

Stimmanalyse beim Uhu *Bubo bubo* – eine Möglichkeit zur Individualerkennung

Thierry Lengagne

How to identify Eagle Owl individuals by their calls

The recognition of individuals plays an important role in the biology of many animal species. Therefore an individual recognition is necessary for most interactions between two or more individuals. If these individually distinct signals are biologically important they should as well be interesting for human observers. Especially as they allow the recognition of an individual from a distance without having to capture it. This study shows that it is possible to precisely identify Eagle Owl individuals by their calls. The very characteristic and individual calls do not change from one year to the other.

Thierry Lengagne, UMR – CNRS 5023, Université Claude Bernard Lyon 1 Bât. Darwin C, Université Claude Bernard Lyon 143 Bd du 11 Novembre 1418, 69622 Villeurbanne cedex, France; e-mail: lengagne@univ-lyon1.fr

Einführung

Die individuelle Erkennung ist ein Schlüsselvorgang bei der Mehrzahl der Interaktionen zwischen Individuen. Letztlich verlangt jede Interaktion, dass das antwortende Tier in seinem Verhalten passend reagiert. Jede Identifikation erfordert natürlich die Verwendung eines individuellen charakteristischen Signals, sei sie chemischer, elektrischer, visueller oder akustischer Art. Bei Amphibien, Vögeln und Säugetieren spielt das Tonsignal oft eine wichtige Rolle bei diesem Vorgang. Unter evolutiven Gesichtspunkten hat sich der Gebrauch eines individuellen akustischen Signals vor allem in drei verschiedenen biologischen Zusammenhängen ausgeprägt (Zusammenfassung bei Falls 1982): Das Auftreten eines individuellen charakteristischen Signals scheint zunächst eine Anpassung an territoriales Verhalten zu sein (Brooks & Falls 1975, Wunderle 1979, Stoddard et al. 1991). Bei territorialen Tieren ist es nützlich, ein bekanntes Nachbarmännchen von einem unbekanntem fremden Männchen unterscheiden zu können, um angemessen agonistisch (mit Drohverhalten) zu reagieren. Diese Theorie sagt voraus, dass ein Männchen weniger

heftig auf den Gesang eines Nachbarmännchens als auf den eines fremden Männchens reagieren wird (denn während Auseinandersetzungen mit Nachbarmännchen erlauben, die Grenzen der jeweiligen Reviere zu fixieren, ist ein fremdes Männchen womöglich auf der Suche nach einem neuen Revier). Bei vielen Arten hat sich gezeigt, dass die Männchen imstande sind, ihre Verhaltensantwort zu dosieren, um so ihren Energieaufwand sowie die mit einem Konflikt verbundenen Risiken zu begrenzen. Beim Leben in einer Gruppe bedienen sich die Tiere häufig einer Hierarchie. Dabei ist eine individuelle Identifikation notwendig, um eine gegenüber allen anderen Gruppenmitgliedern angemessene Verhaltensweise anzunehmen. Schließlich schränkt beim Leben in der Kolonie die Vergesellschaftung tausender Individuen verständlicherweise eine Benutzung topographischer Orientierungsmarken ein, die im Allgemeinen Elterntieren zum Wiederauffinden ihres Nestes und damit ihrer Nachkommen dienen (Lengagne et al. 1999a). Zahlreiche Studien an koloniebrütenden Meeresvögeln zeigen, dass eine individuelle Stimme eine entscheidende Rolle bei der Wiedererkennung Elterntier – Küken spielt (Jouventin et al. 1999, Lengagne et al. 2001,

2004). Bei bestimmten Arten spiegelt sich ein Versagen bei der Identifikation sogar direkt in einem Brutaussfall wider.

