

N^o 25. **Christoph Zeller**, Zürich. — Das periodische Eierlegen des Kletterfrosches *Rhacophorus leucomystax* (Kuhl). (Mit 2 Textabbildungen und 2 Tabellen.)

Zoologisches Institut der Universitas Indonesia, Bandung¹. — Zoologisch vergl. Anatomisches Institut der Universität Zürich.

EINLEITUNG

Auf dem Areal der technischen Fakultät der Universitas Indonesia in Bandung (Java) bot sich die Gelegenheit, die Schaumnester von *R. leucomystax* in grösserer Zahl zu studieren. Vier grosse Wassertanks, etwa 20 m lang, 6 m breit und 6 m tief, waren nur teilweise mit Wasser gefüllt, so dass über dem Wasserspiegel 2—4 m der zementierten Wand freilag. Diese Wände boten den Fröschen günstige Plätze für ihre Nester. In der näheren Umgebung der technischen Fakultät wurden fast nie *Rhacophorus*-Nester gefunden. Es ist anzunehmen, dass die beschriebenen Zementtanks den nahezu ausschliesslichen Nestplatz einer lokalen Population bilden.

Alle Nester, die vom Oktober 1956 bis Oktober 1957 abgelegt wurden, sind registriert worden. Das meteorologische Institut von Bandung lieferte Messungen der Maximal- und Minimal-Temperatur, Niederschlagsmenge und Luftfeuchtigkeit. In der vorliegenden Arbeit wird nun die Abhängigkeit des Eierlegens von den genannten Klimafaktoren untersucht.

Die Vermutung, der Regen etwa stimuliere die Frösche, bestätigte sich bald. Um den spezifischen Einfluss von meteorologischen Gegebenheiten auf das Absetzen der Nester zu untersuchen, sollten entsprechende Messungen an Ort und Stelle durchgeführt werden, denn das Mikroklima der Zementtanks wird nicht immer mit den Messungen des meteorologischen Institutes übereinstimmen; schwere tropische Regengüsse können ja auf einem kleinen, scharfbegrenzten Gebiet niedergehen. Messungen am Nestplatz waren mir aber nicht möglich. Eine Ausdehnung der Beobachtungs-

¹ Frl. Sie Ko Iem danke ich für die Hilfe beim Protokollieren der Nester.

periode wäre sehr wünschenswert gewesen, war aber ebenfalls nicht möglich; jemand hatte nämlich einige Fische in die Tanks geworfen, die offenbar den Fröschen das Nestermachen an den Tankwänden verleiteten.

Es kann sich also im folgenden nicht darum handeln, die klimatischen Bedingungen des Eierlegens im Detail zu analysieren, sondern nur darum, Zusammenhänge zwischen Wetter und Nestfrequenz festzustellen. Im Laufe der Beobachtungen wurde eine Periodizität der Nestfrequenz vermutet, die zu diskutieren die Hauptaufgabe dieser Untersuchungen ist.

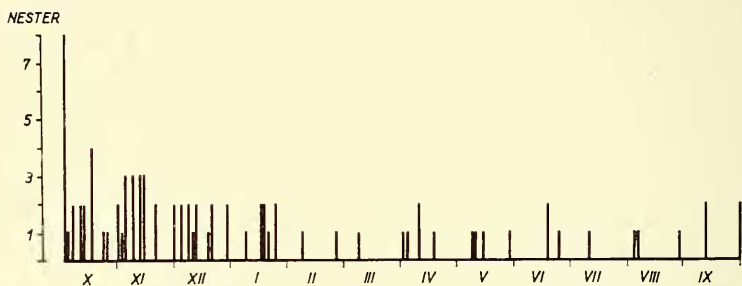


FIG. 1.

Verteilung der Nester im Beobachtungsjahr. Die Nester von je zwei aufeinanderfolgenden Tagen sind zusammengezählt und auf der Ordinate aufgetragen. Die Abszisse stellt das Beobachtungsjahr dar, beginnend mit Oktober.

DIE NESTPERIODEN

Die Tage, an welchen ein oder mehrere Nester gefunden wurden (im folgenden als Nesttage bezeichnet), sind nicht gleichmässig über das ganze Jahr verteilt (Fig. 1). In den ersten Monaten der Regenzeit, im Oktober und November, konzentrieren sich die Nesttage. Nahezu die Hälfte aller Nester des beobachteten Jahres wurden während dieser Monate abgesetzt. Aber auch während der übrigen Monate scheinen die Nesttage nicht zufällig verteilt, sondern sie scheinen sich in regelmässigen Abständen zu häufen: Nestreiche Perioden (im folgenden als Nestperioden bezeichnet) wechseln mit nestarmen Perioden ab. Die Begrenzung dieser Perioden ist nicht ohne weiteres aus Figur 1 ersichtlich, nestarme Perioden und Nestperioden scheinen etwa gleich lang zu dauern, etwa 15—20 Tage. Mit etwas Probieren findet man, dass die Periodizität

eindeutig sichtbar wird, wenn das Beobachtungsjahr in Perioden von 18 Tagen eingeteilt wird.

