

Individuelle Erkennung und Bestandserfassung bei der Waldschnepfe *Scolopax rusticola* anhand von Gesangsmerkmalen balzender Männchen

Blaise Mulhauser und Jean-Lou Zimmermann



MULHAUSER, B. & J.-L. ZIMMERMANN (2010): Individual recognition and monitoring of male Eurasian Woodcocks *Scolopax rusticola* by characteristics of their roding calls. Ornithol. Beob. 107: 39–50.

Taking a census of the woodcock population during the breeding season is a recurrent problem. Indeed, how to count birds during their displaying flight when the observer stays in a fixed point? The key to this problem is the identification of individual Woodcock ♂ by characteristics of their songs. From 2002 to 2006, thousands of sonagrams have been recorded in one roding area in the Jura mountains in order to determine the best way of identifying individuals. To test it, a second site has been investigated in 2006.

The graphic analysis of sonagrams shows that the melody is made up of two to six deep elements (low frequency notes), the «row», and one shrill, the «tsip» (high frequency note). Each ♂ has its own song with a precise number of deep notes. We have tested five temporal variables on the «tsip» and/or the «rows» permitting to identify each ♂.

Tests of vocal stability over time have been based on 11 well-known woodcocks. This stability is excellent for the variable E (length of the sound «tsip» at 4.5 kHz, coefficient of variation $c_v < 5\%$) and good for two others ($c_v < 7\%$). A standardized method for identifying individuals can be proposed.

But some precautions have to be taken when applying this quantitative census. The correlation between the number of contacts (N_c) and the number of ♂ (N_m) has been calculated in different areas of the Jura mountains (France and Switzerland) and in Poland and compared with two additional studies published in France and England. The conclusion is that each site shows an excellent linear correlation between N_c and N_m , but the slope of the regression line is changing from one year to all others at the same site and from one site to another. So, an overall mathematic formula based on a fixed ratio of N_c/N_m is impossible to apply. The conclusion is that we cannot use the number of contacts N_c during an observation session to determine population size. In order to count the number of ♂ in a listening station, the sole manner is to proceed with recordings of the roding calls of the woodcocks from year to year.

Blaise Mulhauser und Jean-Lou Zimmermann, Musée d'histoire naturelle, Terreaux 14, CH-2000 Neuchâtel, E-Mail blaise.mulhauser@unine.ch

Bio-akustische Techniken sind in der Ornithologie sehr nützlich, sowohl in der Systematik (Alström 2001) als auch in der Naturschutzbiologie (Terry et al. 2005). Dies gilt ganz besonders für heimliche Arten wie jene der

Gattung *Scolopax*. Mindestens eine Art, die Amamischnepe *S. mira*, wurde überhaupt erst entdeckt, weil ihre Rufe von jenen der Waldschnepfe *S. rusticola* abweichen (Brazil & Ikenaga 1987).

In der Brutzeit lassen sich Waldschnepfen in der Morgen- und in der Abenddämmerung beobachten. Zu diesen Zeiten fliegen die balzenden ♂ auf der Suche nach ♀ niedrig über die Baumwipfel. Das Problem für den Beobachter besteht darin, die Zahl der gleichzeitig Balzflüge vollführenden Waldschnepfen-♂ zu bestimmen.

Trotz mehrerer Untersuchungen ist das Problem der individuellen Erkennung der ♂ immer noch ungelöst. Bio-akustische Methoden können zur Erreichung dieses Ziels beitragen. Dies wurde erstmals bei der Kanadaschnepfe (oder Amerikanischen Waldschnepfe) *S. minor* versucht (Beightol & Samuel 1973, Bourgeois & Couture 1977, Weir & Graves 1982). Bei der eurasischen Waldschnepfe wurde die akustische Erkennung erstmals von Nemetschek (1977 und zit. in Glutz von Blotzheim et al. 1977) erprobt und dann von Ferrand (1987) angewendet, allerdings mit kleinen Stichproben. Dabei kam dieser zum Schluss, dass die Aufnahmetechnik die Hauptschwierigkeit für die nachfolgende Analyse zur Unterscheidung der einzelnen ♂ sei.

Technische Fortschritte bei den Aufnahmegeräten erlauben eine wesentlich effizientere Analyse als noch vor zwanzig Jahren. Die Richtmikrophone sind empfindlicher geworden, und sie erfassen Töne mit besserer zeitlicher Auflösung und genauerer Frequenz (Hopp et al. 1998).

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine Methode zu entwickeln, um dank individueller akustischer Erkennung der Waldschnepfen-♂ unter Einsatz von Tonbandgeräten den Bestand dieser Art besser erfassen zu können.

1. Methoden

1.1. Feldarbeit und Aufnahmen

Die Feldaufnahmen wurden in fünf aufeinanderfolgenden Jahren (2002–2006) an einem Hörpunkt (HP 1) eines Balzgebiets (BG 1) im Neuenburger Jura durchgeführt (Mittelpunkt 46° 55' N, 6° 28' E). 2005 kam ein zweiter Hörpunkt (HP 2) im selben Balzgebiet (BG 1) dazu, im folgenden Jahr ein dritter Hörpunkt (HP 3) in einem weiteren Balzgebiet (BG 2).

Dieses Gebiet (Mittelpunkt 46° 47' 30" N, 6° 26' E) liegt zwischen den Dörfern L'Auberson (Kanton Waadt) und Jougue (Département Doubs, Frankreich).

Die Lautäußerungen der Waldschnepfen wurden mit einem digitalen Gerät Nagra ARES-M aufgenommen. Als Mikrofon diente ein Sennheiser ME 66 mit super-cardioider (nierenförmiger) Richtcharakteristik, als Vorverstärker ein Gerät vom Typ Sonosax SX-BD1. Die Aufnahmen verteilten sich über die ganze Brutzeit (1. April – 15. Juli) und fanden in mehr als 95 % aller Fälle in der Dämmerung statt.

Der Beobachter hielt sich während des ganzen Abends am selben Hörpunkt auf und registrierte alle Kontakte mit Waldschnepfen. Gültige Kontakte waren alle vorbeifliegenden Waldschnepfen, die registriert werden konnten. Dabei war nicht das menschliche Ohr entscheidend, sondern die Empfindlichkeit von Mikrofon und Aufnahmegerät (bzw. die Distanz zwischen Vogel und Gerät). Berücksichtigt wurden Sonogramme mit mindestens einer vollständigen Balzstrophe (Rufreihe mit tiefen quorr-Elementen, Abb. 1). Bei Wind waren Aufnahmen nicht möglich. Ein gültiger Kontakt besteht somit je nach Witterungsbedingungen aus einer Serie von einer bis 12 Strophen, selten auch mehr.

