Abh. u. Ber. Naturkdl. Mus. „Mauritianum" Altenburg | 7 | 1971 | S. 59—63

Die internen Phasenunterschiede in einem mit natürlichen Zeitgebern synchronisierten System circadianer Oscillatoren

Beobachtungen an drei Vogelarten

Norbert Höser

Summary. Seasonal changes of internal (= interspecific) phase differences has been measured in a system of circadian oscillators synchronized under natural conditions. It was shown that we find the image of synchronization in a population of non-similar oscillators too. In spring and autumn the internal phase differences are the littelst. This corresponds with a prediction by Wever (1964).

1. Einleitung

Die materielle Grundlage der meisten rhythmischen Erscheinungen des Lebens ist uns unbekannt. Für sie haben wir den Begriff „Oscillator".

Neuere Experimente zeigen, daß fast alle biologischen Rhythmen nicht nur von einem, sondern von zwei oder mehreren biologischen Oscillatoren (oder Gruppen von Oscillatoren) gesteuert werden. Beispiele dafür sind das oscillierende Glykolyse-System in der Hefe-Zelle (Hess et al. 1964, Betz & Chance 1965), die von De Haan (1967) beschriebene Population primordialer Schrittmacher-Zellen und physiologische Rhythmen höherer Organismen (z. B. Pöppel 1968, Hoffmann 1969a). Es scheint, daß Oscillatoren höherer Frequenz die Oscillatoren niederer Frequenz kontrollieren.

Deshalb müßte die Steuerung biologischer Rhythmen auf zwei Mechanismen beruhen: auf der Frequenzreduktion (Pavlidis & Kauzmann 1969) und auf der Synchronisation.

Synchronisation ist das Näherrücken mehrerer individueller Systeme in der Zeit auf Grund eines äußeren Einflusses (Sollberger 1965, 1968, 1969). Eine Oscillator-Population kann durch interne Kopplung und durch Einfluß eines übergeordneten Oscillators (Zeitgeber) synchronisiert werden.

Im folgenden soll anhand der Phasenunterschiede, die zwischen drei täglichen lokomotorischen Aktivitätsperiodizitäten bestehen, das Maß der Synchronisation in einem System circadianer Oscillatoren studiert und diskutiert werden.

2. Material und Methodik

Von August 1969 bis August 1971 wurden im Windischleubaer Schloßpark (51°01′N, 12°29′E) Beginn und Ende der täglichen lokomotorischen Aktivität von drei freilebenden Vogelarten gemessen und die Zeitabstände errechnet, die bei Beginn und Ende zwischen jeweils zwei Arten bestehen. Das auf diese Weise verarbeitete Datenmaterial umfaßt nur einen Teil dessen, was in einem früheren Bericht (Höser 1971) ausgewertet wurde, nämlich nur die Meßergebnisse jener Beobachtungen, bei denen die Aktivitätsgrenze von mindestens zwei Arten feststellbar war.

Aus diesem Material wurden Monatsmittel der Zeitabstände zwischen zwei Arten am Morgen und am Abend errechnet und aus diesen Monatsmitteln die mittleren monatlichen internen Phasenunterschiede (= mittlere monatliche Mittagsdifferenzen) zwischen jeweils zwei Aktivitätsperiodizitäten ermittelt.

Die beobachteten Arten sind: Turdus merula L., Parus major L. und Passer montanus (L.).

3. Ergebnisse und Diskussion

Prämisse: Das biologische Oscillatoren-System steht unter jahreszeitlich variablem Zeitgeber-Einfluß. Es ist anzunehmen, daß jeder (hypothetische) Oscillator des Systems einen anderen Jahresgang der Synchronisationsbereitschaft (Empfindlichkeit) hat und daß alle Oscillatoren schwach miteinander gekoppelt sind. (vgl. Gwinner 1966)

Wir bestimmen die internen Phasenunterschiede zwischen jeweils zwei von den drei willkürlich gewählten biologischen Oscillatoren, um prüfen zu können, wieweit ihr Jahresgang mit dem Jahresgang der Zeitgeber-Parameter in korrelativem Verhältnis steht. Dabei kommen wir zu folgendem Ergebnis (in Abb. 1 und in Tab. 1 und 2):

1. Zwei von drei Kurven des internen Phasenunterschiedes zeigen Maxima im Juni und alle drei Kurven haben einen zweiten Gipfel im Januar.
2. Minimale interne Phasenunterschiede treten einerseits im November und andererseits im Februar oder März auf.

Beide Ergebnisse stimmen mit den Voraussagen von Wever (1964) überein, indem sie widerspiegeln, daß der Zeitgeber, der tägliche Licht-Dunkel-Wechsel, dann am stärksten ist, wenn er gleich lange tägliche Licht- und Dunkelzeiten besitzt, also im Frühjahr und im Herbst.

