

Zur Technik der Aktivitäts-Registrierung bei *Carcinus maenas*

FRIEDRICH KRÜGER

Biologische Anstalt Helgoland, Zentrale, Hamburg-Altona

ABSTRACT: On the technique of activity registration in *Carcinus maenas*. In order to investigate the activity patterns of the shore crab *Carcinus maenas*, an apparatus was developed which allows the crab to move freely about in its container. The crab has the possibility to move on or under the free swinging partition (A; Abb. 1) of the apparatus via a square opening. Moving about, on or under the swinging partition, the crab dislocates the plate either by its weight or by lifting it. In this manner the locomotory activity of the crab is constantly registered under relatively natural conditions. For a better evaluation of the curves, a parallel recording device is employed. The new method of registration has proved useful for analyses of the complicated activity patterns of *Carcinus maenas*.

EINLEITUNG

Die Untersuchung von Aktivitätsrhythmen bei Tieren und Pflanzen hat in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Bei dem Versuch, kursusmäßig den Aktivitätsrhythmus der Strandkrabbe *Carcinus maenas* vorzuführen, der durch das Nebeneinander einer solaren und lunaren Periodik von besonderem Interesse ist, entwickelte ich eine Versuchsanordnung, die mir gegenüber den bisher angewandten Verfahren in mancher Hinsicht einen Fortschritt darzustellen scheint, ohne dabei erhebliche apparative Aufwendungen zu erfordern.

NAYLOR (1958, 1960, 1963) klärte die grundlegenden Phänomene. Er wandte zwei verschiedene Versuchsanordnungen an. Bei der einen befanden sich die Krebse in einer feuchten Kammer auf einer Wippe, deren Ausschläge – bedingt durch die Ortsveränderung der Krebse – kontinuierlich registriert wurden. In einer zweiten Versuchsanordnung befanden sich die Krebse in Seewasser unter einer Schwingscheibe, die bei Bewegungen der Tiere gehoben und gesenkt wurde und auf diese Weise eine Registrierung der Aktivität gestattete.

Bei letzterer Versuchsanordnung befinden sich die Versuchstiere ununterbrochen unter Wasser, zeigen dabei aber immer wieder das Bestreben, unter der sie bedeckenden Scheibe hervorzukriechen, was bei meinen Versuchen verschiedentlich zu Störungen führte. BLUME et al. (1962) scheinen mit einer Wippe gearbeitet zu haben, geben aber keine genaue Versuchsbeschreibung.

Offensichtlich fühlt sich *Carcinus* unter der Schwingscheibe eingengt, und es besteht hierdurch die Gefahr einer Beeinträchtigung seiner normalen Verhaltensweise. Aus

diesem Grunde entwickelte ich eine Versuchsanordnung, die eine Kombination beider Verfahren darstellt und dem Krebs die Möglichkeit bietet, sich entweder unter- oder oberhalb der Schwingscheibe aufzuhalten. In beiden Fällen wird die Aktivität des Krebses registriert, wobei auch dessen Aufenthalt über oder unter der Scheibe verfolgt werden kann.

DIE SCHWINGSCHEIBE

Um dem Krebs während des Versuches die freie Wahl über den Ort seines Aufenthaltes zu geben, versah ich die Schwingscheibe am Rand mit einem Ausschnitt, der groß genug war, um dem Krebs einen bequemen Durchtritt zu gestatten. Die Schwingscheibe selbst hängte ich in dem Aquarium freischwebend an einer Feder mit geeigneter Elastizität in solchem Abstand vom Boden auf, daß der Krebs darunterkriechen konnte.