Um zu kontrollieren, ob die Strophen eines ♂ konstant sind, wurden 2005 3 ♂ gefangen, beringt und mit einem Telemetriesender (Biotrack) ausgerüstet. Ausserdem ergänzten wir die Untersuchung mit Fotos und Videoaufnahmen zur visuellen Identifikation von ♂ aufgrund von besonderen Merkmalen (s. Kap. 1.3).

1.2. Analyse der Balzstrophen

Waldschnepfen-♂ tragen ihren Balzgesang fast ausschliesslich im Flug vor. Ein Sing- oder Balzflug kann mehr als 20 min dauern (Ferrand 1989). Der Gesang endet mit der Landung. Der gesamte Balzgesang besteht aus einer Serie von solchen Balzstrophen, die von Pausen unterbrochen sind.

Die Sonogramme wurden mit der Software Batsound 3.0 analysiert. Für die Auswertung

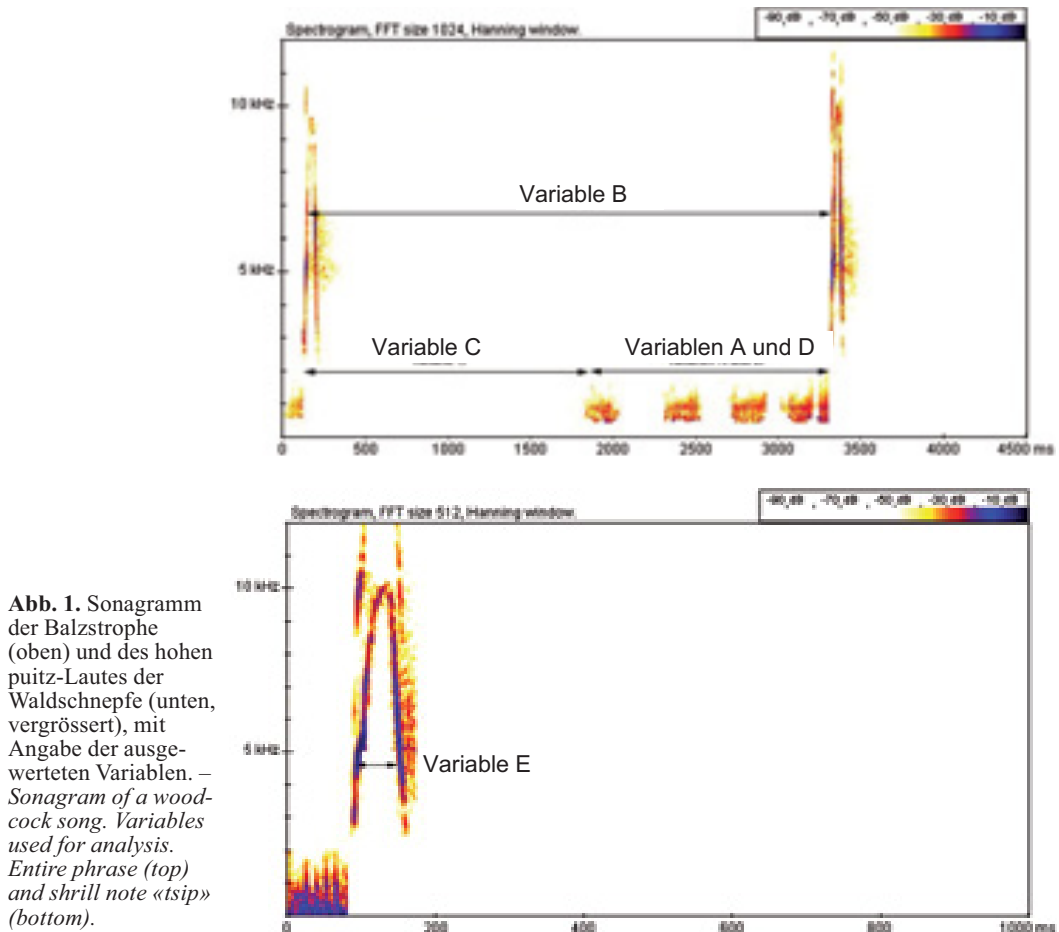


Abb. 1. Sonagramm der Balzstrophe (oben) und des hohen puitz-Lautes der Waldschnepfe (unten, vergrössert), mit Angabe der ausgewerteten Variablen. – *Sonagram of a woodcock song. Variables used for analysis. Entire phrase (top) and shrill note «tsip» (bottom).*

wurden fünf Variablen ausgewählt (Abb. 1):

(A) Anzahl der tiefen quorr-Elemente (5 in Abb. 1) in der Balzstrophe,

(B) Zeitdauer (ms) zwischen zwei hohen (>5 kHz) puitz-Lauten, was der Dauer einer Strophe und der nachfolgenden Pause entspricht,

(C) Dauer der Pause zwischen dem puitz-Element und dem ersten quorr-Element der folgenden Strophe,

(D) Dauer der Balzstrophe (gemessen auf 5 kHz),

(E) Intervall (ms) zwischen Beginn und Ende des puitz-Elements (gemessen auf 4,5 Hz).

Die absoluten Frequenzen sind bei dieser Auswertung nicht relevant, doch könnten sie

ebenfalls eine Bedeutung haben (McGregor, pers. Mitt.).

1.3. Konstanz der Strophen

Um zu prüfen, ob die individuelle Erkennung der Waldschnepfen-♂ anhand der Stimme möglich sei, wurden zu Beginn der Untersuchung Sonagramme von bekannten ♂ analysiert. Es handelte sich um 2 der 3 beringten und mit Telemetriesendern versehenen Vögel, 5 Vögel mit extremen, eigenartigen Strophen und 4 anhand von äusseren Merkmalen erkennbare Vögel (kurzer Schnabel, Fehlen einzelner Hand- oder Armschwingen, besonders lange Schwanzfeder, Ringe, Abb. 2).



Abb. 2. Beispiel einer an äusseren Merkmalen identifizierbaren Waldschnepfe («Violette»): ein Teil der 8. Handschwinge fehlt. – *Example of a well-known woodcock individual surnamed «Violette»; a part of the 8th primary is missing.*

Für diese 11 Vögel berechneten wir den korrigierten Variationskoeffizienten ($c_v^* = (1 + 1/4 n) c_v$) der Variablen B, C, D und E. Die Variabilität der Variablen A ist die Summe atypischer Balzstrophen, also von Strophen, die um ein quorr-Element kürzer oder länger waren als die normale Balzstrophe (nBs), dividiert durch die Anzahl analysierter Balzstrophen ($var = \sum nBs_{x \pm 1} quorr / \sum nBs_i$).