Ein individuelles charakteristisches Signal wie die Stimme zeigt sich immer daran, dass die intraindividuelle Variabilität geringer ist als die interindividuelle (Beer 1970, Falls 1982, Lambrechts & Dhondt 1995, Lengagne et al. 1997). Mit anderen Worten: zwei Rufe desselben Vogels müssen sich mehr gleichen als zwei Rufe verschiedener Vögel. Dieses individuelle charakteristische Signal, das so wichtig bei einer Vielzahl biologischer Vorgänge ist, kann auch vom menschlichen Beobachter zur individuellen Identifikation von Tieren aus der Entfernung ausgenutzt werden, ohne sie fangen zu müssen. In dieser Studie habe ich versucht zu entscheiden, (i) ob die Rufe des Uhus ein individuelles charakteristisches Signal sind, und (ii) ob dieses Signal über einen längeren Zeitraum ausreichend stabil ist, um wirklich bei Populationsuntersuchungen eingesetzt werden zu können.

Material und Methoden

Alle Aufnahmen wurden während der Abenddämmerung bei trockenem Wetter und Windstille durchgeführt, da Wind Aufnahmequalität und Lautsignale der Vögel zugleich verändern kann (Lengagne et al. 1999b, 2002). Denn mit der bei unterschiedlichen Aufnahmen meist auch unterschiedlichen Entfernung zum Tonerzeuger ändert sich die Frequenzstruktur des Signals. So

verschlechtert sich bei der Ausbreitung des Tons die Übertragung hoher Frequenzen schneller als die der tiefen. Daher könnte eine wahrgenommene individuelle Variabilität also auch einfach auf eine Veränderung des Abstandes zwischen Tonerzeuger und Mikrofon zurückzuführen sein. Um diesen systematischen Fehler zu umgehen, wurde die Tonanalyse nur mittels der Grundfrequenz durchgeführt. Die Aufnahmen wurden aus einer geringen Distanz (100-200 m) mit einem Sony TDC 10 Pro II Digital-Audiokassettenrekorder (Arbeitsfrequenz: 44,6 kHz, Korrespondenzfrequenzspanne: 20-20 000 Hz \pm 1 dB), in Kombination mit einem Beyer Dynamic M300 TG Mikrofon (Frequenzbereich: 200-10 000 Hz \pm 2 dB) in einem Parabolspiegel mit Durchmesser 60 cm hergestellt. Nach mehreren Laborversuchen stellte sich heraus, dass diese Art Versuchsaufbau die besten Aufnahmen für eine Analyse der Gesangsgrundfrequenz ermöglicht.

Um festzustellen, ob die Gesänge des Uhus individuell charakteristisch sind, wurden 9 wild lebende Individuen (116 Rufe) im Cantalgebirge (45°N, 2,5°O, Frankreich) aufgenommen. Will man die zeitliche Stabilität der Signale ermitteln, müssen die einzelnen Individuen über mehrere Jahre hinweg identifiziert werden. Weil eine solche Identifikation in der Natur unrealistisch erscheint, habe ich mich dafür entschieden, zunächst mit 90 Rufen zu arbeiten, die von 8 im Zoo gehaltenen Vögeln stammen und über 2 – bei 2 Vögeln über 3 Jahre – in Folge gesammelt worden waren.

Um die Grundfrequenz zu isolieren, wurde

Tab. 1. Eigenschaften der zeitlichen und der Frequenzparameter der Aufnahmen (N=116). Für jeden Parameter wurde der interindividuelle und der intraindividuelle Variationskoeffizient (CV_b und CV_i) berechnet. Es wurde der Median mittlere CV_i der neun Vögel berechnet. Das Verhältnis CV_b zum mittleren CV_i zeigt, wie groß die Variation zwischen zwei Individuen im Vergleich zur Variation innerhalb der Rufe eines Tiers ist. – *Characteristics of the temporal and frequency's parameters measured on the hootings recordings (N=116). For each parameter, the between-individual and within-individual coefficient of variation (CV_b and CV_i) were computed. The median CV_i of the 9 birds was calculated and the ratio $CV_b/\text{median } CV_i$ indicates how great the between-individual variation is relative to the within-individual variation.*

| | Duration (ms) | Durasc (ms) | Lowerf1 (Hz) | Upperf (Hz) | Lowerf2 (Hz) | Princf (Hz) |
|----------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Average | 373,54 | 58,65 | 314,04 | 419,77 | 396,09 | 290,30 |
| Mediane | 332,00 | 51,00 | 320,00 | 430,00 | 398,00 | 301,00 |
| SE | 13,98 | 2,28 | 2,78 | 4,27 | 2,61 | 4,38 |
| CV_b | 40,40 | 42,02 | 9,54 | 10,97 | 7,12 | 16,30 |
| CV_i median | 3,76 | 5,97 | 2,08 | 2,13 | 1,69 | 1,55 |
| $CV_b/\text{median } CV_i$ | 10,75 | 7,04 | 4,59 | 5,15 | 4,23 | 10,49 |