Die Nestperioden enthalten insgesamt 68 Nester, die nestarmen Perioden nur 24. Eine solche Verteilung ist statistisch gesichert verschieden ($p < 0,001$) von einer gleichmässigen Verteilung der Nester auf die Perioden.

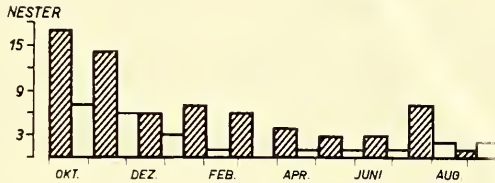


FIG. 2.

Verteilung der Nester auf Nestperioden (schraffierte Blöcke) und der nestarmen Perioden (leere Blöcke). Die Höhe der Blöcke bezieht sich auf die Summe aller Nester der entsprechenden Periode.

EINFLUSS DER NIEDERSCHLÄGE

Die Regenzeit dauert in Bandung normalerweise von Oktober bis Mai und ist unterbrochen von einer kleinen Trockenzeit im Dezember. Die Regenverteilung im Beobachtungsjahr hält sich ungefähr an die Regel. Die Figuren 1 und 2 illustrieren deutlich den Jahreszyklus der Nesthäufigkeit mit einem klaren Maximum am Anfang der Regenzeit. Es ist möglich, dass ein Anstieg der Kurve in August und September dadurch verhindert wurde, dass zu dieser Zeit bereits einige Fische in zwei von den vier Wassertanks ausgesetzt wurden, und dass dadurch die *Racophorus*population gestört wurde. Ist die Verteilung der Regentage für die Nestperioden verantwortlich? In Nestperioden regnete es an 99 Tagen, in den nestarmen Perioden an 79; der Unterschied ist statistisch nicht gesichert.

Tatsächlich haben aber Regentage einen Einfluss auf das Eierlegen (Tab. 1). Beim Protokollieren der Nester konnte nicht unterschieden werden, ob sie vor oder nach Mitternacht abgesetzt wurden. In Tabelle 1 ist darum auch der Regen des Vortages berücksichtigt. Während es 1,83 mal mehr Regentage als trockene Tage gibt, werden 7,36 mal mehr Nester an Regentagen als an trockenen Tagen gelegt. Die Heterogenität der Nesttage ist signifikant, das

heisst der Anteil der Regentage an den Nesttagen ist innerhalb und ausserhalb der Nestperioden verschieden. Die linke Hälfte der Tabelle lässt eine entsprechende Heterogenität nicht nachweisen. Die Perioden hängen nicht mit der Verteilung der Regentage zusammen.

EINFLUSS DER LUFTFEUCHTIGKEIT

Die Kurve der Luftfeuchtigkeit während des Beobachtungsjahres gleicht der Niederschlagskurve. Tabelle 2 gibt Auskunft über die Mittelwerte der Luftfeuchtigkeit. Die Perioden unterscheiden sich nicht in ihrer Feuchtigkeit und Regentage sind natürlich feuchter als trockenere. Die Feuchtigkeit der Nesttage in- und ausserhalb der Nestperioden ist deutlich verschieden.

Die Feuchtigkeit der Nesttage in den Nestperioden stimmt mit der Feuchtigkeit von Regentagen überein. Ausserhalb der Nestperiode finden sich Nester an Tagen mit signifikant niedrigerem Feuchtigkeitsmittel ($p < 0,01$) und die Streuung ist erheblich grösser. Die Frösche reagieren ausserhalb der Nestperioden weniger spezifisch auf Luftfeuchtigkeit.

DER EINFLUSS DER TEMPERATUR

Als Temperaturmass wurde die Minimaltemperatur gewählt, weil sie am ehesten den Bedingungen, unter welchen die Frösche ihre Nester legen, entspricht; die meisten Nester werden in der Nacht oder am frühen Morgen abgesetzt.

VERTEILUNG DER REGENTAGE

	TAGE MIT REGEN ODER REGEN AM VORTAG	TROCKENER TAG MIT TROCKENEM VORTAG	NESTTAG MIT RE- GEN ODER REGEN AM VORTAG	TROCKENER NEST- TAG MIT TROCKE- NEM VORTAG
IN NEST- PERIODE	123	57	64	4
IN NEST- ARMER PERIODE	110	70	17	7
TOTAL	233	127	81	11
HETERO- GENITÄT	$\chi^2 = 2.056$ $0.2 > p > 0.1$		$\chi^2 = 9.137$ $0.01 > p > 0.001$	

TAB. 1.