1.4. Individuelle Bestimmung

Um die Methode zu testen, wurde eine Diskriminanzanalyse mit den Werten dieser 11 Vögel durchgeführt. Dabei wurden 5 Kombinationen der 4 Variablen A, B, D und E getestet. Das Ergebnis wird in Prozenten der richtig zugeordneten Strophen ausgedrückt.

1.5. Zählung der Männchen an einem Beobachtungsstandort während der Dämmerungsbalz

Unter Berücksichtigung der stimmlichen Variabilität dieser bekannten ♂ wurde eine einfache Methode entwickelt, um balzende Wald-

schnepfen zu zählen. Sie beruht auf der Kombination der Variablen A, E und B oder dann A, E und D.

Als erstes wird jeder gültige Kontakt einer der 5 Kategorien der Variablen A zugeordnet, nämlich 2, 3, 4, 5 oder 6 tiefe quorr-Laute pro Strophe. Dabei mussten mindestens 66 % der Strophen einer Registrierung in dieselbe Kategorie fallen.

Bei den Variablen B, D und E wurden die Mittelwerte verwendet. Für jede Morgen- oder Abenddämmerung mit Balz wurde eine grafische Darstellung gemacht, mit der Variablen E auf der Abszisse und den Variablen B oder D auf der Ordinate. Für jedes Mass der Variablen B, D oder E wurde die mittlere Standardabweichung angegeben, welche aus der Auswertung der elf bekannten ♂ errechnet worden war (5,5 % für Variable B, 6,8 % für Variable D und 4,1 % für Variable E; Mittelwerte in Tab. 1).

Die Zählung erfolgte automatisch durch Trennung des Punkteschwarms oder -kreuzes mit derselben Signatur. Durch diese rechnerische Methode wird ein Schätzfehler des Beobachters ausgeschlossen. Vorausgehende Tests

Tab. 1. Variabilität der Gesangsparameter (var. = Variabilität, c_v^* = Variationskoeffizient) von 11 individuell bekannten Waldschnepfen-♂. Myosotis und Crocus waren mit Sendern ausgerüstet. – *Variables of the song parameters (var. = variability; c_v = coefficient of variation) of eleven well-known woodcock individuals. «Myosotis» and «Crocus» were equipped with a transmitter.*

Name <i>name</i>	Anzahl «quorr» <i>n</i> «row»	Serie <i>series</i> (n)	Strophen <i>call songs</i> (n)	Atypisch <i>atypical</i> (n)	var (%) c_v^* (%)				
					Var. A	Var. B	Var. C	Var. D	Var. E
Gentiane	3	83	728	12	1,65	4,99	6,72	5,82	4,31
Jonquille	4	31	154	10	6,49	7,67	12,71	6,37	3,64
Primevère	4	10	73	1	1,37	6,20	7,81	4,52	3,93
Violette	4	13	62	12	19,35	3,59	7,31	6,52	3,82
Tsitix	4	20	50	8	16,00	5,20	6,50	7,32	3,46
Lavande	4	6	34	1	2,94	7,41	8,39	8,22	3,51
Crocus	5	13	31	2	6,45	3,64	9,51	6,78	4,97
Geronimo	3	8	30	1	3,33	3,12	3,87	5,29	5,89
Myosotis	5	7	26	8	30,77	4,34	7,02	11,39	7,29
Arabette	5	7	25	1	4,00	11,36	14,86	9,68	2,54
Prêles	4	4	21	0	0	2,54	2,48	2,80	1,73
Totale/ <i>totals</i>		202	1234						
Mittel/ <i>means</i>					8,40	5,46	7,93	6,79	4,10

mit einem oder zwei bekannten Individuen wurden durchgeführt, um nachzuweisen, dass sich Individuen korrekt bestimmen lassen.

1.6. Korrelation zwischen der Anzahl der Kontakte und jener der balzenden Männchen

Die Korrelation zwischen der Anzahl von Kontakten und der Anzahl der ♂ während eines Balzabends wurde für drei Hörpunkte während der ganzen Balzperiode errechnet: HP 1 von 2002 bis 2006, HP 2 2005 und HP 3 2006. Ein Bestimmungskoeffizient (R^2) der linearen Korrelation wurde für jede Serie (Hörpunkt pro Balzperiode) berechnet. Anschliessend wurde ein Pearson's test von r durchgeführt, um die Korrelation statistisch abzusichern.

2. Ergebnisse

2.1. Konstanz der Lautäusserungen über eine längere Zeit

2005 wurden 9 ♂ individuell im selben Balzgebiet (BG 1) verfolgt. Zwei von ihnen (Crocus und Myosotis) waren mit einem Telemetriesender ausgerüstet. Zwei andere (Tsitix und Gero-

nimo) wurden 2006 in einem anderen Gebiet (BG 2) identifiziert.

Die Variable E ist die stabilste der 5 Variablen, mit einem Variationskoeffizienten von <5 % in 9 von 11 Fällen (Tab. 1). Ein solcher $c_v < 5$ % wurde von der Variablen B nur in 6 Fällen und von den Variablen C and D nur zweimal erreicht. Was die Variable A betrifft, sind die Ergebnisse gut (var < 5 %) für Individuen mit einer kurzen Strophe von 3 und für einige mit einer solchen von 4 quorr-Elementen; sie sind aber schlecht für ♂ mit langen Stro-

Tab. 2. Rate korrekter Identifikation von 11 bekannten Waldschnepfen-♂ bei der Verwendung von 2–4 Variablen ihres Gesangs. – *Rate of correct identification of the eleven well-known woodcock individuals by combination of 2–4 variables of their song.*

Variable <i>variable</i>	Kombination der Variablen <i>combination of variables</i>				
A		×		×	×
B	×	×			×
D			×	×	×
E	×	×	×	×	×
Identifikation (%)	72,7	90,9	81,8	100	100