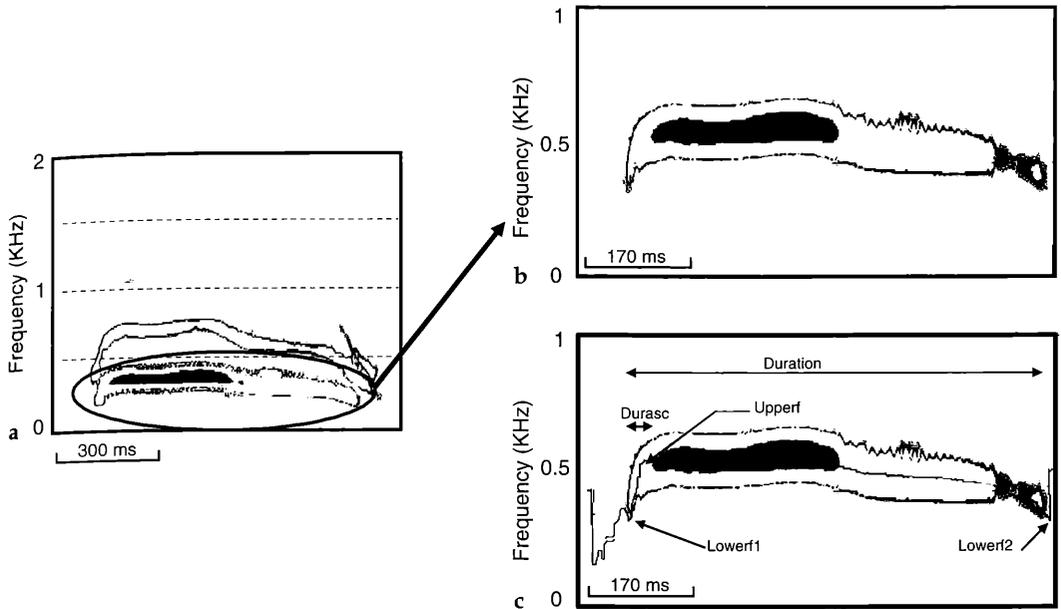


Abb. 1. Rufanalyse. *a*, Uhurufe enthalten Grundfrequenzen mit Obertönen, doch zur Vermeidung systematischer Fehler aufgrund der Schallausbreitung (s. Text) wurde der Ruf gefiltert (*b*), so dass die Rufanalyse nur auf der Grundlage der Grundfrequenz durchgeführt wurde. *c*, die Frequenz wurde durch Autokorrelation (schwarze Linie) auf Tonband aufgezeichnet, um genaue Messungen ihrer Form zu erhalten. Den Ruf beschreibende Parameter: Rufdauer (Duration); Anstiegsdauer (Durasc), Niederfrequenz 1 (Lowerf1), Niederfrequenz 2 (Lowerf2) und Hochfrequenz (Upperf). Die Frequenz mit der maximalen Energie wird von einem 4098-Punkte-FFT gekennzeichnet. – *Call analysis.* *a*, Eagle owl calls contains a fundamental frequency with harmonics but in order to avoid bias due to sound propagation (see text), call was filtered (*b*) and sound analysis was performed only on fundamental frequency. *c*, frequency was tracked by autocorrelation (black line) to obtain accurate measurements of its shape. Parameters measured to describe the call are: duration of the call (Duration), duration of the ascending part (Durasc), lower frequency 1 (Lowerf1), lower frequency 2 (Lowerf2) and upper frequency (Upperf). The frequency with the maximum energy is identified from 4096 points FFT done in the middle of the call.

