornithologische Fachausdrücke. Systematik, Taxonomie und Tiergeographie. *Ornithologen-Kalender* 9: 208-219.
- Martens J 1996b: Vocalizations and speciation of Palearctic birds. In: Kroodsma DE & Miller EH (Hrsg) Ecology and evolution of acoustic communication in birds: 221-240. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Martens J 1998: Geographische Variabilität der Lautäußerungen von Sperlingsvögeln – Auswirkungen auf Artbildung und Artkonzept (Aves: Passeriformes: Oscines). *Zool. Abh. (Dresd.)* 50: 35-50.

- Martens J, Böhner J & Hammerschmidt K 2000: Calls of the Jungle Crow (*Corvus macrorhynchos* s. l.) as a taxonomic character. *J. Ornithol.* 141: 275-284.
- Martens J, Eck S, Päckert M & Sun Y-H 1999: The Golden-spectacled Warbler *Seicercus burkii* – a species swarm (Aves: Passeriformes: Sylviidae). Part 1. *Zool. Abh. (Dresd.)* 50: 281-327.
- Martens J, Eck S & Sun Y-H 2002: *Certhia tianquanensis* Li, a treecreeper with relict distribution in Sichuan, China. *J. Ornithol.* 143: 440-456.
- Martens J, Tietze DT, Eck S & Veith M 2004: Radiation and species limits in the Asian Pallas's warbler complex (*Phylloscopus proregulus* s. l.). *J. Ornithol.* 145: 206-222.
- McCracken KG & Sheldon FH 1997: Avian vocalizations and phylogenetic signal. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 94: 3833-3836.
- Päckert M, Martens J, Kosuch J, Nazarenko AA & Veith M 2003: Phylogenetic signal in the song of crests and kinglets (Aves: *Regulus*). *Evolution* 57: 616-629.
- Päckert M, Martens J, Sun Y-H, Severinghaus LL, Nazarenko AA, Ji T, Töpfer T & Tietze DT 2012: Horizontal and elevational phylogeographic patterns of Himalayan and Southeast Asian forest passerines (Aves: Passeriformes). *J. Biogeogr.* 39: 556-573.
- Pavlova D, Pinxten R & Eens M 2005: Female song in European Starlings: sex differences, complexity, and composition. *Condor* 107: 559-569.
- Podos J 2001: Correlated evolution of morphology and vocal signal structure in Darwin's finches. *Nature* 409: 185-188.
- Podos J, Huber SK & Taft B 2004: Bird song: The interface of evolution and mechanism. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 55-87.
- Price JJ & Lanyon SM 2002: Reconstructing the evolution of complex bird song in the oropendolas. *Evolution* 56: 1514-1529.
- Richards DG & Wiley RH 1980: Reverberations and amplitude fluctuations in the propagation of sound in a forest: implications for animal communication. *Am. Nat.* 115: 381-399.
- Secondi J, Bretagnolle V, Compagnon C & Faivre B 2003: Species-specific song convergence in a moving hybrid zone between two passerines. *Biol. J. Linn. Soc.* 80: 507-517.
- Slabbekoorn H & Peet M 2003: Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature* 424: 267.
- Slabbekoorn H & Smith TB 2002: Bird song, ecology and speciation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 357: 493-503.
- Sol D, Duncan RP, Blackburn TM, Cassey P & Lefebvre L 2005: Big brains, enhanced cognition, and response of birds to novel environments. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 102: 5460-5465.
- Sparling DW & Williams JD 1978: Multivariate analysis of avian vocalizations. *J. Theor. Biol.* 74: 83-107.
- Thielcke G 1968: Gemeinsames der Gattung *Parus*. Ein bioakustischer Beitrag zur Systematik. *Beih. Vogelwelt* 1: 147-163.
- Thielcke G 1969: Die Reaktion von Tannen- und Kohlmeise (*Parus ater*, *P. major*) auf den Gesang nahverwandter Formen. *J. Ornithol.* 110: 148-157.
- Thielcke G 1970: Lernen von Gesang als möglicher Schrittmacher der Evolution. *Z. Zool. Syst. Evolutionsforsch.* 8: 309-320.
- Thielcke G 1973: On the origin of divergence of learned signals (songs) in isolated populations. *Ibis* 115: 511-516.
- Tietze DT, Martens J, Sun Y-H & Päckert M 2008: Evolutionary history of treecreeper vocalisations (Aves: *Certhia*). *Org. Divers. Evol.* 8: 305-324.
- Tietze DT, Martens J, Sun Y-H, Severinghaus LL & Päckert M 2011: Song evolution in the Coal Tit (*Parus ater*). *J. Avian Biol.* 42: 214-230.
- Tietze DT, Waßmann C & Martens J 2012: Song does not isolate Yellowhammers (*Emberiza citrinella*) from Pine Buntings (*E. leucocephala*). *Vert. Zool.* 62: 113-122.
- Tobias JA, Seddon N, Spottiswoode CN, Pilgrim JD, Fishpool LDC & Collar NJ 2010: Quantitative criteria for species delimitation. *Ibis* 152: 724-746.
- Wallschläger D 1980: Correlation of song frequency and body weight in passerine birds. *Experientia* 36: 412.
- Wickler W 1986: *Dialekte im Tierreich. Ihre Ursachen und Konsequenzen.* Aschendorff, Münster.
- Winker K & Haig SM 2010: Avian subspecies. *Ornithol. Monogr.* 67.
- Winker K 2010: Is it a species? *Ibis* 152: 679-682.
- Winkler H & Short LL 1978: A comparative analysis of acoustical signals in pied woodpeckers (Aves, *Picoides*). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 160: 1-110.
- Wolters HE 1982: *Die Vogelarten der Erde. Eine systematische Liste mit Verbreitungsangaben sowie deutschen und englischen Namen.* Paul Parey, Hamburg.

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 Paläarktis 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 Zugbewegungen 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; Hüppop 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; Hüppop 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 & Hüppop 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 (Hüppop & 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 Hüppop & 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).

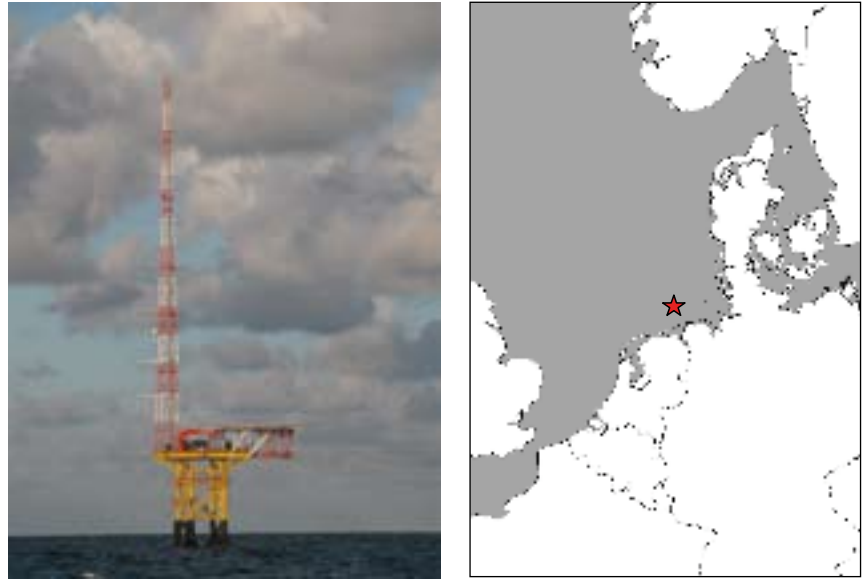


Abb. 1: Die Forschungsplattform FINO 1 (links) und ihre Lage in der Nordsee (rechts). – *The research platform FINO 1 (left) and its location in the North Sea (right).*

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.

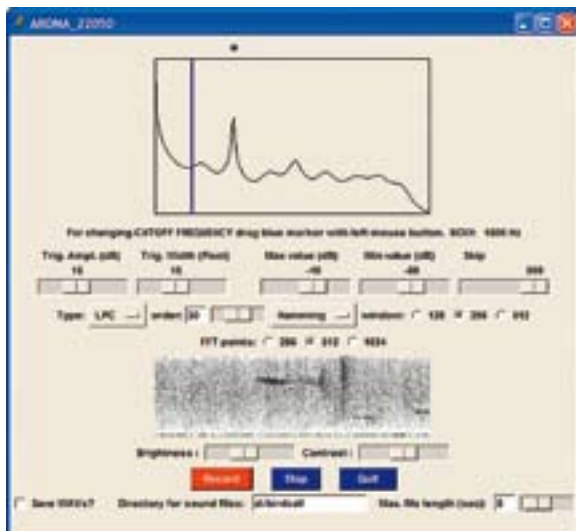


Abb. 2: Screenshot der Software AROMA, die ein kontinuierlich eingehendes Audio-Signal mit Hilfe von Stimmerkennungsalgorithmen nach Vogelrufen (dunkle „Bänder“ ab der Mitte des Spektrogramms) durchsucht und detektierte Rufe (blauer Punkt über dem Leistungsspektrum) automatisch auf der Festplatte abspeichert. – *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

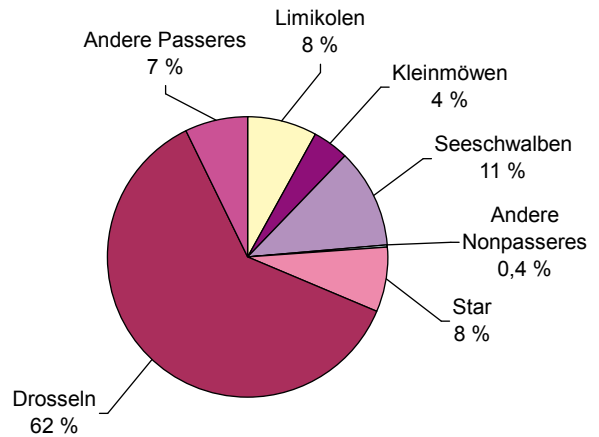


Abb. 3: Anteile der Artengruppen an der Summe aller erfassten Individuen in der Nähe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 95.318). – Proportions of the species groups of all recorded individuals near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n =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

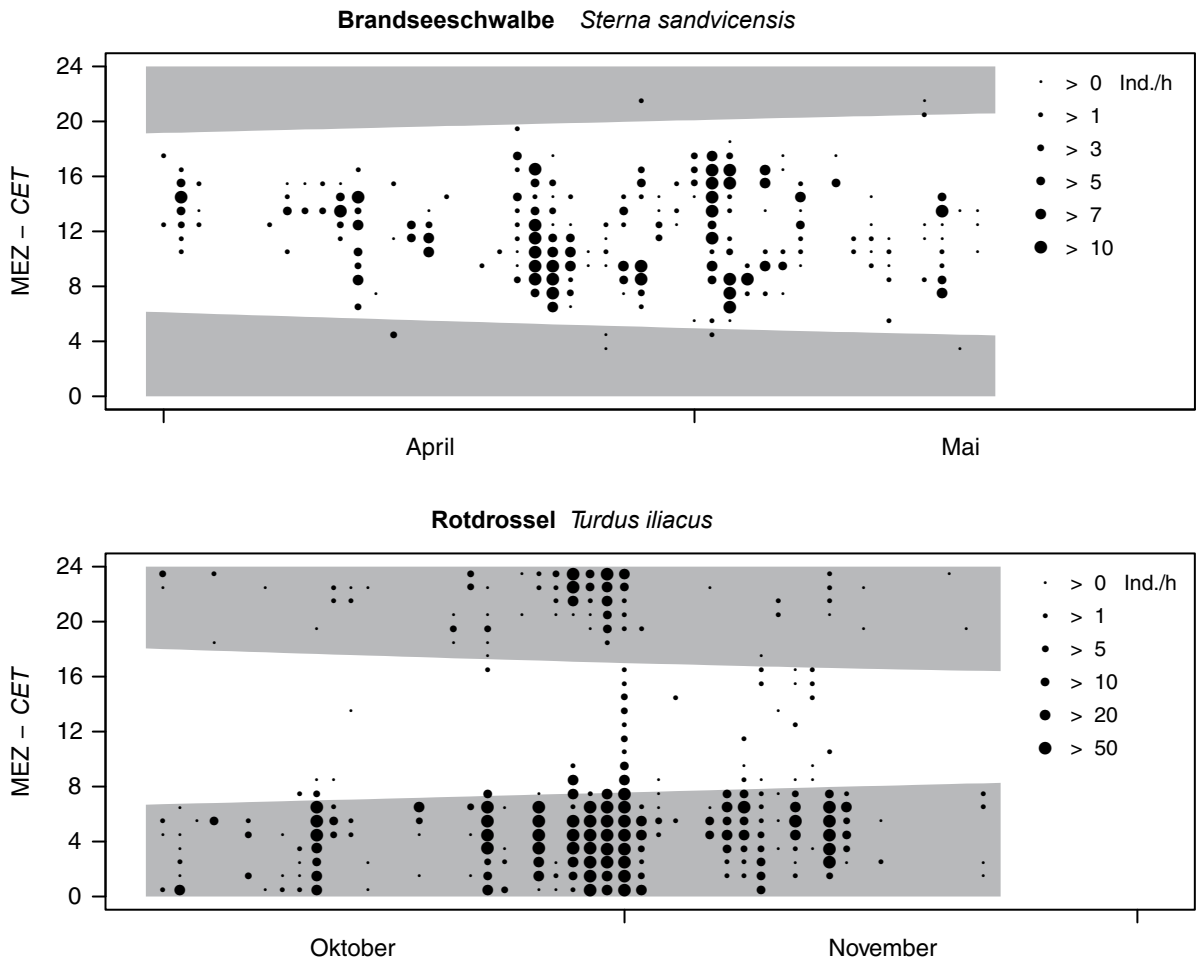


Abb. 4: Summen der Minutenmaxima aller Brandseeschwalben im Frühjahr 2005 (n = 1.156) und aller Rotdrosseln im Herbst 2006 (n = 7.541) nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jeden Tag und jede Stunde (mitteleuropäische Zeit, MEZ). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Totals 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).

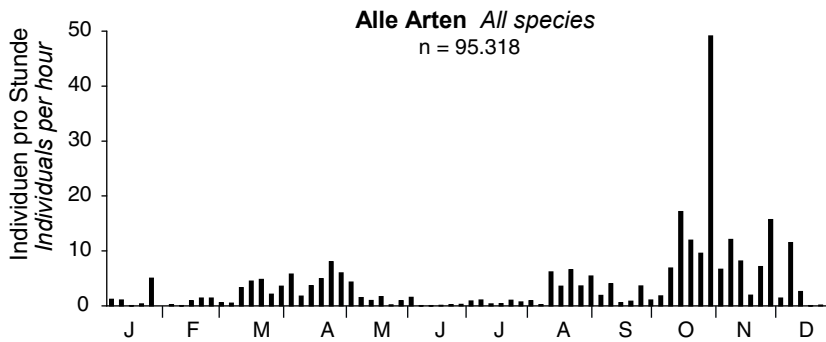


Abb. 5: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Arten nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 95.318). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all all species near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 95,318).

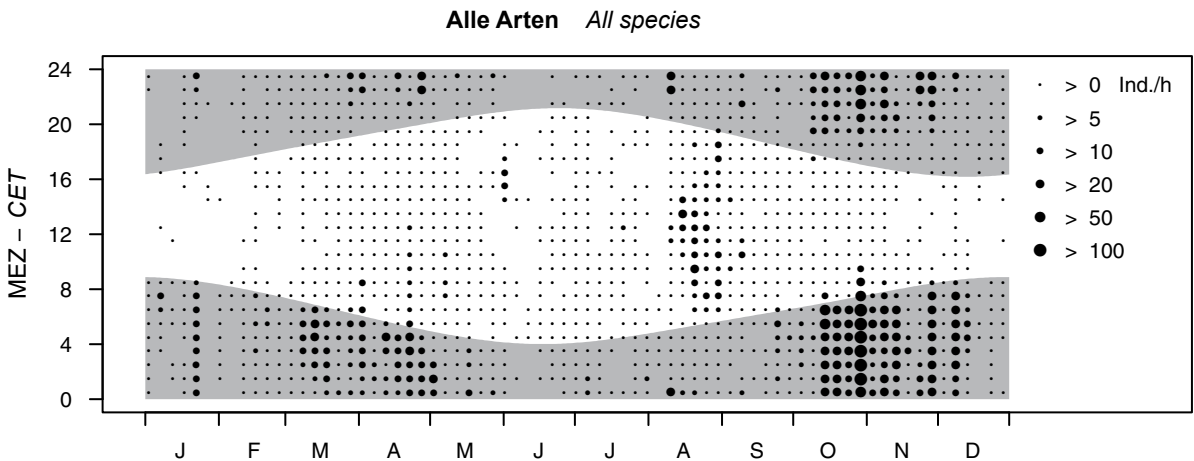


Abb. 6: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Arten nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 95.318). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all species near 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).

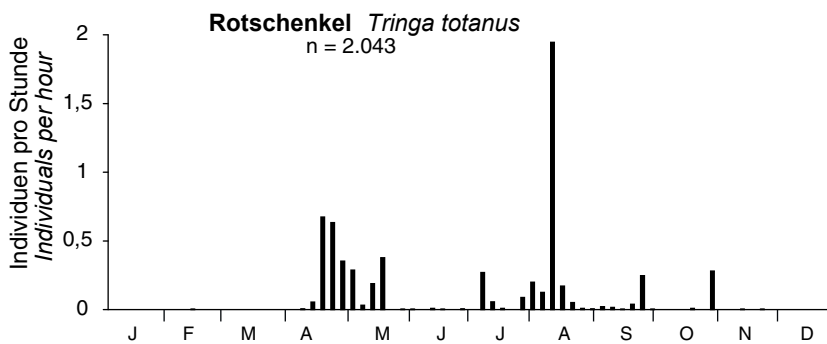


Abb. 7: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotschenkel nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.043). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Redshanks near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 2,043).

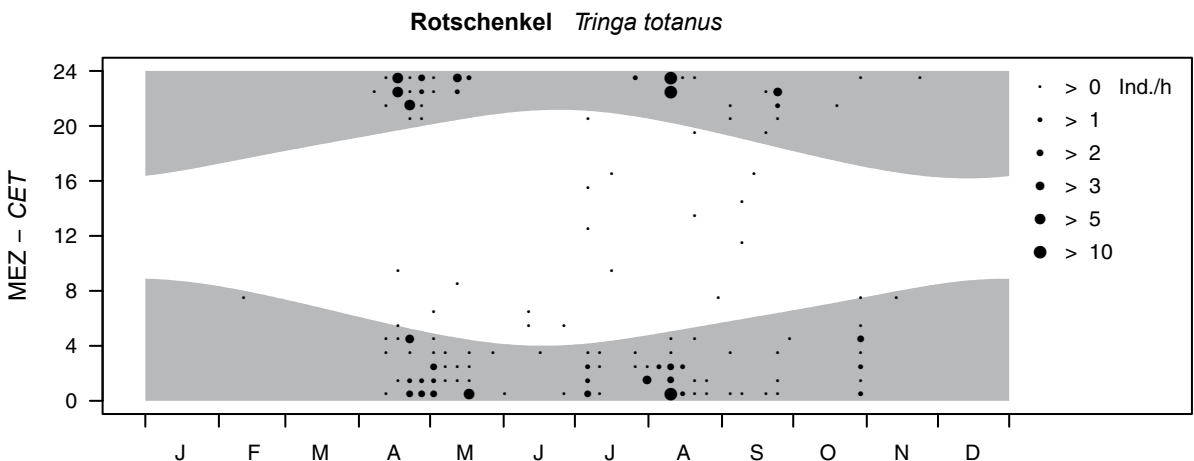


Abb. 8: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotschenkel nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.043). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Redshanks 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.

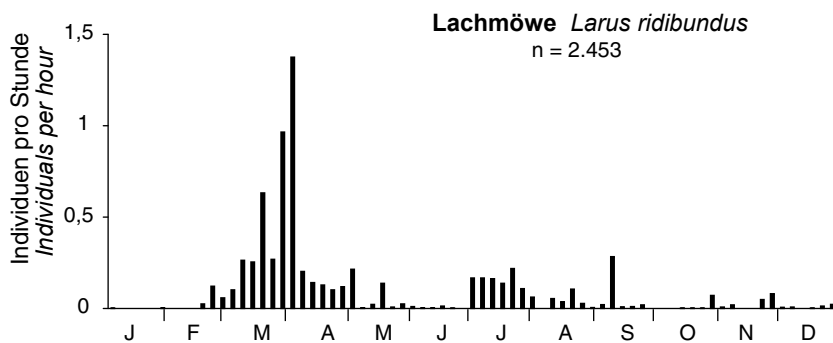


Abb. 9: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Lachmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.453). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Black-headed Gulls near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007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

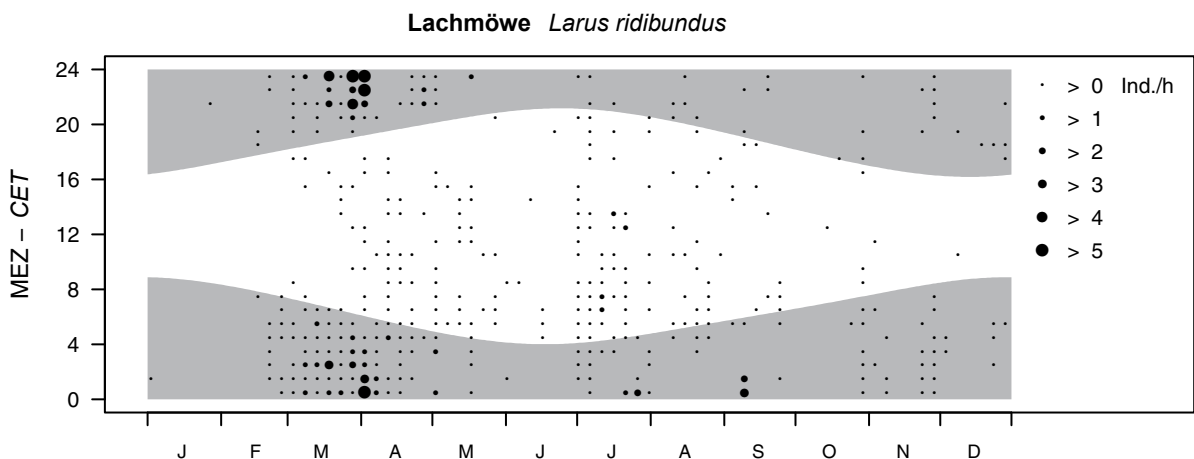


Abb. 10: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Lachmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 2.453). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Black-headed 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.