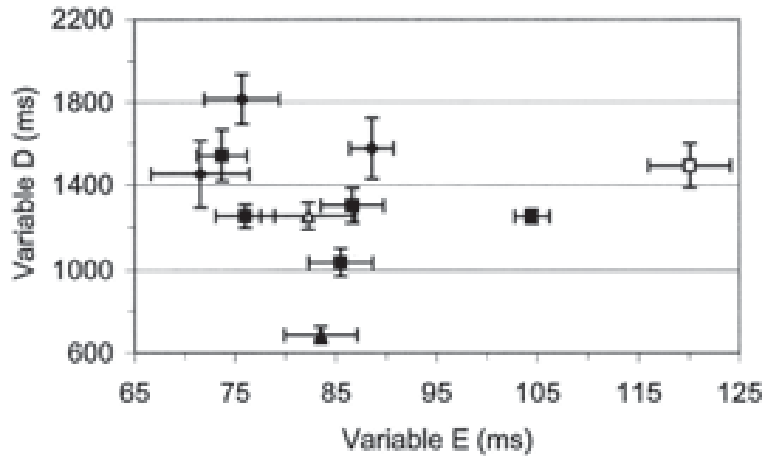


Abb. 3. Analyse der Gesangsvariablen von 11 Waldschnepfen-♂. Angegeben sind die Variablen E und D mit der Standardabweichung. Die Variable A ist grafisch dargestellt: Dreiecke = 3 quorr-Elemente, Quadrate = 4 quorr-Elemente, Rhomben = 5 quorr-Elemente. Ausgefüllte Symbole = ♂ von BG 1 (2005); offene Symbole = ♂ von BG 2 (2006). – *Test of identification for the eleven woodcocks. Values of variables E and D with their measured standard deviation are reported, with categorization by the variable A. Symbols: triangles = 3 «row»; squares = 4 «row»; diamonds = 5 «row»).* Filled symbols = ♂ from the roding area 1 (2005); open symbols = ♂ from the roding area 2 (2006).

phen (die meisten mit 4 und alle mit 5 quorr-Elementen).

2.2. Individuelle Erkennung

Aufgrund der Ergebnisse in Tab. 1 haben wir die Rate korrekter Identifikationen ermittelt, indem die Variablen verschieden kombiniert wurden (Tab. 2). Variable E wird immer verwendet. Mit einer zweiten Variablen (B oder D) können mehr als 70 % der ♂ richtig identifiziert werden. Eine dritte Variable (A) erlaubt die Bestimmung von mindestens 90 % der ♂, mit der Kombination der Variablen A, D und E können alle 11 individuell bekannten ♂ richtig bestimmt werden. Dasselbe trifft natürlich auch zu, wenn alle vier Variablen A, B, D und E verwendet werden.

Die grafische Darstellung der drei Variablen A, D und E (Abb. 3) zeigt, dass alle 11 individuell bekannten ♂ anhand ihres Gesangs einwandfrei identifiziert werden können. Ohne die Verwendung der Variablen A, der Anzahl tiefer quorr-Elemente einer Strophe, wäre die Unterscheidung von 2 oder 3 ♂ nicht möglich gewesen.

Eine analoge Auswertung mit den 3 Variablen A, B und E ergab weniger gute Resultate: Die Werte der beiden mit Telemetrie-Sendern ausgerüsteten ♂ *Crocus* und *Myosotis* lagen zu nahe beieinander als dass sie hätten unterschieden werden können.

2.3. Erprobung der Methode: Erfassung der Männchen in einem unbekanntem Bestand

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus der Identifikation individuell bekannter Waldschnepfen-♂ sollte eine Kombination von Gesangsvariablen helfen, die Anzahl von ♂ an einem Hörpunkt an einem bestimmten Abend festzustellen.

Im Beispiel in Abb. 4 liegen die Werte so nahe beieinander, dass nicht alle Rufe eindeutig einzelnen ♂ zugeordnet werden können. Bei zwei Kontakten lagen die Werte mitten zwischen zwei gut abgrenzbaren Gruppen. Dafür gibt es zwei mögliche Erklärungen: Entweder gehören diese Kontakte zur einen oder anderen Gruppe, was das Total der Zählung nicht verändern würde, oder diese Kontakte gehören zu einem weiteren (dritten) Individuum. Damit

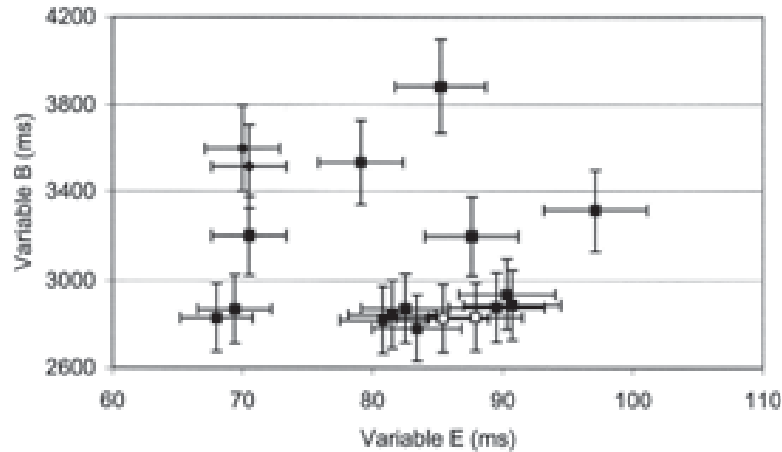


Abb. 4. Individuelle Bestimmung von Waldschnepfen-♂ während einer Dämmerungsbalz. Angegeben sind die Werte der Variablen E und B mit dem Mittelwert der Standardabweichungen aus Tab. 1 für die Kategorien der Variablen A. Quadrat = 4 quorr-Elemente, Rhombus = 5 quorr-Elemente. Weisse Quadrate zeigen Gesangsstrophen, die nicht zugeordnet werden konnten. – *Method to identify woodcocks in a station during a twilight roding. Values of variables E and B (with the mean of the standard deviation measured in Tab. 1), with categorization by the variable A (symbols: square = 4 «row»; diamond = 5 «row»). Squares in white: failure to identify. Roding area (BG) 1, listening station (HP) 1, 5 June 2006.*

lassen sich die 18 Kontakte dieser Zählung auf 9, eventuell 10 ♂ zurückführen.

In zwei Balzgebieten, die während der ganzen Balzperiode 2006 überwacht wurden (HP 1 in BG 1 und HP 3 in BG 2) wurde die Methode getestet, mit guten Ergebnissen (Tab. 3). Im Mittel konnten mehr als 94 % der Aufnahmen (n = 445) richtig zugeordnet werden. Die unsicheren Fälle betrafen einzelne Werte, die zwi-

schen zwei gut gegeneinander abgegrenzten Gruppen lagen, so wie im Beispiel der Abb. 4. Aus dieser Unsicherheit resultiert eine mögliche Unterschätzung des Bestands um 1–2 ♂.

Die Schlüsselfunktion der Variablen A kann aber auch dazu führen, dass ein Bestand überschätzt wird. Werden bei Kontakten mit demselben ♂ sowohl 4 wie auch 5 «quorr» aufgenommen, so wird dieses ♂ wie 2 verschiedene Individuen betrachtet. Diesem Problem kann nur mit einer Erhöhung der Stichprobengröße begegnet werden. Wir empfehlen, an mindestens 5 Abenden Aufnahmen zu machen resp. pro Individuum mindestens etwa 20 Strophen aufzunehmen.