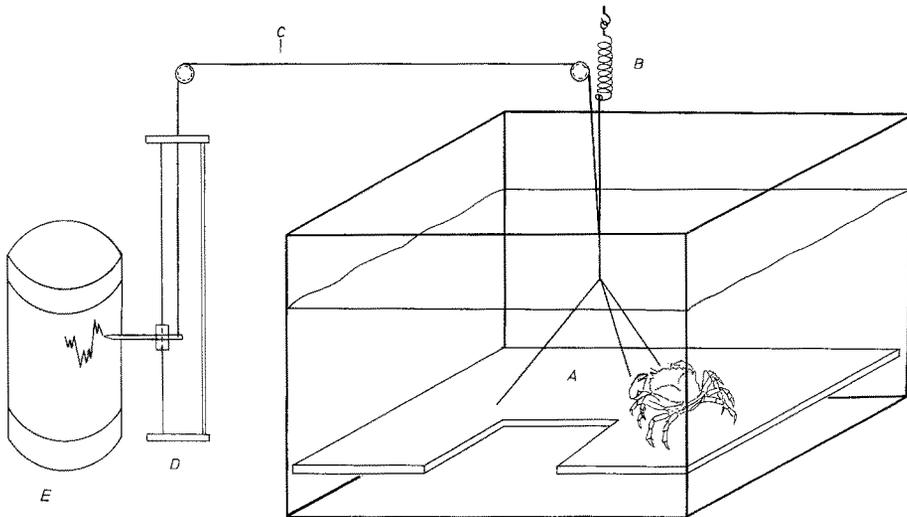


Abb. 1: Schematische Darstellung der ganzen Apparatur. Die Schwingplatte A, auf der der Krebs sitzt, ist mit einem Ausschnitt versehen, durch den der Krebs auch unter die Platte kriechen kann. Die Schwingplatte ist an der Feder B aufgehängt. Ihre Bewegungen werden durch den Faden C auf den Parallelschreiber D übertragen, der sie auf dem Kymographion E registriert

Solange der Krebs sich unter der Scheibe befindet, muß er sie bei seinen Bewegungen etwas anheben. Hält der Krebs sich auf der Scheibe auf, so senkt sie sich durch die Dehnung der Feder etwas und bewegt sich durch Verlagerung des Schwerpunktes, wenn der Krebs herumläuft. Diese Bewegungen der Schwingscheibe werden nun in üblicher Weise über einen Faden auf den Schreiber übertragen. In der Registrierung unterscheiden sich die Bewegungen des Krebses unter oder über der Schwingscheibe deutlich durch ihre Höhenlage.

Die Aktivitätsbeobachtungen erfolgten in normalen Glasaquarien von etwa 13×19 cm oder auch in größeren Aquarien von 23×37 cm Bodenfläche. Der Boden

der Aquarien wurde mit einer dünnen Sandschicht bedeckt, die dem Krebs ein Eingraben nicht ermöglichte, ihm aber das Laufen auf dem Glas erleichterte. Die Schwingplatte hing mit drei Nylonfäden an der Feder und erhielt dadurch angenähert stets eine horizontale Lage. Die Elastizität der Feder richtete sich nach dem Gewicht des Krebses. Bei dem hohen Gewicht der Schwingscheibe in dem großen Aquarium erreichte ich durch ein über eine Rolle geführtes Gegengewicht, daß die Aufhängefeder nicht zu stark gedehnt wurde und dadurch in einem ungünstigen Dehnungsbereich arbeitete. Als vorteilhaft erwies es sich, die Feder am oberen Ende an einer Stellschraube aufzuhängen, die in einfacher Weise gestattet, den Abstand der Schwingscheibe von dem Aquarienboden zu verändern, ohne daß man die übrigen Teile der Registriereinrichtung abnehmen und verstellen muß. Das grundsätzliche Prinzip und den Aufbau der Versuchsanordnung erläutert Abbildung 1.

DER PARALLELSCHREIBER

In meinen ersten Versuchen benutzte ich einen um eine Achse sich drehenden Schreiber, wie sie für physiologische Registrierungen üblich sind. Hierbei empfand ich aber die bei ihnen zwangsläufig auftretende kreisförmige Abweichung von der Null-Lage als störend. Vor allem war bei ihnen eine sichere und einfache Zuordnung zu der Zeitschreibung erschwert, da die Ausschläge nach oben und unten nicht gleich groß sind.