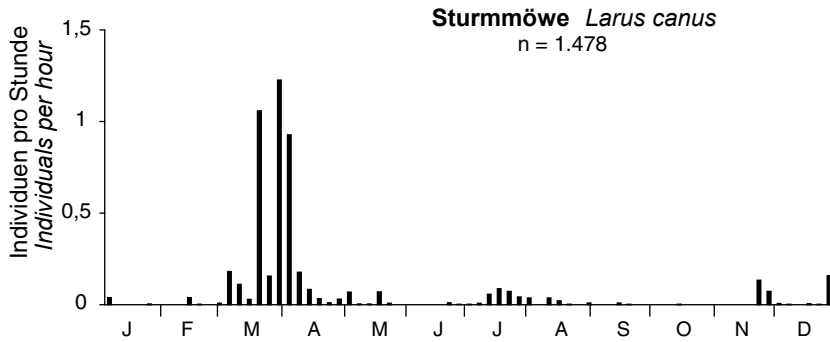


Abb. 11: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Sturmmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.478). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Common Gulls near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n =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

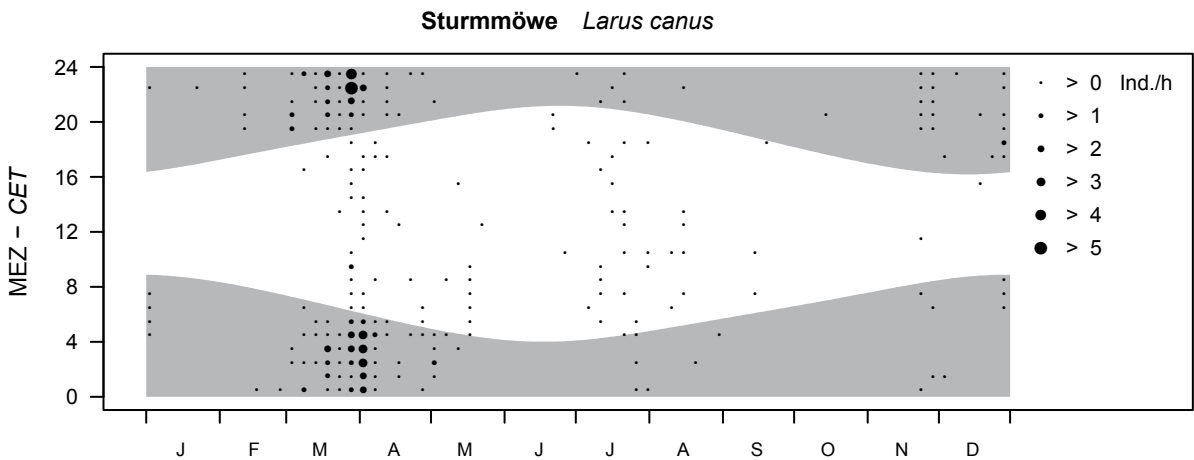


Abb. 12: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Sturmmöwen nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.478). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Black-headed 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-

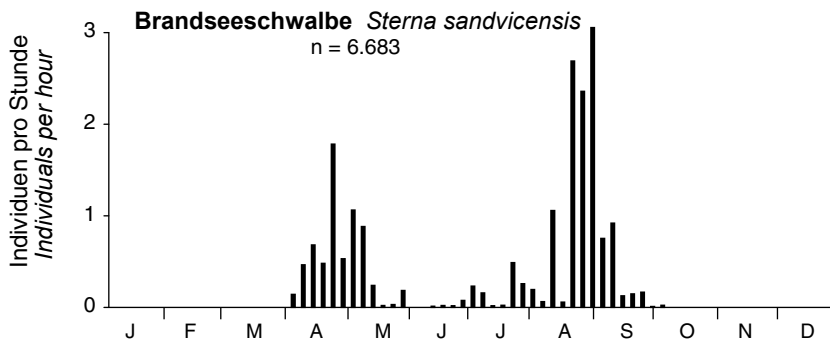


Abb. 13: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Brandseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 6.683). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Sandwich Terns near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June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

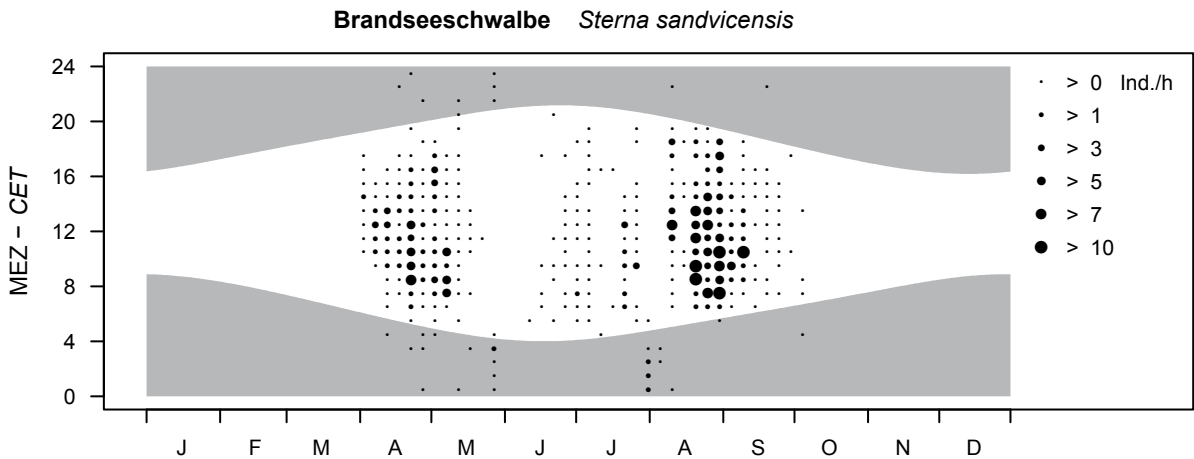


Abb. 14: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Brandseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 ($n = 6.683$). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of 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

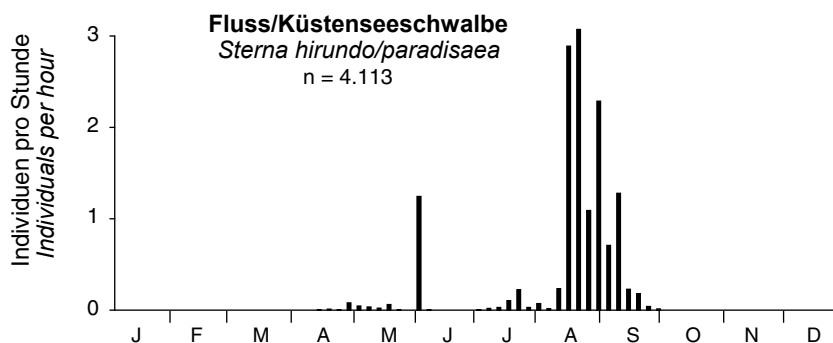


Abb. 15: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Fluss/Küstenseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 ($n = 4.113$). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Common/Arctic Terns near the research platform FINO 1 from 12th March 2004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

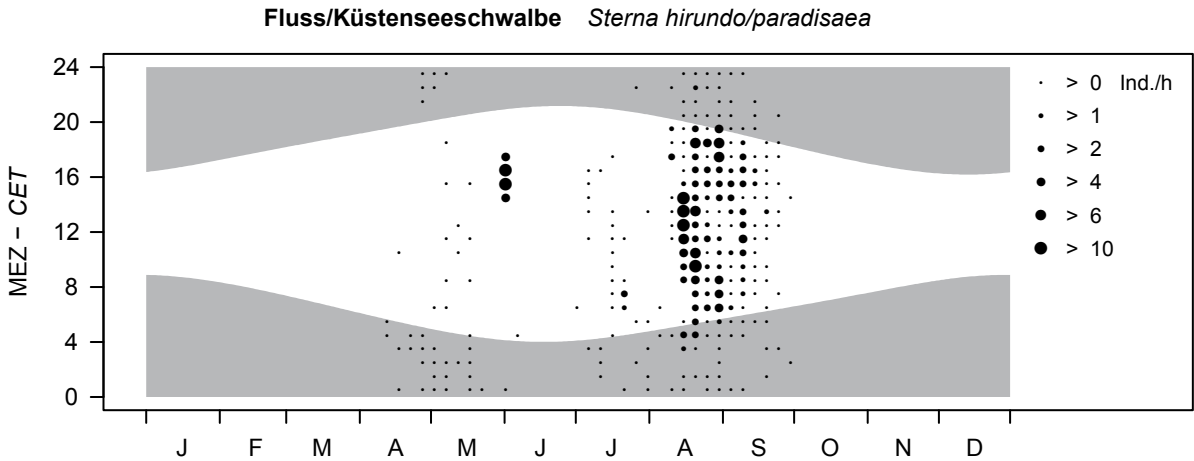


Abb. 16: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Fluss/Küstenseeschwalben nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 4.113). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – *Pentade averages of the sums of the minute-maxima 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).

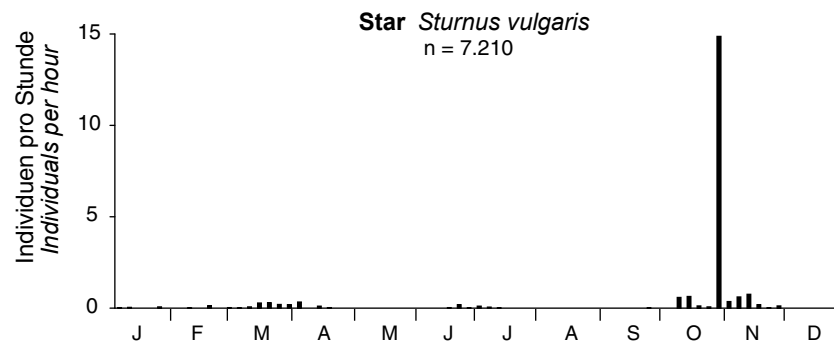


Abb. 17: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Stare nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 7.210). – *Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Starlings near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 7,210).*

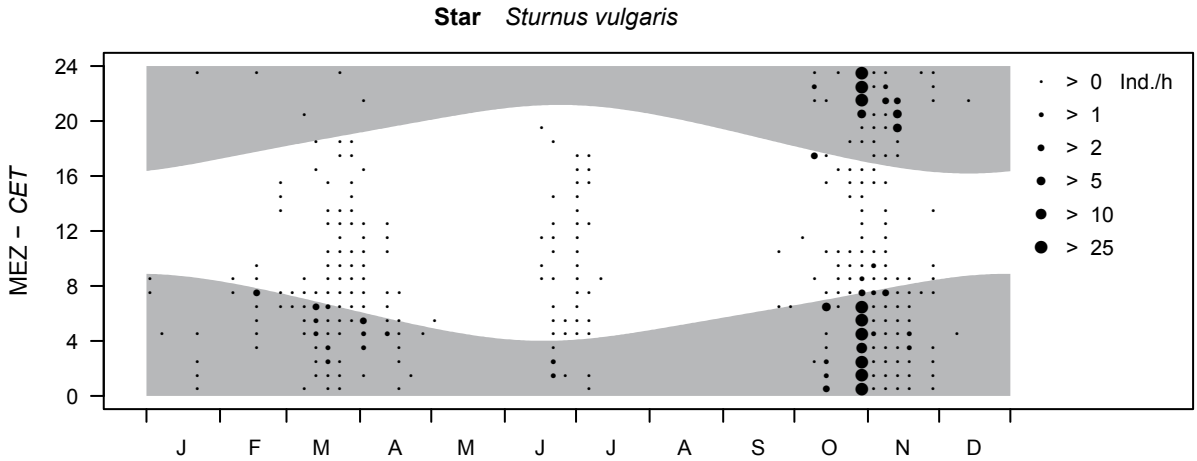


Abb. 18: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Stare nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 7.210). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Starlings 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.

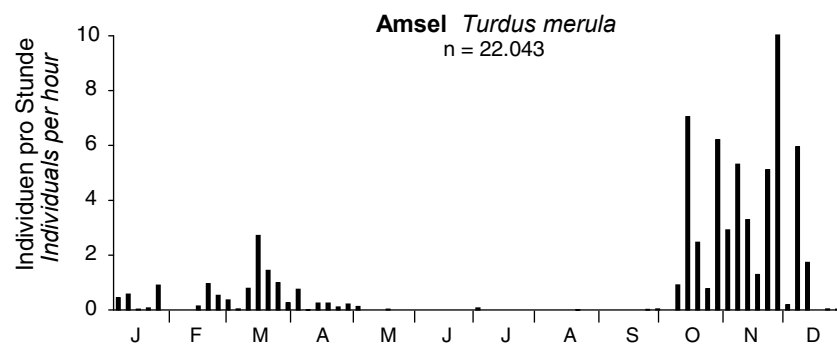


Abb. 19: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Amseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 22.043). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Blackbirds near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 22,043).

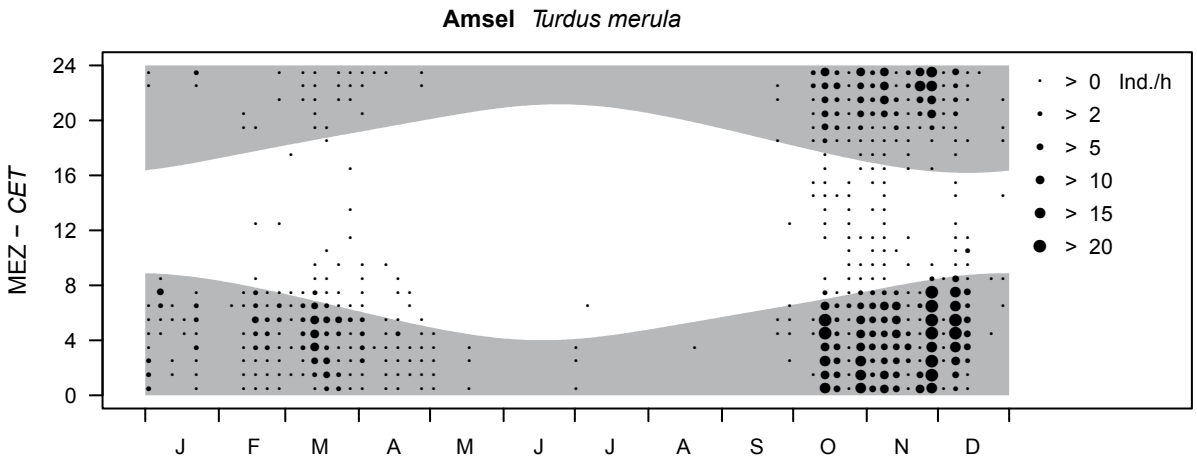


Abb. 20: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Amseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 22.043). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Blackbirds 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

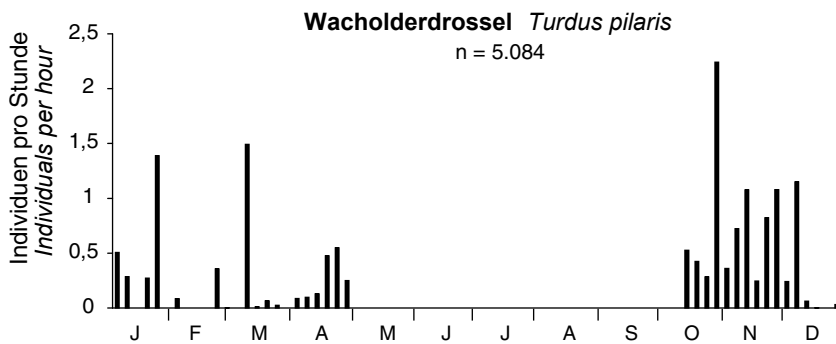


Abb. 21: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wacholderdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 5.084). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Fieldfares near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007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

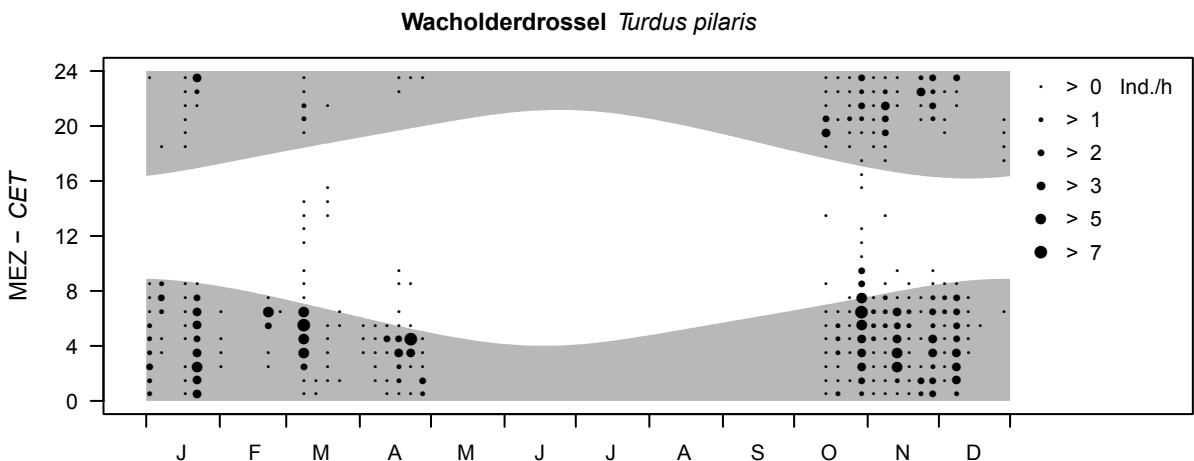


Abb. 22: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wacholderdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 5.084). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all 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.

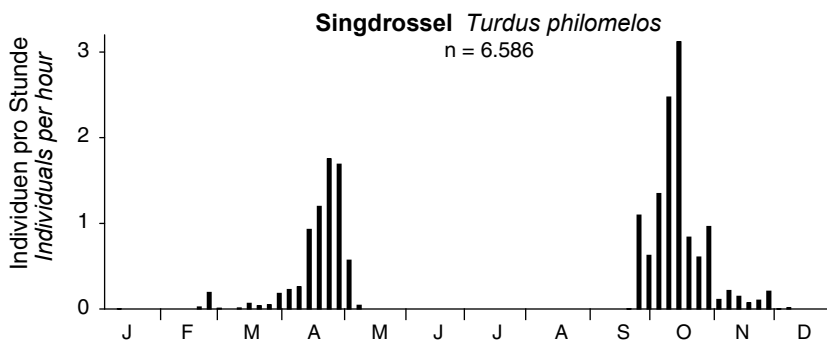


Abb. 23: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Singdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 6.586). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Song Thrushes near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n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

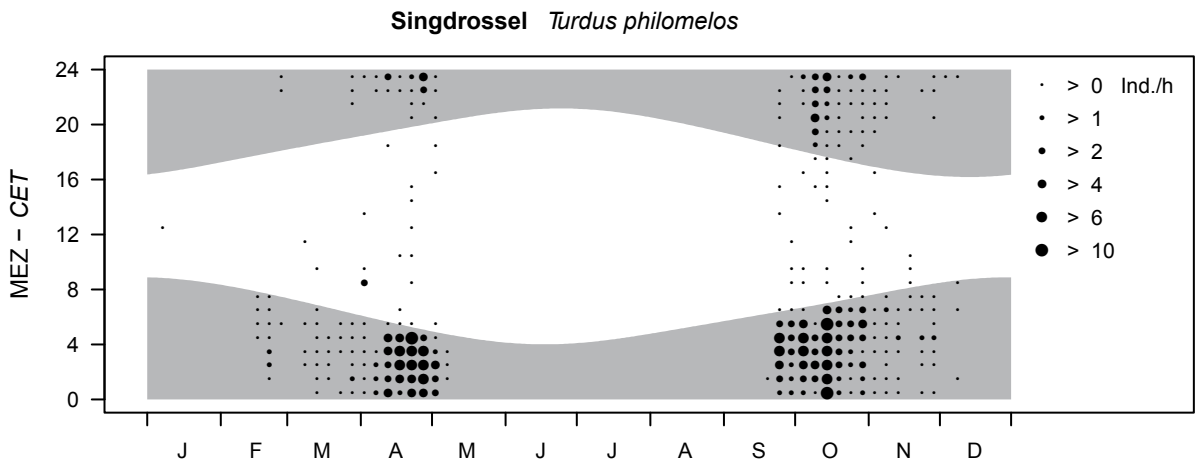


Abb. 24: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Singdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 6.586). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Song 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-

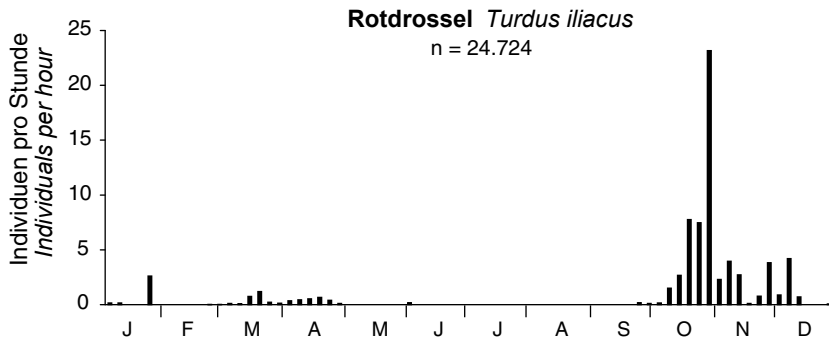


Abb.25: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 24.724). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Redwings near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n = 24,724).

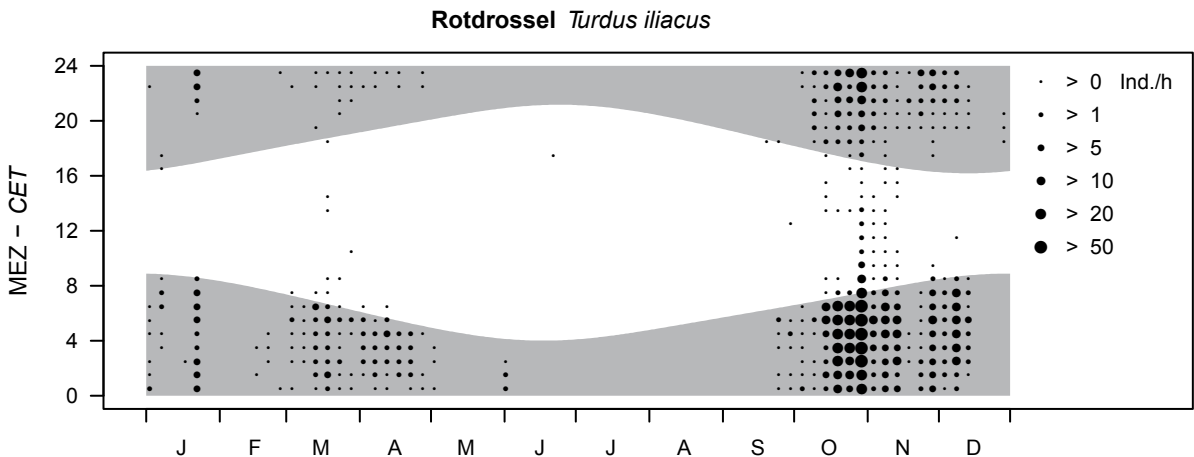


Abb. 26: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Rotdrosseln nahe der Forschungsplattform FINO 1 in jeder Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 24.724). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Redwings 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.

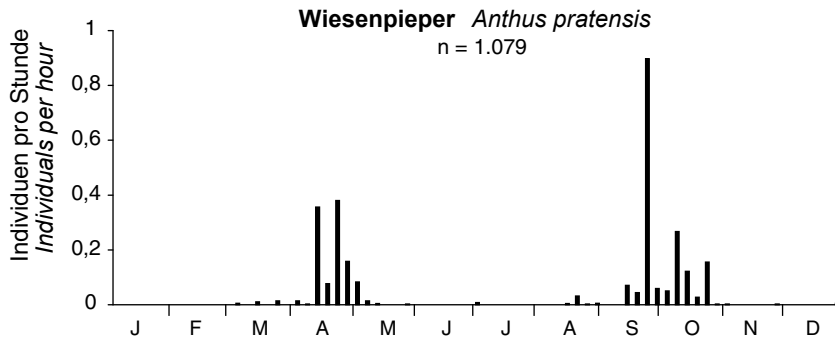


Abb. 27: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wiesenpieper nahe der Forschungsplattform FINO 1 vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.079). – Pentade averages of the hourly sums of minute-maxima of all Meadow Pipits near the research platform FINO 1 from 12th March 2004 to 1st June 2007 (n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

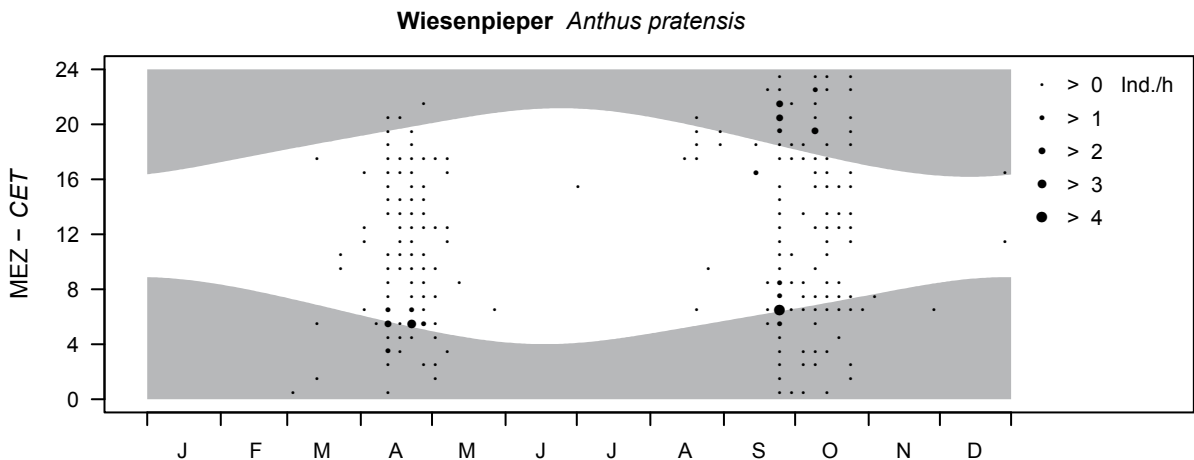


Abb. 28: Pentadenmittel der Summen der Minutenmaxima aller Wiesenpieper nahe der Forschungsplattform FINO 1 für jede Stunde (MEZ) vom 12.3.2004 bis zum 1.6.2007 (n = 1.079). Graue Bereiche = Zeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang. – Pentade averages of the sums of the minute-maxima of all Meadow 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 Wiesenpieper 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 Wiesenpieper 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>
Kurzschabelgans	<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>	Wiesenieper	<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>

Das Usutu-Virus als Ursache von Massensterben bei Amseln *Turdus merula* und anderen Vogelarten in Europa: Erfahrungen aus fünf Ausbrüchen zwischen 2001 und 2011

Stefan Bosch, Jonas Schmidt-Chanasit & Wolfgang Fiedler

Bosch S, Schmidt-Chanasit J & Fiedler W 2012: Usutu Virus as cause of mass mortality in Blackbirds *Turdus merula* and other bird species in Europe: experiences from five outbreaks between 2001 and 2011. *Vogelwarte* 50: 109-122.

Usutu virus (USUV) is a flavivirus transmitted by mosquitoes of the genus *Culex*. USUV was presumably introduced into Europe through migrating birds or mosquitoes during the last ten years. USUV established stable transmission cycles in Europe between mosquitos and hosts and is able to hibernate within Europe. Since the first record in 2001 in Austria, USUV caused five larger outbreaks with USUV-induced mass mortalities, especially on Blackbirds and captive owls, and probably a number of smaller outbreaks without recorded mass mortality. In our review we compile the up-to-date knowledge about the agent, the mosquitos as vectors and the birds as main hosts. A review of published studies revealed a total of 3050 bird individuals from 129 species and a wide variety of orders that have been tested for USUV during the last decade in Europe in connection with USUV outbreaks. Out of these, 48 species have been tested positively – mainly songbirds incl. crows (24 species), owls and birds of prey (9 species). Most cases concerned Blackbird, followed by House Sparrow, Blackcap, Great Grey Owl and Ural Owl. Among the 48 species tested positively, 39 concerned free living individuals and nine concerned captive individuals. Potential ways of propagation of USUV from Africa into Europe as well as inside Europe are discussed. Blackbirds seem to be especially perceptive to USUV. With regard to their species-specific biology we try to give an explanation for this phenomenon: presumably, Blackbirds have a weak immune system due to moult and nutrition state during the main flight period of the mosquitos and are thus more perceptive to virus attacks.

✉ SB: Metterstraße 16, D-75447 Sternenfels-Diefenbach; E-Mail: stefan-bosch@web.de

J S-C: Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin, Bernhard-Nocht-Strasse 74, D-20359 Hamburg;

E-Mail: jonassi@gmx.de

WF: Max-Planck-Institut für Ornithologie, Vogelwarte Radolfzell, Schlossallee 2, D-78315 Radolfzell;

E-Mail: fiedler@orn.mpg.de

Einleitung

Ausbrüche durch das von Stechmücken übertragene Usutu-Virus (USUV) können außerhalb dessen ursprünglichen südafrikanischen Verbreitungsgebietes zu Vogelsterben erheblichen Ausmaßes führen. In der letzten Dekade kam es in Mitteleuropa zu fünf dokumentierten Ausbrüchen, zuletzt im Sommer 2011 im Südwesten Deutschlands (Bosch & Schmidt-Chanasit 2011; Konrad 2011; Becker et al. 2012). Die Ausbrüche und weitere Befunde sprechen dafür, dass sich das Virus in Europa ausbreitet, sich in einheimischen Stechmückenarten etabliert hat (Jöst et al. 2011a, b) und in den Stechmücken erfolgreich überwintert (Becker & Schmidt-Chanasit, pers. Mitt. 2012). Da eine USUV-Infektion sowohl für wildlebende als auch für in Gefangenschaft gehaltene Vogelarten zum Tod führen kann, fassen wir hier die aktuellen Erkenntnisse einschließlich derjenigen zusammen, die beim jüngsten Ausbruch gesammelt wurden und geben einen aktuellen Überblick über das Problem der durch Stechmücken übertragenen Viren. Ein wichtiges Instrument sowohl zum Nachweis von USUV als auch zur Verlaufsdokumentation von Ausbrüchen hat sich die Un-

tersuchung toter Vögel in spezialisierten tropen- oder veterinärmedizinischen Instituten erwiesen.

