

Hält man Hamster bei einem Licht-Dunkel-Zyklus von 14 bis 10 Stunden, so ist die Radlauf-Aktivität dieses nachtaktiven Tieres säuberlich auf die zehn Dunkelstunden beschränkt. Gelegentlich auftretende Tiere, die den Rhythmus nur ungenau einhalten, werden üblicherweise aus den Versuchen entfernt. In einem Falle fiel jedoch Ralph ein Hamster auf, der beim 14- bis 10-Stunden-Zyklus seine Aktivität regelmäßig mehrere Stunden vor dem Einsetzen der Dunkelheit begann. In der Hoffnung, einem Schrittmacher mit erhöhter Frequenz auf der Spur zu sein, setzte er den Hamster unter konstanter Dunkelheit und fand eine lichtunabhängige Periodizität von nur 22 Stunden, deutlich kürzer als die kürzeste bisher unter 1000 getesteten Hamstern gefundenen 23,5 Stunden [3].

Glücklicherweise erwies sich das Phänomen als erblich, und es gelang, den abnorm kurzen Tagesrhythmus einem einzelnen autosomalen Gen *tau* zuzuordnen. Mit dieser Mutante konnte nun versucht werden, ungelöste Fragen im Zusammenhang mit den biologischen Rhythmen anzugehen. So wurde vermutet, daß der Schrittmacher des Tagesrhythmus in den supra-chiasmatischen Kernen (SCN, supra-chiasmatic nuclei) des Gehirns liegen könnte. Experimentelle Ausschaltung dieser Region führt zwar zum Verlust des Rhythmus, beweist aber nicht, daß der Schrittmacher selbst dort sitzt. Auch die Möglichkeit, bei Tieren mit entferntem SCN den Rhythmus durch Transplantation des fetalen SCN eines anderen Tieres wieder herzustellen, führt nicht sehr viel weiter; denn der Schrittmacher könnte anderswo sitzen, aber einen funktionstüchtigen SCN benötigen. Schlüssig wäre erst ein Versuch, bei dem ein gegebener Rhythmus durch Transplantation durch einen anderen ersetzt werden könnte. Genau dieses Experiment wurde nun mit dem neuen *tau*-Stamm möglich. Ralphs neueste Untersuchungen zeigen, daß die Periode des Tagesrhythmus von Wildtyp-Hamstern durch Ausschaltung ihres eigenen SCN und Einpflanzung eines fetalen mutierten SCN auf 22 Stunden herabgesetzt wird. Auch die umgekehrte Transplantation von Wildtyp-SCN in mutierte Tiere resultiert in einer entsprechenden Verlängerung des Rhythmus. Damit ist gezeigt, daß der Schrittmacher selbst im SCN liegt. Es ist auch ein eindrückliches Beispiel dafür, wie durch Transplantation eines Hirnteils angeborene Verhaltensweisen übertragen werden können.

Die Mutation *tau* wird wohl auch in naher Zukunft noch von sich reden machen. Es sind nämlich jetzt Untersuchungen angelaufen, die darauf abzielen, das Genprodukt von *tau* zu identifizieren und die molekulargenetischen Aspekte aufzuklären. Ein Vergleich der Ergebnisse mit analogen Untersuchungen an der Taufliege *Drosophila*, wo das Periodizitätsgen *per* kloniert und sequenziert wurde [4], wird vom Gesichtspunkt der Evolution der Biorhythmen aus äußerst interessant werden. Ein Verständnis der Grundlagen der Rhythmen beim Säuger und beim Menschen wird möglicherweise helfen, Rhythmusstörungen, wie sie bei Jetlag, Schichtarbeit und gewissen Krankheiten auftreten, zu beheben. [(1) M. N. Mrosovsky, *Nature* **337**, 213 (1989). — (2) M. R. Ralph u. Mitarb., *Soc. neurosci. Abstr.* **14**, 462 (1988). — (3) M. R. Ralph, M. Menaker, *Science* **241**, 1225 (1988). — (4) M. Heisenberg, *Nature* **333**, 19 (1988).]

