

Die Genauigkeit der Messung hängt außer vom Auflösungsvermögen der Winkelkodierer ($1,4^\circ$) und vom mechanischen Spiel ($0,5^\circ$) entscheidend vom Abstand der drei Stationen ab, die im günstigsten Fall im Winkel von jeweils 60° zueinander stehen sollten. Mit zunehmendem Abstand wird der Sichtkontakt im Gelände problematisch, ein anderer limitierender Faktor ist die Länge der Verbindungskabel.

Die theoretische Berechnung und Aufzeichnung eines Flugkreises mit 1000 m Durchmesser unter Berücksichtigung aller möglichen Fehler (Auflösevermögen und mechanisches Spiel) ergab als optimalen Stationsabstand 200 m. Akzeptable Wegaufzeichnungen sind bei einem Abstand von 100 m erreichbar.

Ich danke G. REMMANN für seine Hilfe bei der Bewältigung der mechanischen Probleme, R. STRAPKOW für den Bau des Kontrollers und P. SEYFRIED und K. BERNHARD für die intensive Programmierarbeit.

Mit Unterstützung der DFG, SFB 307.

Summary

Three-station optical tracking of the initial orientation of homing pigeons. — Homing pigeons are tracked during initial orientation by three observers using binocular telescopes coupled to electronic digitizers. The raw data are continuously stored on tape and processed later for plots of complete flight patterns.

Thomas Heilig, Abteilung Verhaltensphysiologie der Universität Tübingen, Beim Kupferhammer 8, D-7400 Tübingen.

J. Orn. 129, 1988: S. 372—375

Was Zugunruhe wirklich ist — eine quantitative Bestimmung mit Hilfe von Video-Aufnahmen bei Infrarotlichtbeleuchtung. — JOHANN ANDREAS NAUMANN (Naturgesch. der Land- u. Wasservögel, 1795—1817) hat die Zugunruhe — die Zugaktivität in Käfigen oder Räumen gehaltener Vögel — als erster näher beschrieben, vor allem im Hinblick auf ihre Dauer. Er hat sie in seiner Vogelstube durch eine „leichte Pappierthüre“ vor allem gehört. Später haben viele andere das „Flattern, Hüpfen, Fliegen und Schwirren (rasches Flügelschlagen im Sitzen)“ beobachtet und beschrieben (Übersicht BERTHOLD in *Avian Biology* 5, 1975: 77—128), aber eine genaue, vor allem auch quantitative Beschreibung kam bisher für keine einzige Vogelart zustande. Daran änderte sich auch nichts, als die Zugunruhe als lokomotorische Aktivität jahrzehntelang in Hunderten von Untersuchungen in sogenannten Registrierkäfigen mit beweglichen Sitzstangen möglichst vollständig erfaßt wurde (Übersicht in BERTHOLD, l. c.) oder als die beim Schwirren erzeugten Luftströmungen mit auf Luftdruck reagierenden Schaltern (CZESCHLIK, *Experientia* 30, 1974: 1490—1491) sowie sämtliche nächtlichen Bewegungen mit Ultraschall gemessen wurden (BIEBACH u. a., *Experientia* 41, 1985: 411—412).

Wir haben deshalb versucht, die Zugunruhe bei einigen Vogelarten qualitativ und quantitativ so genau wie möglich zu erfassen. Wegen der verschiedenen Bewegungsarten wie Fliegen, Hüpfen, Schwirren usw., aus denen Zugunruhe bestehen kann (s. o.) und die sich mit Geräten bisher nicht befriedigend getrennt erfassen lassen, kam nur Sichtbeobachtung als aussichtsreiche Methode in Frage. Direkte Sichtbeobachtung, wie sie früher für kurzzeitige Unter-