Moboviren: Durch Stechmücken übertragene Erreger

Durch Stechmücken auf Tiere und Menschen übertragene Viren, die so genannten Moboviren (von mosquito-borne) haben durch zum Teil spektakuläre Ausbrüche zunehmend an Bedeutung gewonnen (Übersichten u. a. in Bosch 2003, 2005), darunter insbesondere Viren, die zur Familie der Flaviviren gehören. Zu dieser Familie zählen eine Reihe von Viren, die beim Menschen schwere Erkrankungen auslösen können, wie die Erreger der Japan-Enzephalitis, der Murray-Valley-Enzephalitis, Saint-Louis-Enzephalitis oder das West-Nil-Fieber sowie das bislang nur in Einzelfällen humanpathogene USUV. Das West-Nil-Virus (WNV) und das USUV werden von auf Vögel spezialisierten (ornithophilen) Stechmückenarten übertragen. Einmal eingeschleppt, persistieren Moboviren in natürlichen Übertragungskreisläufen zwischen Stechmücken, die als Überträger (Vektoren) fungieren und Wirbeltierwirten, wie z. B. Vögeln.

Das Usutu-Virus

Das USUV ist ein aus einem RNA-Strang bestehendes Flavivirus (Abb. 1). Es wurde erstmals 1959 im südafrikanischen Ndumu Nationalpark, Natal, isoliert und nach dem gleichnamigen Grenzfluss zwischen Südafrika und Mosambik benannt (Williams et al. 1964). Mittlerweile wurde es in zahlreichen Staaten südlich der Sahara nachgewiesen (Nikolay et al. 2011).

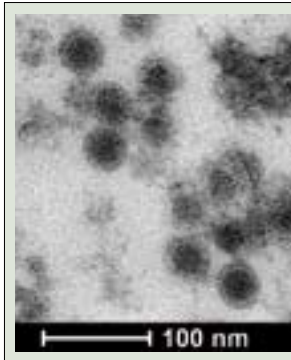


Abb. 1: Usutu-Viren in einer elektronenmikroskopischen Aufnahme. – *Usutu viruses in an electron microscope image.*

Foto: BNI

Biologie der Stechmücken: Wasser und Wärme

Überträger von USUV und WNV sind Stechmücken verschiedener Gattungen (Tab. 1). In Mitteleuropa sind Stechmücken der Gattung *Culex* (Abb. 2) in den Monaten Mai bis September aktiv (nachfolgende Details aus Rubel et al. 2008). *Culex*-Stechmücken haben ein breites Wirtsspektrum, das neben Vögeln auch Amphibien, Reptilien, Säugetiere und Menschen umfasst. Bevorzugt halten sich *Culex*-Mücken in Baumkronen auf und stechen nachts (Nikolay et al. 2011). Nur adulte weibliche Mücken saugen Blut und sind somit für die Virusübertragung verantwortlich. Die Entwicklung der Stechmücken erfolgt für Eier, Larven und Puppen im Wasser, adulte Mücken leben an Land und können überwintern (sog. Diapause). Das Leben der Stechmücken hängt im Wesentlichen vom Angebot stehender Wasseransammlungen (anthropogen in Gullys, Regentonnen, in Afrika oft auch in Müllbergen mit regengefüllten Dosen oder Autoreifen, natürlich in Tümpeln oder auch Blattachsen, Baumhöhlen etc.) und der Lufttemperatur

Tab. 1: An der Verbreitung des USUV beteiligte Stechmückenarten in Afrika und Europa, Hauptüberträger in fett (Nikolay et al. 2011; Tamba et al. 2011). – *Mosquito species involved in USUV transmission in Africa and Europe, main vectors are printed bold* (Nikolay et al. 2011; Tamba et al. 2011).

Afrika – Africa	Europa – Europe
<i>Culex naevei</i>	<i>Culex pipiens</i>
<i>Culex perfuscus</i>	<i>Aedes albopictus</i>
<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Culiseta annulata</i>
<i>Aedes minutus</i>	
<i>Mansonia africana</i>	
<i>Coquillettidia</i> sp.	

zusammen. Je wärmer es ist, umso höher ist die Fortpflanzungsrate der Stechmücken. Auch die Replikation der Viren in den Mücken (Zeitspanne zwischen Aufnahme infizierten Blutes bis zur Fähigkeit erworbene Viren weiter zu geben) verläuft bei einer Erhöhung der Temperatur schneller. Stechmücken leben mehrere Monate, infizierte Mücken bleiben lebenslang infektiös. Für die Mücken- und Virusvermehrung günstige Temperaturen liegen in Europa bei über 25 °C. Die Übertragungswahrscheinlichkeit von Viren hängt mit der Zahl der Stechmücken- bzw. Stichkontakte zusammen und ist in sommerlichen Hitzeperioden mit einer hohen Mückenzahl und schneller Virenvermehrung am größten. Beim Wiener Ausbruch 2003 lagen die Juni/August-Temperaturen über 3 °C über dem langjährigen Mittel (Schönwiese 2004 in Rubel et al. 2008). In Wien fanden Ausbrüche nur in Gebieten mit jährlich mehr als zehn heißen Tagen (früher „Hitze- bzw. Tropentage“ genannt) mit 30 °C oder darüber statt (Brugger & Rubel 2009). In Mannheim lagen während des Ausbruchs 2011 zwischen Juni und September 22 Tage bei oder über 28 °C (Quelle www.wetteronline.de). Überschwemmungen wie die Jahrhundertflut in Wien 2002 oder in Amerika beim Hurrikan „Katrina“ hatten keinen nennenswerten Einfluss auf *Culex*-Stechmückenpopulationen (Franon 2005 in Rubel et al. 2008).



Abb. 2: Hauptüberträger der Usutu-Viren ist in Europa die häufige und weit verbreitete Gemeine Stechmücke oder Nördliche Hausschnake *Culex pipiens*. – *Main vector of Usutu virus in Europe is the widespread and abundant Common Mosquito or House Mosquito Culex pipiens.* Foto: BNI

USUV-Nachweise oder Infektionen in Vögeln aus Afrika

Seit seiner Entdeckung 1959 in Südafrika wurden vom afrikanischen Kontinent keine tödlichen Auswirkungen auf die afrikanische Vogelwelt bekannt, obwohl das USUV im Senegal, in der Zentralafrikanischen Republik, in Burkina Faso, entlang der Elfenbeinküste, in Nigeria, Uganda und in Marokko (nur indirekt) nachgewiesen wurde (Nikolay et al. 2011). Ein plötzlicher Anstieg an Nachweisen fiel in der Regenzeit 2003 auf (Nikolay et al. 2011). Nachweise in afrikanischen Vögeln gelangen 1972 in Nigeria bei Schrei-Hornvogel *Bycanistes sharpei*, Grünbühlbül *Andropadus virens* und der Rotschnabdrossel *Turdus libonyana* (Nikolay et al. 2011).

USUV-Infektionen bei Säugetieren

Völlig unzureichend ist unser Wissen bezüglich USUV-Infektionen bei Säugetieren (ausgenommen Menschen, Details s. u.). Lelli et al. (2008) stellten im Rahmen eines Viren-Monitoring-Programmes Antikörper bei Pferden fest. Nicht eindeutig belegt ist ein Befall von Nagern der Gattung *Praomys* in Zentralafrika (Nikolay et al. 2011). Experimentell gelang die Inokulation (Einbringung) und Infektion durch USUV bei Mäusen (Weissenböck et al. 2004).

Einschleppung des USUV nach Europa

Nur Vermutungen existieren zur Einschleppung des USUV nach Europa. Zwei Möglichkeiten werden diskutiert: Erstens der Transport afrikanischer Viren aus Afrika durch Zugvögel nach Europa (Brugger & Rubel 2009; Linke et al. 2007). Allerdings zählen Zugvögel nicht zu der hauptsächlich von USUV-Infektionen betroffenen Vogelgruppe. Zugvögel sind im Jahreslauf mit zwei „Viren-Faunen“ im Brutgebiet und im Winterquartier konfrontiert, mit denen sich ihr Immunsystem auseinandersetzen muss (Merino & Møller 1999). Zweitens steht der Import USUV-infizierter Stechmücken per Flugzeug zur Diskussion. Bezeichnenderweise ist der Ort des ersten Ausbruchs in Europa Österreichs größter internationaler Flughafen gewesen (Pfeffer & Dobler 2010). Für das WNV ist ein entsprechender Fall der Einschleppung per

Flugzeug dokumentiert: LaDeau et al. (2007) berichten, dass auf diesem Weg eine mit dem WNV infizierte Stechmücke von Israel nach New York gelangte mit der Folge einer Ausbreitung des Erregers über den nordamerikanischen Kontinent mit massiven Bestandseinbrüchen bei verschiedenen Vogelarten (LaDeau et al. 2007). Eine Einschleppung durch lebende Tiere z. B. für Zoos wird für den Ausbruch in Wien ausgeschlossen (Weissenböck et al. 2004). Das Genom des österreichischen USUV ist dem südafrikanischen Referenzstamm von 1959 in 97 % der Nukleotide und 99 % der Aminosäuren nahezu identisch (Chvala et al. 2004). Auch die bei den weiteren Ausbrüchen in Europa analysierten USUV-Genome zeigen untereinander eine große Ähnlichkeit (s. phylogenetische Analyse bei Becker et al. 2012).

Inzwischen überwintert das USUV in Stechmücken in Europa und unterhält örtliche Übertragungskreisläufe zwischen Vögeln und Stechmücken, weitet sein Verbreitungsareal aus und die prognostizierten weiteren Ausbrüche und Vogelsterben sind inzwischen eingetreten (Steinmetz et al. 2010) und werden weiterhin zu erwarten sein.

Fünf Ausbrüche in Europa in einer Dekade

In seinem südafrikanischen Ursprungsgebiet gilt das USUV für Vögel als ungefährlich. Dagegen führten in Mitteleuropa mittlerweile fünf gut dokumentierte USUV-Ausbrüche zu regional und zeitlich begrenzten Vogelsterben (Tab. 2), bei denen vor allem wildlebende Singvögel und in Gefangenschaft gehaltene Eulen betroffen waren.

Die bisherigen Ausbrüche hatten Gemeinsamkeiten und Unterschiede, die nachfolgend genauer beleuchtet werden. Eine wichtige Gemeinsamkeit ist der die Ausbrüche verursachende Virusstamm: In allen fünf Fällen sind die Virenstämme genetisch sehr eng miteinander verwandt. Eine einmalige Einschleppung des USUV nach Zentraleuropa ist aufgrund der hohen genetischen Ähnlichkeit der hier nachgewiesenen Virenstämme wahrscheinlich (Steinmetz et al. 2010; Manarolla et al. 2010).

In fast allen Fällen fielen USUV-assoziierte Todesfälle bei Vögeln frühzeitig in Eulenhaltungen (Zoologische

Tab. 2: Dokumentierte USUV-Ausbrüche in Europa mit Vogelsterben in chronologischer Reihenfolge. – *Documented USUV outbreaks in Europe with mass mortality of birds in chronological order.*

Betroffene Region – <i>affected region</i>	Zeitraum – <i>time period</i>	Beschreibung – <i>description</i>
Wien, Niederösterreich, Burgenland, Steiermark (Österreich)	2001-2005	Weissenböck et al. (2002); Chvala et al. (2004, 2007)
Budapest (Ungarn)	2005-2006	Bakonyi et al. (2007)
Zürich (Schweiz)	2006-2009	Steinmetz et al. (2010)
Mailand (Italien)	2006-2008	Manarolla et al. (2010)
Oberrhein (Deutschland)	2010*/ 2011**	Becker et al. (2012); Jöst et al. (2011a, b); Bosch & Schmidt-Chanasit (2011)

* Erstnachweis des USUV-Virus in Stechmücken

** Erstnachweis eines USUV-Befalls in Vögeln

Gärten, Pflegestationen oder Privatleute) auf (Steinmetz et al. 2010). Aber auch in Sentineltieren („Wächtertiere“ wie in diesem Falle z. B. Hühnerküken oder Pferde, die regelmäßig speziell auf bestimmte Krankheitserreger hin untersucht werden) war das USUV im Rahmen von Virus-Monitoring-Programmen nachweisbar (Tab. 3; Rizzoli et al. 2007; Lelli et al. 2008; Buckley et al. 2003 und 2006).

In Deutschland folgte dem USUV-Erstnachweis in Stechmücken *Culex pipiens pipiens* im Jahr 2010 (Jöst et al. 2011a) im darauf folgenden Jahr ein Vogelsterben, von dem hauptsächlich Amseln (*Turdus merula*) betroffen waren. In Wien kam es nach einer maximalen Virenaktivität im legendären Hitzesommer 2003 zu starken USUV-assoziierten Vogelverlusten in den Sommern der Jahre 2004 und 2005 (Chvala et al. 2007).

Neben den in Gefangenschaft gehaltenen Eulenarten standen in Österreich, Ungarn, Italien und Deutschland vor allem Amseln, in der Schweiz dagegen Haussperlinge (*Passer domesticus*) als hauptsächlich betroffene Vogelart im Vordergrund (Tab. 4 a, b).

In Österreich und der Schweiz zeigten die Ausbrüche eine vergleichbare zeitliche Dynamik über mehrere Jahre mit einem anfänglichen Spitzenwert an tot aufgefundenen und von USUV befallenen Vögeln, der in wenigen Jahren gegen Null zurück ging und mit der Ausbildung einer Herdenimmunität erklärbar ist (Meister et al. 2008; Details s. u.). Zur zeitlichen Dynamik des aktuellen Ausbruchs in Südwestdeutschland 2011 kann noch nichts ausgesagt werden.

Die räumliche Dynamik zeigt unterschiedliche Muster. Während sich der Ausbruch in Zürich auf mehr oder weniger zwei Quadratkilometer Fläche beschränkte (Steinmetz et al. 2010) und in Norditalien ebenfalls regional abspielte (Manarolla et al. 2010; Savini et al. 2011), erfasste der Wiener Ausbruch in den Folgejahren mehrere umliegende Bundesländer (Chvala et al. 2007). In Deutschland waren vom Erstausbruch gleich mehrere am Rhein angrenzende Bundesländer und ein raute-förmiges Gebiet zwischen Kaiserslautern, Darmstadt, Mosbach und Karlsruhe betroffen (Becker et al. 2012).

Alle fünf Ausbrüche erfolgten in Großstädten bzw. Ballungsräumen. Im Hinblick auf die hauptsächlich betroffene Amsel hängt dies sicher mit den für sie dort günstigeren Lebensraumbedingungen in Parkanlagen und Gärten zusammen, der höheren Dichte und der höheren Entdeckungswahrscheinlichkeit von Todesfällen aufgrund zahlreicher informierter Menschen (Bakonyi et al. 2007). In Wäldern oder anderen Biotopen sind Amseldichten meistens geringer und Todesfälle bleiben eher unentdeckt. Außerdem dürften *Culex*-Stechmücken in Ballungsräumen von höheren Lufttemperaturen und zahlreichen Stellen mit stehendem Wasser (Gullys, Regensammelgefäße etc.) profitieren.

USUV: Ausbrüche und unterschwellige Persistenz?

Bei dem Ausbruch in Italien wurde bereits in den 1990er Jahren eine erhöhte Amselsterblichkeit registriert. Untersuchungen wurden damals nicht angestellt und im Nachhinein ist leider kein untersuchbares Material mehr vorhanden (Manarolla et al. 2010). Das Phänomen des „amsel-armen Monats August“ hat einige in der Amselbiologie begründete Ursachen (Bosch 2011). Dennoch fielen Vogelbeobachtern in den letzten Jahren sowie in Südwestdeutschland im Sommer 2011 in weiteren als der oben beschriebenen Region in den Sommermonaten das vorübergehende Fehlen von Amseln auf (Konrad 2011; Becker et al. 2012), allerdings ohne korrespondierende Totfunde. Möglicherweise liegen diesen Beobachtungen ebenfalls kleinräumig unterschwellige USUV-assoziierte Todesfälle zugrunde. Gerade in Norditalien wurden in den letzten Jahren vergleichsweise kleine Ausbrüche, stattdessen aber regelmäßige einzelne USUV-Nachweise im Rahmen des WNV-Monitorings erbracht und zudem zwei Krankheitsfälle beim Menschen beschrieben (Pecorari et al. 2009). Anstatt massiver Ausbrüche können USUV-Infektionen offenbar unterschwellig grassieren (Savini et al. 2011). In die Vergangenheit zurück rechnende Computer-Simulationen zeigten, dass vor dem Wiener Ausbruch in Österreich keine großen unbemerkten Ausbrüche stattgefunden haben können, wohl aber

Tab. 3: Serologische USUV-Nachweise in Stechmücken und Vögeln in Europa in chronologischer Reihenfolge ihres Auftretens. – *Serological USUV records in mosquitos and birds in Europe in chronological order of emergence.*

Region - region	Zeitraum - time period	Beschreibung - description
Großbritannien	2001-2002	Buckley et al. (2003, 2006)
Spanien	2003-2006	Figuerola et al. (2007)
Tschechien	2005	Hubalek et al. (2008 a)
Polen	2006	Hubalek et al. (2008 b)
Schweiz	2006	Steinmetz et al. (2010)
Spanien	2006, 2009	Busquets et al. (2008); Vazquez et al. (2011)
Deutschland	2007	Linke et al. (2007)
Italien	2007	Lelli et al. (2008)
Marokko	2008	Figuerola et al. (2009)

kleinere unterhalb einer Nachweisgrenze (Brugger & Rubel 2009). Sicher wurde bzw. wird immer noch die Anwesenheit von USUV unterschätzt und ohne auffällige Vogelsterben nicht erkannt.

USUV-Infektionen bei Menschen

Während das WNV in Nordamerika für schwere Erkrankungen und Todesfälle bei Menschen verantwortlich war, sind beim USUV bislang nur Einzelfälle aus Afrika und Italien bekannt. In Afrika traten 1981 und 2004 je ein Infektionsfall mit Fieber, Ausschlag und Gelbsucht auf (Nikolay et al. 2011). In Norditalien infizierten sich im Jahr 2009 zwei bereits vorerkrankte bzw. immungeschwächte Patienten mit dem USUV (Pecorari et al. 2009; Cavrini et al. 2009), die daraufhin schwere neurologische Störungen entwickelten. Eine Vielzahl von Menschen ist anscheinend bislang nicht von USUV-Infektionen betroffen. Allerdings gehören Laboruntersuchungen auf USUV-Infektionen derzeit auch (noch) nicht zum Routineprogramm in Kliniken und Arztpraxen. Vazquez et al. (2011) sehen im USUV auch potenzielle Gesundheitsrisiken für Menschen.

USUV-Nachweise bei Volierenvögeln

Besonders für wild lebende Singvögel und gekäfigte Eulen ist das USUV anscheinend ein großes Problem (Tab. 4 a, b). Vermutlich spielen in der künstlichen Voliersituation (Kunstbiotop, Ernährung, Individuendichte etc.) noch weitere Faktoren für die hohen Befallsraten eine Rolle. Möglicherweise sind an der Übertragung auch Gefiederparasiten (Lausfliegen) oder der enge Kontakt mit Ausscheidungen etc. bedeutender als bei frei fliegenden Vögeln beteiligt (Meister et al. 2008). Daher sind Befunde bei Volierenvögeln getrennt von wild lebenden Vögeln zu betrachten und zu bewerten. Keine Hinweise liegen derzeit vor, ob in Europa (überwiegend in Räumlichkeiten) gehaltene exotische Singvögel betroffen sind. Bei den Gefangenschaftsvögeln sind in erster Linie Eulen und Käuze betroffen, allen voran der Bartkauz (*Strix nebulosa*). Interessant ist der Nachweis von USUV bei Kanarienvögeln (*Serinus canaria f. domestica*) in der Pfalz (Südwestdeutschland). Das Haushuhn (*Gallus gallus f. domestica*) und die Hausgans (*Anser anser f. domestica*) sind gegenüber USUV weitgehend resistent (Chvala et al. 2005 und 2006). Buckley et al. wiesen 2003 dennoch in Hühnern und Truthähnen (*Meleagris gallopavo*) als „Wächtertieren“ in England Antikörper nach. Anhaltspunkte für wirtschaftlich bedeutende Ausbrüche der Krankheit bei Hausgeflügel gibt es derzeit nicht.

USUV-Nachweise bei Wildvögeln

Unter den Vogelarten mit USUV-Nachweis finden sich nur teilweise Langstreckenzieher. Wir wissen nicht, ob und wie weit ein virämischer Vogel zu fliegen und deshalb Viren zu transportieren vermag. Die geografischen Stationen innerhalb eines Jahrzehnts (Tab. 2) liegen eher

eine etappenweise Ausbreitung vom ursprünglichen Südafrika Richtung Norden nahe: Zunächst trat der USUV in Zentralafrika und an der Elfenbeinküste auf, dann im am Mittelmeer gelegenen Marokko und auf der angrenzenden Iberischen Halbinsel. In Etappen über wenige Breitengrade können auch Kurzstreckenzieher Viren transportieren, so dass keine langen Strecken am Stück überwunden werden müssen. Bei dieser Art der Ausbreitung (wie auch bei Influenzaviren postuliert; Ottaviani et al. 2010), können sich Viren-Importe „tot laufen“ oder unter bestimmten Umständen auch weit entfernte Regionen wie Mitteleuropa oder die Britischen Inseln erreichen.

Von USUV-Infektionen betroffene Vogelarten in Europa

In Europa wurden bis 2011 in verschiedenen Studien über 3050 Vogelindividuen mittels direktem Nachweis (RT-PCR) oder serologisch auf USUV getestet, davon die meisten in Österreich und Italien, in Deutschland bislang 233 Vögel im Rahmen des Ausbruchs 2011. Die untersuchten Vögel gehörten 129 Arten unterschiedlichster Ordnungen an. 93 Arten waren frei lebende, 45 in Gefangenschaft gehaltene Arten (Pflöglinge, Zoos, Volierenvögel; Zugehörigkeit zu beiden Gruppen möglich). USUV-Nachweise gelangen bei neun in Gefangenschaft und bei 39 frei lebenden Vogelarten, wobei sich eindeutig ein Schwerpunkt bei Singvögeln (24 Arten) sowie Eulen und Greifvögeln (11 Arten) abzeichnet. Die Amsel ist mit Abstand die für das USUV anfälligste und die am häufigsten betroffene Vogelart. Häufig bzw. mit mehr als zehn positiven USUV-Nachweisen waren Haussperling, Mönchsgrasmücke (*Sylvia atricapilla*), Bart- und Habichtskauz (*Strix uralensis*) betroffen. Die lange Liste mit 48 betroffenen Arten rechtfertigt auf jeden Fall den Begriff „Vogelsterben“, denn Amseln sind zwar anscheinend in erster Linie, aber bei weitem nicht als einzige Art betroffen. Das breite Wirtsspektrum bei den Vögeln lässt zum jetzigen Stand – abgesehen von der Amsel – keinen klaren Trend erkennen, d. h. ob etwa Arten mit bestimmten Habitatansprüchen oder Lebensweisen bevorzugt betroffen sind.

Einschränkend ist anzumerken, dass unsere Übersicht trotz der großen Fallzahl allenfalls einen ersten Eindruck wiedergeben kann, denn bei allen Studien im Zusammenhang mit Ausbrüchen handelt es sich um Zufallsfunde, die nicht repräsentativ für das tatsächlich betroffene Artenspektrum sein müssen. Die Entdeckungswahrscheinlichkeit ist bei Arten, die nahe beim Menschen leben, mit Sicherheit höher als beispielsweise bei versteckt lebenden Schilfvögeln. Außerdem können die Ergebnisse durch vielfältige Faktoren beeinflusst sein, z. B. intensive Untersuchung vor allem von Haussperlingen beim Zürcher Ausbruch. Häufig werden tote Vögel überhaupt nicht entdeckt oder von Beutegreifern beseitigt.

Tab. 4a: Direkter und serologischer Nachweis von USUV bei wild lebenden Vogelarten in Mitteleuropa.