das Signal gefiltert, um niedrigere Frequenzen (0-100 Hz) sowie Frequenzen über 1 kHz (Abb. 1) zu eliminieren. Mit dem Ziel, noch genauere Messergebnisse zu erhalten, als man anhand eines einfachen Spektrogrammes ermitteln kann, wurde die Momentanfrequenz über eine Zero-crossing-

Methode aufgezeichnet. Der Ruf wurde mittels 6 Variablen (Tab. 1) beschrieben: Rufdauer (Duration); Anstiegsdauer (Durasc), Niederfrequenz 1 (Lowerf1), Niederfrequenz 2 (Lowerf2) und Hochfrequenz (Upperf). Schließlich wurde ein 4096 FFT in der Mitte des Rufes ausgeführt, um

Tab. 2. Eigenwerte der sechs Diskriminanzfunktionen, erklärte Varianz (prozentual für jeden Parameter und kumulativ) und kanonische Korrelationskoeffizienten. – *Eigen values of the six discriminant functions, percentage of the total variation accounted for each parameter and canonical correlation.*

| Function | Eigen values | % of variance | cumulative % | Canonical correlation |
|----------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|
| 1 | 145,634 | 53,9 | 53,9 | 0,997 |
| 2 | 76,577 | 28,3 | 82,2 | 0,994 |
| 3 | 36,654 | 13,6 | 95,8 | 0,987 |
| 4 | 9,343 | 3,4 | 99,2 | 0,950 |
| 5 | 1,554 | 0,6 | 99,8 | 0,780 |
| 6 | 0,499 | 0,2 | 100,0 | 0,577 |

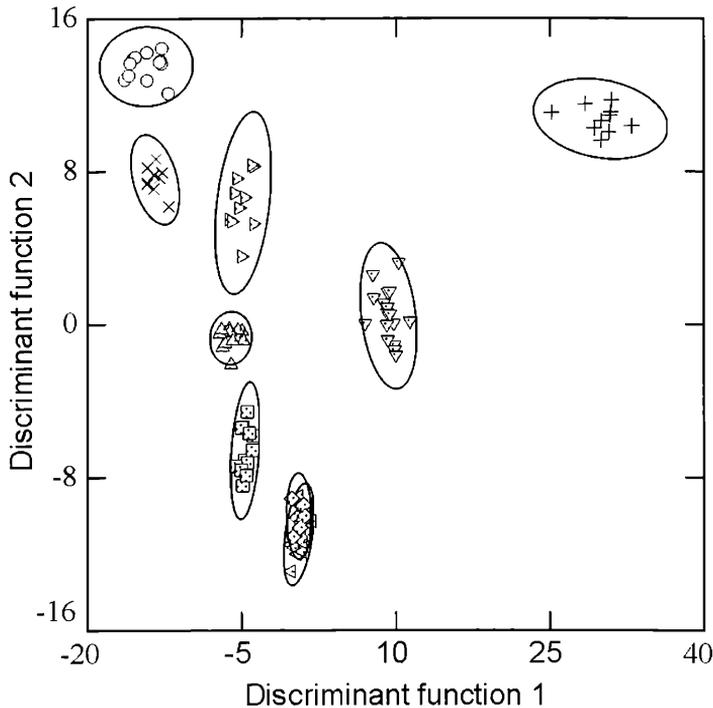


Abb. 2. Unterscheidung der Uhu-Individuen mithilfe der Rufanalyse (Details zu den Diskriminanzfunktionen s. Tab. 2) – *Discrimination of the eagle owls using call analysis (for more details see Tab. 2).*

die Frequenz während der Maximalamplitude (Princf) festzustellen. Es wurde in Zeiteinheiten von ms aufgenommen, sämtliche Frequenzmessungen erfolgten in kHz.