Diesen Fehler vermeiden Parallelschreiber, wie sie zum Beispiel POSTMA (1935) zur Registrierung von Muskeldehnungskurven verwandte. Der von mir angefertigte Parallelschreiber (Abb. 2) bestand aus einem starken, U-förmig gebogenen Messingband, das zur Halterung und Spannung des Führungsdrahtes für den Schreiber diente. Als Führungsdraht verwendete ich einen Stahldraht von etwa 0,5 mm Durchmesser. Der Stahldraht war im unteren Schenkel des U-Streifens durch eine enge Bohrung geführt und vor ihr durch einen Knoten – in dem vorher ausgeglühten Drahtende – arretiert. Am oberen Ende war der Stahldraht durch die enge zentrale Bohrung einer Schraube geführt und oberhalb derselben ebenfalls durch einen Knoten arretiert. Die Schraube selbst paßte in eine Bohrung im oberen U-Schenkel und wurde dort durch eine Flügelmutter festgehalten. Durch Drehen der Flügelmutter hob sich die Schraube und spannte auf diese Weise den an ihr befestigten Führungsdraht, bis er vollkommen gestreckt war. Um die Lage des Führungsdrahtes unter allen Umständen zu sichern, wurde er etwas unterhalb der Spannschraube durch die enge Bohrung eines auf dem U-Gestell aufgelöteten Querbrettes geführt.

Eine möglichst geringe Reibung wurde dadurch erzielt, daß die Führung des Schreibers in einer kurzen Glaskapillare erfolgte, deren Lumen um 0,1 mm weiter war als der Querschnitt des Stahldrahtes. An der Kapillare war mit einer leichten Aluminiumschelle die Schreibfeder befestigt, die aus einem schmalen Streifen eines dünnen, elastischen Messingbleches bestand.

Der für die Übertragung der Bewegungen der Schwingplatte dienende dünne Faden war in geeigneter Weise so über eine Rolle geführt, daß er nicht senkrecht nach oben verlief. Der Faden war vielmehr an der dem Schreibarm entgegengesetzten Seite so befestigt, daß er durch die exzentrische Zugrichtung den Schreiberhebel leicht gegen die

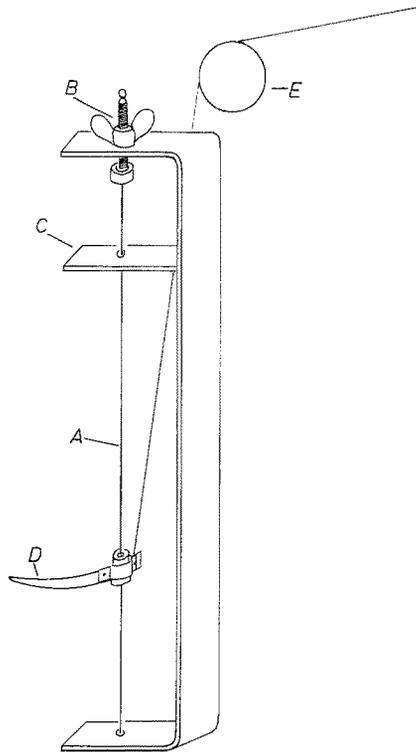


Abb. 2: Konstruktion des Parallelschreibers. Der Schreiber D gleitet mit einer Glaskapillare auf den Führungsdraht A. Dieser wird durch Anziehen der Flügelschraube B gespannt. Durch eine feine Bohrung in C ist die gleichmäßige Lage des Führungsdrahtes gesichert. Der Faden von der Schwingplatte wird über die Rolle E schräg zum Schreibhebel geführt. Hierdurch wird der Schreibhebel automatisch mit leichtem Druck gegen die Kymographionoberfläche gelegt