Wissenschaftliche Artnamen in alphabetischer Reihenfolge; positiv getestete Arten fett; Nachweismethoden: D = direkter Nachweis mit RT-PCR, S = serologischer Nachweis; Zahlenangaben: Anzahl positiv getesteter Vögel / Anzahl untersuchter (toter) Vögel; AT1 = Österreich (Meister et al. 2008), AT2 = Österreich 2003-2005 (Chvala et al. 2007), HUN= Ungarn (Bakonyi et al. 2007), CH = Schweiz (Steinmetz et al. 2010), I = Italien (Manarolla et al. 2010; Savini et al. 2011), D= Deutschland (eig. Daten 2011), serologische Untersuchungen (Hubalek et al. 2008a, b; Linke et al. 2007; Tamba et al. 2011). – *Direct and serological detections of USUV in free living bird species in Central Europe. Scientific species names in alphabetical order; species tested positively in bold; methods used for detection: D = direct detection with RT-PCR, S = serological; numbers given: number of individuals tested positively with RT-PCR / total number of tested individuals; AT1 = Austria (Meister et al. 2008), AT2 = Österreich 2003-2005 (Chvala et al. 2007), HUN= Hungary (Bakonyi et al. 2007), CH = Switzerland (Steinmetz et al. 2010), I = Italy (Manarolla et al. 2010; Savini et al. 2011), D= Germany (own data 2011), serological examinations (Hubalek et al. 2008a, b; Linke et al. 2007; Tamba et al. 2011).*

Art – species	Methode method	AT 1	AT 2	HUN	CH	I	D	Summe grand total
<i>Accipiter nisus</i>	D	0/1						
<i>Acrocephalus melanopogon</i>	D			0/8				
<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	D			0/4				
<i>Acrocephalus palustris</i>	D			0/3				
<i>Acrocephalus scirpaceus</i>	D	3/7		0/12				3/19
<i>Acrocephalus</i> sp.	S		0/3					
<i>Aegithalos caudatus</i>	D			0/1				
<i>Alcedo atthis</i>	D, S	0/2	0/2	0/1			2/2	2/7
<i>Anas platyrhynchos</i>	D	0/1						
<i>Apus apus</i>	S		0/4					
<i>Ardea cinerea</i>	D			0/1				
<i>Asio otus</i>	D, S	8/17	0/1	0/1				8/19
<i>Bombycilla garrulus</i>	D	0/1						
<i>Bubo bubo</i>	D	1/3						1/3
<i>Buteo buteo</i>	D, S			0/2				
<i>Carduelis carduelis</i>	D, S	0/2	0/1	0/1				
<i>Carduelis chloris</i>	D, S	0/1	0/2	0/23	1/1		0/10	1/37
<i>Certhia brachydactyla</i>	D			0/1				
<i>Certhia familiaris</i>	D			0/1				
<i>Ciconia ciconia</i>	D, S		0/1	0/6				
<i>Circus aeruginosus</i>	D	1/3						1/3
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	S		0/1					
<i>Columba livia</i>	D			0/1				
<i>Columba</i> sp.	S		0/7					
<i>Corvus corone</i>	D, S						0/1	
<i>Corvus corone cornix</i>	D, S	3/6	0/1					3/7
<i>Corvus frugilegus</i>	D, S	0/5	0/1					
<i>Corvus monedula</i>	D	6/10						6/10
<i>Coturnix coturnix</i>	D, S	0/1	0/2					
<i>Cygnus olor</i>	D	0/2						
<i>Delichon urbicum</i>	D, S	1/1	0/1					1/2
<i>Dendrocopos major</i>	D, S	5/16	0/4	0/1	0/1			5/22
<i>Dendrocopos medius</i>	D	0/2		0/1				
<i>Emberiza calandra</i>	D		0/1					
<i>Emberiza citrinella</i>	D, S	0/3	0/2				0/1	
<i>Emberiza schoeniclus</i>	D	1/2		0/7				1/9
<i>Erithacus rubecula</i>	D, S	5/11	1/2	0/51	2/2		0/4	8/70
<i>Falco tinnunculus</i>	D, S	4/12	0/1	0/1				4/14
<i>Ficedula hypoleucos</i>	D, S	1/1	0/2	0/1				1/4

Art – species	Methode method	AT 1	AT 2	HUN	CH	I	D	Summe grand total
<i>Fringilla coelebs</i>	D	0/1		0/4				
<i>Fringilla montifringilla</i>	D	0/1		0/6				
<i>Fulica atra</i>	S							
<i>Garrulus glandarius</i>	D S	4/8				2/96	0/3	4/11
<i>Gypaetus barbatus</i>	D, S	2/7	0/2					2/9
<i>Hirundo rustica</i>	D, S	2/2	0/2	0/14	0/1			2/19
<i>Ixobrychus minutus</i>	D			0/2				
<i>Lanius collurio</i>	D, S	0/1	0/1	0/5				
<i>Larus cachinnans</i>	D, S		0/1	0/1				
<i>Larus ridibundus</i>	S							
<i>Larus sp.</i>	D	0/1						
<i>Locustella luscinioides</i>	D			0/7				
<i>Locustella naevia</i>	D			0/1				
<i>Loxia curvirostra</i>	D	0/1						
<i>Luscinia megarhynchos</i>	D	0/1					0/1	
<i>Motacilla alba</i>	S		0/1					
<i>Motacilla citreola</i>	S		0/1					
<i>Oriolus oriolus</i>	D, S		0/1	0/2				
<i>Pandion haliaetus</i>	S							
<i>Parus ater</i>	S		0/1					
<i>Parus caeruleus</i>	D, S	0/7	0/11	0/33	1/3		0/2	1/56
<i>Parus major</i>	D, S	3/19	2/11	0/24				5/54
<i>Passer domesticus</i>	D, S		0/13	0/2	30/42		1/1	31/58
<i>Passer montanus</i>	D, S		0/2	0/3				
<i>Perdix perdix</i>	D						0/2	
<i>Phasianus colchicus</i>	D, S	1/2	0/4	0/1				1/7
<i>Phoenicurus ochruros</i>	D, S	1/1	0/3	0/1	0/3			1/8
<i>Phylloscopus collybita</i>	D	0/1		0/10				
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	S			0/1				
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	S			0/2				
<i>Pica pica</i>	D S					2/?		2/? 2/607
<i>Picus viridis</i>	D, S						0/1	
<i>Prunella modularis</i>	D, S		0/1	0/5				
<i>Recurvirostra avosetta</i>	S		0/4					
<i>Regulus regulus</i>	D			0/1				
<i>Remiz pendulinus</i>	D	0/1		0/2				
<i>Riparia riparia</i>	S		0/3					
<i>Saxicola torquata</i>	D			0/1				
<i>Scolopax rusticola</i>	D	0/1						
<i>Sitta europaea</i>	D, S	1/4	1/1					2/5
<i>Streptopelia decaocto</i>	D	6/20						6/20
<i>Strix aluco</i>	S		0/1					
<i>Strix uralensis</i>	D	16/22						16/22
<i>Sturnus vulgaris</i>	D S	1/1	0/2	0/2		1/98	3/17	4/22
<i>Sylvia atricapilla</i>	D, S	12/23	0/1	0/22			0/6	12/52
<i>Sylvia borin</i>	D	1/1		0/2				1/3
<i>Sylvia communis</i>	D	1/2		0/1				1/3

Art – species	Methode method	AT 1	AT 2	HUN	CH	I	D	Summe grand total
<i>Sylvia curruca</i>	D	1/2		0/5				1/7
<i>Tetrao urogallus</i>	D, S	0/1	0/1					
<i>Troglodytes troglodytes</i>	D			0/3				
<i>Turdus merula</i>	D	37/165	102/351	25/33?	20/26	12	72/148	385/>723
	S					9/? 3/30		
<i>Turdus philomelos</i>	D, S	4/9	1/30	0/5			0/6	5/50
<i>Turdus pilaris</i>	D						0/6	
<i>Tyto alba</i>	D	1/1						1/1

Tab. 4b: Direkter und serologischer Nachweis von USUV bei in Gefangenschaft gehaltenen Vogelarten. Erläuterung der Spalten siehe Tab. 4a. – *Direct and serological detections of USUV in captive birds. For explanation of columns see Tab. 4a.*

Art – species	Methode method	AT 1	AT 2	HUN	CH	I	D	Summe grand total
<i>Aegolius funereus</i>	D				4/6	2/2		6/8
<i>Aix galericulata</i>	D				0/1			
<i>Anas falcata</i>	D				?/3			
<i>Anas formosa</i>	D				?/1			
<i>Anser anser f. domestica</i>	S							
<i>Anser erythropus</i>	D				0/2			
<i>Anser indicus</i>	D				?/3			
<i>Asio otus</i>	S							
<i>Athene noctua</i>	S		?					
<i>Balaeniceps rex</i>	D				?/1			
<i>Bubo bubo</i>	S		?					
<i>Bucephala clangula</i>	D				?/2			
<i>Buteo buteo</i>	S		1					
<i>Choloephaga picta</i>	D				0/1			
<i>Ciconia ciconia</i>	D				0/2			
<i>Circus aeruginosus</i>	S		2					
<i>Cochlearius c. panamensis</i>	D				0/1			
<i>Cyanoliseus patagonus</i>	D				0/1			
<i>Cyanocompsa brissonii</i>	D				0/4			
<i>Dendrocygna viduata</i>	D				0/2			
<i>Falco tinnunculus</i>	S		1					
<i>Gallus gallus f. domestica</i>	D				0/8			
	S							
<i>Geronticus eremita</i>	D				0/2			
<i>Glaucidium passerinum</i>	D				1/1			1/1
<i>Lamprotornis purpureus</i>	D				0/1			
<i>Leucopsar rothschildi</i>	D				0/1			
<i>Meleagris gallopavo</i>	S							
<i>Momotus momota</i>	D				0/2			
<i>Nettapus auritus</i>	D				?/5			
<i>Nyctea scandiaca</i>	D				0/2			
<i>Pavo cristatus</i>	D	1/1						1/1
<i>Phoenicopterus chilensis</i>	D				?/10			
<i>Rollulus roulroul</i>	D				0/3			

Art – species	Methode method	AT 1	AT 2	HUN	CH	I	D	Summe grand total
<i>Sarkidiornis melanotos carunculatus</i>	D				0/2			
<i>Serinus canaria f. domestica</i>	D						2/5	2/5
<i>Spheniscus humboldti</i>	D						0/1	
<i>Somateria mollissima</i>	D				0/4			
<i>Strix aluco</i>	S							
<i>Strix nebulosa</i>	D				5/8	1/1	6/6	12/15
<i>Strix uralensis</i>	S							
<i>Surnia ulula ulula</i>	D				2/4			2/4
<i>Tangara cyanicollis</i>	D				?/3			
<i>Tachyeres brachypterus</i>	D				0/3			
<i>Trogon viridis</i>	D				?/1			
<i>Tyto alba</i>	S		1					

Symptome bei USUV-infizierten Vögeln

Symptome und Befunde bei USUV-infizierten Vögeln sind je nach Art, Individuum und (in einem Fall) Geschlecht unterschiedlich (Manarolla et al. 2010; Steinmetz et al. 2010). Singvögel sind mehrere Tage krank und werden selbst in Zeiten guten Futterangebotes in eher moderatem bis schlechtem Ernährungszustand aufgefunden (Steinmetz et al. 2010). Hinweisend auf einen USUV-Befall sind neurologische Symptome wie Krampfanfälle und plötzlicher Tod (Steinmetz et al. 2010). Manarolla et al. (2010) beschreiben für in Gefangenschaft gehaltene Eulen plötzliche Apathie, zerzaustes Gefieder, erhöhte Wasseraufnahme, Anorexie und Eintritt des Todes nach zwei bis drei Tagen, für wildlebende Amseln (wie auch in Süddeutschland beobachtet) Trägheit, fehlendes Fluchtverhalten, leichte Fangbarkeit und Flugunfähigkeit. Die Vögel sind in der Mauser auffällig mager (Abb. 3).

Tot aufgefundene Vögel wurden in veterinärmedizinische Institute verbracht, dort sezirt und die Organe makroskopisch und mikroskopisch auf krankhafte Veränderungen sowie auf USUV-Befall untersucht. Die Untersuchungsergebnisse zeigten Leber-, Nieren- und Milzvergrößerungen, nekrotische und hyperämische Veränderungen im Nervensystem (Hirnentzündung), in Leber und Nieren (zentrale Nekrose mit histiozytischer Hyperplasie) und Herz (Myokarddegeneration), hyperämische Lungen sowie lymphoplasmazytische Infiltrationen in diesen Organen (Chvala et al. 2004; Bakonyi et al. 2007; Steinmetz et al. 2010). Laborwerte sind meist unauffällig und zeigen in Einzelfällen eine milde Leukozytose. In Darmtrakt und Lunge finden sich häufig Trematoden. Trematodenbefall könnte bahrend für eine USUV-Infektion sein. Ingesamt sprechen die beschriebenen Befunde für ein Multiorganversagen als Todesursache (weitere Details u. a. bei Chvala et al. 2004; Bakonyi et al. 2007; Steinmetz et al. 2010; Manarolla et al. 2010).

Amseln und andere Singvögel als Hauptbetroffene – gibt es mögliche Erklärungen?

Nach den vorliegenden Daten ist in Europa die Amsel eine für USUV besonders empfängliche und daher stark betroffene Art. Nachdem es (noch) keine Hinweise auf Ursachen einer offenbar artspezifischen Anfälligkeit (wie Besonderheiten des Immunsystems oder der Umgang mit bzw. die Reaktion auf eine USUV-Infektion) gibt, sind möglicherweise die jahreszeitlichen Rahmenbedingungen zumindest mitverantwortlich oder bahrend für die hohe Zahl betroffener Amseln und anderer Singvögel. Aus verschiedenen Regionen gibt es seit dem USUV-Ausbruch in Südwestdeutschland ernst zu nehmende Hinweise auf deutliche Abnahmen verbreiteter Singvogelarten, die sich möglicherweise nicht in den Totfundzahlen abbilden.



Abb. 3: Von einer Usutu-Virus-Infektion betroffene Amseln zeigen ein zerzaustes Gefieder, haben Gleichgewichtsstörungen und fehlendes Fluchtverhalten. – *Blackbirds affected by Usutu virus infection show ruffled plumage, imbalance disorder and a lacking escape behaviour.* Foto: N. Becker

Nachfolgend sollen im Hinblick auf Amseln und andere Singvögel einige Faktoren beleuchtet werden, deren Zusammentreffen dieses Phänomen zumindest miterklären könnten: Die Stechmücken-Hochsaison trifft bei Amseln auf eine sensible Lebensphase mit tief greifenden Veränderungen bezüglich Fortpflanzung, Ernährung, Körpergewicht und Gefiederwechsel (Bosch 2011). Im Juli und August erreichen Amseln im Jahreslauf ihr niedrigstes Körpergewicht und stellen sich in dieser Zeit erheblich in ihren Ernährungsgewohnheiten mit Hauptnahrungsaufnahme zu Beginn und Ende des Tages (Macleod et al. 2005) sowie von tierischer Nahrung auf Beeren und Früchte um (Stephan 1999). Die Mauser diesjähriger Vögel erfolgt in Abhängigkeit vom Schlüpfdatum und dauert 60 bis 65 Tage (Khokhlova 2009). Das Stadium 2 mit ausgeprägter Mauser beginnt 10 bis 12 Tage nach Mauserbeginn und findet zwischen Ende Juli und Mitte September statt. Es umfasst am Kopf Stirn, Hinterkopf und Ohrpartie (Khokhlova 2009), also Bereiche, die den Vogel „kahlköpfig“ aussehen lassen. Kahlköpfigkeit wurde vor allem beim Ausbruch in Südwestdeutschland immer wieder beschrieben (Konrad 2011).

Ein wichtiger Aspekt ist die Situation des Immunsystems nach der Brutzeit. Zu Amseln liegen wenige Erkenntnisse vor, doch an anderen Singvogelarten gewonnene Untersuchungsergebnisse geben wertvolle Hinweise. Für ihre körperliche Fitness benötigen Singvögel zum Überleben ein schützendes Immunsystem sowie ein intaktes Federkleid, das bei den meisten Arten nach Abschluss der Brutzeit gewechselt wird. Somit konkurrieren zwei energieintensive Körperprozesse um Ressourcen, vor allem um Proteine und Aminosäuren. In Versuchen führt künstlich induzierte Mauser zu Stressreaktionen und Unterdrückung des Immunsystems (Moreno et al. 2001; Sanz et al. 2004). Dies zeigt, wie eine „Doppelbelastung“ einen Vogel schwächen kann. Bei Haussperlingen konnten direkte Zusammenhänge zwischen der Mauser und einer experimentell induzierten Immunantwort nachgewiesen werden: die Mauser verlief langsamer und eine experimentelle Stimulation der Mauser reduzierte die Immunreaktion. Zu Gewichtsverlusten kam es infolge schneller Mauser oder Immunreaktionen. Vögel, die zum Mausern mehr Energie benötigten, zogen diese vom Immunsystem und den Körperreserven ab. Vermutlich sind diese Zusammenhänge in der Natur noch schwerwiegender, wenn Nahrungsressourcen begrenzt sind. Jedenfalls unterstreichen die Ergebnisse, dass nur gesunde, fitte Vögel gleichzeitig Mauser und eine adäquate Immunantwort zustande bringen. – Ein schönes, intaktes Gefieder ist ein direkt sichtbares individuelles Qualitätsmerkmal bezüglich Mauser und Immunkompetenz (Moreno-Rueda 2010). Außerdem wurde für die ziehende nordamerikanische Zwergdrossel *Catharus ustulatus* gezeigt, dass Vögel in Zuginruhe eine verminderte zellvermittelte Immunantwort haben, also zur Zugzeit immunsupprimiert

sind (Owen & Moore 2008). Deutliche jährliche Schwankungen im Immunstatus wildlebender Populationen der Nebelkrähe (*Corvus cornix*) sind ebenfalls bekannt (Acquarone et al. 2002).

Für Amseln ist die Jahreszeit nach Abschluss der Brutzeit geprägt von sommerlicher Trockenheit und einer damit einhergehenden Futterverknappung, wenn z. B. Regenwürmer sich unerreichbar in tiefe Erdschichten zurückziehen. Zudem versiegt in Gärten das Beerenangebot (Stephan 1999). Amseln werden in den Sommermonaten Juli und August mit von Stechmücken übertragenen Viren also gerade dann konfrontiert, wenn unsichere und ungünstige Rahmenbedingungen ihr Immunsystem neben der Mauser zusätzlich kompromittieren können. Zusätzliche Effekte, wie eine erhöhte Auffindewahrscheinlichkeit im Erkrankungsfall der in unseren Gärten und Parks lebenden Amseln können das Gesamtbild ebenfalls beeinflussen. Schließlich ist auch ein Einfluss möglicher Verstärker-Effekte auf das Immunsystem denkbar, auch wenn hierzu bisher anscheinend keine wissenschaftlichen Belege vorliegen.

Dass glücklicherweise nicht alle Amseln von einem USUV-Ausbruch betroffen werden, könnte vom Brutfortschritt des jeweiligen Jahres, dem Alter und Mauserzustand des einzelnen Vogels, seiner individuellen Konstitution und Ausprägung seines Immunsystems und den örtlichen Umweltbedingungen wie Nahrungsangebot, Witterung etc. abhängen. Dies erklärt das regional sehr unterschiedliche, kleinräumig mosaikartige Bild betroffener Amselpopulationen.

Reaktionen des Vogelorganismus auf Flaviviren

Über die spezifischen Reaktionen eines Vogelorganismus auf eine Infektion mit dem USUV ist wenig bekannt. Dagegen liegen inzwischen umfangreiche Erkenntnisse über die Immunreaktion einzelner Vogelarten gegenüber dem verwandten WNV vor. Das Ausmaß einer Flavivirus-Infektion wird im Körper von der Virusvermehrung und seiner Ausbreitung (Virämie) sowie der Immunantwort bestimmt. Offenbar sind Flaviviren in der Lage, das angeborene und erworbene Immunsystem zu umgehen (Diamond 2003). In der Frühphase der Abwehr einer WNV-Infektion spielen vor allem B-Lymphozyten und humorale Antikörper eine Rolle (Diamond et al. 2003).

Sofern Vögel die Infektion überleben, bilden sie neutralisierende Antikörper gegen WNV. Mit WNV infizierte Haussperlinge entwickelten zu 98,6 % für bis zu 36 Monate eine Immunität mit Antikörpern (Nemeth et al. 2009a). Bei Tauben und Krähen war die Immunität ca. ein Jahr, bei Greifvögeln über vier Jahre nachweisbar (Nemeth et al. 2009a). Verletzte und WNV-positive Greifvögel und Eulen haben unterschiedliche Symptome und schlechtere Chancen wieder ausgewildert zu werden (Nemeth et al. 2009b). Eulen sind anscheinend wesentlich anfälliger für WNV-Infektionen als Rabenvögel (Fitzgerald et al. 2003). Interessanter-

weise lag die Sterblichkeit bei geküfigten Vögeln höher als bei frei fliegenden. Todesfälle traten fünf bis neun Tage nach WNV-Inokulation auf und zeigten vor dem Tod Lethargie, zerzauste Federn, Appetitlosigkeit und steife untere Extremitäten. Die Virämie (Menge im Kreislauf zirkulierender Viren) war bei tödlich verlaufenden Fällen deutlich ausgeprägter als bei Vögeln, die die Infektion überlebten und keine Symptome zeigten. Die Vögel starben ein bis sechs Tage nachdem die Virämie Spitzenwerte erreicht hatte (Nemeth et al. 2009a). Dennoch kann man diese Werte nicht ohne weiteres auf andere Flaviviren übertragen, wie die deutlich kürzeren Antikörper-Verläufe bei der St. Louis Enzephalitis (ebenfalls hervorgerufen durch ein Flavivirus) zeigen. Sind viele Vögel infiziert, ist die Übertragungsrate für WNV hoch und die daraus resultierende weit verbreitete Immunität unter den Überlebenden kann eine weitere Übertragung eindämmen. Wenn immune Vögel mehrere Übertragungszyklen überleben und ihre Immunität bestehen bleibt, kann ein lang anhaltender Schutzeffekt resultieren und die Zahl an Neuerkrankungen sinkt (sog. Herden- bzw. Rudelimmunität).

Diese Befunde decken sich mit den Entwicklungen in Wien, wo im Laufe der Jahre die Zahl der von USUV betroffenen Vögel deutlich abgenommen hat (Chvala et al. 2007). Meister et al. (2008) zeigten, dass im Verlauf des Wiener Ausbruches der Anteil Antikörper bildender Vögel von unter 10 auf über 50 % anstieg. Ihre Untersuchungen förderten weitere interessante USUV-spezifische Aspekte zu Tage: Jungvögel von Langstreckenziehern hatten Antikörper unklarer Herkunft (Neuinfektion in Österreich oder erworbene vorübergehende mütterliche Immunität) und bei manchen Vögeln kam es trotz Antikörpern zu einer Neuinfektion. Eine abnehmende Virulenz des zirkulierenden USUV in Österreich als Grund der abnehmenden Zahl betroffener Vögel wird nicht angenommen (Chvala et al. 2007; Meister et al. 2008). Simulationen auf Basis der Wiener Daten (Rubel et al. 2008) zeigen, dass nach einem ersten Ausbruch über 70 % der Amseln eine Immunität erwerben werden, allerdings nimmt diese Zahl aufgrund der geringen Lebenserwartung der Vögel (Generationslänge unter 3,3 Jahre; Bauer et al. 2005) in wenigen Jahren stark ab und neue Ausbrüche mit neuen Infektionen sind möglich. Mit einem Ausbruch steigt die Zahl Antikörper tragender Vögel stark an und die USUV-assoziierten Todesfälle nehmen ab (Meister et al. 2008).

Folgen der USUV-Ausbrüche für den Amselbestand

Die Folgen von USUV-Ausbrüchen sind nur schwer zu quantifizieren und für betroffene Populationen kaum abschätzbar. Beobachter berichten von Regionen, die im Sommer völlig amselfrei oder stark an Amseln verarmt waren (Konrad 2011). Die Zahl an Totfunden ist meist sehr gering. Obwohl Kadaver z. B. in Siedlungen schneller auffallen als in der übrigen Landschaft, sind

auch hier Beutegreifer aktiv, die tote Vögel schnell entsorgen (Fuchs, Marder, Rabenvögel), so dass anhand von Totfunden das Ausmaß nur schwer abgeschätzt werden kann. Für den Wiener Ausbruch wurde geschätzt, dass nur 0,2 % der betroffenen Amseln tot aufgefunden wurden (Rubel et al. 2008). Auf das erste Jahr des südwestdeutschen Ausbruchs mit 72 toten, USUV-positiv getesteten Amseln läge der Bestandsverlust im betroffenen Gebiet demnach in der Größenordnung von ca. 40.000 toten Amseln. Konrad (2011) hat mit Hilfe anderer Berechnungsgrundlagen Größenordnungen von 220.000 bis 420.000 toten Amseln ermittelt. Savini et al. (2011) sprechen von tausend betroffenen Amseln in Norditalien.

Mittelfristig haben USUV-Ausbrüche lokal teilweise erhebliche Folgen für Amselpopulationen. Steiner & Holzer (2008) stellten bei Wiener Amseln Rückgänge der Winter- und Brutzeitdichten um 85 bis 89 % fest. Manche Teilpopulationen erholten sich von ihrem Bestandstief über Jahre nicht. Dennoch ist ein flächendeckendes Aussterben der Amsel – wie in den Medien oft als Katastrophenmeldung präsentiert – nicht zu befürchten. Verwaiste Gebiete werden durch Zuzug wieder besiedelt. Im Rhein-Neckar-Raum zeigte sich, dass in angrenzenden, geografisch etwas höher gelegenen Gebieten abseits der Flusstäler völlig normale Amseldichten anzutreffen waren (Konrad 2011). Im Folgewinter 2011/12 bestätigten sich im Rahmen eines „citizen science“-Programmes des Naturschutzbundes Deutschland (NABU) zur Erfassung von Wintervogelbeständen in Gärten vier bis fünf Monate nach Ausbruch der Infektion insbesondere bei Amseln gegenüber dem Vorjahr deutlich verminderte Winterbestände im Zentrum der Ausbruchsregion. Ein Gebiet entlang des Rheins zwischen Mannheim/Ludwigshafen im Süden und Worms im Norden wies mit 0,75 bis 1 Amsel pro Garten deutlich weniger Vögel auf als der bundesweite Durchschnitt (2,76 Amseln/Garten) sowie in der weiteren Umgebung der Oberrheinebene mit einem fleckförmigen Muster mit 1,5 bis über 3 Amseln/Garten.

Auf jeden Fall durchlaufen betroffene Populationen eine ausgeprägte Flaschenhals-Situation, bei der immunkompetente, gesunde, gut ernährte Individuen selektiert werden, die zeitgleich Mauser und Virenangriff zu meistern in der Lage sind. Da Amseln nur individuelle aber keine vererbare Immunität gegen USUV entwickeln, können neue Vogelgenerationen wiederum vom Erreger infiziert werden und neue Ausbrüche sind vorprogrammiert.

Ausblick

1. Der aktuelle Ausbruch in Süddeutschland ist noch im Gange und es bleibt abzuwarten, ob sich die Dinge ähnlich wie beim Wiener Ausbruch entwickeln. Beobachter und Forscher sind gefordert, den Fortgang aufmerksam zu verfolgen.

2. Das USUV hat im letzten Jahrzehnt unter Beweis gestellt, dass es neue Weltregionen, Lebensräume und Tierarten erreichen und sich dort dauerhaft etablieren kann. Ein Verschwinden von USUV aus Europa ist nicht zu erwarten. Nahezu alle simulierten Szenarien sagen – in Abhängigkeit von der Witterung resp. Temperatur– weitere kleine und große Ausbrüche in diesem Jahrhundert voraus, 49 bis 59 % der Amseln werden eine Immunität gegen USUV entwickeln, die Bestände jedoch im letzten Viertel des Jahrhunderts Einbußen zwischen 12,4 und 23,7 % erfahren (Brugger & Rubel 2009). Förderlich ist dieser Entwicklung der Klimawandel mit Hitzesommern und milden Wintern.
3. Viele Flaviviren sind humanpathogen. Beim USUV traten bislang wenige Erkrankungsfälle beim Menschen in Erscheinung, dennoch ist ein potenzielles Risiko für Menschen vorhanden (Vazquez et al. 2011). Beunruhigend sind die zunehmenden Hinweise auf das verwandte WNV, das teilweise zusammen mit USUV in Italien nachgewiesen wurde (Calzolari et al. 2010). Für Deutschland liegen noch keine direkten WNV-Nachweise in Vögeln oder Stechmücken, jedoch Antikörper-Nachweise in Vögeln vor (Seidowski et al. 2010).