Prof. Dr. Friedrich E. Würzler, Zürich

Schockierender Sex bei elektrischen Fischen

Tropische Messeraale (*Gymnotiformes*) aus Südamerika und Nilhechte (*Mormyriiformes*) aus Afrika erzeugen schwache elektrische Dipolfelder, die sie mit spezialisierten Elektrorezeptoren der Haut wahrnehmen. Das elektrische System dieser vorwiegend nachtaktiven, nicht näher miteinander verwandten Knochenfischordnungen hat zwei bekannte Funktionen: 1. die aktive Elektroortung (vergleichbar der Echoorientierung der Fledermäuse), deren Reichweite aus physikalischen Gründen allerdings nur etwa 5 cm beträgt; 2. die Elektrokommunikation, deren Reichweite über 1 m im Umkreis beträgt, insbesondere im tropischen Süßwasser mit seiner niedrigen Leitfähigkeit. Beide Fischgruppen sind endemisch für ihr Verbreitungsgebiet und ausschließlich auf Süßwasser beschränkt [1].

Das elektrosensomotorische System beider Gruppen weist große Ähnlichkeit auf; bei genauerer Analyse werden jedoch zahlreiche Unterschiede auf allen Ebenen deutlich [2]. Mit technischen Hilfsmitteln hörbar gemachte Entladungen des Messeraals *Eigenmannia* ergeben einen Dauerton konstanter Frequenz, je nach Individuum zwischen 250 bis 600 Hz bei 27° C („Summer“). Die Klangfarbe dieses Summens variiert alters- und geschlechtsspezifisch: Die Entladungen von Jungtieren und Weibchen sind sinusähnlich und daher obertonarm; sie ähneln einem Flötenton. Die obertonreichen Entladungen der erwachsenen Männchen hingegen entsprechen mehr einem Geigenton. Die Kurvenform der streng periodischen Männchen-Entladungen weicht stark von einem Sinus ab: Einer negativen Grundlinie sitzen schmale Pulse mit abgerundeten Spitzen auf [3]. (Das Integral der Spannung über der Zeit ist in allen Fällen gleich Null.)

Digital synthetisierte, naturgetreue Männchen- und Weibchenentladungen werden von futterbelohnten, dressierten Tieren auch dann sicher unterschieden, wenn Frequenz und Amplitude der vorgespielten Signale gleich sind [4]. Spielt man einzeln gehaltenen, undressierten Messeraalen Männchen- und Weibchen-Entladungen gleichzeitig vor, so verlassen die Schwarmtiere ihr Tagesversteck, um sich dem Dipol sender, der Weibchen-Entladungen vorspielt, anzuschließen. Dies war bei allen Altersstadien und bei beiden Geschlech-

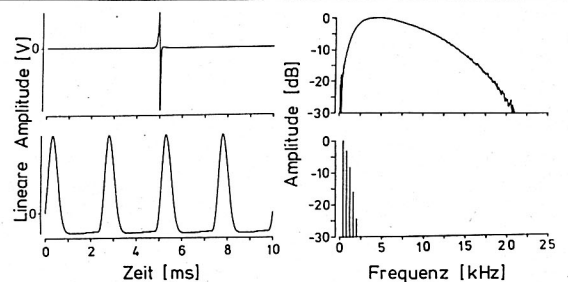


Abb. Entladungen der elektrischen Organe eines Nilhechts (oben) und eines Messeraals (unten). Links Zeitverlauf der Spannung (Volt), rechts spektrale Amplitudenverteilung im logarithmischen Dezibel-Maß. Der Nilhecht *Gnathonemus petersii* ist ein Knatterer, der kurze Pulse (links) mit einem breitbandigen, geräuschhaften Spektrum in variablen Abständen sendet (rechts). Die Entladungen des Messeraals *Eigenmannia* hingegen verlaufen periodisch wellenförmig (links) und ergeben im Lautsprecher einen Sumnton, mit charakteristischer Klangfarbe für das Individuum. Diese beruht auf Anzahl und Intensität von Ober-Tönen, die in ganzzahligem (harmonischem) Verhältnis zur Grundfrequenz stehen (rechts). Im Unterschied zum Knatterer besteht beim Summer die spektrale Amplitudenverteilung aus Linien, zwischen denen keine Energie zu finden ist [3].

tern zu beobachten und ist vielleicht auf die hohe Aggressivität adulter Männchen zurückzuführen [5]. Außerdem sind bei Summern verschiedene Formen von Frequenzmodulationen im Sozialverhalten bekannt.