Oberfläche der Kymographentrommel drückte. Hierdurch legte sich der Schreibhebel stets automatisch an das Kymographenpapier an, auch wenn es nicht ganz eben aufgezogen war. Auch die Reibung des Schreibers auf der Rußschicht erhöhte sich auf diese Weise nicht. Um ein Umschlagen des Hebels beim Abheben von der Trommel zu vermeiden, war an der äußeren Kante des U-Trägers parallel zu dem Führungsdraht ein dünner Draht angebracht, den der Schreibhebel normalerweise nicht berührte, gegen den er sich aber außerhalb der Registrierzeiten anlegte.

Der Ansatzpunkt des Fadens am Schreiber, der die Lageveränderung an der Schwingplatte überträgt, soll möglichst zentral liegen, um ein Verkanten und Verklemmen der Führungskapillare zu vermeiden. Eine ganz zentrale Anbringung war bei dem angewandten Verfahren jedoch nicht möglich, da die exzentrische Anbringung den Schreibdruck für den Schreibhebel liefern muß. Bei meinem Schreiber betrug der Abstand des Ansatzpunktes des Fadens etwa 5 mm von der Mitte der Führungskapillare.

Der bei den Versuchen angewandte Parallelschreiber besitzt so wesentliche Vorzüge, daß man seine Anwendung auch bei anderen Registrierungen in Erwägung ziehen sollte. Es besteht keine Schwierigkeit, ihn noch wesentlich leichter zu machen, so daß seine Masse unterhalb der eines Strohhalmsehreibers bleibt. In der benutzten Form

registriert er allerdings nur Bewegungsvorgänge in der gegebenen Größe. Ist es erforderlich, Bewegungsvorgänge in vergrößertem Maßstab zu registrieren, so kann man entsprechend dem Vorgehen von POSTMA (1935) die Originalausschläge primär auf ein kleineres Rad übertragen, mit dem ein größeres Rad fest verbunden ist und mit einem zweiten Faden die vergrößerten Ausschläge auf den Schreiber überträgt. Man kann aber auch entsprechend dem Vorgehen von KEITH-LUCAS durch eine Hebelübertragung eine Vergrößerung des Ausschlags erzielen, wenn Objekt und Schreiber in verschiedener Entfernung vom Drehpunkt angreifen. Dieses Vorgehen ist technisch etwas einfacher, liefert aber nicht ganz exakt proportionale Registrierungen.

DIE ZEITSCHREIBUNG

Die Registrierung von Aktivitäten erfordert langfristige Versuche, und es sind nur Zeitregistrierungen in Stundenintervallen erforderlich. Da mir hierfür kein geeignetes Gerät zur Verfügung stand, erschien es mir am günstigsten, die Zeitregistrierung

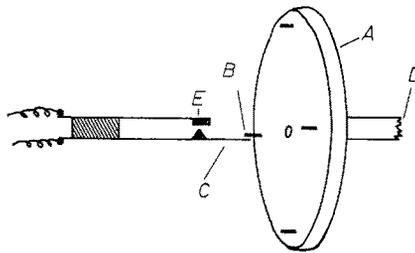


Abb. 3: Zeitgeber am Kymographion. Die durch eine geeignete Übersetzung mit dem Getriebe verbundene Scheibe A führt in 4 Stunden eine Umdrehung aus. Die 4 auf ihr befestigten Stifte B nehmen daher im Abstand von einer Stunde die Kontaktfeder C solange mit, bis sie unter ihnen weggleiten kann. Die Feder C schnellst dadurch über die gezeichnete Ruhelage hinaus gegen den Kontakt E und löst einen kurzen Stromstoß aus, der das Magnetsignal betätigt