Maßnahmen

Ausbrüche „tropischer Viren“ werfen die Frage nach Gegenmaßnahmen auf. Die Kontrolle von Stechmückenpopulationen ist aufwändig und nicht unumstritten (Konrad 2011). Viele Brutplätze von *Culex*-Arten wird man überhaupt nicht erreichen können. Ein Schutz für Vögel z. B. durch Impfungen steht nicht zur Verfügung.

Zur Erforschung und zum besseren Verständnis des Problems ist das Monitoring der Stechmücken und der von Stechmücken übertragenen Pathogene hilfreich (Jöst et al. 2011a). Seitens der Vogelkunde ist es wichtig, gute und langfristige Datenreihen auch zu häufigen Arten wie der Amsel zu haben. Zur Identifizierung von Ausbruchsgebieten und zur Quantifizierung des Ausmaßes sind koordinierte Erfassungen von Winter-, Brutzeit- und Sommerdaten nützlich. Unbedingt ist weiterhin das Einsenden toter Vögel an das Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin in Hamburg zur USUV-Diagnostik ein wichtiges Instrument (sog. „dead-bird surveillance“; Chvala et al. 2007). Im Rahmen von Beringungsprogrammen könnten Wildvögel beprobt und auf ihre Immunitätslage, Virenlast und Mauserzustand untersucht werden.

Als Frühwarnsystem zur Entdeckung bevorstehender Ausbrüche können Zoos und Vogelpflegestationen fungieren, denn dort traten die ersten USUV-assoziierten Todesfälle bei Eulen auf (Steinmetz et al. 2010). Zum Schutz von Vögeln in Gefangenschaft wurden besondere Maßnahmen wie „indoor-housing“ und eine intervallartige Behandlung gegen Ektoparasiten zwischen Juli und September empfohlen (Steinmetz et al. 2010).

Dank

Unser Dank gilt allen Interessierten, die in Deutschland und Europa tote Vögel zu Untersuchungen eingeschickt und damit die wissenschaftliche Aufarbeitung der USUV-Ausbrüche erst ermöglicht haben, insbesondere den Mitarbeitern der Kommunalen Aktionsgemeinschaft zur Bekämpfung der Schnakenplage. Jesko Pardecke und zwei Gutachter gaben wertvolle Anregungen zur Optimierung des Manuskripts.

Zusammenfassung

Das Usutu-Virus (USUV) ist ein durch Stechmücken der Gattung *Culex* übertragenes Flavivirus. Es wurde wahrscheinlich durch Zugvögel oder Stechmücken nach Europa eingeschleppt und hat sich inzwischen dauerhaft in der einheimischen Stechmücken- und Vogelfauna etabliert. Seit seinem Erstnachweis 2001 in Österreich hat das USUV fünf größere Ausbrüche mit USUV-assoziierten Vogelsterben, vor allem unter Amseln und in Volieren gehaltenen Eulen, sowie vermutlich kleinere Ausbrüche ohne augenfälliges Vogelsterben verursacht.

In unserer Übersicht stellen wir das aktuelle Wissen zum Erreger, den Stechmücken als Vektoren und den Vögeln als Hauptwirten vor. Die Auswertung bislang publizierter Studien ergab, dass in der letzten Dekade in Europa, im Zusammenhang mit USUV-Ausbrüchen, über 3050 Vogelindividuen aus 129 Arten und unterschiedlichsten Ordnungen auf USUV-Infektionen untersucht worden sind. Davon wurden 48 Arten positiv getestet, überwiegend Singvögel, Eulen und Greifvögel. Am häufigsten war die Amsel, danach Haussperling, Mönchsgrasmücke, Bart- und Habichtskauz betroffen. Unter den 48 USUV-positiven Arten betrafen 39 frei lebende und neun in Gefangenschaft gehaltene Arten. Mögliche Ausbreitungswege des Erregers von Afrika nach Europa sowie innerhalb Europas werden diskutiert. Amseln und andere Singvögel sind anscheinend besonders anfällig für USUV. Möglicherweise sind sie zur Hauptflugzeit der Stechmücken aufgrund ihres Mauser- und Ernährungszustandes immungeschwächt und anfälliger für einen Virenbefall.

Literatur

- Acquarone C, Cucco M & Malacarne G 2002: Annual variation of immune condition in the Hooded Crow (*Corvus corone cornix*). *J. Ornithol.* 143: 351-355.
- Bakonyi T, Erdelyi K, Ursu K, Ferenczi E, Csörgö T, Lussy H, Chvala S, Bukovsky C, Meister T, Weissenböck H & Nowotny N 2007: Emergence of Usutu Virus in Hungary. *J. Clin. Microbiol.* 45: 3870-3874.
- Bauer HG, Bezzel E & Fiedler W 2005: Kompendium der Vögel Mitteleuropas. Passeriformes. 2. Auflage. Aula, Wiesbaden.
- Becker N, Jöst H, Ziegler U, Eiden M, Günther S, Emmerich P, Fichet-Calvet E, Ehichioya DU, Gabriel M, Wink M, Bosch S, Konrad A, Groschup MH & Schmidt-Chanasit J 2012: Emergence of Usutu virus in wild and captive avian species, Germany. *PLoS ONE* 7(2): e32604. doi:10.1371/journal.pone.0032604.

- Bosch S 2003: Viren, Stechmücken und Vögel: Das West-Nil-Fieber in Nordamerika und Europa. *Ornithol. Mitt.* 55: 308-312.
- Bosch S 2005: Vogelsterben durch Usutu-Viren. *Ornithol. Mitt.* 57: 192-194.
- Bosch S & Schmidt-Chanasit J 2011: Erster Usutu-Virus-Ausbruch in Deutschland verursacht Amselsterben in der nördlichen Oberrheinebene. *Orn. Schnellmitt. Bad.-Württ. N.F.* 95: 6-9.
- Bosch S 2011: Amselfreier August: Wo sind die Amseln (*Turdus merula*) im Spätsommer? *Ornithol. Mitt.* 63: 375-379.
- Brugger K & Rubel F 2009: Simulation of climate-change scenarios to explain Usutu-virus dynamics in Austria. *Prev. Vet. Med.* 88: 24-31.
- Buckley A, Dawson A, Moss SR, Hinsley SA, Bellamy PE & Gould EA 2003: Serological evidence of West Nile virus, Usutu virus and Sindbis virus infection of birds in the UK. *J. Gen. Virol.* 84: 2807-2817.
- Buckley A, Dawson A & Gould EA 2006: Detection of seroconversion to West Nile virus, Usutu virus and Sandbis virus in UK sentinel chickens. *Virol. J.* 3: 71.
- Busani L, Capelli G, Cecchinato M, Lorenzetto M, Savini G, Terregino C, Vio P, Bonfanti L, Pozza MD & Marangon S 2010: West Nile virus circulation in Veneto region in 2008-2009. *Epidemiol. Infect.* 14: 861-863.
- Busquets N, Alba A, Allepuz A, Aranda C et al. 2008: Usutu virus sequences in *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), Spain. *Emerg. Infect. Dis.* 14: 861-863.
- Calzolari M, Bonilauri P, Bellini R, Albieri A, Defilippo F, Maioli G, Galletti G, Gelati A, Barbieri I, Tamba M, Lelli D, Carra E, Cordioli P, Angelini P & Dottori M 2010: Evidence of simultaneous circulation of west Nile virus and usutu viruses in mosquitoes sampled in emilia-romagna region (Italy) in 2009. *PLoS ONE* 5: e14324.
- Cavrini F, Gaibani P, Longo G, Pierro AM, Rossini G, Bonilauri P et al. 2009: Usutu virus infection in a patient who underwent orthotropic liver transplantation, Italy, August-September 2009. *Euro Surveill.* 14: 19448.
- Chvala S, Kolodziejek J, Nowotny N & Weissenböck H 2004: Pathology and viral distribution in fatal Usutu virus infections of birds from 2001 and 2002 outbreaks in Austria. *J. Comp. Pathol.* 131: 176-185.
- Chvala S, Bakonyi T, Hackl R, Hess M, Nowotny N & Weissenböck H 2005: Limited pathogenicity of Usutu virus for the domestic chicken (*Gallus domesticus*). *Avian Pathol.* 34: 1-2.
- Chvala S., Bakonyi T, Hackl R., Hess M., Nowotny N., Weissenböck H 2006: Limited pathogenicity of Usutu virus for the domestic goose (*Anser anser f. domestica*) following experimental inoculation. *J. Vet. Med. B* 53: 171-175.
- Chvala S, Bakonyi T, Bukovsky C, Meister T, Brugger K, Rubel F, Nowotny N & Weissenböck H 2007: Monitoring of Usutu virus activity and spread by using dead bird surveillance in Austria, 2003-2005. *Vet. Microbiol.* 122: 237-245.
- Diamond MS 2003: Evasion of innate and adaptive immunity by flaviviruses. *Immunol. Cell. Biol.* 81: 196-206.
- Diamond MS, Shrestha B, Marri A, Mahan D & Engle M 2003: B Cells and antibody play critical roles in the immediate defense of disseminated infection by West Nil Encephalitis Virus. *J. Virol.* 77: 2578-2586.
- Figuerola J, Baouab RE, Soriguer R, Fassi-Fihri O et al. 2009: West Nile virus antibodies in wild birds, Morocco, 2008. *Emerg. Infect. Dis.* 15: 1651-1653.
- Figuerola J, Jiménez-Clavero MA, Rojo G, Gómez-Tejedor C & Soriguer R. 2007: Prevalence of West Nile virus neutralizing antibodies in colonial aquatic birds in southern Spain. *Avian Pathol.* 36: 209-212.
- Fitzgerald SD, Patterson JS, Kiupel M, Simmons HA, Grimes SD, Sarver CF, Fulton RM, Stefcik BA, Cooley TM, Massey JP & Sikarskie JG 2003: Clinical and pathological features of West Nile virus infection in native North American owls (Family Strigidae). *Avian disease* 47: 602-610.
- Hubalek Z, Halouzka J, Juricova Z, Sikutova S et al. 2008a: Serologic survey of birds for West Nile flavivirus in southern Moravia (Czech Republic). *Vector Borne Zoonotic Dis.* 8: 659-666.
- Hubalek Z, Wegner E, Halouzka J, Tryjanowski P et al. 2008b: Serologic survey of potential vertebrate hosts for West Nile virus in Poland. *Viral Immunol.* 21:247-253.
- Jöst H, Bialonski A, Maus D, Sambri V, Eiden M, Groschup M, Günther S, Becker N & Schmidt-Chanasit J 2011a: Isolation of Usutu virus in Germany. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 85: 551-553.
- Jöst H, Schmidt-Chanasit J, Bosch S & Becker N 2011b: Usutu-Virus verursacht Vogelsterben. *Biol. in unserer Zeit* 41(6): 2-3.
- Khokhlova TY 2009: Juvenile moult and spatial behaviour of first-year Blackbirds *Turdus merula* on the northeast edge of the range. *Avian Ecol. Behav.* 15: 1-22.
- Konrad A 2011: Usutuviren-assoziiertes Bestandseinbruch bei Amseln in der nördlichen Oberrheinischen Tiefebene im Sommer 2011. *Avifauna-Nordbaden* 42 (2.11.2011).
- LaDeau SL, Kilpatrick AM & Marra PP 2007: West Nile virus emergence and large-scale declines of North American bird populations. *Nature* 447: 710-713.
- Lelli R, Savini G, Teodori L, Filippini G, Di Gennaro A, Leone A, Di Gialleonardo L, Venturi L & Caporale V 2008: Serological evidence of USUTU virus occurrence in north-eastern Italy. *Zoonoses Public Health* 55: 361-367.
- Linke S, Niedrig M, Kaiser A, Ellerbrok H, Müller K, Müller T, Conraths FJ, Mühle R-U, Schmidt D, Köppen U, Bairlein F, Berthold P & Pauli G 2007: Serologic evidence of West Nile virus infections in wild birds captured in Germany. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 77: 358-364.
- Macleod R, Barnett P, Clark J A & Cresswell W 2005: Body mass change strategies in Blackbirds *Turdus merula*: the starvation-predation risk trade-off. *J. Anim. Ecol.* 74: 292-302.
- Manarolla G, Bakonyi T, Gallazzi D, Crosta L, Weissenböck H, Dorrestein GM & Nowotny N 2010: Usutu virus in wild birds in northern Italy. *Vet. Microbiol.* 141: 159-163.
- Meister T, Lussy H, Bakonyi T, Sikutova S, Rudolf I, Vogl W, Winkler H, Frey H, Hubalek Z, Nowotny N & Weissenböck H 2008: Serological evidence of continuing high Usutu virus (Flaviviridae) activity and establishment of herd immunity in wild birds in Austria. *Vet. Microbiol.* 127: 237-248.
- Merino S & Møller AP 1999: The coevolution of virulence and immune defence in birds. In: Adams NJ & Slotow RH (Hrsg): *Proc 22. Int. Ornithol. Congr., Durban. BirdLife South Africa Johannesburg*: 2158-2162.
- Moreno J, Sanz JJ, Merino S & Arriero E 2001: Daily energy expenditure and cell-mediated immunity in Pied Flycatch-

- ers while feeding nestlings: interaction with moult. *Oecologia* 129: 492-497.
- Moreno-Rueda G 2010: Experimental test of a trade-off between moult and immune response in House Sparrows *Passer domesticus*. *J. Evol. Biol.* 23: 2229-2237.
- Nemeth NM, Oesterle PT & Bowen RA 2009a: Humoral immunity to West Nile Virus is long-lasting and protective in the House Sparrow (*Passer domesticus*). *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 80: 864-869.
- Nemeth NM, Kratz GE, Bates R, Scherpelz JA, Bowen RA & Komar N 2009b: Clinical evaluation and outcomes of naturally acquired West Nile virus infection in raptors. *J. Zoo Wildl. Med.* 40: 51-63.
- Nikolay B, Diallo M, Boye CS & Sall AA 2011: Usutu virus in Africa. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* 11: 1417-1423.
- Ottaviani D, de la Rocque S, Khomenko S, Gilbert M, Newman SH, Roche B, Schwabenbauer K, Pinto J, Robinson TP & Slingenbergh J 2010: The cold European winter of 2005-2006 Assisted the Spread and Persistence of H5N1 Influenza Virus in Wild Birds. *EcoHealth* 7: 226-236.
- Owen JC & Moore FR 2008: Swainson's Trushes in migratory disposition exhibit reduced immune function. *J. Ethol.* 26: 383-388.
- Pecorari M, Longo G, Gennari W, Grottola A, Sabbatini AM, Tagliacuzzi S, Monaco F, Simone M, Lelli R & Rumpianesi F 2009: First human case of Usutu virus neuroinvasive infection, Italy, August–September 2009. *Eurosurveill.* 14: 19446.
- Pfeffer M & Dobler G 2010: Emergence of zoonotic arboviruses by animal trade and migration. *Parasites Vectors* 3: 35.
- Rizzoli A, Rosa R, Rosso F, Buckley A & Gould E 2007: West Nile virus circulation detected in northern Italy in sentinel chickens. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* 7: 411-417.
- Rubel F, Brugger K, Hantel M, Chvala-Mannsberger S, Bakonyi T, Weissenböck H & Nowotny N 2008: Explaining Usutu virus dynamics in Austria: Model development and calibration. *Prevent. Vet. Med.* 85: 166-186.
- Sanz JJ, Moreno J, Merino S & Tomas G 2004: A trade-off between two resource-demanding functions: post-nuptial moult and immunity during reproduction in male Pied Flycatchers. *J. Anim. Ecol.* 73: 441-447.
- Savini G, Monaco F, Terregino C, Di Gennaro A, Bano L, Pinoni C, De Nardi R, Bonilauri P, Pecorari M, Die Gialleonardo L, Bonfanti L, Polci A, Calistri P & Lelli R 2011: Usutu virus in Italy: an emergence or a silent infection? *Vet. Microbiol.* 151: 264-274.
- Seidowski D, Ziegler U, von Rönn JAC, Müller K, Hüppop K, Müller T, Freuling C, Mühle R-U, Nowotny N, Ulrich RG, Matthias Niedrig M & Groschup MH 2010: West Nile Virus monitoring of migratory and resident birds in Germany. *Vector-borne and Zoonotic Diseases* 10: 639-647.
- Steiner HM & Holzer T 2008: Kleinräumige Unterschiede in Zeitraum und Ausmaß des Bestandseinbruchs bei Wiener Amseln (*Turdus merula* L.) nach Auftreten des Usutu Virus. *Vogelwarte* 46: 25-35.
- Steinmetz HP, Bakonyi S, Weissenböck H, Hatt JM, Eulenberger U, Robert N, Hoop R & Nowotny N (2010): Emergence and establishment of Usutu virus infection in wild and captive avian species in and around Zurich, Switzerland. Genomic and pathologic comparison to other central European outbreaks. *Vet. Microbiol.* 148: 207-212.
- Stephan B 1999: Die Amsel. *Neue Brehm-Bücherei* 95. Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben.
- Tamba M, Bonilauri P, Bellini R, Calzolari M, Albieri A, Sambri V, Dottori M & Angelini P 2011: Detection of Usutu virus within a West Nile virus surveillance program in Northern Italy. *Vector-Borne Zoonotic Dis.* 11: 551-557.
- Vazquez A, Jimenez-Clavero MA, Franco L, Donoso-Mantke O, Sambri V, Niedrig M & Zeller H 2011: Usutu virus – potential risk of human disease in Europe. *Eurosurveill.* 31: 19935.
- Weissenböck H, Bakonyi T, Chvala S & Nowotny N 2004: Experimental Usutu virus infection of suckling mice causes neuronal and glial cell apoptosis and demyelination. *Acta Neuropathol.* 108: 453-460.
- Weissenböck H, Kolodziejek J, Url A, Lussy H, Rebel-Bauder B & Nowotny N 2002: Emergence of Usutu virus, an African mosquito-borne flavivirus of the Japanese encephalitis group, central Europe. *Emerg. Infect. Dis.* 8: 652-656.
- Weissenböck H, Kolodziejek J, Fragner K, Kuhn R, Pfeffer M & Nowotny N 2003: Usutu virus activity in Austria, 2001-2002. *Microbes Infect.* 5: 1132-1136.
- Williams MC, Simpson DI, Haddow AJ, Knight EM 1964: The isolation of West Nile Virus from man and of Usutu virus from the bird-biting mosquito *Mansonia aurites* (Theobald) in the Entebbe area of Uganda. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 58: 367-374.

Vogel-Retroposons – Fenster zur Vergangenheit der Evolution der Vogel-Geschlechtschromosomen und der frühen Phylogenie der Vögel

Alexander Suh

Suh A 2012: Avian retroposons – windows into the past of avian sex chromosome evolution and early bird phylogeny. *Vogelwarte* 50: 123-124.

Dissertation an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, betreut durch Prof. Dr. Jürgen Brosius

✉ AS: Institut für Experimentelle Pathologie (ZMBE), Universität Münster, Von-Esmarch-Str. 56, D-48149 Münster, E-Mail: asuh@uni-muenster.de.

Retroposons sind RNA-abgeleitete „interspersed DNA repeats“ (eingestreute DNA-Wiederholungen), die nahezu zufällig im Genom integrieren. Nach der Retroposition¹ verbleibt ein solches Element in seinem spezifischen genomischen Integrationsort und ist sogar nach über 100 Millionen Jahren noch erkennbar. Da sie vertikal vererbt² werden und sehr komplexe Merkmale sind, bei denen Parallelinsertionen oder genaue Deletionen extrem selten sind, sind orthologe³ Retroposon-Anwesenheits/Abwesenheits-Muster eindeutige und so gut wie Homoplasie⁴-freie Signale gemeinsamer Abstammung.

Bislang wurden Retroposon-Integrationen benutzt, um die phylogenetischen⁵ Beziehungen unter nahe verwandten Vogel-Taxa zu untersuchen. Aber die Evolution sehr alter Retroposons und deren Brauchbarkeit für die Rekonstruktion der frühen Evolutionsgeschichte der Vögel blieb unerforscht. In dieser Dissertation werden die Ergebnisse der ersten umfassenden Analysen sehr alter Retroposons präsentiert, die neue und facettenreiche Einblicke in die frühe Phylogenie der Vögel und die Evolution ihrer ZW-Geschlechtschromosomen⁶ liefern.

Die ersten beiden Studien (Literaturangaben siehe unten) veranschaulichen neue Anwendungen von denjenigen Retroposon-Integrationen, die innerhalb der Introns⁷ von gametologen Genen liegen, d. h. homologen⁸ Genen auf den gegensätzlichen Geschlechtschromosomen. Ein Vogel-weites Screening von Anwesenheits/Abwesenheits-Mustern von Retroposon-Integrationen und zufälligen Insertionen/Deletionen innerhalb von Z- und W-Gametologen ermöglichte die Rekonstruktion einer Chronologie der geschlechtschromosomalen Differenzierung. Das schließt Hinweise für die

Divergenz von homologen Z- und W-chromosomalen Regionen in mindestens drei Schritten während der Vogelevolution ein, beginnend im Vorfahren der Neognathae und endend lange nach den Hauptradiationen der zu den Neognathae zählenden Vögeln. Außerdem erbrachte die Untersuchung von gametologen Retroposon-Integrationen drei unabhängige Tests für die molekulare Geschlechtsbestimmung von praktisch 95 bis 99 % aller rezenten Vogelarten.

Die dritte Studie (Literaturangabe siehe unten) umfasst eine großangelegte phylogenomische⁹ Analyse der frühen Vogelevolution, die zur Identifizierung von 51 sehr alten Retroposon-Integrationsereignissen führte. Der neue Retroposon-basierte Baum des Lebens der Vögel enthält statistisch signifikante Unterstützung für acht übergeordnete Vogel-Verwandtschaftsbeziehungen und klärt die bislang rätselhafte phylogenetische Position der Sperlingsvögel. Basierend auf den robusten Indizien, dass Papageien, nicht Spechte, die nächsten und Falken die zweitnächsten Verwandten der Sperlingsvögel sind (jeweils innerhalb der neuen Taxa Psittacopasserae und Eufalconimorphae), ist eine Neuinterpretation der Evolution des Gesanglernens nötig und legt nahe, dass erlernter Gesang vermutlich deutlich früher entstand als bislang angenommen. Zusätzlich wurden ein paar Retroposon-Indizien für die Rekonstruktion der Evolutionsgeschichte des mittleren Teils der Neoaves-Radiation gefunden, aber der früheste Abschnitt der schnellen Radiation der Neoaves bleibt wegen höchst inkongruenter Anwesenheits/Abwesenheits-Muster, die vermutlich durch „incomplete lineage sorting“ (unvollständige Linientrennung) verursacht wurden, ungeklärt.

Für die vierte Studie (Literaturangabe siehe unten) wurde eine experimentelle Methode zur einfachen und schnellen Isolierung der häufigsten Vogel-Retroposons von jedem Vogel-Genom entwickelt und liefert die Basis für zukünftige Studien der Retroposons in den Abstammungslinien von Nicht-Modell-Vögeln. In einer Fallstudie der Lappentaucher-Evolution wurden Retroposon-Marker identifiziert, die in verschiedenen Teilen der Abstammungslinie der Lappentaucher integrierten, da sehr alte sowie sehr junge Retroposon-Integrationen gefunden wurden. Unter diesen Indizien sind sehr alte Retroposon-Integrationen, die eine nahe Verwandtschaft von Lappentauchern und Flamingos unterstützen, was zeigt, dass die in dieser Dissertation etablierte Methode das Potenzial dazu hat, die Retroposon-basierte Erforschung der bestehenden Ungewissheiten innerhalb der (frühen) Vogelphylogenie zu ermöglichen.

Bereits veröffentlichte Kapitel der Dissertation:

Erste Studie:

Suh A, Kriegs JO, Brosius J & Schmitz J 2011: Retroposon insertions and the chronology of avian sex chromosome evolution. *Mol. Biol. Evol.* 28: 2993–2997. DOI: 10.1093/molbev/msr147.

Zweite Studie:

Suh A, Schmitz J, Kriegs JO & Brosius J 2011: Molecular sexing of avian subjects. European patent application EP 11 152 645.5.

Suh A, Schmitz J, Kriegs JO & Brosius J 2012: Molecular sexing of avian subjects. United States patent application 13/361,847.

Dritte Studie:

Suh A, Paus M, Kiefmann M, Churakov G, Franke FA, Brosius J, Kriegs JO & Schmitz J 2011: Mesozoic retroposons reveal parrots as the closest living relatives of passerine birds. *Nat. Commun.* 2: 443. DOI: 10.1038/ncomms1448.

Vierte Studie:

Suh A, Kriegs JO, Donnellan S, Brosius J, Schmitz J 2012: A universal method for the study of CR1 retroposons in non-model bird genomes. *Mol. Biol. Evol.* DOI: 10.1093/molbev/mss124.

Deutschsprachige erweiterte Zusammenfassungen:

Suh A, Paus M, Kiefmann M, Churakov G, Franke FA, Brosius J, Schmitz J & Kriegs JO 2011: Springende Gene als „fossilisierte“ Zeugen der Frühevolution rezenter Vögel. *Vogelwarte* 49: 314–316.

Suh A, Schmitz J, Brosius J & Kriegs JO 2011: Springende Gene als molekulare Werkzeuge für Geschlechtsbestimmungen. *Vogelwarte* 49: 298–299.

Glossar:

1. **Retroposition:** Integration einer Retroposon-Kopie nach reverser Transkription, d. h. Umschreibung von RNA in DNA.
2. **vertikale Vererbung:** Merkmalsvererbung von den Eltern an die Nachkommen.
3. **orthologe Gene:** Homologe Gene (d. h. ähnliche Gene aufgrund eines gemeinsamen evolutiven Ursprungs) als Resultat von Artbildungs-Ereignissen.
4. **Homoplasie:** Ähnlichkeit ohne gemeinsamen evolutiven Ursprung, verursacht durch unabhängige Merkmalsentstehung oder sekundären Merkmalsverlust.
5. **Phylogenetik:** Erforschung der Stammesgeschichte.
6. **ZW-Geschlechtschromosomen:** Männchen besitzen zwei Z-Chromosomen (ZZ), Weibchen besitzen ein Z- und ein W-Chromosom (ZW).
7. **Intron:** Nicht-kodierender Genbereich zwischen zwei Exons, d. h. kodierenden Genbereichen.
8. **homologe Gene:** Ähnliche Gene aufgrund eines gemeinsamen evolutiven Ursprungs.
9. **Phylogenomik:** Phylogenetik anhand der Untersuchung vieler Genomabschnitte oder kompletter Genome.