2.4. Korrelation zwischen der Anzahl von Kontakten und jener der balzenden Männchen

Die individuelle Bestimmung der ♂ anhand der Merkmale ihrer Balzstrophen ermöglicht die Untersuchung der Korrelation zwischen der Anzahl Aufnahmen (oder gültiger Kontakte) und der Anzahl gehörter ♂ an einem bestimmten Hörpunkt und an einem bestimmten Abend. In gleicher Weise haben wir geprüft, ob

Tab. 3. Identifikationsrate von Waldschnepfen-♂ durch die Kombination der Variablen A, B und E an Hörpunkten (HP) in 2 Balzgebieten (BG) im Frühling 2006. Mit den Variablen A, D und E wird dasselbe Ergebnis erzielt. – *Identification rate of woodcocks by combination of variables A, B and E in listening stations (HP) from two different roding areas (BG) in 2006. The result is the same when combining variables A, D and E.*

Untersuchungs- gebiet <i>study area</i>	Anzahl Männchen census (n)	Anzahl Aufnah- series (n)	Identifika- tionsrate <i>identifica- tion (%)</i>
BG 1, HP 1	24	250	90,00
BG 2, HP 3	27	195	98,43

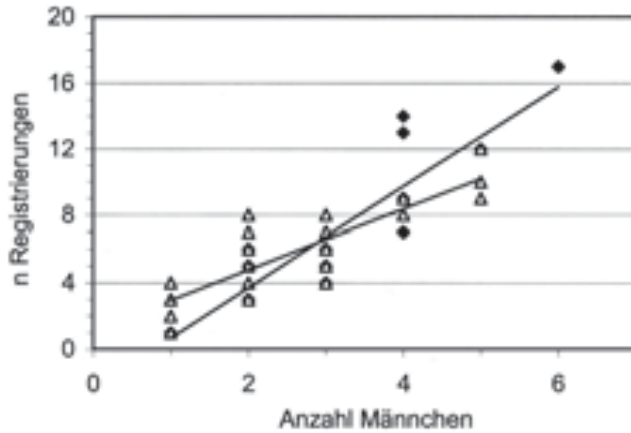


Abb. 5. Verhältnis zwischen der Anzahl aufgenommener Strophen (Kontakte) und der Anzahl balzender ♂ an zwei Hörpunkten während der ganzen Balzperiode 2005. Rhomben = HP 1 ($y = 3,0208 \cdot x - 2,3441$, $R^2 = 0,858$), Dreiecke = HP 2 ($y = 1,8092 \cdot x + 1,1423$, $R^2 = 0,7291$). – Relationship between the number of recordings (contacts) and the number of individual roding ♂ at two listening stations (HP 1 and HP 2) in the same roding area (BG 1) during the whole breeding season 2005.

diese Korrelation (dargestellt als Regressionsgerade) von Jahr zu Jahr und an allen Hörpunkten gleich ist.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

(1) Die Korrelation zwischen der Anzahl von Kontakten (N_K) und der Anzahl von ♂ (N_M) ist an beiden Hörpunkten im selben Balzgebiet und in derselben Brutperiode (2005) ausgezeichnet (Abb. 5). Allerdings unterscheiden sich die Steigungen der Regressionsgeraden,

was bedeutet, dass das Verhältnis von N_K und N_M nicht an allen Hörpunkten eines Balzgebiets gleich ist.

(2) Dieselben Resultate und Schlussfolgerungen ergeben sich für Hörpunkte aus zwei verschiedenen Balzgebieten im Frühling 2005 (Abb. 6).

(3) An einem Hörpunkt, der in den fünf Jahren 2002 bis 2006 kontrolliert wurde, blieb die Korrelation zwischen N_K und N_M ausgezeichnet, aber die Steigung der Regressionsgeraden

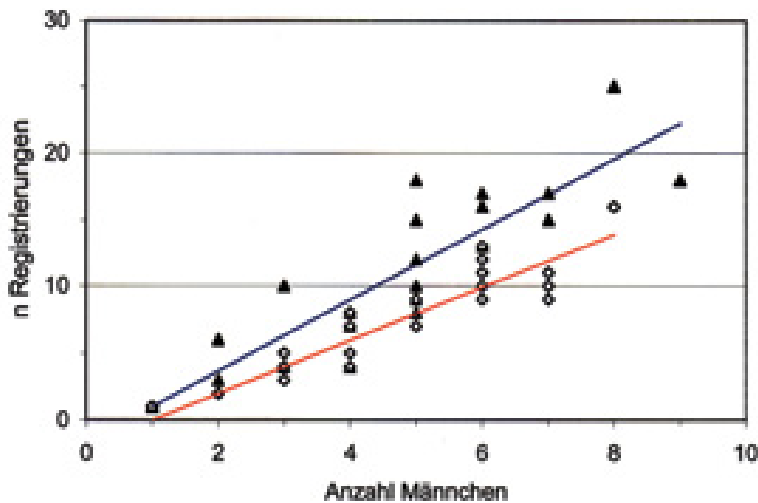


Abb. 6. Verhältnis zwischen der Anzahl Aufnahmen (Kontakte) und der Anzahl balzender ♂ an zwei Hörpunkten in zwei verschiedenen Balzgebieten in der ganzen Balzperiode 2006. Blaue Dreiecke und Regressionsgerade = BG 1, HP 1 ($y = 2,6453 \cdot x - 1,5975$, $R^2 = 0,797$), rote Rhomben und Regressionsgerade = BG 2, HP 3 ($y = 1,9725 \cdot x - 1,9099$, $R^2 = 0,8508$). – Relationship between the number of recordings (contacts) and the number of individual roding ♂ at two listening stations in two different roding areas (BG 1 and BG 2) during the whole breeding season 2006.

