

Chromosomen der Mütter aneinandergekoppelt bleiben (*Bild*). Das Muster der Tagesperiodik der F₁-Männchen gleicht fast völlig dem Muster der Väter, nicht aber dem Muster der attached-X-Weibchen oder deren Männchen. Mit dem X-Chromosom scheint also auch das niedrige abendliche Maximum vererbt worden zu sein.

Eine genauere Lokalisierung der an der Tagesrhythmik beteiligten Gene oder Gengruppen ist Gegenstand laufender Untersuchungen (DFG).

Literatur: (1) Neumann, D.: Helgoländer wiss. Meeresunters. 15 (1967) S. 163. — (2) Frey, H. D. und B. Schwemmler, in „Biologische Rhythmen“ (Hrsg. G. Birukow und L.

Rensing), Nachr. Akad. Wiss. Göttingen 10 (1967). — (3) Rensing, L., W. Brunken und R. Hardeland: *Experientia* 24 (1968) S. 509. — (4) Rensing, L.: Verh. Dtsch. Zool. Ges. Innsbruck 1968, im Druck.

Priv. Doz. Dr. Ludger Rensing,
1. Zoologisches Institut
der Universität Göttingen

Pyramidenbau — Ausdruck des Imponierverhaltens von Reiterkrabben am Roten Meer

Werben und Drohen gehören zu den Verhaltensweisen mit Mitteilungswert, die besonders häufig — im Dienste ihrer Signalfunktion umgestaltet — zu Auslösern werden. Solche Auslöser, seien es nun besondere Bewegungsweisen und/oder spezielle morphologische Strukturen, sind an das Individuum gebunden. Eine optische Werbung oder ein Drohen mit körperfremden Mitteln, stellvertretend für ein Individuum, galt bislang als Privileg des Menschen. Die folgenden Ausführungen werden aber zeigen, daß auch andere Lebewesen derartige „Aushängeschilder“ gebrauchen.

Wer sich während der heißen Zeit eines Sommertages einem von der Reiterkrabbe *Ocypode saratan* Forsh (*Titelbild*) bewohnten Sandstrand am Roten Meer nähert, wird kaum einen der „Spitzfüßigen Krebse“ (*saratan*: arab. = Krebs) zu Gesicht bekommen. Mit Sicherheit werden dem aufmerksamen Beobachter aber kegelförmige, etwa 15 cm hohe Sandanhäufungen in einer spülsaumnahen Uferzone auffallen (*Bild 1*). Von diesen „Pyramiden“ führen Trampelpfade zu im Mittel 50 cm entfernt liegenden spiralig gewundenen Höhlen (*Bild 3*), an deren Ende man beim Aufgraben immer ein erwachsenes Reiterkrabbenmännchen findet. Der Drehsinn der Höhlenspirale hängt von der „Händigkeit“ des Erbauers ab, d. h. von der Stellung seiner kleinen Schere; sitzt sie

links, ist die Höhle im Uhrzeigersinn gedreht, ist die rechte Schere die kleine, so weist die Höhlung eine Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn auf. Rechts- und Linkshänder waren in den Untersuchungsgebieten gleich häufig. Neben den Spiralhöhlen lassen sich noch fünf andere Höhlentypen nach Form und Funktion unterscheiden; ihr gemeinsames Charakteristikum ist das gesetzmäßige Fehlen einer Sandpyramide. Spiralhöhle und Sandpyramide bilden eine untrennbare Einheit.

Die vom Wind täglich mehr oder weniger stark zerstörten Pyramiden werden vom Besitzer, der seine Höhle bis zu acht Tage (meist hungernd) bewohnt, immer wieder ungefähr an der alten Stelle aufgebaut. Der Wiederaufbau wird entweder durch den Signalreiz

„fehlende Pyramide“ oder/und „überflüssiger Sand in der Höhle“ ausgelöst, allerdings nur während der „Bauphasen“, deren tageszeitliche Dauer und Lage vornehmlich endogen bestimmt werden, und die sich weder über einen Triebstau noch über eine Triebreduktion von den Bauhandlungen her beeinflussen lassen. Das Pyramidenbauverhalten besteht aus einer Kette von fünf gut unterscheidbaren Einzelbauhandlungen, die beim Neubau in starrer Reihenfolge ablaufen. Zu Beginn jedes Wiederaufbaus dagegen beurteilt die Reiterkrabbe in einer kurzen „sensiblen Phase“ sowohl den Zustand der Pyramide als auch die zur Verfügung stehende Sandmenge erstaunlich genau und richtet ihr Bauverhalten danach. Dieses vergleichsweise plastische Verhalten ermöglicht es der Krabbe mit jeder Sandmenge die nach Bauweise und Materialbeschaffenheit höchstmögliche Erhebung zu errichten (*Bild 2*). Das Baumaterial stammt ausschließlich aus der Spiralhöhle.