Spannendes im "Journal of Ornithology"

Blaumeise: Wie behaupten sich kleinere Nestlinge in der Konkurrenz um Futter?

Wachsen Vogelnestlinge gemeinsam mit Geschwistern auf, müssen sie mit ihnen um das von den Eltern beschaffte Futter konkurrieren. Nestlinge, die besonders laut betteln oder bestimmte Körpermerkmale aufweisen, sollten hier einen Vorteil haben. Beispielsweise bevorzugen Elternvögel oftmals Küken mit leuchtend gelber oder roter Schnabelöffnung. Zwar könnte eine auffällig gefärbte Schnabelöffnung auch anzeigen, wie hungrig ein Küken ist oder wie gut sein Immunsystem ist, doch eine vergleichende Analyse von über 20 Vogelarten lieferte Hinweise für einen direkten Zusammenhang mit dem Ausmaß der Geschwisterkonkurrenz – die Farbe der Schnabelöffnung war umso intensiver, je stärker die Nestlinge um Futter wetteifern mussten (Soler & Avilés 2010). Auch die Größe der Schnabelöffnung könnte hier eine Rolle spielen. Wurden Küken des Einfarbstars (*Sturnus unicolor*) in Nester mit älteren, körperlich überlegenen Starenjungens gesetzt, wuchsen sie langsamer, bildeten jedoch größere Schnabelöffnungen aus (Gil et al. 2008). Daher wurde vermutet, dass Nestlinge der Entwicklung solcher Körpermerkmale Vorrang einräumen, die es ihnen erlauben, effektiv mit ihren Geschwistern zu konkurrieren.

Eine Forschergruppe der Universität Lancaster hat diese Hypothese nun an der Blaumeise (*Cyanistes caeruleus*) getestet (Mainwaring et al. 2012). Diese Art zeigt bereits im Nestlingsstadium sexuellen Größendimorphismus: Weibliche Nestlinge sind signifikant kleiner als männliche und daher in der Konkurrenz um Futter potenziell unterlegen. Allerdings könnten sie diesen Nachteil durch verstärktes Wachstum der Schnabelöffnung ausgleichen. Über einen Zeitraum von drei Jahren haben die Biologen mehr als 500 Nestlinge aus drei englischen Blaumeisen-Populationen vermessen und ihr Geschlecht mit Hilfe molekularer Methoden bestimmt. Sie fanden heraus, dass weibliche Nestlinge in der Tat größere Schnabelöffnungen hatten als männliche, und die Größe der Schnabelöffnung nahm im Verlauf der Brutsaison bei weiblichen Nestlingen zu. Dies interpretierten die Forscher als weiteren Beleg für die obige Hypothese, da es später in der Saison weniger Raupen gibt, was die Konkurrenz um Futter intensiviert. Auch hatten Weibchen in Brutten mit vielen Männchen (und dementsprechend stärkerer Konkurrenz) größere Schnabelöffnungen als Weibchen in Brutten mit nur wenigen Männchen.

Diese Ergebnisse sollten allerdings mit Vorsicht interpretiert werden. Zunächst einmal haben die Wissen-

schaftler die relative Größe der Schnabelöffnung ermittelt, welche das Körpergewicht der Tiere berücksichtigt. Absolut betrachtet hatten männliche Nestlinge größere Schnabelöffnungen, und es ist nicht ganz klar, weshalb die fütternden Altvögel eher auf die relative als auf die absolute Größe reagieren sollten. Zudem war die Schnabelöffnung bei Weibchen lediglich zu Beginn der Nestlingsphase relativ größer, was damit begründet wurde, dass die ersten Lebenstage für das Überleben am wichtigsten sind. Auch ältere Nestlinge sind jedoch nach wie vor auf Futterlieferungen durch die Eltern angewiesen. Überdies hat die Untersuchung einige wichtige Faktoren unberücksichtigt gelassen. Die tatsächliche Größe der Nestlinge wurde gar nicht gemessen – sie wurden lediglich gewogen (die männlichen Küken wurden im Verlauf der Nestlingsphase zunehmend schwerer als die weiblichen, was darauf hindeuten könnte, dass sie fortwährend mehr Futter bekamen) und der Abstand zwischen Schnabelspitze und Hinterkopf gemessen (und dieser unterschied sich zwischen den Geschlechtern nicht). Außerdem wurde das Fütterungsverhalten der Elternvögel nicht beobachtet, d. h. es ist unbekannt, wie häufig weibliche und männliche Nestlinge überhaupt gefüttert wurden und inwieweit die Schnabelöffnung hier eine Rolle spielte. Bei Höhlenbrütern, die allgemein geringerem Räuberdruck ausgesetzt sind als Freibrüter, könnten Bettellaute wichtiger sein als visuelle Signale. Eine andere Studie im selben Untersuchungsgebiet zeigte ferner, dass Blaumeisenmännchen bevorzugt größere Nestlinge fütterten, während die Weibchen kleineren und weiter entfernt positionierten Nestlingen den Vorrang gaben (Dickens & Hartley 2007). In diesem Fall wäre eine geringere Körpergröße also gar nicht von Nachteil.

Dickens M & Hartley IR 2007: Differences in parental food allocation rules: evidence for sexual conflict in the Blue Tit? *Behav. Ecol.* 18: 674-679.

Gil D, Bulmer E, Celis P & López I 2008: Adaptive developmental plasticity in growing nestlings: sibling competition induces differential gape growth. *Proc. R. Soc. Lond. B* 275: 549-554.

Mainwaring MC, Dickens M & Hartley IR 2012: Sexual dimorphism and offspring growth: smaller female Blue Tit nestlings develop relatively larger gapes. *J. Ornithol.* DOI 10.1007/s10336-012-0828-0.

Soler JJ & Avilés JM 2010: Sibling competition and conspicuousness of nestling gapes in altricial birds: a comparative study. *PLoS ONE* 5(5): e10509.

Verena Dietrich-Bischoff

Floridahäher: Beeinflusst das Hormon Corticosteron die Persönlichkeit?

Die Bedingungen, unter denen Tiere heranwachsen, können ihre Körper- und Verhaltensmerkmale langfristig beeinflussen. Nicht nur die Verfügbarkeit von Nahrung, sondern beispielsweise auch Hormone spielen hier eine Rolle. So ist allgemein bekannt, dass Vogelweibchen Androgene wie Testosteron in den Dotter ihrer Eier einlagern. Dies hat Folgen für die Jungvögel: Bei vielen Arten führt ein hoher Testosterongehalt im Ei zu beschleunigtem Wachstum, erhöhter Bettelfrequenz oder besserem Überleben der Nestlinge (Übersicht in Groothuis et al. 2005). Die Hormone können jedoch auch längerfristige Effekte haben. Schlüpfen Küken der Lachmöwe (*Larus ridibundus*) aus Eiern mit experimentell erhöhter Androgenkonzentration, hatten sie ein Jahr später einen höheren Anteil dunkler Kopffedern sowie ein ausgeprägteres Aggressions- und Sexualverhalten als unmanipulierte Kontrollküken (Eising et al. 2006). Vogelweibchen nehmen auf diese Weise also wahrscheinlich Einfluss auf Entwicklung und Eigenschaften ihrer Nachkommen und können diese an die vorherrschenden Umweltbedingungen anpassen.

Andere Hormone wie Glucocorticoide sind diesbezüglich weniger gut untersucht. Glucocorticoide (z. B. Cortisol und Corticosteron) werden in der Nebennierenrinde aus Cholesterin gebildet und beeinflussen viele Stoffwechselprozesse im Körper. Außerdem wirken sie entzündungshemmend und antiallergisch und spielen eine wichtige Rolle bei der Stressanpassung. Wirbeltiere reagieren auf Stressfaktoren mit einer erhöhten Glucocorticoid-Konzentration im Blutplasma, doch das Ausmaß dieser Stressantwort ist variabel. Studien an Vögeln zeigten, dass es auch Unterschiede im Corticosterongehalt des Eidotters gibt. Wie im Fall von Testosteron kann dies Auswirkungen auf Physiologie und Verhalten der Tiere haben. Besonders interessant sind hierbei Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Corticosteron und der „Persönlichkeit“ von Vögeln. Die Idee, dass Vögel eine „Persönlichkeit“ besitzen, d. h. sich in der Art, wie sie mit Herausforderungen ihrer Umwelt umgehen, individuell unterscheiden, ist recht neu und Gegenstand intensiver Forschung (Übersicht in Groothuis & Carere 2005). Bei Kohlmeisen (*Parus major*) gibt es beispielsweise „mutige“ und „ängstliche“ Individuen, die in Verhaltenstests ganz unterschiedlich reagieren.

Biologen der Universität Memphis haben nun in einer Übersichtsstudie ihre bisherigen Befunde zu einem möglichen Zusammenhang zwischen Corticosteron und Persönlichkeit beim Floridahäher (*Aphelocoma coerulescens*) zusammengefasst (Schoech et al. 2012). Sie fanden heraus, dass die Corticosteron-Konzentra-

tion im Blut elf Tage alter Nestlinge deutlich mit ihrer Persönlichkeit im Alter von sieben bis acht Monaten korrelierte. Tiere, die als Nestling eine hohe Corticosteron-Konzentration aufwiesen, waren in Verhaltenstests ängstlicher als solche mit niedrigem Nestlings-Corticosteronspiegel. Dieser Befund muss allerdings noch mit Hilfe von Experimenten überprüft werden. Auch viele andere Fragen bleiben offen, so zum Beispiel, ob sich die Persönlichkeit bei dieser langlebigen Vogelart im Laufe der Jahre verändert, inwieweit sie genetisch bedingt ist und wie Hormone hier überhaupt Einfluss nehmen können.

Überdies haben die Wissenschaftler zu ermitteln versucht, wodurch die Unterschiede in der Corticosteron-Konzentration während der Nestlingsphase zustande kommen. Untersuchungen an anderen Vogelarten haben gezeigt, dass die Brutgröße, die Schlupffreihenfolge oder das Körpergewicht hier eine Rolle spielen können, doch Stephan Schoech und seine Kollegen haben sich auf die elterliche Brutpflege konzentriert. Sie stellten fest, dass wenige Tage alte Nestlinge umso höhere Corticosteronwerte hatten, je länger sich das Weibchen in größerer Entfernung vom Nest aufhielt. Da junge Nestlinge noch nicht in der Lage sind, ihre Temperatur selbst zu regulieren, könnte dieser Anstieg auf Temperaturstress zurückzuführen sein. Dies ist jedoch unwahrscheinlich, da die Zeit, die das Weibchen insgesamt dem Nest fernblieb, keine Rolle spielte. Die Autoren spekulieren daher, dass die Jungvögel das Weibchen bei großer Entfernung vom Nest nicht mehr hören können und deshalb eine Stressreaktion zeigen. Auch das Verhalten des Männchens beeinflusste den Hormonspiegel der Küken. Beim Floridahäher füttert hauptsächlich das Männchen, und die Fütterrate hängt von Faktoren wie Alter oder Körperkondition ab. Erhielten die Jungvögel seltener Futter, wies ihr Blut eine höhere Corticosteron-Konzentration auf – dies spiegelt vermutlich Nahrungsstress wieder. Auch hierzu sind weitere Untersuchungen geplant.

Eising CM, Müller W & Groothuis TGG 2006: Avian mothers create different phenotypes by hormone deposition in their eggs. *Biol. Lett.* 2: 20-22.

Groothuis TGG & Carere C 2005: Avian personalities: characterization and epigenesis. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 29: 137-150.

Groothuis TGG, Müller W, von Engelhardt N, Carere C & Eising CM 2005: Maternal hormones as a tool to adjust offspring phenotype in avian species. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 29: 329-352.

Schoech SJ, Rensel MA & Wilcoxon TE 2012: Here today, not gone tomorrow: long-term effects of corticosterone. *J. Ornithol.* DOI 10.1007/s10336-012-0820-8.

Verena Dietrich-Bischoff

Weshalb töten die Jungen mancher Brutparasiten die Jungen ihrer Wirte?

Der Kuckuck (*Cuculus canorus*) ist ein obligater Brutparasit, der seine Nachkommen von artfremden Wirten aufziehen lässt. Kurz nach dem Schlupf wirft der Kuckucksnestling die Eier bzw. Jungen der Wirtseltern aus dem Nest – ein recht mühsames und energieaufwändiges Unterfangen für ein kleines, blindes Küken. Was sind also die Vorteile dieses Verhaltens? Durch das Entfernen der Wirtsjungen eliminiert der Parasit potenzielle Konkurrenz um Futter und Platz im Nest. Würden Kuckucksjunge gezwungen, gemeinsam mit jungen Drosselrohrsängern (*Acrocephalus arundinaceus*) aufzuwachsen, wären ihre Überlebenschancen deutlich geringer. Die Enge im Nest führte oftmals dazu, dass eines der Küken aus dem Nest fiel (Moskát & Hauber 2010), und der Kuckuck erhielt deutlich weniger Futter als normalerweise (Hauber & Moskát 2008). Auch die Nachkommen anderer obligater Brutparasiten erhöhen ihre Überlebenschancen durch das Beseitigen von Nestgenossen, doch geschieht dies nicht immer durch das Hinauswerfen von Eiern oder Küken. Einige Neuweltkuckucke (z. B. der südamerikanische Streifenkuckuck *Tapera naevia*) sowie die afrikanischen Honiganzeiger (Indicatoridae) töten die Wirtsjungen direkt mit Hilfe scharfer Schnabelhaken.

Nicht alle obligaten Brutparasiten zeigen dieses aggressive Verhalten: Bei Kuckucken der Gattung *Clamator*, Witwenvögeln (Viduidae), Kuhstärlingen (*Molothrus spec.*) und der Kuckucksente (*Heteronetta atricapilla*) tolerieren die Nachkommen die Jungen des Wirts. Wie lässt sich dieser Unterschied erklären? Einerseits könnte es in gewissen Situationen schlecht möglich oder aber mit zu großen Kosten verbunden sein, die Wirtsjungen zu töten. Sind die Wirtsnester besonders tief oder ist die Wirtsart im Vergleich zum Parasiten relativ groß, könnte dies ein Hinauswerfen von Eiern oder Küken unmöglich machen. Einige Wirte (z. B. der australische Prachtstaffelschwanz *Malurus cyaneus*) verlassen ihr Nest, wenn dies nur noch ein Küken enthält. Andererseits ist Toleranz zumindest in einigen Fällen mit direkten Vorteilen verbunden. Von Weißbauch-Phoebetryannen (*Sayornis phoebe*) aufgezogene Braunkopf-Kuhstärlinge (*Molothrus ater*) profitieren von der Anwesenheit der Wirtsnestlinge, denn gemeinsames Betteln erhöht die Fütterrate. Da die Kuhstärlingen Tyrannen in der Konkurrenz um Futter überlegen sind, können sie den Großteil der Nahrung für sich beanspruchen (Kilner et al. 2004).

All diese Aspekte helfen zu verstehen, weshalb manche Brutparasiten die Jungen ihrer Wirte töten und andere nicht. Sie können jedoch nicht erklären, weshalb verwandte Parasitenarten, die ganz unterschiedliche Wirte nutzen, sich trotzdem sehr ähnlich verhalten. Berücksichtigt man nur die oben genannten Vor- und Nachteile des Tötens von Wirtsjungen, sollte man er-

warten, dass es hauptsächlich von den Eigenschaften des Wirts abhängt, ob der Parasit Tötungsverhalten zeigt oder nicht. Ist das Töten von Nestgenossen in einem systematischen Zweig jedoch einmal evolviert, bleibt es dort anscheinend weitgehend erhalten. Ning Wang und Rebecca Kimball haben eine interessante neue Hypothese vorgeschlagen, die dieses homogene Auftreten von Tötungsverhalten in den verschiedenen obligat parasitischen Vogelgruppen erklären könnte (Wang & Kimball 2012). Sie stellen einen Zusammenhang mit obligatem Geschwistermord („Kainismus“) her, einem Verhalten, das bislang bei knapp 30 Vogelarten in acht verschiedenen Familien beobachtet worden ist, darunter Habichtartige (z. B. Schreiadler *Aquila pomarina*) und Tölpel (z. B. Nazcatölpel *Sula granti*). Das gelegentliche Töten von Geschwistern bei Nahrungsmangel tritt bei vielen Vogelarten auf, doch im Falle von Kainismus tötet das zuerst schlüpfende Küken immer das später schlüpfende, unabhängig von der Nahrungssituation. Über einen möglichen Nutzen dieser scheinbar Ressourcen verschwendenden Strategie ist viel spekuliert worden. Eine Hypothese besagt, dass ein zweites Ei als eine Art „Versicherung“ gelegt werden könnte. Bei Nazcatölpeln kommt es recht häufig vor, dass aus dem ersten Ei kein Küken schlüpft, und Paare, die ein zweites Ei legen, haben einen höheren mittleren Fortpflanzungserfolg. In einem solchen Fall überlebt nämlich das Küken aus dem später gelegten Ei, während Paare ohne zusätzliches Ei dann gar keinen Nachkommen haben (Clifford & Anderson 2001).

Kainismus zeigt gewisse Ähnlichkeiten mit dem Töten der Wirtsjungen durch obligate Brutparasiten – auch hier töten zuerst schlüpfende Küken jüngere Nestgenossen und monopolisieren die elterliche Fürsorge, und das Verhalten ist offensichtlich angeboren. Basierend auf aktuellen Vogel-Stammbäumen fanden die beiden Wissenschaftlerinnen in der Tat Belege für einen evolutionären Zusammenhang zwischen Kainismus und dem Töten von Wirtsjungen. Ruderfüßer, Pinguine und Kranichvögel, bei denen Kainismus auftritt, formen eine größere systematische Einheit, die Kuckucke einschließt, während die Honiganzeiger mit Greifvögeln, Eulen und dem Südlichen Hornraben (*Bucorvus leadbeateri*) zusammengefasst werden. Diejenigen Brutparasiten, die Wirtsjunge tolerieren, gehören hingegen keinen Gruppen an, die Arten mit Kainismus einschließen. Die Autorinnen folgern daher, dass in manchen Vogelgruppen eine Prädisposition für das Töten von Nestgenossen besteht, die nicht nur zur Evolution von Kainismus, sondern auch zur Tötung von Wirtsjungen durch obligate Brutparasiten führen könnte. Wenngleich dies sicherlich eine interessante Hypothese ist, stehen nicht alle Beobachtungen mit ihr in Einklang. So unterscheidet sich das Hinauswerfen

von Eiern aus dem Nest, was bei den meisten Kuckucken auftritt, vom direkten Töten der Nestgenossen doch recht deutlich. Auch gibt es beispielsweise Kuckucksarten, die Nestgenossen tolerieren. Allerdings wäre denkbar, dass, selbst wenn das Potenzial zum Töten vorhanden ist, es nur unter bestimmten Bedingungen zur Umsetzung kommt.

Clifford LD & Anderson DJ 2001: Experimental demonstration of the insurance value of extra eggs in an obligately siblicidal seabird. *Behav. Ecol.* 12: 340-347.

Hauber ME & Moskát C 2008: Shared parental care is costly for nestlings of Common Cuckoos and their Great Reed Warbler hosts. *Behav. Ecol.* 19: 79-86.

Kilner RM, Madden JR & Hauber ME 2004: Brood parasitic Cowbird nestlings use host young to procure resources. *Science* 305: 877-879.

Moskát C & Hauber ME 2010: Chick loss from mixed broods reflects severe nestmate competition between an evictor brood parasite and its hosts. *Behav. Proc.* 83: 311-314.

Wang N & Kimball RT 2012: Nestmate killing by obligate brood parasitic chicks: is this linked to obligate siblicidal behavior? *J. Ornithol.* DOI 10.1007/s10336-011-0800-4.

Verena Dietrich-Bischoff

Vogelwarte Aktuell

Nachrichten aus der Ornithologie



Aus der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft

▪ Neues aus der Forschungskommission

Im Berichtszeitraum (Mai 2011 bis April 2012) wurden insgesamt vier Projekte von der DO-G finanziell unterstützt:

Das Geschlechterverhältnis bei Nestlingen des Weißstorchs *Ciconia ciconia* in Brandenburg

Ute Eggers & Dieter Wallschläger, Universität Potsdam, AG Ökoethologie; E-Mail: ueggers@uni-potsdam.de

Eine chromosomale Geschlechtsbestimmung, wie sie bei Säugetieren und Vögeln vorkommt, lässt ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis erwarten. Allerdings findet man bei einigen Arten ungleiche Verhältnisse (z. B. Pike & Petrie 2003; Alonso-Alvarez 2006). Aus ökologischer Sicht ist es relevant, zu verstehen, ob diese Verschiebungen beispielsweise aus unvorteilhaften Umweltbedingungen oder biologischen Faktoren wie Konkurrenz resultieren. Zudem ist es evolutionsbiologisch von großem Interesse, ob es sich um adaptive Mechanismen handelt, mit denen eine fakultative Anpassung des Geschlechterverhältnisses innerhalb der Population erfolgt. Hier besteht ein besonderer Forschungsbedarf, um einerseits die Arten zu identifizieren, bei denen eine Regulation des Geschlechterverhältnisses auftritt und zu quantifizieren, in welchem Ausmaß dies geschieht, sowie andererseits die zugrundeliegenden Mechanismen besser zu verstehen. Ein Langzeit-Monitoring des Geschlechterverhältnisses einer Art kann zudem Aufschluss über Aspekte der Populationsdynamik und der Bestandsentwicklung geben, was auch für den Artenschutz von hoher Relevanz ist.

Wir planen, das Geschlechterverhältnis bei Nestlingen des Weißstorchs *Ciconia ciconia* in drei brandenburgischen Landkreisen in sechs aufeinander folgenden Jahren zu untersuchen. Dabei möchten wir überprüfen, ob es zu einer Verschiebung kommt und ob diese in Zusammenhang mit Faktoren wie Klima und Landnutzung steht.

Sowohl in einer portugiesischen Population des Schwarzstorchs *Ciconia nigra* (Fernandes et al. 2006)

als auch in einer polnischen Population des Weißstorchs (Tryjanowski et al. 2011) konnten bereits Verschiebungen im Geschlechterverhältnis festgestellt werden. Interessanterweise wurde beim Schwarzstorch ein höherer Anteil an Weibchen, beim Weißstorch dagegen ein höherer Anteil an Männchen gefunden. Es stellt sich die Frage, ob diese Verschiebungen artspezifisch sind oder eher von Umweltbedingungen abhängen. Unsere Studie an der brandenburgischen Population kann zur Beantwortung dieser Frage beitragen. Da sich die Habitatstruktur und die Landnutzungsformen in den Verbreitungsgebieten der beiden Weißstorchpopulationen unterscheiden, ist hier ein Vergleich des Phänomens unter verschiedenen Bedingungen möglich.

In einem ersten Schritt möchten wir das Geschlechterverhältnis der beprobten Tiere ermitteln. Hierzu werden Blutproben von Weißstorch-Nestlingen aus den brandenburgischen Landkreisen Prignitz, Dahme-Spreewald und Oberhavel herangezogen. Die Geschlechtsbestimmung erfolgt mittels einer molekulargenetischen Analyse. Im Anschluss werden die Ergebnisse statistisch ausgewertet und auf Unterschiede im Geschlechterverhältnis zwischen den Brutgrößen, den Regionen und den einzelnen Jahren getestet. Um mögliche Einflussfaktoren zu bestimmen, werden zusätzlich Klimafaktoren und Habitatstrukturen als Prädiktoren hinzugezogen. Abschließend erfolgt ein Vergleich mit bestehenden Untersuchungen. Für einen Teil der Stichprobe stehen zusätzlich Daten zum Gewicht der Nestlinge und Rückmeldungen aus der Datenbank der Beringungszentrale Hiddensee zur Verfügung.

Die ermittelten Daten zum Geschlecht der beringten Weißstörche werden anschließend der Beringungszentrale Hiddensee zur Verfügung gestellt, um so diese Information für das Langzeit-Monitoring zugänglich zu machen.

Literatur

- Alonso-Alvarez C 2006: Manipulation of primary sex-ratio: an updated review. *Avian Poultry Biol. Rev.* 17: 1-20.
- Fernandes M, Borges C, Simoes F, Caballero JM, Pacheco C & Franco C 2006: Molecular sexing of the Black Stork *Ciconia nigra*: sex ratios in the Portuguese population. *Biota* 7:31-36.
- Pike TW & Petrie M 2003: Potential mechanisms of avian sex manipulation. *Biol. Rev.* 78: 553-574.
- Tryjanowski P, Sparks TH, Bochenski M, Dabert M, Kasprzak M, Kaminski P, Mroczkowski S, Wieniewska E & Jerzak L 2011: Do males hatch first and dominate sex ratios in White Stork *Ciconia ciconia* chicks? *J. Ornithol.* 152:213-218.

Untersuchungen zur Habitatpräferenz und konkurrierenden Raumnutzung des Samoamonarchen *Myiagra albiventris* PEALE, 1848 (Aves, Monarchidae) insbesondere hinsichtlich von Mangrovebeständen der Samoa-Inseln

Ulf Beichle, Zur Försterei 61, D-26203 Wardenburg; E-Mail: ulf.beichle@web.de

Der Samoamonarch, auch als Samoafliengenschnäpper bezeichnet, ist eine nur auf den westlichen Samoa-Inseln lebende endemische Art der Monarch-Fliegenschnäpper. Innerhalb des Genus *Myiagra* hat der Samoamonarch das östlichste Vorkommen im australo-papuanischen Verbreitungsgebiet der Gattung erreicht. Er wird als gefährdete Art aufgeführt.