Mit ein- und mehrdimensionalen Analysen wurde das Signal auf den Gehalt von Informationen untersucht, die auf Individualität hindeuteten. Mittel, Standardabweichung und Abweichungskoeffizienten (v) wurden berechnet, indem die Formel für kleine Proben zugrunde gelegt wurde: $V = 100(\sigma/\mu)(1 + n/4)$. Der mittlere individuelle Variationskoeffizient für jede Variable (v_i) und der interindividuelle Variationskoeffizient (V_b) wurden auf diese Weise berechnet. Dabei ergab das Verhältnis von V_b und mittlerem v_i ein Maß für die Individualität des Rufes. Dafür wurde angenommen, dass eine größere Variation zwischen einzelnen Individuen als Variationen bei einem Individuum von Variablen abhängt, die für individuelle Variation typisch sind. Für die multidimensionale Analyse erfolgte eine Analyse mittels einer linearen Diskriminanzfunktion. Die Werte wurden vereinheitlicht, indem sie als Ab-

weichungen vom Durchschnitt in Einheiten von innerhalb der individuellen Standardabweichung ausgedrückt wurden. Da die Daten in verschiedenen Einheiten erfasst worden waren, reduzierte diese Standardisierung die Variablen auf eine vergleichbare Form. Auf diese Weise wurde eine unangemessene Gewichtung von Ausreißern und stark variierenden Ergebnissen vermieden. Das Ziel der Analyse mittels einer linearen Diskriminanzfunktion war es, lineare Funktionen zu berechnen, die die Wahrscheinlichkeit maximierten, Werte korrekt in den Datensatz zu übertragen. Die Diskriminanzfunktion wird von allen Rufen abgeleitet, die nicht zu klassifizieren waren. Es werden nicht dieselben Rufe genutzt, um die Diskriminanzfunktion sowohl zu erstellen als auch zu testen (Jackknife Konfusions-Matrix).

Anhand der Vögel der zweiten Gruppe wurde untersucht, ob akustische Charakteristika individueller Rufe über Jahre konstant bleiben. Mithilfe einer ANOVA wurde die statistische Variabilität jedes Parameters im langfristigen Rahmen getestet.

Ergebnisse

Typischerweise besteht der Ruf Uhus aus einer Frequenzmodulation, die $373,54 \pm 14$ ms ($\mu \pm$ SE), dauert. Eigenschaften der Rufparameter sind aus Tab. 1 ersichtlich. Alle sechs Parameter sagen aus, dass der Ruf hohe Konstanz zeigte und offenbar für ein Individuum spezifisch war (v_i zwischen 1,7 und 6). Dem gegenüber bewies die Analyse eine bedeutsame interindividuelle Variation (V_b zwischen 7,1 und 42). Schließlich zeigten die untersuchten Parameter ein V_b /Mittel- v_i -Verhältnis von >1 (Verhältnis zwischen 4,2 und 10,8) auf. Sämtliche Parameter erschienen deshalb für eine individuelle Identifikation nützlich.

Insbesondere ist die Anwendung der Analyse mittels Diskriminanzfunktion geeignet, die 9 untersuchten Individuen zu unterscheiden (Abb. 2). Alle sechs erzeugten Diskriminanzfunktionen waren hoch signifikant und die ersten 4 machten 99,2 % der Varianz aus (Tab. 2). Die Jackknifed Konfusions-Matrix bewies, dass es keine Fehlzuweisung gab, so dass sämtliche 116 Rufe den 9 Uhus korrekt zugewiesen wurden (s. Abb. 2 auf der Grundlage der Ergebnisse der Diskriminanzanalyse).

Bezüglich der Stabilität der individuellen Signale über Jahre hinweg hat ANOVA keine statistischen Differenzen der Parameter gezeigt, die anhand von Rufen über 2 verschiedene Jahre erstellt wurden, (außer Parameter Lowerf bei Vogel 13 und Princf bei Vogel 11).