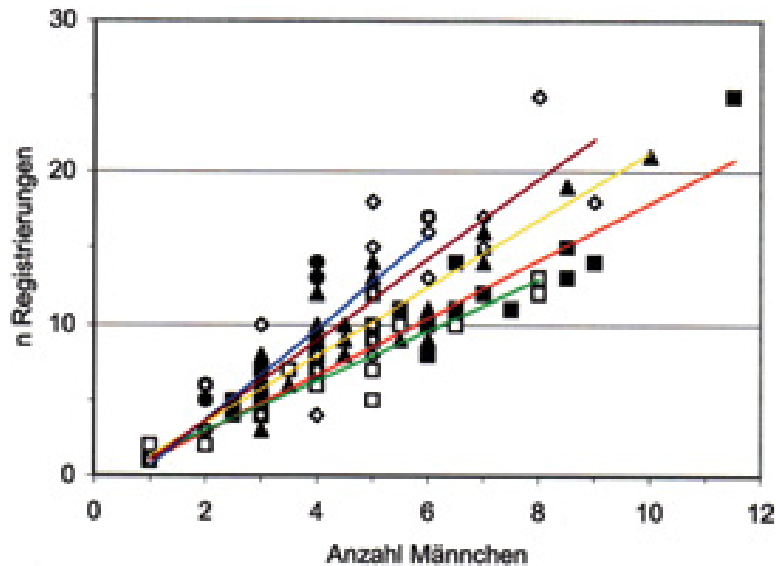


Abb. 7. Verhältnis zwischen der Anzahl Aufnahmen (Kontakte) und der Anzahl balzender ♂ an Hörpunkt 1 des Balzgebiets 1 in 5 verschiedenen Jahren (2002–2006). Ausgefüllte Quadrate, rote Regressionsgerade = 2002 ($y = 1,88 \cdot x - 0,8436$, $R^2 = 0,8979$), offene Quadrate, grüne Regressionsgerade = 2003 ($y = 1,6529 \cdot x - 0,2946$, $R^2 = 0,9017$), Dreiecke, gelbe Regressionsgerade = 2004 ($y = 2,2151 \cdot x - 0,8884$, $R^2 = 0,8123$), Punkte, blaue Regressionsgerade = 2005 ($y = 3,0208 \cdot x - 2,3441$, $R^2 = 0,858$), Rhomben, violette Regressionsgerade = 2006 ($y = 2,6453 \cdot x - 1,5975$, $R^2 = 0,797$). – Relationship between the number of recordings (contacts) and the number of individual roding ♂ at one listening station (HP 1) in the same roding area (BG 1) during five breeding seasons (2002–2006).

variierte von Jahr zu Jahr. Die Extremwerte des Verhältnisses N_K zu N_M waren 1,65 (2003) und 3,02 (2005). Dies bedeutet beispielsweise, dass bei 5 ♂ an einem Hörpunkt im Jahr 2003 im Mittel 7,97 Kontakte registriert worden wären, im Jahr 2005 aber 12,76 (entsprechend der Regressionsgeraden in Abb. 7).

3. Diskussion

Die starke Korrelation zwischen der Anzahl von Kontakten und der tatsächlichen Anzahl von ♂ wurde zuvor schon von mindestens zwei Autoren festgestellt, nämlich von Ferrand (1989) in der Forêt de Compiègne (Frankreich) und von Hoodless (2004) an Beobachtungsstellen in Nord- und Süd-England. Sie zeigten, dass die ♂ der Waldschnepfe anhand der individuellen Gestaltung der Balzstrophen auseinandergehalten und somit auch gezählt werden können. Der Vergleich zwischen diesen Unter-

suchungen ist aufschlussreich. Im ersten Teil von Tab. 4 werden Studien an jeweils einem Hörpunkt zusammengestellt, im zweiten Teil solche an mehreren Hörpunkten in einem bestimmten Gebiet. Ergänzt haben wir die Tabelle mit eigenen Ergebnissen von 2002 aus Masuren (Polen) und von einigen Stellen im französischen und im schweizerischen Jura von 2005. Aus dem Vergleich können folgende Schlüsse gezogen werden:

(1) Die Korrelation zwischen der Anzahl von Aufnahmen an einem bestimmten Balzabend und der tatsächlichen Anzahl von ♂ ist hoch signifikant (r-Test von Pearson mit $v = n - 2$ Freiheitsgraden und Signifikanzschwelle von $\alpha < 0,001$) in allen Studien ausser möglicherweise jener aus Durham und Northumberland: Dort ist die Korrelation zwar auch noch signifikant, aber mit einem r-Wert, der nahe der kritischen Grenze liegt.

(2) Die Steigung der Regressionsgeraden variiert sowohl in Studien mit nur einem Hör-

Tab. 4. Verhältnis (Regressionsgleichung) der Anzahl Aufnahmen und der Anzahl ♂ an einem bestimmten Balzabend in verschiedenen Untersuchungsgebieten. BG = Balzgebiet, HP = Hörpunkt. Quellen: Ergebnisse aus Compiègne in Ferrand (1989), solche aus Nord- und Südengland in Hoodless (2004). – *Results of relationship (regression line's equation) in different regions between the number of recordings and the number of ♂ during one roding evening. BG = roding area, HP = listening station. The result from Compiègne has been published by Ferrand (1989) and the results from northern and southern England by Hoodless (2004). Schweiz = Switzerland (CH), Frankreich = France (F).*

Land	Jahr	Be- stand	Regressionsgleichung	R ²	Pear- son's r	krit. Wert	
country	year	cen- sus	regression line's equation	R ²	r of Pearson	critic value*	
Daten für einen Hörpunkt <i>data for one listening station</i>							
La Limasse BG 2 HP 3	Schweiz	2006	27	$y = 1,9725 \cdot x - 1,9099$	0,8508	11,939	3,725
Chincul BG 1, HP 2	Schweiz	2005	70	$y = 1,8092 \cdot x + 1,1423$	0,7291	13,528	3,439
Le Jordans BG 1, HP 1	Schweiz	2002	18	$y = 1,88 \cdot x - 0,8436$	0,8979	11,862	4,015
Les Jordans BG 1, HP 1	Schweiz	2003	17	$y = 1,6529 \cdot x - 0,2946$	0,9017	11,73	4,073
Les Jordans BG 1, HP 1	Schweiz	2004	33	$y = 2,2151 \cdot x - 0,8884$	0,8123	11,582	3,633
Les Jordans BG 1, HP 1	Schweiz	2005	21	$y = 3,0208 \cdot x - 2,3441$	0,858	10,714	3,884
Les Jordans BG 1, HP 1	Schweiz	2006	24	$y = 2,6453 \cdot x - 1,5975$	0,797	9,294	3,792
Compiègne	Frankreich	1982	25	$y = 2,1857 \cdot x - 1,5839$	0,6659	6,771	3,768
Daten für mehrere Hörpunkte <i>data for several listening stations</i>							
Masuren	Polen	2002	7	$y = 3,5769 \cdot x - 3,3022$	0,9686	12,419	6,863
Durham u. Northumberl.	England	2003	21	$y = 3,4822 \cdot x - 0,7733$	0,5912	5,242	3,884
Hampshire und Wiltshire	England	2003	26	$y = 1,9222 \cdot x + 0,4147$	0,7989	9,764	3,746
Jura	CH und F	2005	15	$y = 1,9664 \cdot x - 0,4192$	0,9053	11,148	4,221

* für $\alpha < 0,001$

punkt als auch in solchen mit mehreren Untersuchungsgebieten. Ausserdem kann sich die Steigung an einem bestimmten Hörpunkt von einem Jahr zum anderen verdoppeln oder halbieren (Minimum = 1,6529, Maximum = 3,0208).