Die Empfindlichkeit der Inselpopulationen der Monarchidae zeigt sich u. a. daran, dass 18 von 97 Arten bedroht sind; 6 Unterarten sind bereits ausgestorben (del Hoyo et al. 2006; Steadman 2006). Drei Zyklone und starke Eingriffe in die primären Regenwälder haben auch den Samoamonarch in seinem Bestand dezimiert. Er wird auf 2.500 bis 10.000 Exemplare geschätzt. (Stattersfield & Capper 2000; Butchard & Stattersfield 2004). In der Literatur wie auch aus den Protokollen von Felduntersuchungen im Auftrag der samoanischen Regierung zeichnet sich eine Präferenz für Mangrovegebiete an der Küste ab. Damit wäre ein durch anthropogene Einflüsse zunehmend gefährdeter Lebensraum das Rückzugsgebiet für eine gefährdete endemische Vogelart, wodurch sich die Situation für den Samoamonarchen deutlich verschlechtern könnte. Der in Australien lebende Breitschnabelmonarch *Myiagra ruficollis* gibt Hinweise auf eine Präferenz des Lebensraumes Mangrove: Er ist auf die entsprechende Gebiete der zentralen Nordküste des Kontinents beschränkt (Schodde et al. 1988; del Hoyo et al. 2006). Andere Monarch-Fliegenschnäpper zeigen, dass euryöke und stenöke Arten bei dieser Gruppe auftreten: Auf den Fidschi-Inseln sind die beiden Varianten sympatrisch vorhanden: Der Rotbauchmonarch *Myiagra vanikorensis* ist als euryöke Form in einem breiten Spektrum von Habitattypen vorhanden, während der Schmuckmonarch *Myiagra azureocapilla* stenök auf intakte Urwälder beschränkt ist (Watling 2001). Wie der Samoamonarch hinsichtlich seiner Lebensraumpräferenzen einzuordnen ist, soll im Rahmen des For-

schungsprojektes bearbeitet werden.

Die Kenntnis der Lebensweise dieses Endemiten ist insgesamt sehr limitiert und bedarf der Ergänzung aus Sicht der Wissenschaft wie auch des Naturschutzes. Es ist ungeklärt, wie weit eine Anpassungsfähigkeit an veränderte Umweltbedingungen gegeben ist. Zum einen ändert sich die Landschaft in hohem Tempo, denn innerhalb weniger Jahrzehnte hat Samoa einen erheblichen Teil seiner primären Regenwälder verloren. Andererseits sind mit dem zu erwartenden Anstieg des Meeresspiegels auch Auswirkungen auf die küstennahen Wälder und insbesondere auf die Mangrove-Gebiete zu erwarten.

Weitere Probleme erwarten den Samoamonarch in Form von eingewanderten oder eingeführten Vogelarten. Dazu zählen der Hirtenmaina, *Acridotheres tristis*, und der Dschungelmaina, *Acridotheres fuscus*. Sie verbreiten sich zunehmend über weite Teile der Inselgruppe und treten möglicherweise in Konkurrenz zu dieser Art und zu weiteren insektivoren Vogelarten (Beichle 1989 a; Beichle & Baumann 2001 und 2003). Beobachtungen zu interspezifischem Konkurrenzverhalten sollen Hinweise auf negative Effekte der Neozoen auf endemische Arten wie den Samoamonarchen geben.

Das Ziel der Untersuchungen ist die Sammlung wissenschaftlicher Daten zur Habitatpräferenz und Ökologie des Samoamonarchen. Es soll die Hypothese überprüft werden, dass die Mangrovegebiete eine höhere Bestandsdichte aufweisen als andere Habitattypen und daher als potenzielle Kerngebiete von besonderer Bedeutung sind.

In diesem Zusammenhang sollen Daten zur Präferenz von Habitattypen von der Küstenregion bis in die Höhenlagen von mehr als 1000 m erhoben werden. Mithilfe von GPS-Empfängern sollen die Daten verortet und mit Karten bzw. Satellitenaufnahmen kombiniert werden.

Für die Mangrovegebiete sind Transekte parallel zur Küstenlinie geplant. Die Datenerhebung wird im süd-

lichen Upolu auch von Booten aus erfolgen, da damit eine ungehinderte und störungsfreie Annäherung möglich ist. Frühere Arbeiten (Baumann 1990) haben die Grundlagen der Bioakustik dieser Art erfasst.

Ethologische Studien zur Revierabgrenzung gegen intra- und interspezifische Konkurrenten sollen neue Erkenntnisse zum Territorialverhalten erbringen und mit Hilfe von Video- und Fotoaufzeichnungen dokumentiert und ausgewertet werden. Besondere Aufmerksamkeit wird auf dem Brutgeschehen dieser Art liegen. Bisher wurde noch kein Nest näher beschrieben oder fotografisch dokumentiert. Auch zur Jungenaufzucht liegen keine Erkenntnisse vor.

Mit Hilfe von Transekten lassen sich Bestandsdichten in unterschiedlichen Habitattypen erfassen und in Beziehung zueinander setzen. Als Voraussetzung für die Vergleichbarkeit werden dieselben Methoden in allen Probestellen angewendet (Südbeck et al. 2005). Einer der Schwerpunkte soll dabei auf den verschiedenen Mangrovegebieten liegen, die ihrerseits unter zunehmendem Nutzungsdruck durch den Menschen stehen.

Die Untersuchungen erfolgen in Zusammenarbeit mit der Umweltabteilung der Regierung von Independent Samoa. Die zu erwartenden Ergebnisse werden der Fachabteilung zur Verfügung gestellt, so dass sie in künftige Schutzbemühungen integriert werden können.

Literatur

- Baumann S 1990b: Vocalizations of endemic landbirds of Western Samoan Islands. Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici (Suppl.): 477
- Beichle U 1989: Common Mynah on Upolu. First record for the Western Samoan Islands. Elepaio 49: 85-86.
- Beichle U & S Baumann 2001: Ethological studies as a basic need in conservation of Samoan endemic landbirds. Vogelk. Ber. Niedersachs. 33: 191-195.
- Beichle U & S Baumann 2003: Die Landvögel der Samoa-Inseln. TenDenZen 01/02. Jahrbuch X, Übersee-Museum Bremen: 1-156.



Das Brutverhalten des Samoamonarchen *Myiagra albiventris* ist Teil des Forschungsprojektes. Bisher wurde noch kein Nest wissenschaftlich dokumentiert oder die Jungenaufzucht beobachtet.

Foto: U. Beichle

- Butchard S H M & Stattersfield A 2004: Threatened Birds of the World. Lynx Edicions & BirdLife International, Barcelona & Cambridge.
- del Hoyo J, Elliott A. & Christie D (Hrsg) 2006: Handbook of the Birds of the World. Vol. 11. Old World Flycatchers to Old World Warblers. Lynx Editions, Barcelona.
- Schodde R et al. 1988: Complete Book of Australian Birds. Surry Hills, N.S.W.
- Südbeck P, Andretzke H, Fischer S, Gedeon K, Schikore T, Schröder K & Sudfeldt C (Hrsg) 2005: Methodenstandards zur Erfassung der Brutvögel Deutschlands. Radolfzell.
- Stattersfield, A.J. & D.R. Capper (Hrsg) 2000: Threatened Birds of the World. Lynx Edicions & BirdLife International, Barcelona & Cambridge.
- Steadman D W 2006: Extinction and Biogeography of Tropical Pacific Birds. University of Chicago Press.
- Watling D 2000: Birds of Fiji, Tonga and Samoa. Millwood Press, Wellington.

Felduntersuchungen zu Brutvorkommen und Brutbiologie sowie zur Klärung taxonomischer Fragestellungen des Teichrohrsänger-Komplexes *Acrocephalus scirpaceus* im östlichen Nordafrika (Ägypten)

Jens Hering, Wolkenburger Straße 11, D-09212 Limbach-Oberfrohna; E-Mail: jenshering.vso-bibliothek@t-online.de
 Elmar Fuchs, Hohensteiner Straße 45, D-09117 Chemnitz; E-Mail: elmar.fuchs@gmx.de
 Wieland Heim, Brüderstraße 63, 04103 Leipzig; E-Mail: wieland.heim@gmx.de

Vorgeschichte

Seit vier Jahren laufen vergleichende Untersuchungen zur Biologie und Taxonomie an Zimt- *Acrocephalus baeticatus* und Teichrohrsängern *A. scirpaceus* in Nordafrika, insbesondere in Libyen (Hering et al. 2009, 2010 a, b; Hering & Winkler 2011). Es wurden Brutvorkommen

in küstennahen Feuchtgebieten und in Saharaoasen gefunden. 2009 und 2011 konnten Rohrsänger auch in der ägyptischen Oase Siwa nachgewiesen werden. Die Rohrsänger, die nach DNA-Analyse der östlichen *fuscus*-Gruppe der *scirpaceus*-Superspezies angehören und offensichtlich der als „Mangroverohrsänger“ benannten

avicenniae-Untergruppe von *A. scirpaceus* nahe stehen, brüten in Siwa in Schilfröhrichten, aber auch häufig in Oasengärten (Hering et al. 2011).

Wissenschaftliche Zielstellungen

1) Untersuchungen zu Vorkommen und Brutbiologie des Teichrohrsängers *Acrocephalus scirpaceus* (*fuscus*?) am Nil

Abgesehen von den aktuellen Untersuchungen in Siwa gibt es bis heute keine Angaben zu Vorkommen, Häufigkeit und Brutbiologie des Teichrohrsängers in Ägypten. Nur einmal wurden im Nildelta wenige Paare beobachtet (Meininger et al. 1986). Unbekannt ist, um welche Form es sich dabei handelt. Es wird vermutet, dass dort Vögel der östlichen Unterart *fuscus* brüten (Goodman & Meininger 1989). Zur Aufklärung sollen nun im April 2012 im Nildelta und am Nil an ausgewählten Standorten eine intensive Nestsuche erfolgen und die Brutvögel zur Determination und für Blutproben gefangen werden. Möglicherweise kommen hier, gleich den Verhältnissen an der libyschen Mittelmeerküste, wo Teichrohrsänger und Zimtrohrsänger in Sympatrie brüten (Hering et al. 2010a), sowohl Brutvögel als auch durchziehende Populationen nebeneinander vor.

2) Suche nach Brutvorkommen von Mangroverohrsängern *Acrocephalus scirpaceus avicenniae* in Mangroven-Beständen am Roten Meer

Der Mangroverohrsänger *Acrocephalus scirpaceus avicenniae* ist in den Mangroven an den Küsten Sudans, Eritreas, Nordsomalias und des Südwestens der Arabischen Halbinsel verbreitet (z. B. Leisler et al. 1997; del Hoyo et al. 2006). In Ägypten sind dagegen Vorkommen in Mangroven am Roten Meer nicht bekannt. Allerdings

ist bisher nach dieser Form nicht gezielt gesucht worden. Auf Grund des Vorkommens von teils noch vitalen Mangroven-Beständen ist der Mangroverohrsänger als Brutvogel zu erwarten. Bei positivem Ergebnis werden Untersuchungen zu Häufigkeit und Brutbiologie bei dieser immer noch wenig bekannten Rohrsängerform durchgeführt.

3) Kartierung des Stentorrohrsängers *Acrocephalus stentoreus* und weiterer Brutvogelarten in den Schilfgebieten am Nil und in Mangroven-Beständen am Roten Meer



Warnender Stentorrohrsänger *Acrocephalus stentoreus* am Brutplatz südlich Alexandria, Mai 2011. Foto: J. Hering



Singender „Mangroverohrsänger“ *Acrocephalus scirpaceus avicenniae* in einem Dattelpalmen- und Olivengarten in der ägyptischen Saharaase Siwa, April 2011. Foto: J. Hering

Es sollen Daten zur Verbreitung und der für Ägypten kaum bekannten Brutbiologie des Stentorrohrsängers *Acrocephalus stentoreus* gesammelt werden (s. Goodman & Meininger 1989). Zudem ist eine Erfassung der Begleitarten vorgesehen. Schließlich sind in den Mangroven am Roten Meer Untersuchungen zu Vorkommen und Brutbiologie der hier erst kürzlich entdeckten Unterart *alulensis* des Blassspötters *Iduna pallida* geplant (s. Baha el Din et al. 2010).

Literatur

- Baha el Din S, Baha el Din M & Bensch S 2010: Mangrove Olivaceous Warblers in Egypt – new to the Western Palearctic. *Birding World* 23: 215-217.
 Goodman SM & Meininger PL 1989: *The Birds of Egypt*. Oxford Univ. Press, Oxford.
 Hering J & Winkler H 2011: Zimtrohrsänger *Acrocephalus baeticatus* auch im Westen Libyens im Grenzgebiet zu Algerien und Tunesien. *Limicola* 25: 268-271.
 Hering J, Fuchs E & Winkler H 2010a: Neues zum Vorkommen und zur Brutbiologie von Zimtrohrsänger *Acrocephalus*

- lus baeticatus* und Teichrohrsänger *A. scirpaceus* in Libyen. *Limicola* 24: 117-139.
- Hering J, Fuchs E & Winkler H 2011: „Mangroverohrsänger“ *Acrocephalus scirpaceus avicenniae* als Baum- und Palmenbrüter in einer ägyptischen Sahara-oase. *Limicola* 25: 134-162.
- Hering J, Brehme S, Fuchs E & Winkler H 2009: Zimtrohrsänger *Acrocephalus baeticatus* und „Mangroverohrsänger“ *A. scirpaceus avicenniae* erstmals in der Paläarktis – Irritierendes aus den Schilfröhrichtern Nordafrikas. *Limicola* 23: 202-232.
- Hering J, Brehme S, Fuchs E & Winkler H 2010b: African Reed Warblers and Mangrove Reed Warblers in Libya & Egypt – both new to the Western Palearctic. *Birding World* 23: 218-219.
- del Hoyo J, Elliott A & Christie DA 2006: Handbook of the Birds of the World, Bd. 11. Lynx, Barcelona.
- Leisler B, Heidrich P, Schulze-Hagen K & Wink M 1997: Taxonomy and phylogeny of reed warblers (genus *Acrocephalus*) based on mtDNA sequences and morphology. *J. Ornithol.* 138: 469-496.
- Meininger PL, Sørensen UG & Atta GAM 1986: Breeding birds of the lakes in the Nile Delta, Egypt. *Sandgrouse* 7: 1-20.

Morphologische und genetische Unterschiede zweier Unterarten der Maskenammer *Emberiza spodocephala*

Matthias Weissensteiner, Institut für Zoologie Karl-Franzens Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Österreich; E-Mail: matthias.weissensteiner@edu.uni-graz.at

Die Unterscheidbarkeit von Taxa, seien es Arten oder Unterarten, spielt heutzutage nicht nur in der Evolutionsbiologie eine große Rolle, sondern ebenso in Artenschutz und Feldornithologie. Somit ist es von großer Wichtigkeit, zwei Taxa verlässlich zu unterscheiden, sei es anhand von morphologischen, morphometrischen, bioakustischen oder molekulargenetischen Unterschieden (Helbig et al. 2002, Watson 2005).

Die Familie der Emberizidae ist zwar in Bezug auf die Beziehungen zwischen den Subfamilien und Genera eine recht gut untersuchte Gruppe, auf Ebene der Subspezies gibt es aber vor allem bei ostasiatischen Arten noch erhebliche Wissenslücken (Alström et al. 2008).

Dies trifft insbesondere auf die verschiedenen Unterarten der Maskenammer *Emberiza spodocephala* zu. Als Vogel der Ostpaläarktis wurde diese Singvogelart vor allem in neuerer Zeit nur spärlich untersucht. Die meisten Arbeiten zu Verbreitung, Verhalten und taxonomischem Status wurden vor 1980 durchgeführt, Untersuchungen zur Phylogenie auf molekulargenetischer Basis sind noch nicht vorhanden. Drei Unterarten sind derzeit beschrieben, zwei davon – *E. s. spodocephala* und *E. s. personata* – überlappen sich teilweise in ihrem Brutgebiet. In der russischen Literatur werden diese beiden Taxa bisweilen sogar als separate Arten geführt (Koblik et al. 2006). Literaturangaben sind hinsichtlich der morphologischen und morphometrischen Unterscheidbarkeit allerdings z. T. widersprüchlich, und vor allem die feldornithologische Zuordnung von Weibchen und vorjährigen Männchen ist problematisch (Byers et al. 1995; del Hoyo et al. 2011; Glutz von Blotzheim & Bauer 1997; Svensson 1992).

Die vorgestellte Arbeit versucht nun, durch die Kombination von morphologischen, morphometrischen und molekulargenetischen Merkmalen den taxonomischen Status der Unterarten *E. s. spodocephala* und *E. s. per-*

sonata zu klären. Gibt es Hinweise auf reproduktive Isolation oder tritt Hybridisierung auf?

Zu diesem Zweck wurden im Frühjahr 2011 im Zuge eines dreimonatigen Aufenthaltes in Fernost-Russland 99 Maskenammern vermessen, fotografiert und beprobt, zusätzlich wird noch Museumsmaterial untersucht. Die biometrischen Daten werden nun, kombiniert mit den aus den Fotografien erhobenen zusätzlichen Daten, dazu verwendet, die Taxa nach morphologischen Kriterien zu trennen. Um diese Zuordnung mit der Unterscheidung auf molekulargenetischer Ebene zu vergleichen, werden Analysen sowohl mitochondrieller als auch nukleärer DNA durchgeführt.

Literatur

- Alström P, Olsson U, Lei F, Wang H, Gao W & Sundberg P 2008: Phylogeny and classification of the Old World Emberizini (Aves, Passeriformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 47: 960-973.
- Byers C, Curson J & Olsson U 1995: Sparrows and buntings: a guide to the sparrows and buntings of North America and the world. Houghton Mifflin, New York.
- del Hoyo J, Elliot A & Christie DA 2011: Handbook of the Birds of the World. Vol.16: Tanagers to New World Blackbirds. Lynx Edicions, Barcelona: 533-534.
- Glutz von Blotzheim UN & Bauer K 1997: Handbuch der Vögel Mitteleuropas Band 14(5). Aula, Wiesbaden: 1392-1407.
- Helbig AJ, Knox AG, Parkin TD, Sangster G & Collinson M 2002: Guidelines for assigning species rank. *Ibis* 144: 518-525.
- Koblik EA, Red'kin YA & Arkhipov VY 2006: Checklist of the Birds of Russian Federation. KMK Scientific Press Ltd., Moscow.
- Svensson L 1992: Identification Guide to European Passerines. 4th revised and enlarged edition. Page Bros., Norwich: 318-319.
- Watson DM 2005: Diagnosible versus distinct: evaluating species limits in birds. *BioScience* 55: 60-68.

▪ Neues aus den Fachgruppen

FG Ornithologische Sammlungen

Vom 3.-5. Februar 2012 fand das traditionelle Frühjahrestreffen der Fachgruppe in Erfurt statt. Eingeladen hatte uns diesmal unser Kollege Herbert Grimm vom dortigen Naturkundemuseum.

Zum Begrüßungsabend am Freitag trafen wir uns im Restaurant „Glashütte“ auf dem Petersberg. Für den anstrengenden Aufstieg wurden wir durch die herrliche Rundumsicht über das erleuchtete Erfurt und den Anblick des Doms auf Augenhöhe mehr als entschädigt.

Das Vortragsprogramm am Samstag begann mit einem Ausflug in die Geschichte des Erfurter Naturkundemuseums: Dieses wurde 1922 gegründet – vor allem auf Betreiben des Lehrers und Entomologen Otto Rapp, der bis zu seinem Tod im Jahr 1953 das Profil des Museums mitprägte. Nach den Wirren des Zweiten Weltkriegs – verbunden mit diversen Um- und Auslagerungen der Sammlungen – erfolgte 1968 die vorläufige Schließung des Museums, bis dieses 1995 in einem schön restaurierten historischen Waidspeicher (wieder-)eröffnet wurde.

Da eines der Hauptthemen des diesjährigen Treffens die Vogelsammlungen kleinerer Museen waren, folgten Einblicke in das Müritzzeum in Waren (Renate Seemann) und die Gothaer Vogelsammlung (Christian Acker). Anschließend nahm uns Matthias Hartmann, der Leiter des Erfurter Museums, in seinem Vortrag mit auf eine Reise in den Himalaja, den Schwerpunkt der Feldforschung am Museum. Selbstverständlich durfte auch ein Blick in die Sammlungsräume und Ausstellungen nicht fehlen: So zeigte uns Ulrich Scheidt die Mammalogische Sammlung, Matthias Hartmann ließ uns in die Schränke

des Entomologischen Magazins schauen und Herbert Grimm führte uns durch die Vogelsammlung und die Besucherausstellung, deren besondere Glanzpunkte unter anderem eine Baumplastik in „Lebensgröße“ sowie die ideenreich gestaltete „Arche Noah“ sind.

Zum Ausklang des Vortragsprogramms referierte Gerhard Hildebrandt über Leben und Werk von August Carl Eduard Baldamus, dessen 200. Geburtstag in diesem Jahr gefeiert wird und der eines der Gründungsmitglieder der DO-G war.

Beim gemeinsamen Abendessen in „Kromer's Restaurant“ konnten wir nicht nur verschiedenste Thüringer Spezialitäten probieren, sondern uns im angeregten Gespräch mit den Kollegen zu fachlichen Themen austauschen.

Am Sonntag trafen wir uns um 9 Uhr vor dem Museum, um bei einem knapp zweistündigen Rundgang durch die Erfurter Altstadt etwas über die Geschichte dieser Stadt zu erfahren, die – an der Kreuzung mehrerer wichtiger Handelswege gelegen – vor allem durch den Handel mit Färberwaid zu Reichtum und Bedeutung gelangte. So lebendig und kenntnisreich wusste unsere Stadtführerin, Frau Hein, über die Sehenswürdigkeiten Erfurts zu erzählen, dass alle Teilnehmer trotz zweistelliger Minusgrade bis zum Schluss ganz gefesselt waren und sich nicht einmal von den Verlockungen der vielen gemütlichen Cafés auf Abwege bringen ließen. Zurück im Museum erwartete uns nicht nur die willkommene Gelegenheit zum Aufwärmen, sondern auch noch ein interessanter Vortrag: Der Im- und Export biologischen Materials ist – gerade aus nichteuropäischen Ländern – von einer Vielzahl an rechtlichen Vorschriften betroffen, die oft nur schwer durchschaubar sind. Daher hatte sich bereits im vergangenen Jahr die DO-G-Fachgruppe „Tropenornithologie“ mit dieser Thematik beschäftigt und einen Leitfaden dazu erarbeitet. Swen Renner fasste die wichtigsten Punkte für uns zusammen, und so können wir alle demnächst hoffentlich „illegale Forschung“ vermeiden (siehe auch Vogelwarte 50: 21-36; 2012).

Fazit des Wochenende: Dank des abwechslungsreichen Vortragsprogramms gingen wir alle mit neuen Ideen und Anregungen nach Hause. Vor allem werden wir uns aber noch lange an die nette Atmosphäre des Museums und das schöne Stadtbild Erfurts erinnern.



Die Fachgruppe Ornithologische Sammlung auf Stadtführung durch Erfurt.

Foto: B. Nicolai

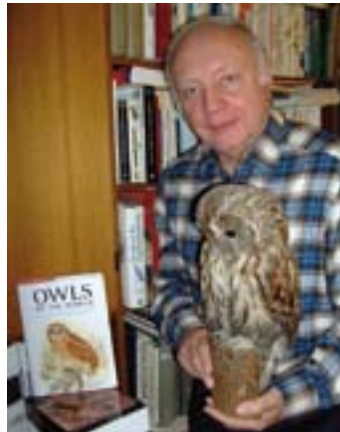
Iris Heynen

Persönliches

Ehrenpreis „2011 Champion of Owls Award“ an Claus König

Professor Claus König wurde im vergangenen Jahr von der internationalen Gesellschaft für Eulenforschung und Eulenschutz (Global Owl Project) der Ehrenpreis „2011 Champion of Owls Award“ für seine jahrzehntelange, weltweite Eulenforschung zuerkannt. Damit wurde er in die „World Owl Hall of Fame“ in den USA aufgenommen. Der Preis ehrt sein seit den 1950er Jahren andauerndes Engagement und die seit dem entstandenen signifikanten und vielfältigen wissenschaftlichen Beiträge auf den Gebieten Taxonomie, Genetik, Morphologie, Bioakustik und Biogeographie von Eulen.

Christiane Quaiser



Fotos: privat

Ankündigungen und Aufrufe

Symposium „Bienenfresser“ 2012

Auf Einladung der Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz und der Naturgruppe Kerzenheim findet im Oktober ein eintägiges Artsymposium über den Bienenfresser statt. Referenten aus Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt und Baden-Württemberg haben ihre Teilnahme zugesichert. In zwei Hauptvorträgen wird auf den Einfluss des Klimawandels auf die Vogelwelt eingegangen (Wolfgang Fiedler) sowie über Erkenntnisse zum Monitoring und zur Zugforschung beim Bienenfresser berichtet (Ingolf Todte). Drei weitere Vorträge und eine Podiumsdiskussion (Bienenfresser im Aufwind – Konsequenzen für den Naturschutz) runden den Tag ab; in einigen Postern werden spezielle Aspekte zur Biologie, Ökologie und Naturschutz des Bienenfressers und in einer Fotoausstellung die Faszination der Art präsentiert.

Ziel ist, einen regen Erfahrungsaustausch zwischen den Teilnehmern zu gewährleisten und allen Interessierten die Möglichkeit zu geben, sich über den aktuellen Stand des Wissens über den Bienenfresser in Deutschland zu informieren.

Das eintägige Symposium findet am 20. Oktober 2012 in Kerzenheim (Rheinland-Pfalz) statt; Beginn ab 9 Uhr, voraussichtliches Ende gegen 16:30 Uhr. Die Teilnahme steht nach Anmeldung jedem offen, jedoch ist die Teilnehmerzahl auf 80 Personen beschränkt. Es wird ein Tagungsbeitrag in Höhe von 8 Euro erhoben, die Möglichkeit für ein gemeinsames Mittagessen im Ort ist gegeben (bei Interesse am Mittagessen, dies bei der Anmeldung vermerken).

Anmeldungen bitte ab sofort per Email (gnor-sued@gnor.de), Fax (06321-937457) oder Post an die Gesellschaft für Naturschutz und Ornithologie Rheinland-Pfalz e.V., Sylvia Idelberger; Mandelring 1; 67433 Neustadt/Weinstrasse.

Mit der Anmeldungsbestätigung erhalten die Teilnehmer, vorzugsweise per Email, das Tagungsprogramm, eine Ortsskizze sowie weitere Informationen zur Tagung.

GNOR & Naturgruppe Kerzenheim

Bitte um Mitarbeit

Totfunde von Vögeln auf Usutu-Viren untersuchen lassen

Nach dem ersten Ausbruch des Usutu-Virus in Deutschland im Sommer 2011 sind im Sommer und Herbst 2012 weitere Todesfälle unter Vögeln zu erwarten. Um den Fortgang des Ausbruches zu dokumentieren und weiter zu erforschen, werden alle Interessierten gebeten, vor allem in Südwestdeutschland, aber auch an anderen Orten zwischen Juni und September tot gefundene Vögel einzusammeln und einer gezielten Untersuchung zuzuleiten.