Tabelle 1. Interne Phasenunterschiede (Mittagsdifferenzen) zwischen Amsel und Kohlmeise und zwischen Feldsperling und Kohlmeise in Abhängigkeit von der Jahreszeit. Angaben in Minuten.[1]) Monatsmittel

Monat	Amsel — Kohlmeise Abstand am Morgen	Abend	Mittags-differenz	Feldsperling — Kohlmeise Abstand am Morgen	Abend	Mittags-differenz
I	+12,5	+19,3	+ 3,4	— 2,9	+20,7	+11,8
II	+16,5	+25,2	+ 4,4	— 3,6	+15,6	+ 9,6
III	+20,8	+24,9	+ 2,1	— 8,5	+11,2	+ 9,9
IV	+20,7	+28,0	+ 3,7	—20,2	+ 4,5	+12,4
V	+20,2	+40,6	+10,2	—20,6	+ 8,1	+14,4
VI	+19,6	+48,3	+14,4	—29,3	+ 9,0	+19,2
VII	+34,8	+43,0	+ 4,1	— 0,6	+12,9	+ 6,8
VIII	+30,1	+23,8	— 3,2	+ 3,2	+12,7	+ 4,8
IX	+24,0	+26,5	+ 1,3	— 5,7	+ 5,0	+ 5,4
X	+16,4	+19,2	+ 1,4	— 4,0	+10,4	+ 7,2
XI	+12,2	+10,9	— 0,7	— 2,2	+ 6,3	+ 4,3
XII	+11,5	+14,1	+ 1,3	— 0,1	+13,4	+ 6,8

[1]) Die Vorzeichen bedeuten: + am Morgen, wenn Amsel vor Kohlmeise oder Feldsperling vor Kohlmeise; + am Abend, wenn Amsel nach Kohlmeise oder Feldsperling nach Kohlmeise; + bei der Mittagsdifferenz, wenn Amsel nach Kohlmeise oder Feldsperling nach Kohlmeise.

Tabelle 2. Interne Phasenunterschiede (Mittagsdifferenzen) zwischen Feldsperling und Amsel und mittlere interne Phasenunterschiede im System Kohlmeise — Amsel — Feldsperling in Abhängigkeit von der Jahreszeit. Angaben in Minuten.[2]) Monatsmittel

Monat	Feldsperling — Amsel Abstand am Morgen	Abend	Mittags-differenz	mittlere interne Phasenunterschiede Kohlmeise — Amsel — Feldsperling
I	—15,5	+ 1,6	+8,6	7,9
II	—20,2	— 4,1	+8,1	7,3
III	—29,6	—10,6	+9,5	7,1
IV	—41,3	—21,8	+9,6	8,5
V	—39,8	—30,6	+4,6	9,7
VI	—49,3	—40,8	+4,3	12,6

[2]) Die Vorzeichen bedeuten: + am Morgen, wenn Feldsperling vor Amsel; + am Abend, wenn Feldsperling nach Amsel; + bei der Mittagsdifferenz, wenn Feldsperling nach Amsel.

Monat	Feldsperling — Amsel Abstand am Morgen	Abend	Mittags-differenz	mittlere interne Phasenunterschiede Kohlmeise — Amsel Feldsperling
VII	−36,3	−30,1	+3,1	4,7
VIII	−28,5	−33,5	−2,5	3,5
IX	−31,0	−21,0	+5,0	3,9
X	−20,0	− 8,5	+5,8	4,8
XI	−14,3	− 4,7	+4,8	3,2
XII	−11,6	+ 0,5	+6,1	4,7

Ein Vergleich der Kurven der internen Phasenunterschiede zeigt, daß die relative Wirksamkeit des Zeitgebers für jede Vogelart eine andere ist. Alle diese Wirksamkeitsunterschiede beruhen auf Empfindlichkeitsunterschieden zwischen den Arten (HOFFMANN 1969 b). Das führte