Auch wenn also die Anzahl der Kontakte und jene der ♂ immer und in jeder Situation korreliert ist, besteht doch das Problem darin, dass ihr Verhältnis über die Zeit nicht konstant bleibt und zudem sowohl zwischen verschiedenen Balzgebieten als auch zwischen verschiedenen Hörpunkten im selben Gebiet variieren kann. Es ist deshalb nicht möglich, eine allgemeingültige mathematische Formel abzuleiten, mit der die Anzahl ♂ an einem bestimmten Hörpunkt anhand der Anzahl der an einem einzelnen Balzabend registrierten Kontakte ermittelt werden könnte. Die einzige

Möglichkeit, Waldschnepfen-♂ korrekt zu zählen, besteht darin, Tonaufnahmen der balzenden ♂ zu machen.

In Übereinstimmung mit Ferrand (1987) und Hoodless (2004) können wir bestätigen, dass jedes Waldschnepfen-♂ charakteristische Strophen hat, die anhand von Sonagrammen zugeordnet werden können. Allerdings ist die zeitliche Konstanz solcher Strophen das Hauptproblem beim Monitoring, wie bereits Terry et al. (2005) feststellten.

Bei 11 Individuen und mehr als 1200 analysierten Aufnahmen war die mittlere Variabilität kleiner als 5,5 % für die beiden Variablen B und E. In einer anderen Untersuchung zeigte Ferrand (1989), dass mit diesen beiden Massen 79,3 % der registrierten Strophen eindeutig erkannt und einem bestimmten ♂ zugeordnet werden können.

Ferrand hatte damals allerdings technische Schwierigkeiten und konnte die tiefen quorr-Elemente nicht auswerten. Heutzutage ist dieses Problem dank hochempfindlicher Mikrophone gelöst, so dass die Anzahl der quorr-Elemente pro Strophe (Variable A) genutzt werden kann, wenn auch mit Einschränkungen. Einzelne ♂ fügen nämlich ihrer normalen Strophe gelegentlich ein weiteres solches quorr-Element hinzu (in mehr als 16 % der Fälle bei 3 Individuen). Dies ist der wichtigste Nachteil bei der individuellen Bestimmung von Waldschnepfen-♂ durch die Kombination der drei Variablen A, B und E oder A, D und E.

Andererseits besteht der Vorteil einer automatisierten Methode für die Zählung von ♂ durch eine Kombination von Charakteristika der Balzstrophen darin, dass die Methode unabhängig vom Beobachter ist. Diese Methode ist leicht und überall im Verbreitungsgebiet der Waldschnepfe anwendbar.

Dazu sind Aufnahmen an mindestens fünf Abenden im Mai und Juni nötig, um den Einfluss von Aktivitätsunterschieden zwischen den einzelnen Abenden zu reduzieren (Hoodless et al. 2006). Die ♂ der Waldschnepfe verteidigen keine eigentlichen Reviere (Hirons 1980), und sie führen Balzflüge über relativ grossen Flächen aus (43–134 ha), mit von Abend zu Abend unterschiedlicher Aktivität (Hirons 1983). Während unserer Untersuchung im Balzgebiet 1 zeigte es sich, dass 3 von 13 ♂ im Verlauf der Brutsaison über das ganze Waldgebiet flogen. Die am häufigsten besuchte Stelle lag im Zentrum des Balzgebiets 1 mit 9 ♂. Aber an keinem einzelnen Abend waren hier mehr als 8 ♂ nachweisbar, was 61,5 % aller vorhandenen ♂ entsprach (Mulhauser & Zimmermann 2009).

Mit unserer Untersuchung konnten wir zeigen, dass es möglich ist, die Waldschnepfen-♂ in einem Untersuchungsgebiet zu zählen. Dazu ist es aber nötig, die Strophen der balzenden ♂ mit Tonband zu registrieren. Es bleibt aber noch zu ermitteln, welche Vorsichtsmassnahmen getroffen werden müssen, um die Methode allgemein anwendbar zu machen (Mulhauser & Zimmermann in Vorb.).

Dank. Wir danken den über 100 Ornithologinnen und Ornithologen, die an den Waldschnepfen-Bestandsaufnahmen in Frankreich und in der Schweiz mitgewirkt haben. Ein besonderer Dank geht an François Estoppey, Julie Rieder und Serge Santiago für ihr besonders grosses Engagement, an Christian Marti für die Übersetzung ins Deutsche und die redaktionelle Bearbeitung sowie an zwei Gutachter für ihre Korrekturvorschläge. Bewilligungen für den Fang, die Beringung und Markierung von Waldschnepfen mit Telemetriesendern verdanken wir dem Veterinäramt und der Jagdverwaltung des Kantons Neuenburg, dem Bundesamt für Umwelt und der Schweizerischen Vogelwarte Sempach.

Zusammenfassung

Die Bestandserfassung in einer Waldschnepfenpopulation in der Brutperiode ist schwierig. Der Schlüssel zur Lösung dieses Problems liegt in der individuellen Erkennung von ♂ anhand der Charakteristika ihrer Balzstrophen. Von 2002 bis 2006 haben wir in einem Balzgebiet im Jura Tausende von Sonagrammen aufgenommen, um eine zuverlässige Methode der individuellen Erkennung zu entwickeln. Um diese Methode zu testen, wurde 2006 ein zweites Balzgebiet untersucht.

Die Analyse von Sonagrammen zeigt, dass jede Balzstrophe aus 2–6 tiefen quorr-Elementen und einem hohen puitz-Element besteht. Jedes ♂ besitzt eine individuelle Strophe mit einer festgelegten Anzahl von quorr-Elementen. Wir testeten insgesamt 5 Variablen der Balzstrophe, um die ♂ individuell erkennen zu können.

Tests der Konstanz der Strophen über die Zeit beruhen auf den Balzstrophen von 11 individuell bekannten ♂. Die Stabilität ist ausgezeichnet für die Variable E (Länge des puitz-Elements auf einer Höhe von 4,5 Hz; Variationskoeffizient $c_v < 5\%$) und gut für zwei weitere Variablen ($c_v < 7\%$). Damit kann eine standardisierte Methode für die individuelle Erkennung vorgeschlagen werden.