Die Minimaltemperaturkurve lässt keinerlei Beziehung zu den Nestperioden erkennen. Das Hauptminimum der Kurve liegt zu Beginn oder kurz vor Beginn des Maximums im Jahreszyklus der Nesthäufigkeiten. Dieses Temperaturminimum dürfte wohl mit dem Gipfel der Legetätigkeit der Frösche im Zusammenhang stehen.

MITTELWERTE UND VARIANZEN DER RELATIVEN LUFTFEUCHTIGKEIT IN %

	MITTELWERT	VARIANZ	NESTTAGE	
			MITTELWERT	VARIANZ
IN NEST- PERIODE	79.46 180 TAGE	60.11	82.21 68 NESTER	39.18
IN NEST- ARMER PERIODE	78.32 120 TAGE	57.11	76.84 24 NESTER	75.21

TAB. 2.

Die durchschnittliche Minimaltemperatur beträgt $18,36 \pm 0,7^\circ \text{C}$. Der durchschnittliche Nesttag hat innerhalb der Nestperiode $18,44 \pm 0,14^\circ \text{C}$ und ausserhalb der Nestperiode $17,79 \pm 0,23^\circ \text{C}$. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Differenz zwischen Temperatur der Nesttage in und ausser der Nestperioden auf Zufall beruht, liegt zwischen 0,01 und 0,02.

In Bezug auf die Minimaltemperatur zeigt sich wieder, dass die Nesttage innerhalb und ausserhalb der Nestperioden verschieden sind und zwar gleichen sie in den Nestperioden eher den Regentagen ($18,60^\circ \text{C}$) und in den nestarmen Perioden den trockenen Tagen ($17,95^\circ \text{C}$).

DISKUSSION

Regen, Temperatur und Luftfeuchtigkeit hängen gegenseitig voneinander ab und beeinflussen das Eierlegen.

Welcher dieser Faktoren wirksam ist, kann hier nicht entschieden werden. Die berichteten Untersuchungen haben lediglich gezeigt, dass die meteorologischen Eigenschaften eines Regentages während der Nestperioden für das Eierlegen von Bedeutung sind, und dass ausserhalb der Nestperiode die meteorologischen Eigenschaften der Nesttage stärker streuen und eher denjenigen der trockenen Tage entsprechen. Die Frösche verhalten sich also während der verschiedenen Perioden verschieden. Dieser Befund

und die Tatsache, dass das Wetter in den Nestperioden und den nestarmen Perioden dasselbe ist, lässt darauf schliessen, dass die Periodizität des Eierlegens in der Physiologie der Frösche verankert ist und nicht eine Periodizität von Umweltbedingungen widerspiegelt.

Regentage können nur als Auslöser des Eierlegens betrachtet werden, die sich auswirken, wenn eine periodisch wiederkehrende Bereitschaft der Frösche vorhanden ist. Die Frösche, die ihre Eier ausserhalb der Nestperioden legen, können nicht solche sein, die einfach eine phasenverschobene Periodizität haben, denn die auslösenden Bedingungen sind ausserhalb der Perioden anders.

Es muss zwei verschiedene Typen von Fröschen geben. Es könnte sich um Alterklassen oder um systematische Varietäten handeln. Es könnte auch sein, dass Frösche, welche ihre Eier während der Nestperiode nicht loswerden, es später unter abgeänderten auslösenden Bedingungen tun. Worauf die periodische Bereitschaft, an Regentagen Eier zu legen, beruht, kann aus den vorliegenden Daten nicht geschlossen werden. Es kann nur betont werden, dass es sich um einen physiologischen Rhythmus handeln muss, der bei allen Fröschen, die ihm folgen, synchron läuft. Es wäre denkbar, dass dieser Rhythmus mit der Eireifung zusammenhängt.

Beide Typen von Fröschen folgen dem grossen Jahreszyklus, denn das Verhältnis zwischen Nester in- und ausserhalb der Nestperioden ist während des ganzen Jahres, also auch während des Nestmaximums zu Beginn der Regenzeit, das gleiche.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei *Rhacophorus leucomystax* wird neben dem Jahreszyklus des Eierlegens mit seinem Maximum am Anfang der Regenzeit eine sekundäre Periodizität mit kürzeren Phasen nachgewiesen. Diese sekundäre Periodizität beruht auf einer physiologischen periodisch wiederkehrenden Bereitschaft der Frösche an Regentagen ihre Eier zu legen. Sie verläuft bei allen Tieren, die ihr folgen, synchron. Ein kleiner Teil der Frösche zeigt diese Periodizität nicht und legt ihre Nester an beliebigen eher trockeneren Tagen.