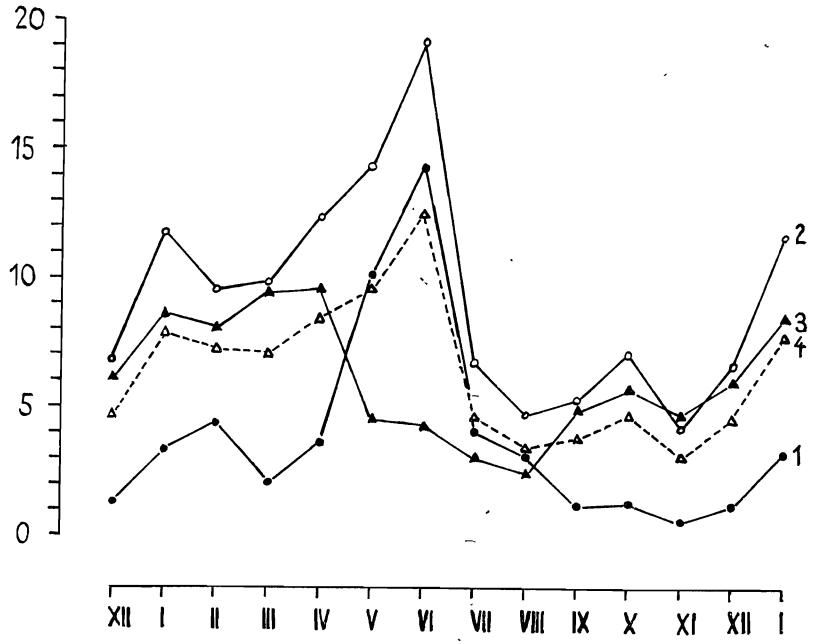


Abb. 1. Interne Phasenunterschiede zwischen Amsel und Kohlmeise (1), Feldsperling und Kohlmeise (2), Feldsperling und Amsel (3) in Abhängigkeit von der Jahreszeit. Dazu die mittleren internen Phasenunterschiede (4) aus (1) bis (3). Absolute Phasenunterschiede in Minuten.

wahrscheinlich auch zum Verlauf der Kurve des internen Phasenunterschiedes zwischen Feldsperling und Amsel (vgl. Abb. 1). Die Kurve der mittleren internen Phasenunterschiede bestätigt jedoch die Gültigkeit der von WEVER (1964) vorausberechneten Zeitgeberwirkung.

Es ist wesentlich, daß diese Zeitgeberwirkung in einer solchen Oscillator-Population nachweisbar ist, in der jedes Mitglied die Tagesperiodik einer Art unter dem Einfluß natürlicher Zeitgeber repräsentiert.

Literatur

BETZ, A. & B. CHANCE (1965): Phase relationship of glycolytic intermediates in yeast cells with oscillatoric metabolic control. Arch. Biochem. Biophys. **109**, 585—594.

DE HAAN, R. L. (1967): In: Factors Influencing Myocardial Contractility. (R. D. TANZ, F. CAVALER & J. ROBERTS eds.). Academic Press New York.

GWINNER, E. (1966): Entrainment of a Circadian Rhythm in Birds by Species-Specific Song Cycles (Aves, Fringillidae: Carduelis spinus, Serinus serinus). Experientia (Basel) **22**, 765.

HESS, B., B. CHANCE & A. BETZ (1964): Isolierung eines oscillierenden Systems aus S. Carlsbergensis. Ber. Bunsengesellsch. physikal. Chemie **68**, 768—773.

HOFFMANN, K. (1969a): Circadiane Periodik bei Tupajas (Tupaia glis) in konstanten Bedingungen. Verh. Zool. Ges. 1969. Zool. Anz. Suppl. **33**, 171—177.

HOFFMANN, K. (1969b): Die relative Wirksamkeit von Zeitgebern. Oecologia (Berl.) **3**, 184—206.

HÖSER, N. (1971): Phasenlage der Tagesperiodik von drei freilebenden Vogelarten (Turdus merula L., Parus major L., Passer montanus (L.)) auf 51° nördlicher Breite in Abhängigkeit von der Jahreszeit. Eine Prüfung des WEVER-schen Synchronisations-Modells. Abh. Ber. Naturk. Mus. Mauritianum Altenburg **7**, 49—58.

PAVLIDIS, T. & W. KAUZMANN (1969): Toward a Quantitative Biochemical Model for Circadian Oscillators. Arch. Biochem. Biophys. **132**, 338—348.

PÖPPEL, E. (1968): Desynchronisation circadianer Rhythmen innerhalb einer isolierten Gruppe. Pflügers Arch. ges. Physiol. **299**, 364—370.

SOLLBERGER, A. (1965): Biological Rhythm Research. Elsevier Publ. Com. Amsterdam.

SOLLBERGER, A. (1968): Probleme der Steuerung biologischer Rhythmen. Naturwiss. Rundschau **21**, 277—289.

SOLLBERGER, A. (1969): Methods for identifying environmental factors controlling rhythmic processes in biology. Scientia (Milano) **104**, 142—165.

WEVER, R. (1964): Zum Mechanismus der biologischen 24-Stunden-Periodik. III. Mitteilung. Anwendung der Modell-Gleichung. Kybernetik **2**, 127—144.

Eingang: 24. 8. 71

Verfasser: NORBERT HÖSER, DDR — 7401 Windischleuba, An der Mühle 2