Der Besitzer erkennt seine eigene Pyramide nur an ihrer Lagebeziehung zur Höhle: Die Pyramide liegt immer unge-

Bild 1: Teil einer Pyramidenkolonie. Die einzelnen Bauten sind durchschnittlich nur 1,90 m voneinander entfernt.

Aufnahmen: K. E. Linsenmair.



Bild 2: Reiterkrabbenmännchen beim Bau der Pyramidenspitze. Die großen Sandklumpen werden immer von den beiden ersten Laubbeinen und der Schere der „Grabseite“ (d. i. die Körperseite mit der kleinen Schere) getragen.



fähr auf der auf die Sandoberfläche projizierten Verlängerung der Höhlenspirale. Diese Winkel- und die ebenfalls relativ genau festgelegte Entfernungslage werden von den tagaktiven ägyptischen Reiterkrabben vom Höhleneingang aus optisch beurteilt. Größe, Farbe und Form sind für den Besitzer dagegen von sehr untergeordneter Bedeutung. Selbst von uns errichtete Sandberge von 1,60 x 3,00 m lösten bei den Krabben geringere Beunruhigung aus als bei der ägyptischen Grenzpolizei und wurden ohne sehr langes Zögern „wiederaufgebaut“.

Die experimentelle Analyse der Pyramidenfunktion erbrachte die folgenden wichtigsten Ergebnisse: Die Pyramiden sind der wesentlichste Signalreiz bei der Gründung der Männchenkolonie (die Pyramidenanlagen liegen — wie aus Bild 1 ersichtlich — immer in Gruppen beisammen). Bevor Männchen sich zum Bau einer eigenen Pyramidenanlage entschließen, versuchen sie regelmäßig, sich den fertigen Bau eines gleichhändigen Männchens zu erobern; auf sie wirken die Pyramiden als „erstarre Imponiersignale“, die Rivalenkampf motivieren. Die Pyramiden regeln die Siedlungsdichte innerhalb der Kolonie, sie „zwingen“ Neubauer, einen Mindestabstand von durchschnittlich 134 cm einzuhalten. Und vor allem — die Pyramiden zeigen den paarungsbereiten Weibchen den Weg zu den Kopulationsplätzen (= Spiralhöhlen).

Alle obengenannten Ergebnisse wurden an tagaktiven, ägyptischen Reiterkrabben erarbeitet. Die bei Massawa/Äthiopien beobachteten Populationen waren

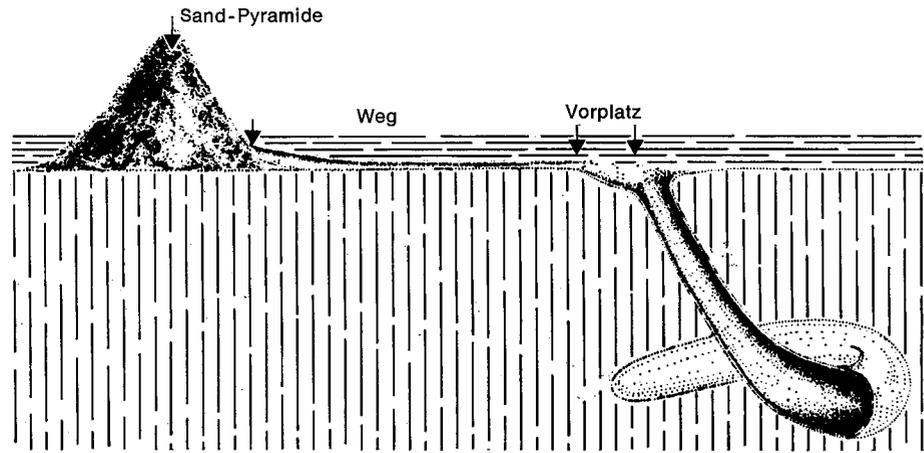


Bild 3: Eine Pyramidenanlage besteht aus der Spiralhöhle, dem etwas vertieften Vorplatz, dem Weg und der Sandpyramide.

praktisch rein nachtaktiv. Im Prinzip gleichen die dort erbauten Pyramidenanlagen den ägyptischen. Zumindest in dunklen Nächten aber haben die Pyramiden dort ihre Signalfunktionen fast vollständig verloren; Vibrationssignale ersetzen sie bis zu einem gewissen Grad.