Totfunde müssen frischtot untersucht werden. Deshalb sollten tote Vögel in einem mit Styropor isolierten und einem tiefgekühlten Kühlakku versehenen Paket schnellstmöglich dem Bernhard-Nocht-Institut für Tropenmedizin in Hamburg oder bestimmten Untersuchungssämtern (Adressliste auf www.NABU.de) eingesandt werden. Einsendungen sollten mit Hinweisen zur Art, Auffinddatum und Fundort sowie Kontaktdaten des Finders versehen sein. Eine Infektionsgefahr besteht nach derzeitigem Wissenstand für den Einsammler nicht, so

dass auch keine besonderen Schutzmaßnahmen erforderlich sind. Je mehr Vögel untersucht werden können, umso besser kann das Phänomen des Usutu-Viren-Ausbruches erforscht und verstanden werden. Bitte unterstützen sie diese für die Zukunft wichtige Forschungsarbeit! Unkosten können seitens des BNI leider nicht erstattet werden. Zudem können über die NABU-Homepage tote Amseln gemeldet und Fotos kranker bzw. toter Vögel eingesandt werden.

Kontaktadresse:

PD Dr. med. Dr. med. habil. Jonas Schmidt-Chanasit
Bernhard Nocht Institute for Tropical Medicine;
WHO Collaborating Centre for Arbovirus and
Haemorrhagic Fever Reference and Research National Reference Centre for Tropical Infectious Diseases,
Bernhard-Nocht-Strasse 74, 20359 Hamburg,
Germany; Telefon +49 40 42818 942, +49 40 42818 0;
E-Mail: jonassi@gmx.de

9. Konferenz der European Ornithologists' Union

Die EOU (European Ornithologists' Union) hält ihre nächste Tagung vom 28. bis 31. August 2013 an der University of East Anglia im englischen Norwich ab.

Die Konferenz hat das Ziel, europaweit Forscher aus unterschiedlichsten ornithologischen Bereichen, wie Ökologie, Verhalten, Evolution, Physiologie, Morphologie, Systematik und Vogelschutz zum Gedanken- und Ideenaustausch zusammenzubringen. Informationen zu Tagungsort, Programm, Anmeldung und Deadlines sind verfügbar unter <http://www.norwich.eouunion.org>.

Götz Eichhorn

Der Eröffnungsabend wird am Dienstag, den 24. September stattfinden, der Abschlussabend am 28. September. Das dreitägige wissenschaftliche Programm wird Plenarvorträge, Symposien, Vorträge und Poster-sitzungen umfassen. Am Samstag, den 28. September wird das wissenschaftliche Programm gemeinsam mit der International Wader Study Group (IWSG) gestaltet, die ihre Jahreskonferenz vom 27.-30. September in Wilhelmshaven abhält.

Exkursionen sollen in der Mitte der Konferenz, am Freitag den 27. September stattfinden. Aussteller einschl. Buch- und Ausrüstungsanbieter werden während der Tagung anwesend sein.

Bitte konsultieren Sie www.waterbirds.org für aktualisierte Informationen über die Versammlung. Sie wird organisiert vom Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“, Wilhelmshaven, und der Waterbird Society.

Peter H. Becker

37. Jahresversammlung der Waterbird Society

„The Waterbird Society“ wird ihre 37. Jahresversammlung 2013 zum ersten Mal in Deutschland abhalten. Das Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ wird vom 24.-29. September 2013 der Gastgeber sein. Tagungsort ist die Stadthalle in Wilhelmshaven.

Die Nähe zum „Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer“, der teil des Weltnaturerbes Wattenmeer ist, bietet gute Gelegenheiten für Ornithologen, die hohe Biodiversität des Wattenmeeres zu erleben, welches von großer Bedeutung für Wasservögel als Durchzugsgebiet auf dem ostatlantischen Zugweg sowie als Brutgebiet ist.

13. Pan-Afrikanischer Ornithologischer Kongress

In diesem Jahr findet der Pan-Afrikanische Ornithologische Kongress vom 14. bis 21. Oktober 2012 in Arusha, Tansania, statt. Mehr Informationen finden sich unter www.paoc-africa.org.

Christiane Quaisser

1. Internationaler Kongress zur Ornithologie Südostasiens

Vom 27.-29. November 2012 findet in Phuket, Thailand, der 1. International Ornithological Congress of Southeast Asia statt. Er richtet sich an alle OrnithologInnen mit Interesse an der südostasiatischen Region. Plenarvorträge werden gehalten von

- Phillip D. Round, Bangkok, Thailand: Biogeography and taxonomy of birds in Southeast Asia
- Dr. George A. Gale, Bangkok, Thailand: Issues to consider when surveying birds as part of a long-term monitoring program
- Dr. Christoph Zöckler, Cambridge, UK: The Spoon-billed Sandpiper and bird conservation in SE Asia – a review

Das wissenschaftliche Programm umfasst weiterhin Vorträge, Symposia, Workshops und Poster und wird umrahmt durch „social events“ wie ein Konferenzbankett und zahlreiche Exkursionen. Zu Beiträgen wird aufgerufen. Annahmeschluss für Abstracts ist der 15. Juni 2012. Die Einreichung erfolgt online. Die (vorläufigen)

Themenbereiche gliedern sich in:

- Ecology and behaviour (Sara Bumrungsri)
- Conservation biology of birds in SE Asia (Christoph Zöckler)
- Biogeography and phylogenetics (Martin Päckert)
- Systematics and taxonomy (Sven Renner)

Die Tagungssprache ist Englisch. Mehr Informationen zur Tagung, zur Anmeldung sowie zur Einreichung von Beiträgen finden sich unter: <http://www.harrison-institute.org/IOCSEA/index.html>.

Sven Renner

26. Internationaler Ornithologischer Kongress

Der 26. IOC (International Ornithological Congress) findet vom 18.-24. August 2014 in Tokio, Japan statt. Nähere Informationen finden Sie auf der offiziellen Website: <http://ioc26.jp/>

Christiane Quaiser

Nachrichten

„100 Jahre Vogelwarte Helgoland“ - schönste Briefmarke der Welt

Bei dem jährlich stattfindenden Wettbewerb in China, an dem in diesem Jahr 40 Nationen teilnahmen, wurde der Block „100 Jahre Vogelwarte Helgoland“ nach der Wahl zur schönsten Briefmarke Deutschlands (siehe Vogelwarte 49: 124; 2011) nun auch zur schönsten Briefmarke der Welt gekürt. Entworfen wurde der Block vom Büro Elsenbach & Fienbork. Damit erhielt Deutschland erneut eine hohe Auszeichnung für gelungene Markengrafik. Da bereits zum sechsten Mal in Folge einen Spitzenplatz belegt wurde, überreichte der Direktor des Auswahlkomitees Deutschland außerdem noch einen Ehrenpreis.

Torsten Berndt



Veröffentlichungen von Mitgliedern

H-H Bergmann:
Vogelfedern an Flüssen und Seen – Finden und Bestimmen.

Quelle & Meyer, Wiebelsheim 2012, geb. 11 x 18 cm, mit wasserdichtem Schutzumschlag, 200 S., 90 Fotos, 68 Tafeln. ISBN 978-3-494-01501-9. € 14,95

Literaturbesprechungen

Julian P. Hume & Michael Walters: **Extinct Birds.**

Bloomsbury Publishing, London, 2012. Geb., 544 S., 18,8 x 25,2 cm, zahlr. Illustrationen. ISBN 978-1-4081-57251. GBP 50,00.

Arten wie der Dodo, der Riesenalk oder die Wandertaube sind Synonyme für ausgestorbene Arten, doch es sind weit mehr. 99 % der jemals auf der Erde vorkommenden Vogelarten sind bereits ausgestorben. Das Buch beschäftigt sich aber nur mit den Arten und Unterarten, die in den letzten 700 Jahren ausgestorben sind oder als verschollen gelten. Sie alle werden kurz vorgestellt mit Angaben zu Vorkommen, Verbreitung und Verhalten und den jeweiligen Letztnachweisen. Anhänge zum Hauptteil behandeln Arten mit einer ungenügenden Datengrundlage und zweifelhaftem Status, geben einen Überblick über die 35 wieder entdeckten Arten und führen Museen und Einrichtungen auf, die Material von ausgestorbenen Arten haben. Dieses Buch ist das bisher umfangreichste zum Thema und damit ein kompaktes Nachschlagewerk.

Franz Bairlein

Richard Grimmett, Carol Inskipp & Tim Inskipp: **Birds of the Indian Subcontinent.**

Helm Field Guides, Bloomsbury Publishing, London, 2012. Paperback, 528 S., 14,0 x 21,6 cm, 226 Farbtafeln, zahlr. Verbreitungskarten. ISBN 978-1-4081-27636. GBP 35,00.

1375 Arten kommen in Indien, Pakistan, Nepal, Buthan, Bangladesh, Sri Lanka und auf den Malediven vor. Mehr als 1.000 Arten sind residente Brutvögel der Region, 229 sind Wintergastvögel und 26 Sommergäste. 78 Arten gelten derzeit als vom Aussterben bedroht, trotz teilweise ausgedehnter Schutzgebiete. In Indien nehmen diese 6 % der Landesfläche ein, in Bhutan sogar 35 %, in Bangladesh allerdings nur 1,5 %. Wie in diesen Feldführern üblich werden die einzelnen Arten in kurzen Texten vorgestellt, mit Angaben zu Feldkennzeichen, Vorkommen, Lebensraum und Verhalten und ergänzt um eine Verbreitungskarte. Einleitende Texte beschreiben die wichtigsten Lebensräume der Region, gehen aber auch auf Schutzaspekte ein. Lebensraumzerstörung und Jagd auf vor allem Kraniche, Trappen, Wasservögel und Limikolen sind die wichtigsten Gefährdungsursachen.

Franz Bairlein

Bernd Leisler & Karl Schulze-Hagen: **The Reed Warblers. Diversity in a uniform bird family.**

KNNV Publishing, Zeist, Niederlande in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Ornithologie, 2011. Fester Einband, 328 Seiten, 21 x 28 cm, zahlreiche Zeichnungen, Karten und Fotos. ISBN 978 90 5011 391 5. € 69,95.

Um gleich mit der Tür ins Haus zu fallen: Dieses Buch ist hervorragend. Nicht nur, weil sich zwei große Spezialisten zusammengetan haben, um nichts weniger als die Erfahrungen und Ergebnisse zweier Naturforscher-Leben zusammenzustellen, sondern auch, weil sie dies in sehr ansprechender und gut lesbarer Sprache tun und dies noch in ein gestalterisch rundum gelungenes Buch einbinden. Angefangen von einer konsistent durch das ganze Werk gezogenen Farbmarkierung

für verschiedene Arten, die einem die Orientierung erleichtert, wann immer es um Verwandtschaften oder Artenvergleiche geht, über klare, prägnante und extra für das Buch erstellte Schaubilder wissenschaftlicher Daten, über die zahlreichen eigens von Tiermaler David Quinn angefertigten Illustrationen bis hin zu den vielen sehr guten, teils hervorragenden Fotografien tut dieses Buch alles, um seiner Zunft auch im digitalen Zeitalter zur Ehre zu gereichen. Zusammen mit der qualitativ hochwertigen Herstellung liefert das Werk an sich schon einen Genuss, es in Händen zu halten und durchzublättern. Der niederländische Naturverlag KNNV empfiehlt sich als bemerkenswerte Alternative zu den großen Marktführern nach „Living on the Edge – Wetlands and Birds in a changing Sahel“ von Leo Zwarts nun innerhalb gut eines Jahres bereits mit einem zweiten hochwertigen Buch, dessen internationale Beachtung und Wertschätzung als sicher gelten kann.

Protagonisten des Werkes sind die Acrocephaliden, also die Rohrsänger im weiteren Sinne, die mit den Gattungen *Acrocephalus* (Rohrsänger im engen Sinne), *Hippolais* und *Iduna* (Spötter), *Phragamaticola* (Dickschnabelsänger) und *Calamonastides* (Gelbbauch-Rohrsänger) auf rund 50 Arten kommen. Noch vor grundlegenden Informationen zur Biologie der Familie der Acrocephaliden und einer Darstellung des aktuellen Standes der Phylogenie nehmen uns die Autoren quasi zur Einstimmung mit auf eine imaginäre Reise zu den verschiedensten Winkeln der Erde, in denen wir auf Rohrsänger in ihren Habitaten treffen – von der Camargue über die Puszta, den Viktoriasee, die Seychellen bis Novosibirsk. Überall dort leben Rohrsänger, von denen sich viele Arten auf den ersten Blick sehr ähnlich sehen und die ihre Lebensräume ebenfalls auf den ersten Blick auch durchaus ähnlich nutzen, die aber dennoch erfolgreich mit sehr unterschiedlichen Umweltbedingungen fertig werden. Was macht diese uniforme und letztlich nicht herausragend artenreiche Gruppe so erfolgreich, dass sie in der sibirischen Tundra ebenso zu finden ist wie in den nordafrikanischen Halbwüsten, in den ostafrikanischen Papyrussümpfen und schließlich auf einer Reihe entlegener Hochseeinseln? Die Antworten geben die Autoren in sehr sachkundigen Exkursen durch die gesamte Biologie der Artengruppe. Sei es Habitatwahl, Nahrungserwerb, Ökomorphologie, Brutbiologie, Bioakustik oder Wanderverhalten – zu allem präsentieren die Autoren den aktuellen Kenntnisstand und nicht selten auch eigene Forschungsergebnisse.

Doch damit nicht genug. Auch zu einer Reihe evolutionsbiologischer Top-Themen der vergangenen beiden Jahrzehnte haben die Rohrsänger bzw. die Autoren etwas beizutragen: Seien es Parasit-Wirt-Beziehungen, wie sie Kuckuck und Rohrsänger eingehen, seien es Paarungssysteme und sexuelle Selektion, seien es Effekte des Klimawandels oder seien es Anpassungen an extreme Insellebensräume. In all diesen Bereichen haben Untersuchungen an Rohrsängern zu echten Durchbrüchen in Verhaltensökologie und Evolutionsbiologie beigetragen und Leisler und Schulze-Hagen lassen den Leser an diesen Ergebnissen in lebendiger Form teilhaben. Dies gelingt nicht zuletzt, weil sich der artvergleichende Ansatz wie ein roter Faden durch das ganze Buch zieht und so stets den Blick für das Gesamtbild wahrt. Allerdings – und das ist positiv anzumerken – müssen die Rohrsänger nicht für jede Sau

herhalten, die in den vergangenen Jahren durchs biologische Dorf getrieben wurde: Weder die Fluktuierende Asymmetrie noch die Vogelgrippe finden wir im umfangreichen und mit kleinen Rohrsängervignetten grafisch aufgelockerten Stichwortregister.

Bernd Leisler und Karl Schulze-Hagen haben nicht nur in Zeiten, in denen einige Kollegen bereits die Endzeit des gedruckten Buches ausrufen, ein Vorzeigewerk für eine moderne Artengruppen-Monographie in Buchform geschaffen, sondern sie stehen auch noch für etwas anderes, was die Ornithologie hierzulande massiv geprägt hat: Als Autoren haben sich ein hauptberuflicher Wissenschaftler und ein Amateur

zusammengefunden. Der Mediziner Karl Schulze-Hagen verkörpert dabei den Prototyp des naturwissenschaftlich breit gebildeten Amateurs mit einer lebenslang zusammengetragenen Kenntnis seiner Studienobjekte, die kaum ein Biologe aus seinem Hochschulstudium mitbringen kann. Es ist diese Art der Amateure, die den besonderen Reichtum unserer Ornithologie ausmacht. Und es ist Aufgabe der Profi-Vogelkundler, diesen Pfrund, den unter allen Naturwissenschaften bestenfalls noch die Astronomie zu bieten hat, zu pflegen und zu fördern. Welches Potenzial darin liegt, könnte nicht besser dargestellt werden, als durch das vorliegende Buch. Hatte ich bereits erwähnt, dass ich es hervorragend finde?

Wolfgang Fiedler

Zielsetzung und Inhalte

Die „Vogelwarte“ veröffentlicht Beiträge ausschließlich in deutscher Sprache aus allen Bereichen der Vogelkunde sowie zu Erfahrungen und Aktivitäten der Gesellschaft. Schwerpunkte sind Fragen der Feldornithologie, des Vogelzuges, des Naturschutzes und der Systematik, sofern diese überregionale Bedeutung haben. Dafür stehen folgende ständige Rubriken zur Verfügung: Originalbeiträge, Kurzfassungen von Dissertationen, Master- und Diplomarbeiten, Standpunkt, Praxis Ornithologie, Spannendes im „Journal of Ornithology“, Aus der DO-G, Persönliches, Ankündigungen und Aufrufe, Nachrichten, Literatur (Buchbesprechungen, Neue Veröffentlichungen von Mitgliedern). Aktuelle Themen können in einem eigenen Forum diskutiert werden.

Internet-Adresse

<http://www.do-g.de/Vogelwarte>

Text

Manuskripte sind so knapp wie möglich abzufassen, die Fragestellung muss eingangs klar umrissen werden. Der Titel der Arbeit soll die wesentlichen Inhalte zum Ausdruck bringen. Werden nur wenige Arten oder Gruppen behandelt, sollen diese auch mit wissenschaftlichen Namen im Titel genannt werden. Auf bekannte Methoden ist lediglich zu verweisen, neue sind hingegen so detailliert zu beschreiben, dass auch Andere sie anwenden und beurteilen können. Alle Aussagen sind zu belegen (z. B. durch Angabe der Zahl der Beobachtungen oder Versuche und der statistischen Kennwerte bzw. durch Literaturzitate). Redundanz in der Präsentation ist unbedingt zu vermeiden. In Abbildungen oder Tabellen dargestelltes Material wird im Text nur erörtert.

Allen Originalarbeiten sind **Zusammenfassungen in Deutsch und Englisch** beizufügen. Sie müssen so abgefasst sein, dass Sie für sich alleine über den Inhalt der Arbeit ausreichend informieren. Aussagegelose Zusätze wie „...auf Aspekte der Brutbiologie wird eingegangen...“ sind zu vermeiden. Bei der Abfassung der englischen Textteile kann nach Absprache die Schriftleitung behilflich sein.

Längeren Arbeiten soll ein Inhaltsverzeichnis vorangestellt werden. Zur weiteren Information, z. B. hinsichtlich der Gliederung, empfiehlt sich ein Blick in neuere Hefte. Auszeichnungen wie Schrifttypen und -größen nimmt in der Regel die Redaktion oder der Hersteller vor. Hervorhebungen im Text können (nur) in Fettschrift vorgeschlagen werden.

Wissenschaftliche Artnamen erscheinen immer bei erster Nennung einer Art in kursiver Schrift (ebenso wie deutsche Namen nach der Artenliste der DOG), Männchen und Weibchen-Symbole sollen zur Vermeidung von Datenübertragungsfehlern im Text nicht verwendet werden (stattdessen „Männchen“ und „Weibchen“ ausschreiben). Sie werden erst bei der Herstellung eingesetzt. Übliche (europäische) Sonderzeichen in Namen dürfen verwendet werden. Abkürzungen sind nur zulässig, sofern sie normiert oder im Text erläutert sind.

Abbildungen und Tabellen

Abbildungen müssen prinzipiell zweisprachig erstellt werden (d.h. Worte in Abbildungen deutsch und englisch). Auch bei Tabellen ist dies im sinnvollen Rahmen anzustreben. In jedem Falle erhalten Abbildungen und Tabellen zweisprachige Legenden. Diese werden so abgefasst, dass auch ein nicht-deutschsprachiger Leser die Aussage der Abbildung verstehen kann (d.h. Hinweise wie „Erklärung im Text“ sind zu vermeiden). Andererseits müssen aber Abbildungslegenden so kurz und griffig wie möglich gehalten werden. Die Schriftgröße in der gedruckten Abbildung darf nicht kleiner als 6 pt sein (Verkleinerungsmaßstab beachten!).

Für den Druck zu umfangreiche **Anhänge** können von der Redaktion auf der Internet-Seite der Zeitschrift bereitgestellt werden.

Literatur

Bei Literaturziten im Text sind keine Kapitälchen oder Großbuchstaben zu verwenden. Bei Arbeiten von zwei Autoren werden beide namentlich genannt, bei solchen mit drei und mehr Autoren nur der Erstautor mit „et al.“. Beim Zitieren mehrerer Autoren an einer Stelle werden diese chronologisch, dann alphabetisch gelistet (jedoch Jahreszahlen von gleichen Autoren immer zusammenziehen). Zitate sind durch Semikolon, Jahreszahl-Auflistungen nur durch Komma zu trennen. Im Text können Internet-URL als Quellenbelege direkt genannt werden. Nicht zitiert werden darf Material, das für Leser nicht beschaffbar ist wie unveröffentlichte Gutachten oder Diplomarbeiten.

In der Liste der zitierten Literatur ist nach folgenden Mustern zu verfahren: a) Beiträge aus Zeitschriften: Winkel W, Winkel D & Lubjuhn T 2001: Vaterschaftsnachweise bei vier ungewöhnlich dicht benachbart brütenden Kohlmeisen-Paaren (*Parus major*). J. Ornithol. 142: 429-432. Zeitschriftennamen können abgekürzt werden. Dabei sollte die von der jeweiligen Zeitschrift selbst verwendete Form verwendet werden. b) Bücher: Berthold P 2000: Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. c) Beiträge aus Büchern mit Herausgebern: Winkler H & Leisler B 1985: Morphological aspects of habitat selection in birds. In: Cody ML (Hrsg) Habitat selection in birds: 415-434. Academic Press, Orlando.

Titel von Arbeiten in Deutsch, Englisch und Französisch bleiben bestehen, Zitate in anderen europäischen Sprachen können, Zitate in allen anderen Sprachen müssen übersetzt werden. Wenn vorhanden, wird dabei der Titel der englischen Zusammenfassung übernommen und das Zitat z.B. um den Hinweis „in Spanisch“ ergänzt. Diplomarbeiten, Berichte und ähnl. können zitiert, müssen aber in der Literaturliste als solche gekennzeichnet werden. Internetpublikationen werden mit DOI-Nummer zitiert, Internet-Seiten mit kompletter URL und dem Datum des letzten Zugriffes.

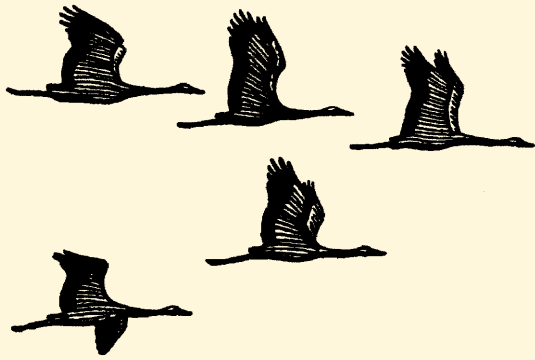
Buchbesprechungen sollen in prägnanter Form den Inhalt des Werks umreißen und für den Leser bewerten. Die bibliographischen Angaben erfolgen nach diesem Muster:

Joachim Seitz, Kai Dallmann & Thomas Kuppel: Die Vögel Bremens und der angrenzenden Flussniederungen. Fortsetzungsband 1992-2001. Selbstverlag, Bremen 2004. Bezug: BUND Landesgeschäftsstelle Bremen, Am Dobben 44, D-28203 Bremen. Hardback, 17,5 x 24,5 cm, 416 S., 39 Farbfotos, 7 sw-Fotos, zahlr. Abb. und Tab. ISBN 3-00-013087-X. € 20,00.

Dateiformate

Manuskripte sind als Ausdruck oder in elektronischer Form möglichst per Email oder auf CD/Diskette an Dr. Wolfgang Fiedler, Vogelwarte Radolfzell, Schlossallee 2, 78315 Radolfzell (Email: fiedler@orn.mpg.de) zu schicken (Empfang wird innerhalb weniger Tage bestätigt). Texte und Tabellen sollen in gängigen Formaten aus Office-Programmen (Word, Excel etc.) eingereicht werden. Abbildungen werden vom Hersteller an das Format der Zeitschrift angepasst. Dafür werden die Grafiken (Excel oder Vektordateien aus den Programmen CorelDraw, Illustrator, Freehand etc. (Dateiformate eps, ai, cdr, fh) und separat dazu die die dazugehörigen Dateien als Excel-Tabellen (oder im ASCII-Format mit eindeutigen Spaltendefinitionen) eingesandt. Fotos und andere Bilder sind als tiff- oder jpeg-Dateien (möglichst gering komprimiert) mit einer Auflösung von 300 dpi in der Mindestgröße 13 x 9 bzw. 9 x 13 cm zu liefern. In Einzelfällen können andere Verfahren vorab abgesprochen werden.

Autoren erhalten von ihren Originalarbeiten ein PDF-Dokument.



Vogelwarte

Zeitschrift für Vogelkunde

Band 50 • Heft 2 • Mai 2012

Inhalt – Contents

Karl-Heinz Frommolt, Ommo Hüppop, Rolf Bardeli, Reinhold Hill, Martina Koch, Klaus-Henry Tauchert & Raimund Specht: Automatisierte Methoden der Erfassung von Rufen und Gesängen in der avifaunistischen Feldforschung – <i>Methods for the automatic recording of bird calls and songs in field ornithology</i>	65
Dieter Thomas Tietze: Vogellaute als taxonomische Merkmale – <i>Bird sounds as taxonomic characters</i>	79
Kathrin Hüppop, Jochen Dierschke, Reinhold Hill & Ommo Hüppop: Jahres- und tageszeitliche Phänologie der Vogelrufaktivität über der Deutschen Bucht – <i>Annual and diurnal phenology of birdcall activity above the German Bight</i>	87
Stefan Bosch, Jonas Schmidt-Chanasit & Wolfgang Fiedler: Das Usutu-Virus als Ursache von Massensterben bei Amseln <i>Turdus merula</i> und anderen Vogelarten in Europa: Erfahrungen aus fünf Ausbrüchen zwischen 2001 und 2011 – <i>Usutu Virus as cause of mass mortality in Blackbirds Turdus merula and other bird species in Europe: experiences from five outbreaks between 2001 and 2011</i>	109
Dissertationen, Master- und Diplomarbeiten	123
Spannendes im „Journal of Ornithology“	125
Aus der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft.....	129
Persönliches	135
Ankündigungen und Aufrufe	135
Nachrichten.....	137
Literaturbesprechungen	139