Nilhechte entladen ihre elektrischen Organe in kurzen, scharfen Pulsen, deren Wiederholungsrate ständig schwankt. In Ruhe senden die Tiere durchschnittlich etwa 10 Pulse/s, in Erregung etwa 100 Pulse/s; kürzere oder längere Pausen kommen im Sozialverhalten häufig vor. Die Abfolge ihrer hörbar gemachten Entladungen entspricht einem Knattern, das sich insbesondere während des Kampfverhaltens zu Salven steigern kann.

Pollimyrus isidori ist ein höchstens 10 cm langer, westafrikanischer Klein-Mormyride mit hochentwickeltem Hörvermögen. Die Männchen besetzen Territorien, bauen ein Nest und locken Weibchen allnächtlich an mit einem unwirklichen, hörbaren Gesang, der wie Grollen, Seufzen und Grollen klingt [6, 7]. Kaum lassen sich die Weibchen zum erstaunlich komplexen Balzritual herbei, so hören die Männchen mit dem Singen auf, und die weitere Kommunikation findet ausschließlich mit elektrischen Signalen statt [7]: Die stummen Weibchen zeigen ihre Laichbereitschaft durch einen regelmäßigen Senderhythmus von etwa 10 Entladungen/s an (regelmäßige Entladungsintervalle sind bei Mormyriden ungewöhnlich). Dieser Senderhythmus scheint eine aggressionsdämpfende Wirkung auf das Männchen zu haben, das häufig schon Eier oder Larven in seinem Nest von früheren Paarungen besitzt und daher sehr aggressiv ist.

Während der einleitenden Balzphase einer Abblanchung besucht ein Weibchen ein Männchen 2- bis 3mal in der Minute für jeweils nur wenige Sekunden; dies wird über etwa 2 Stunden fortgesetzt. Sobald ein Weibchen ins Territorium eines Männchens wechselt, schaltet das Männchen von einem erregten, stark frequenzmodulierten Senderhythmus des Patrouillierens um auf eine gleichförmige, niedrigere Entladungsrate des Balzens und Laichens, die derjenigen des Weibchens sehr ähnlich ist. Während des Balzrituals kommen in beiden Geschlechtern kurze Sendepausen vor. Das nach etwa 2stündiger Balz folgende Abblanchen (in kleinen Portionen 2- bis 3mal pro Minute während etwa 4 Stunden) gleicht im elektrischen Sendeverhalten der Partner ganz der Balz.

Die kommunikative Funktion der Entladungen wird durch die strenge zeitliche Korrelation unterstrichen, mit der das Männchen seinen Senderhythmus bei Erscheinen wie Verschwinden des Weibchens umschaltet, während das Weibchen seinen gleichförmigen Rhythmus konstant bis zum Ende des Abblanchens beibehält. Sind alle Eier abgelaicht, erscheint das Weibchen nicht mehr und sendet mit einem neuen, ganz ungewöhnlichen Rhythmus des regelmäßigen Alternierens zwischen hohen und niedrigen Entladungsraten. Das Männchen fängt wieder mit seinen hörbaren Gesängen an und fährt damit fort, Eier im Maul ins Nest zu transportieren und sie für viele Tage einschließlich der frühen Larvalentwicklung gut zu bewachen.

Bei der elektrischen Kommunikation von Nilhechten dienen situations- und artspezifische Impulsmuster der Verständigung (ähnlich einem Morse-Code). Eine Übersicht über das Gebiet der Elektrokommunikation (mit evolutiven und neurobiologischen Grundlagen) ist in [8] zu finden. [(1) H. W. Lissmann, *J. Exp. Biol.* **35**, 156 (1958). — (2) T. H. Bullock, W. Heiligenberg (Hrsg.): *Electroreception*. Wiley, New York (1986). — (3) B. Kramer, *J. Exp. Biol.* **119**, 41 (1985). — (4) B. Kramer, G. Zupanc, *Naturwissenschaften* **73**, 679 (1986). — (5) B. Kramer, B. Otto, *Behav. Ecol. Socio-*

biol. **23**, 55 (1988). — (6) J. D. Crawford, M. Hagedorn, C. D. Hopkins, *J. Comp. Physiol.* **159**, 297 (1986). — (7) B. O. Bratton, B. Kramer, *Behav. Ecol. Sociobiol.* **24**, 349 (1989). — (8) B. Kramer: *Electrocommunication in teleost fishes. Behavior and experiments*. Springer, Berlin (im Druck)].