Das Pyramidenbauverhalten wird als ein modifiziertes und differenziertes Sandaustragverhalten gedeutet. Dieselben Faktoren, die für die Selektion des Pyramidenbauverhaltens verantwortlich waren, begünstigten wohl auch die Entstehung des genau entgegengesetzten Verhaltens, nämlich des breit-fächerförmigen Austragens, das die entsprechende Höhle tarnt, was bei allen Nicht-Kopulationshöhlen — man denke etwa

an Häutungs- oder Freihöhlen — sehr sinnvoll ist. Das Pyramidenbauverhalten der Reiterkrabben — als aktive optische Markierung des Kopulationsplatzes mit körperfremdem Baustoff, die ohne weiteres Mitwirken des Männchens anlockt — hat, soweit bisher bekannt, keine Parallelen im Bereich optisch wirksamer Balzverhaltensweisen.

Der Studienstiftung des Deutschen Volkes und der Stiftung Volkswagenwerk bin ich für die Unterstützung zu Dank verpflichtet.

Literatur: Linsenmair, K. E.: Z. Tierpsychol. 24 (1967) S. 403—456.

Dr. K. Eduard Linsenmair,
Zoologisches Institut der
Universität Frankfurt/Main

Bild und Ton in Zeitlupe

Nicht nur Filmbilder, sondern auch den dazu gehörigen Ton kann man unter die „Zeitlupe“ nehmen. Ultraschallgeräusche von beispielsweise 100 000 Hz werden bei 20facher Zeitdehnung auf 5000 Hz, also in den Hörbereich, transponiert. Wir glauben, daß eine solche kinematographische Bild- und Ton-Zeitdehnung für die naturwissenschaftliche Forschung neue Möglichkeiten eröffnet, die zur Lösung spezieller Fragestellungen beitragen können.

Die Arbeitsprinzipien von Bild-Zeitdehner-Kameras sind je nach den damit erfaßbaren Aufnahmefrequenzen sehr verschieden (1). Unter Einhaltung der für die Kinematographie gegebenen Grenzen eines vorführfähigen Filmstreifens kommt man heute bis zu maximalen Aufnahmefrequenzen von etwa 10 Millionen Bildern je Sekunde und damit bis zu 400 000facher Zeitdehnung. (Bei der genormten Vorführfrequenz von Tonfilmen mit 24 B/sec bedeutet z. B. eine Filmaufnahme mit 240 B/sec eine 10fache Zeitdehnung.) Für 16-mm-Film wird bis zu Aufnahmefrequenzen von 600 B/sec die auch für normalfrequente Kameras benutzte Greiferschaltung verwendet, die im Vergleich zu Bildwechselprinzipien für höhere Zeitdehnungen die beste Bildqualität liefert.

Analog zur Bild-Zeitdehnung könnte man auch eine Ton-Zeitdehnung definieren. Dabei müßte dann ein Magnettonband mit hoher Bandgeschwindigkeit aufgenommen und mit entsprechend geringerer Geschwindigkeit abgespielt werden. Das Ergebnis wäre eine Tonfrequenz-Transformation: Aus einem hohen Ton wird ein den unterschiedlichen Bandgeschwindigkeiten entsprechender tiefer Ton. Interessant und wertvoll für die Forschung wäre nun eine Tonbandaufnahme im Ultraschall-Bereich ($f > 20\,000$ Hz), die dann durch Ton-Zeitdehnung in den Hörbereich transformiert werden könnte (2, 3). Eine Ultraschall-Frequenz von 100 000 Hz würde bei 20facher Zeitdehnung mit 5000 Hz zu hören sein. Eine solche 20fache Ton-Zeitdehnung erreicht man z.

B., wenn man ein Tonband mit 190 cm/sec Bandgeschwindigkeit aufnimmt und dieses Band mit 9,5 cm/sec abspielt.

Kombiniert man nun die Bild-Zeitdehnung mit der entsprechenden Ton-Zeitdehnung im Sinne des Tonfilms, so könnten damit z. B. schnelle, schall-erzeugende Bewegungsvorgänge in gegenseitiger Zuordnung von Bild und Ton sicht- und hörbar gemacht werden. Es ist sinnvoll, dabei nicht über eine 20fache Zeitdehnung hinauszugehen, weil eine Ultraschall-Frequenz von 100 000 Hz gerade noch mit Spezial-Mikrofonen erfaßt werden kann. Mit dieser Methode eröffnen sich neue Forschungsmöglichkeiten.

Als Bildkamera haben wir eine Mitchell-Monitor 600 benutzt, die es gestattet, Filmaufnahmen mit ruckweisem Filmtransport bis zu 600 B/sec zu machen. Wegen des Kamerageräuschs bei der Aufnahme mußte das Gerät in einer Schallschutz-Kabine aufgestellt werden. Die Aufnahmen erfolgten mit 480 B/sec, also mit 20facher Zeitdehnung.