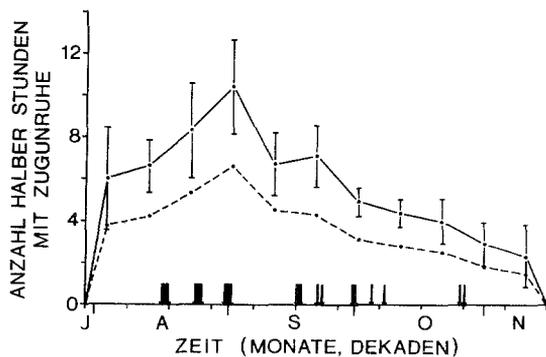
suchungen gelegentlich eingesetzt wurde (z. B. G. KRAMER in Ornithol. als Biol. Wiss., 1949: 269–283), schied aus, da bei normaler Nachthelligkeit von Bruchteilen von einem Lux viele Bewegungsabläufe nur ungenau zu erkennen sind und Beobachtung hier rasch zu Ermüdungserscheinungen und damit zu Ungenauigkeiten führt. Wir wählten daher nächtliche Video-Aufzeichnungen bei Infrarotlichtbeleuchtung, die später tagsüber am Bildschirm in Ruhe analysiert werden können. Die Zugunruhe wurde dabei mit der Stoppuhr genau ausgemessen.

1982 wurden neun süddeutsche Gartengräsmücken (*Sylvia borin*) handaufgezogen und während des ersten Wegzugs in einem Licht-Dunkel-Wechsel von 12:12 Stunden (400:0,01 Lux) gehalten. Ihre Zugunruhe wurde wie früher in Registrierkäfigen kontinuierlich erfaßt (z. B. BERTHOLD et al., Vogelwarte 25, 1970: 297–331). In 23 Nächten, über die Zugperiode verteilt (Abb.), wurden die Vögel zudem während ihrer Zugunruhe-Aktivität bei Infrarotlichtbeleuchtung gefilmt. Bei der Erfassung mit Video wurden jeweils vier Vögel gleichzeitig aufgenommen, und jeder Vogel wurde im Mittel $16,9 \pm 1,61$ (SD) Stunden lang gefilmt. Die konstanten Versuchsbedingungen wurden gewählt, um für die intervallweisen Video-Aufzeichnungen möglichst gleichartige Bedingungen zu haben. Die Infrarotlichtbeleuchtung erfolgte mit einem Filter der Fa. Schott, Mainz, der im Bereich von 800–1200 nm durchlässig war, die Video-Aufzeichnungen besorgte eine „National“-Filmkamera. Zehn weitere süddeutsche Gartengräsmücken dienten zeitweise als Kontrollvögel. Die Registrierkäfige waren z. T. mit einer, z. T. mit zwei beweglichen und registrierenden Sitzstangen ausgerüstet.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt: (1) Die Infrarotlichtbeleuchtung (IB) beeinflusste das Normalverhalten der untersuchten Vögel in keiner erkennbaren Weise. (a) Die über Sitzstangenkontakte gemessene Zugunruhe der Versuchsvögel zeigte in Nächten mit und ohne IB keine signifikanten Unterschiede, (b) Zugunruhe und Körpergewicht der Versuchsvögel waren von Kontrollvögeln ohne IB nicht verschieden, und (c) auch im sonstigen Verhalten konnten nach IB keine Abweichungen festgestellt werden. Damit erwies sich IB als eine brauchbare neutrale Methode.

(2) Über 90 % der mit Video erfaßten Zugunruhe sind Schwirren, also rasches Flügelschlagen im Sitzen, oft bei Drehung des Körpers in verschiedene Richtungen. Auch die meisten Hüpfbewegungen von Stange zu Stange, an die Käfigwände und auf den Boden werden

Zugunruhe von neun handaufgezogenen Gartengräsmücken während des ersten Wegzugs. Durchgezogen: halbe Stunden mit Zugunruhe nach Messung im Registrierkäfig, Mittelwerte für Dekaden, mit mittlerem Fehler des Mittelwerts; gestrichelt: Schwirraktivität, nach Videoaufnahmen; Säulen: Nächte, in denen Videoaufnahmen gemacht wurden. — Zugunruhe of nine hand-raised Garden Warblers during the first fall migratory period. Solid: half hours with Zugunruhe as obtained in registration cages, mean values for decades, with standard errors of the mean; dotted: wing whirring activity according to video-records; bars: nights, in which video-records were taken.



von Schwirren begleitet, und nur knapp 10 % aller Bewegungen sind Fliegen, Hüpfen und Drehbewegungen des Körpers ohne Schwirren. Die Zugunruhe der Gartengrasmücke (und ebenso der inzwischen untersuchten Mönchsgrasmücke *Sylvia atricapilla*) ist praktisch nahezu ausschließlich Schwirren. Während, seltener auch zwischen den einzelnen Schwirrphasen schauen die Vögel z. T. suchend umher, als hielten sie nach zum Abfliegen geeigneten Plätzen Ausschau, und häufig fallen sie zwischen Schwirrphasen in kurzen Schlaf.