Diskussion

Der Revierruf des Uhus offenbarte ein V_b / v_i -Verhältnis in der gleichen Größenordnung (zwischen 4,7 und 11,9) wie bei vielen Arten, von denen man weiß, dass sie akustische Signale nutzen, um sich als Individuen zu erkennen. Beispielsweise rangierten Messungsergebnisse bei Pinguinarten zwischen 0,4 und 18 (Robisson et al. 1993, Lengagne 1999) und beim Waldkauz *Strix aluco* zwischen 3 und 17,2 (Galeotti & Pavan 1991). In Bezug auf die Unterscheidungsrate, welche durch die Analyse mittels Diskriminanzfunktion bestimmt wurde, glichen die Werte weitgehend denjenigen, die Galeotti & Pavan 1991 bei Waldkäuzen ermittelten (99,1 % der Rufe werden korrekt eingeordnet), doch waren sie höher als bei Weißkopf-Seeadler *Haliaeetus leucocephalus* (83-100 %), Sperlingskauz *Glaucidium passerinum* (84,6 %) oder Weihnachts-

kauz *Ninox natalis* (91,3 %) (Galeotti et al. 1993, Eakle et al. 1989, Hill & Lill 1998). Darüber hinaus konnten wir unter experimentellen Bedingungen eine hohe Stabilität der individuellen Kennzeichen über Jahre hinweg beobachten. Bisher wurden nur wenige Studien über diese zeitliche Konstanz der charakteristischen individuellen Signale angefertigt, da dies voraussetzt, mit Gewissheit die untersuchten Vögel längerfristig identifizieren zu können (siehe dazu die von Peake et al. 1997 an drei Wachtelkönigen *Crex crex* in 2 aufeinander folgenden Jahren durchgeführte Studie). Geht man von dem Prinzip aus, dass zwischen dieser Stabilität in meiner Studie und der Gefangenschaftssituation der Vögel kein direkter Zusammenhang besteht, können die akustischen Signale des Uhus ein besonders interessantes Hilfsmittel für eine individuelle Weiterverfolgung der Tiere in ihrem natürlichen Lebensraum sein (acoustic banding).

Eine Populationsuntersuchung bedarf normalerweise der Möglichkeit, alle Individuen präzise zu identifizieren (z.B. mit im Rahmen von Fang-Markierung-Wiederfang (capture-mark-recapture, CMR) überwachten Individuen). Nun ist es in der Natur aber oftmals notwendig, mit Markierungen zu arbeiten, wenn bestimmte Arten keine individuelle Farbmusterung aufweisen, die unter Ausschluss jeglichen Irrtums eine individuelle Identifikation zulässt (z.B. Gelbbauchunke *Bombina variegata*, deren Bauch mit einem gelb-schwarzen Fleckenmuster versehen ist, das sich spezifisch von Individuum zu Individuum unterscheidet). Bei den Vögeln sind derzeit drei Arten von (optischen) Markierungen im Einsatz: Farbmarkierungen auf den Flügeln (zeitlich begrenzte Markierung), Anbringen von Plastikringen, die mit einer Nummer versehen sind und aus mittlerer Distanz abgelesen werden können (mittelfristige Markierung) und der Gebrauch von Metallringen (Langzeitmarkierung). Studien haben jedoch gezeigt, dass diese Ringe die Überlebenschancen eines Individuums beeinträchtigen können und für das Markieren muss darüber hinaus der Fang der Vögel in Kauf genommen werden. Eine solche Manipulation ist besonders für Felsbrüter nicht immer ohne Risiko. Außerdem bedarf eine aussagekräftige wissenschaftliche Beobachtung mittels einer CMR-Methode einer regelmäßigen (jährlichen) Identifikation sämtlicher Individuen einer Population, was die Risiken enorm erhöht. Bei Arten wie dem Uhu macht es ihre nächtliche Lebensweise in Verbindung mit den befiederten

Tarsi praktisch unmöglich, aus der Entfernung einen Ring abzulesen; jede Identifikation würde i.d.R. einen erneuten Fang erfordern.

Eine weitere, extrem zuverlässige Methode wäre die individuelle Identifikation anhand einer DNA-Analyse. Zudem erlaubt diese molekulargenetische Methode, Männchen und Weibchen zu unterscheiden und macht einen Fang der Vögel entbehrlich, da es genügt, Jahr für Jahr alle Federn an einem Nistplatz einzusammeln und die aus ihnen extrahierte DNA zu untersuchen. Im Gegenzug ist diese Methode besonders aufwändig (um die 15 € pro Feder), was ihre Anwendung schon deshalb schwierig gestaltet, weil eine Vielzahl Federn pro Nest zu analysieren sind und die Population umfangreich ist.