Prof. Dr. Bernd Kramer, Regensburg

Lockstoff für die Varroa-Milbe

Die Milbe *Varroa jacobsoni* stellt eine ernste Bedrohung für die Honigbiene *Apis mellifera* dar. Der jährliche Verlust an Bienenvölkern durch Varroatose ist beträchtlich. Der Schaden trifft zum einen die Bienenwirtschaft, zum andern gerät vor allem die Bestäubung vieler Kultur- und Wildpflanzen in Gefahr [1]. Zur Zeit kann die Varroatose wirtschaftlich lohnend nur mit Hilfe von Acariziden unter Kontrolle gehalten werden. Der Gebrauch solcher Mittel auf längere Zeit hat jedoch Nachteile, wie andere Beispiele zeigen. Möglicherweise ist nun ein Weg gefunden worden, die Varroa-Milbe biologisch zu bekämpfen.

Adulte Varroa-Weibchen leben auf den Arbeiterinnen und Drohnen und saugen Hämolymphe. Zur Reproduktion verlassen sie die Bienen und wandern in die Brutzellen, kurz bevor diese verdeckelt werden. Die Milbe bevorzugt die Zellen der Drohnenbrut. Sie ist optimal an die dort herrschenden Temperaturverhältnisse und die Entwicklungsdauer der Drohnen angepaßt [2].

Eine französische Arbeitsgruppe am CNRS-Institut für vergleichende Neurobiologie der Invertebraten in Bures-sur-Yvette hat in Zusammenarbeit mit dem CNRS-Institut für Naturstoffchemie in Gif-sur-Yvette jetzt gezeigt, daß die Milben Drohnenbrut von Arbeiterinnenbrut olfaktorisch unterscheiden können [3]. Aus Hexanextrakten von Bienenlarven konnten 10 Fettsäureester isoliert und identifiziert werden, die im Olfaktometer auf ihre Attraktivität für die Varroa-Milbe getestet wurden. Hierbei erwies sich ein einfacher aliphatischer Ester, der Palmitinsäuremethylester, als sehr guter Lockstoff. Etwas weniger gut wirksam sind Palmitinsäureethylester und Linolsäuremethylester. Alle drei Substanzen finden sich sowohl in Extrakten von Drohnen- als auch Arbeiterinnenbrut, die Konzentration ist aber unterschiedlich.

Sollte man solche chemisch einfachen und unschädlichen Substanzen als Köder für die Varroa-Milbe verwenden können, hätten Imker eine Methode zur Hand, mit der sie den Befall ihrer Stöcke leicht diagnostizieren und die Milbe ohne Nebenwirkung bekämpfen könnten. [(1) D. De Jong, A. Morse, G. G. Eickwort, *Annu. Rev. Entomol.* **27**, 229 (1982). — (2) Y. Le Conte, G. Arnold, *Apidologie* **19**, 153 (1988). — (3) Y. Le Conte, G. Arnold, J. Trouiller, C. Masson, B. Chappe, G. Ourisson, *Science* **245**, 638 (1989).]

Dr. Wolfgang H. Kirchner, Würzburg

Seeanemonen mit „Tuner“

Quallen, Korallenpolypen und Seeanemonen zählen zu den Cnidaria, einer Tiergruppe, die sich raffinierter Fangmethoden zum Beuteerwerb bedient. In speziellen Zellen, den Cnidocyten, bilden sie Nematocysten, die explosionsartig einen Faden ausschleudern, mit dem sie in die Beute ein lähmendes Gift injizieren. Ausgelöst wird dieser Mechanismus