Die Korrelation zwischen der Anzahl der Kontakte (N_K) und der Anzahl der ♂ (N_M) ermittelten wir in verschiedenen Gebieten des französischen und des schweizerischen Juras sowie in Polen, und wir verglichen sie mit jener aus anderen Studien in Frankreich und England. In jedem Gebiet besteht eine ausgezeichnete lineare Korrelation zwischen N_K und N_M , aber die Steigung der Regressionsgeraden eines bestimmten Gebiets variiert von Jahr zu Jahr und zwischen verschiedenen Gebieten. Deshalb ist es nicht möglich, eine allgemein gültige mathematische Formel für das Verhältnis von N_K und N_M herzuleiten. Die Anzahl der Kontakte N_K , die durch einfache Beobachtung ermittelt wird, ist kein zuverlässiges Mass für den Bestand N_M . Die einzige Methode, um die balzenden ♂ an einem bestimmten Hörpunkt zu zählen, besteht darin, die Balzstrophen aufzunehmen und sonagrafisch zu analysieren.

Résumé

Reconnaissance vocale individuelle et dénombrement des mâles de bécasse des bois *Scolopax rusticola* à la croule

Le recensement des populations de bécasse des bois en période de reproduction est un problème récurrent. Comment un ornithologue situé à un point fixe peut-il dénombrer les individus qui le survolent ? La solution à ce problème est d'individualiser les mâles par les caractéristiques de leur chant. De 2002 à 2006, des milliers de sonagrammes ont été enregistrés dans une aire de croule de la chaîne montagneuse du Jura de manière à déterminer la méthode la plus efficace d'individualisation. Pour compléter le test, un second site a été étudié en 2006.

L'analyse graphique des sonagrammes montre que la strophe mélodique du chant est composé de deux à six sons graves, les « cro » (notes de basse fréquence) et d'un sifflement aigu, le « tsit » (note de haute fréquence). Chaque mâle possède son propre chant avec un nombre précis de notes graves. Nous avons testé cinq variables temporelles sur le son aigu et/ou les notes graves qui permettent d'individualiser chaque mâle.

Les tests de stabilité vocale ont été réalisés sur un lot de onze bécasses reconnaissables par d'autres critères. La stabilité est excellente pour la variable E (longueur du « tsit » à 4,5 kHz, coefficient de variation $c_v < 5\%$) et bon pour deux autres variables ($c_v < 7\%$). Une méthode d'individualisation standardisée peut ainsi être proposée.

Cependant, quelques précautions doivent être prises avant d'appliquer cette méthode quantitative. La corrélation entre le nombre de contacts N_c et le nombre de mâles N_m a été calculé dans différentes zones du Jura (France et Suisse) ainsi qu'en Pologne et comparée dans la discussion avec des études publiées par d'autres auteurs en France et en Angleterre. La conclusion est que chaque site montre une excellente corrélation linéaire entre N_c et N_m , mais que la droite de régression change d'une année à l'autre sur le même site et aussi d'un site à l'autre. Ainsi un calcul mathématique dont la formule serait basée sur le taux N_c/N_m est impossible à appliquer. De ce fait le nombre de contacts N_c obtenus par simple observation n'est pas un résultat fiable. Afin de dénombrer les mâles sur un point d'écoute, le seul moyen est de procéder d'année en année aux enregistrements des chants à la croule.

Literatur

- ALSTRÖM, P. (2001): The use of sounds in bird systematics. Introductory research essay no. 2. Uppsala.
- BEIGHTOL, D. R. & D. E. SAMUEL (1973): Sonographic analysis of the American woodcock's peent call. *J. Wildl. Manage.* 37: 470–475.
- BOURGEOIS, J. C. & R. COUTURE (1977): A method for identifying American Woodcock males based on peent call sonographic analysis. *Proc. 6th Woodcock Symposium, Fredericton, New Brunswick*: 171–184.
- BRAZIL, M. A. & H. IKENAGA (1987): The Amami Woodcock *Scolopax mira*: its identity and identification. *Forktail* 3: 3–16.
- FERRAND, Y. (1987): Reconnaissance acoustique individuelle de la Bécasse des bois (*Scolopax rusticola*) à la croule. *Gibier Faune Sauvage* 4: 241–254. – (1989): Contribution à l'étude du comportement du mâle de Bécasse des bois *Scolopax rusticola* L. en période de reproduction. Méthode de dénombrement. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N., K. M. BAUER & E. BEZZEL (1977): *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Bd. 7, Charadriiformes (2. Teil). Wiesbaden.
- HIRONS, G. (1980): The significance of roding by Woodcock *Scolopax rusticola*: an alternative explanation based on observations of marked birds. *Ibis* 122: 350–354. – (1983): A five-year study of the breeding behaviour and biology of the Woodcock in England – a first report. S. 51–68 in: H. KALCHREUTER (ed.): *Proc. 2nd European Woodcock and Snipe Workshop*. IWRB, Slimbridge.
- HOODLESS, A. (2004): Woodcock – developing calibrations for the survey. *Game Conservancy Trust Review of 2003*: 76–77.
- HOODLESS, A., D. LANG, R. FULLER, N. AEBISCHER & J. EWALD (2006): Development of a survey method for breeding Woodcock and its application to assessing the status of the British population. *Int. Wader Stud.* 13: 48–54.
- HOPP, S. L., M. J. OWREN & C. S. EVANS (eds) (1998): *Animal acoustic communication: sound analysis and research methods*. Berlin.
- MULHAUSER, B. & J.-L. ZIMMERMANN (2009): Fidélité des mâles de bécasse des bois *Scolopax rusticola* à leur site de reproduction. *Actes du 32e colloque francophone d'ornithologie*, 13 et 14 décembre 2008, Paris: 19–34. – (in Vorb.): The method of counting of woodcocks to monitor the evolution of the population in a roding area. Setting up procedure and use restriction.
- NEMETSCHKE, G. (1977): Beobachtungen zur Flugbalz der Waldschnepfe (*Scolopax rusticola*). *J. Ornithol.* 118: 68–86.
- TERRY, A., T. M. PEAKE & P. K. MCGREGOR (2005): The role of vocal individuality in conservation. *Front. Zool.* 2. doi:10.1186/1742-9994-2-10.
- WEIR, N. L. & H. B. GRAVES (1982): Discriminant analysis of the peent call for identification of individual male American woodcock. S. 34–39 in: T. J. DWYER & G. L. STORM (eds): *Woodland ecology and Management*. *Proc. 7th Woodcock Symposium, Pennsylvania*.

Manuskript eingegangen 7. April 2008

Bereinigte Fassung angenommen 4. Januar 2010