(3) Eine halbe Stunde der in herkömmlicher Weise im Registrierkäfig mit (einer) beweglichen Sitzstange erfaßten „Zeitspanne mit Zugunruhe“ (s. o.) entsprach im Mittel $14,1 \pm 2,10$ (SD) min Schwirrzeit. Dieses Verhältnis zeigte während der gesamten Wegzugperiode keine signifikante Veränderung.

(4) 35,9 % der mit Video registrierten Schwirraktivität wurden mit einer beweglichen Sitzstange im Registrierkäfig nicht erfaßt. Werden zwei bewegliche, auf Mikroschaltern gelagerte Sitzstangen verwendet, reduziert sich der Fehlbetrag auf etwa 5 %.

(5) Die neun Versuchsvögel entwickelten in der untersuchten Wegzugperiode über Sitzstangenkontakte gemessen im Mittel $352,1 \pm 170,51$ (SD) Stunden mit Zugunruhe. Das entspricht nach den Video-Aufzeichnungen einer durchschnittlichen Schwirrzeit von rund 165 h. Multipliziert man diesen Wert mit der durchschnittlichen Fluggeschwindigkeit der Art während des Zuges, die bei 25–30 km/h liegt (z. B. PENNYCUICK, Ibis 111, 1969: 525–556), so ergibt sich für die Schwirrzeit eine theoretische Streckenleistung von etwa 4500–5000 km. Wenn man bedenkt, daß Gartengrasmücken im Naturtag anstatt im hier verwendeten relativen Kurztag von 12 Stunden mehr Zugunruhe produzieren (BERTHOLD et al., Z. Tierpsychol. 30, 1972: 26–35), so ist eine Schwirrzeit, die einer Streckenleistung von etwa 4800 km entspricht, realistisch. Damit würden süddeutsche Gartengrasmücken auf ihrem Zugweg über die Iberische Halbinsel bis etwa zur Nigermündung, also ins Zentrum ihres Winterquartiers, treffen. Die Zugunruhe der Gartengrasmücke, also das Schwirren, ist demnach eine Art „Ziehen im Sitzen“. Zu freilebenden Individuen bleibt die Diskrepanz, daß das Schwirren in vielen kleinen Intervallen pro Nacht auftritt, der nächtliche Zug aber wohl immer in einem oder allenfalls in wenigen Schüben abläuft. Die Ursache dafür, daß das Schwirren in Intervallen auftritt, liegt vielleicht in der unbefriedigten Appetenz nach einer Abflugmöglichkeit, die schwirrende Vögel u. E. regelmäßig suchen. — Die Untersuchungen werden fortgesetzt, vor allem auch an anderen Arten.

Mit Unterstützung der DFG.

Summary

What migratory restlessness really is — a quantitative assessment with video-records under infrared illumination. — In 9 hand-raised Garden Warblers, Zugunruhe was continuously recorded in registration cages with movable perches on microswitches in a constant 12:12 hr light—dark cycle throughout the first fall migratory period. In addition, video-records were taken during 23 nights under infrared illumination involving more than 150 hours. The main results are: (1) infrared illumination did not affect Zugunruhe or other events and thus is a useful method, (2) over 90 % of the Zugunruhe recorded with video is wing whirring (i. e. intense wing beating in a sitting position), the rest is hopping and flying, (3) an interval of the customarily used “half-an-hour-with-Zugunruhe” equals 14.1 min of wing whirring, (4) 35.9 % of the Zugunruhe recorded as wing whirring is missed in a registration cage with one movable perch. This loss is reduced to about 5 % if two movable perches are used, (5) the experimental birds produced in the average 352.1 ± 170.51 (SD) “hours with Zugunruhe”

which equals about 165 hrs of wing whirring. When this value is multiplied by the average flight speed of the species during migration (about 25—30 km/h) a theoretical flight distance of about 4800 km is obtained. This is just the distance from the south German breeding grounds via Spain to the estuary of the river Niger which is situated within the center of the population-specific winter quarters. Zugunruhe in that species thus appears with some restrictions to be “wandering by wing whirring in a sitting position”.

Peter Berthold und **Ulrich Querner**, Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Vogelwarte, Schloss, D-7760 Radolfzell-Moeggigen, FRG.