Dagegen benötigt die akustische Identifikation nur in begrenztem Umfang Material: Kassettenrekorder, Mikrofom mit Parabolspiegel bzw. ein Richtmikrofon, sowie einen Computer zur Rufanalyse und Durchführung einer statistischen Auswertung. Darüber hinaus müssen die zu untersuchenden Tiere nicht eingefangen werden, was gerade bei Felsbrütern interessant ist. Allerdings ist es generell notwendig, sich in ausreichender Nähe zum Uhu zu befinden, um qualitativ hochwertige Aufnahmen zu erhalten (wegen des Verhältnisses zwischen Signal und Hintergrundgeräuschen). Trotzdem ist es manchmal nicht möglich, Aufnahmen zu erhalten, deren Qualität die Identifizierung der Vögel zulässt (Sänger in der Nähe einer Straße mit hohem Verkehrsaufkommen, eines Wasserfalls oder einer unzugänglichen Stelle). Allgemein betrachtet ist diese Methode zur Nachverfolgung jedoch dafür geeignet, eine demographische Populationsuntersuchung durchzuführen. Außerdem verhindert sie Doppelzählungen aufgrund eines Standortwechsels der Tiere von einem Punkt zum anderen zwischen zwei Aufnahmepunkten. Ferner ermöglicht es diese Technik, interessante ethologische Daten wie zu Brutplatz- oder Partnertreue zu erheben.

Daten aus Wildvogelpopulationen sind nun nötig, um sicherzustellen, ob die akustischen Parameter des Rufes über Jahre hinweg beständig sind, und um einzuschätzen, ob Vögel individuelle Rufsignale zur Unterscheidung ihrer Nachbarn einsetzen.

Zusammenfassung

Die Wiedererkennung von Individuen spielt bei sehr vielen Tierarten eine wichtige biologische Rolle. Denn für die meisten Vorgänge, an denen ein oder mehrere Individuen beteiligt sind, ist es notwendig, dass diese sich gegenseitig individuell erkennen können. Wenn also derartige individuell charakteristische Signale oft biologisch eine sehr wichtige Rolle spielen, können sie gleichermaßen für einen menschlichen Beobachter interessant sein. Denn sie erlauben es ihm, ein Individuum aus der Entfernung zu identifizieren, ohne es einfangen zu müssen. Die Auswertung der bei dieser Studie erhaltenen Daten zeigt, dass es möglich ist, Uhus sehr präzise anhand ihrer Rufe zu identifizieren. Denn der Uhu hat eine individuelle, charakteristische Stimme, die sich von einem Jahr zum anderen nicht ändert.

Dank. Besonderer Dank gebührt Espaces et Recherches und dabei besonders Henri Vidal und Eric Rousseau für ihre Mitwirkung bei der Ortung der Eulen im Feldexperiment. Wärmsten Dank auch an das Team von Ménagerie du Jardin des Plantes de Paris, dem Centre de soins de la faune sauvage de Tonneins, die ferme aux oiseaux de Libourne und die Volerie des aigles de Carcassonne. Im Besonderen danke ich M. Marjari, M. Bouyer und M. Joubert für ihren freundlichen Empfang und die wertvolle Hilfe. Ich bin Rémi Helder für die Erlaubnis, diese Studie am Centre de Recherches et de Formation en Eco-Ethologie durchzuführen, sowie Jacques Lauga für seine Ratschläge bei Fragen der Statistik dankbar. Ich stehe in der Schuld von A. v. Lindeiner aufgrund seiner Hilfe beim Erstellen dieses Berichtes und für die Verbesserung meines Englisch. Danke an das Team des Eulenworkshops in Aschaffenburg. Die Forschungsarbeit wurde im Besonderen vom Crédit de Vouzieres unterstützt.