vom Kymographion selbst abzunehmen. Ich benutzte für meine Versuche ein Bosch-Kymographion, das neben dem Antrieb für die Registriertrommel ein davon unabhängiges Getriebe besitzt, das ebenfalls in verschiedenen Stufen regelbar ist. Dieses bot sich als Antrieb für die Zeitregistrierung an. Eine einfache Kontaktgebung für das Magnetsignal mit einem Nocken, der einen federnden Kontakt schließt, kam bei dem langsamen Vorschub nicht in Frage. Sie hätte zu sehr langen Zeiten für den Stromschluß geführt und auf diese Weise auch das Magnetsignal durch zu lange Kontaktzeiten gefährdet. Ich wandte daher ein anderes Prinzip an, dessen Wirkungsweise Abbildung 3 erläutert. An das Getriebe des Kymographion schloß ich mit einer geeigneten Übersetzung eine Zeitscheibe an, die in vier Stunden eine Umdrehung ausführte. Auf dieser Scheibe befanden sich vier um genau 90° zueinander versetzte, gleichlange Stifte für die Betätigung des Zeitsignals. Diese Stifte nehmen die etwas verlängerte Kontaktfeder jeweils alle Stunde soweit mit, bis sie unter den Stiften abgleitet. Die Kontaktfeder, die normalerweise durch einen schmalen Spalt vom Gegenkontakt getrennt ist, federt nun

über ihre Ruhelage hinaus und berührt kurzzeitig den Gegenkontakt und kehrt wieder in die Ruhelage zurück, bis sie wieder durch den nächsten Stift mitgenommen wird und ein neuer Stromstoß erfolgt. Auf diese Weise war mit dem Antrieb des Kymographion eine einfache und wartungsfreie Zeitgebung verbunden, die nur gelegentlich einer kleinen Zeitkorrektur bedurfte.

ERGEBNISSE

Die nur der Ausarbeitung der Technik dienenden Versuche liefen in einem Laboratorium ab, das dem normalen Tageswechsel der Beleuchtung ausgesetzt war. Auf die Einhaltung einer bestimmten Temperatur wurde nicht geachtet; sie lag etwa bei 20° C. Der Krebs war nicht gegen Störungen aus dem Raum abgeschirmt, abgesehen von einem schmalen Sichtschutz, der um das Aquarium gelegt war; er schien jedoch nicht sehr auf die unvermeidlichen Störungen aus der Umgebung zu reagieren.

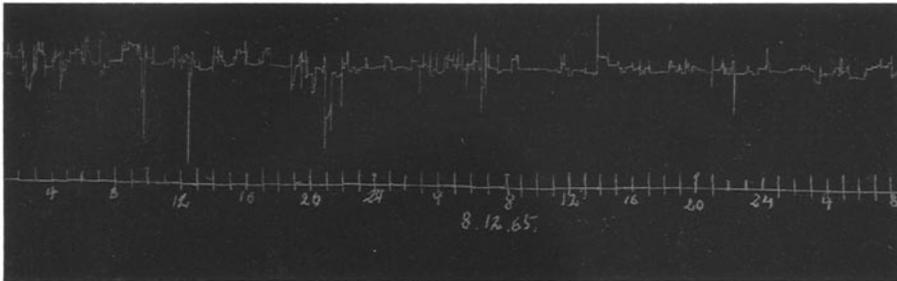


Abb. 4: Beispiel einer Aktivitätsregistrierung. Die Ausschläge nach oben geben den Aufenthalt auf der Platte an. Die Zacken nach unten sind durch den Aufenthalt unter der Platte entstanden, der im allgemeinen nur von kurzer Dauer war. Der Krebs zeigte vorwiegend eine circadiane Periodik. Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang der auch in dieser Registrierung auftretende Abstieg unter die Platte um 12 Uhr mittags, der sehr häufig beobachtet wurde

Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt aus einer Registrierung von einem Krebs, der sich seit Monaten bei bestem Wohlbefinden in der Apparatur befand. Die höher gelegenen Registrierungen rühren von dem Aufenthalt auf der Schwingplattenoberseite her, die nach unten gerichteten Schreibungen erfolgten beim Aufenthalt unterhalb der Platte. Der Krebs hielt sich im allgemeinen auf der Plattenoberseite auf und ging nur für kürzere Zeiten unter die Platte. Seine Aktivität war im allgemeinen von zweistündigen Ruhepausen unterbrochen. Der Abstieg unter die Platte erfolgte meist im Anschluß an eine Aktivitätsphase auf der Plattenoberfläche. Die Höhe der Registrierung während der Ruhepause hängt von der Ortswahl des Krebses ab.

Der untersuchte Krebs zeigte nur eine circadiane Rhythmik. Diese wurde besonders dadurch deutlich, daß er sehr regelmäßig mittags gegen 12 Uhr kurzzeitig unter die Platte kroch. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen mag der circadiane Rhythmus verständlich erscheinen, aber der Krebs zeigte das gleiche Verhalten auch an Feiertagen, an denen störende Umwelteinflüsse ausgeschaltet waren. Das Versuchstier, wel-

ches kurz nach seiner Gefangennahme in die Apparatur gebracht wurde, zeigte in der Tat von Anfang an eine circadiane Rhythmik. Dagegen ließ ein anderer Krebs, der den Winter über im Aquarium auf Helgoland gehalten wurde, eine Gezeitenrhythmik erkennen.

Das Nebeneinander von zwei Perioden erschwert naturgemäß die genauere Analyse der Aktivitätsrhythmen. Man darf aber hoffen, durch Differenzierung der Aktivitätsphasen einen Einblick in die zugrunde liegenden Verhältnisse zu gewinnen. Die unter weitgehend natürlichen Bedingungen gewonnenen Registrierungen gestatten vermutlich Rückschlüsse auf den normalen Aktivitätsrhythmus des Krebses in seinem Biotop.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Zur Registrierung der Aktivitätsphasen der Strandkrabbe *Carcinus maenas* wird eine Versuchsanordnung beschrieben, die dem Krebs freie Beweglichkeit bietet.
2. Die Versuchsanordnung beruht darin, daß in dem Hälterungsbecken in geeignetem Abstand vom Boden eine federnd aufgehängte Schwingscheibe angebracht ist. Am Rand der Schwingscheibe befindet sich eine Durchtrittsöffnung. Der Krebs kann sich also auf der Schwingscheibe aufhalten oder unter ihr verkriechen. In beiden Fällen wird seine Bewegungsaktivität sowie der Ort seines Aufenthaltes registriert.
3. Die Registrierung erfolgt mit Hilfe eines einfachen Parallelschreibers, die Zeitgebung durch eine an das Getriebe des Kymographions angeschlossene Kontakteinrichtung.

ZITIERTE LITERATUR

- BLUME, J., BÜNNING, E. & MÜLLER, D., 1962. Periodenanalyse von Aktivitätsrhythmen bei *Carcinus maenas*. *Biol. Zbl.* **81**, 569–573.
- BÜNNING, E. & MÜLLER, D., 1961. Wie messen Organismen lunare Zyklen? *Z. Naturf.* **16b**, 391–395.
- POSTMA, N., 1935. Onderzoekingen, betreffende het herstel van de tonus bij de slakkevoet (*Helix pomatia*) en betreffende invloed van het centrale zenuwstelsel daarop. *Diss. Utrecht*.
- NAYLOR, E., 1958. Tidal and diurnal rhythms of locomotor activity in *Carcinus maenas* *J. exp. Biol.* **35**, 602–610.
- 1960. Locomotor rhythms in *Carcinus maenas* from non-tidal conditions. *J. exp. Biol.* **37**, 481–488.
- 1963. Temperature relationships of the locomotor rhythm of *Carcinus*. *J. exp. Biol.* **40**, 669–679.