Literatur

- Beer, C. G. (1970): Individual recognition of voice in the social behaviour of birds. *Adv. Stud. Behav.* 3: 27-74.
- Brooks, R. J. & J. B. Falls (1975): Individual recognition by song in white throated sparrows. I discrimination neighbors/strangers. *Can. J. Zool.* 53: 879-888.
- Eakle, W. L., R. W. Mannan & T. G. Grubb (1989): Identification of individual breeding Bald eagles by voice analysis. *J. Wildl. Manag.* 53: 450-455.
- Falls, J. B. (1982): Individual recognition by sounds in birds. In: Kroodsma, D. E. & E. H. Miller (eds.) *Acoustic Communication in Birds*. Academic Press, New York.
- Galeotti, P., M. Paladin & G. Pavan (1993): Individually distinct hooting in male Pygmy Owls *Glaucidium passerinum*: a multivariate approach. *Ornis Scand* 24: 15-20.

- Galeotti, P. & G. Pavan (1991): Individual recognition of male Tawny owls (*Strix aluco*) using spectrograms of their territorial calls. *Ethol. Ecol. Evol.* 3: 113-126.
- Hill, F. A. R. & A. Lill (1998): Vocalisations of the christmas island hawk-owl *Ninox natalis*: individual variation in advertisement calls. *Emu* 98: 221-226.
- Jouventin P., T. Aubin, T. Lengagne (1999) : Finding its parent in a king penguin colony : the acoustic system of individual recognition. *Anim. Behav.*
- Lambrechts, M. M. & A. A. Dhondt (1995): Individual voice discrimination in birds. In: D. M. Power, (ed.): *Current Ornithology*. Plenum Press, New York.
- Lengagne, T. (1999) Communication acoustique en milieu colonial : la reconnaissance individuelle chez le manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*). Ph.D. dissertation, University of Toulouse, France.
- Lengagne, T., J. Lauga & P. Jouventin (1997): A method of independent time and frequency decomposition of bioacoustic signals : inter-individual recognition in four species of penguins. *C. R. Acad. Sci. Paris* 320: 885-891.
- Lengagne, T., P. Jouventin & T. Aubin (1999a): Finding one's mate in a king penguin colony: efficiency of acoustic communication. *Behaviour* 136: 833-846.
- Lengagne, T., T. Aubin, J. Lauga & P. Jouventin (1999b): How do king penguins (*Aptenodytes patagonicus*) apply the Mathematical Theory of Information to communicate in windy conditions? *Proc. Roy. Soc. London B* 266: 1623-1628.
- Lengagne, T., J. Lauga & T. Aubin (2001): Intra-syllabic acoustic signatures used by the king penguin in parent-chick recognition: an experimental approach. *J. Exp. Biol.* 204: 663-672.
- Lengagne, T. & P. J. B. S. Slater (2002): The effect of rain on acoustic communication: tawny owls have good reason for calling less in wet weather. *Proc. R. Soc. London B* 269: 2121-2125.
- Lengagne, T., M. P. Harris, S. Wanless & P. J. B. Slater (2004): Finding your mate in a seabird colony: contrasting strategies of the guillemot *Uria aalge* and king penguin *Aptenodytes patagonicus*. *Bird Study* 51: 25-33.
- Peake, T. M., P. K. McGregor, K. W. Smith, G. Tyler, G. Gilbert & R. E. Green (1997): Individuality in corn-crake *Crex crex* vocalizations. *Ibis* 140: 120-127.
- Robisson, P., T. Aubin & J.C. Brémond (1993): Individuality in the voice of the emperor penguin *Aptenodytes forsteri*: adaptation to a noisy environment. *Ethology* 94: 279-290.
- Stoddard, P. K., M. D. Beecher, C. L. Horning & S. E. Campbell (1991): Recognition of individual neighbors by song in the song sparrow, a species with song repertoires. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 29: 211-215.
- Wunderle, J. M. (1979): Differential response of territorial Yellowthroats to the songs of neighbors and non neighbors. *Auk* 95: 389-395.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Ornithologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 2005

Band/Volume: [44_2-3](#)

Autor(en)/Author(s): Lengange Thierry

Artikel/Article: [Stimmanalyse beim Uhu Bubo bubo - eine Möglichkeit zur Individualerkennung 91-97](#)