

## Einige Bemerkungen über die Biologie der Aktinie *Boloceroïdes*

von

S. KOMORI

(Zoologisches Institut der Kaiserl. Universität zu Kyôto)

---

*Mit Tafel IV und 7 Textfiguren*

---

(Received June 26, 1931)

### Bewegungsweise

Abgesehen von der langsamen Ortsveränderung durch Kriechen sitzen die Aktinien auf dem Boden fest und bewegen sich fast nicht. *Boloceroïdes* dagegen hat die besondere Gewohnheit, im Wasser durch Bewegung von Tentakeln frei zu schwimmen. In der Umgebung der biologischen Station der Kaiserlichen Universität zu Tôkyô in Misaki kommt diese Aktinie Mitte Mai in grösseren Mengen an der Küste vor und findet sich auf Sargassum und anderen Braunalgen. Hier vermehrt sie sich durch Knospung. Gegen Mitte Juli wird Sargassum herausgespült, dann zieht die Aktinie zum grössten Teil auf *Zostera* um und hält sich dort bis Ende September auf. Während dieser Zeit kriecht die Aktinie auch auf den Felsen oder Algen herum vermittels der Fusscheibe, wie andere Aktinien.

Bei Ortsveränderung schwimmt *Boloceroïdes* im Wasser mittels ihrer Tentakel. Wie in Abb. 1. gezeigt wird, erheben sich die Tentakel, die in einer horizontalen Ebene gestreckt waren (a), zuerst nach oben (b). Die Fusscheibe löst sich los. Dann biegen sich die Tentakel sehr rasch nach unten (c—e). Diese schlagende Bewegung der Tentakel treibt die Aktinie vorwärts. Gleich darauf bringen die nach unten gebogenen Tentakel ihren proximalen Teil abermals nach oben, um wiederholt die schlagende Bewegung nach unten auszuführen. Mit Hilfe rascher Wiederholung dieser Wechselbewegung können die Aktinien im Wasser frei vorwärts schwimmen. Wenn das Tier sitzen will, hört die Bewegung der Tentakel auf, und das Tier sinkt mit eigenem

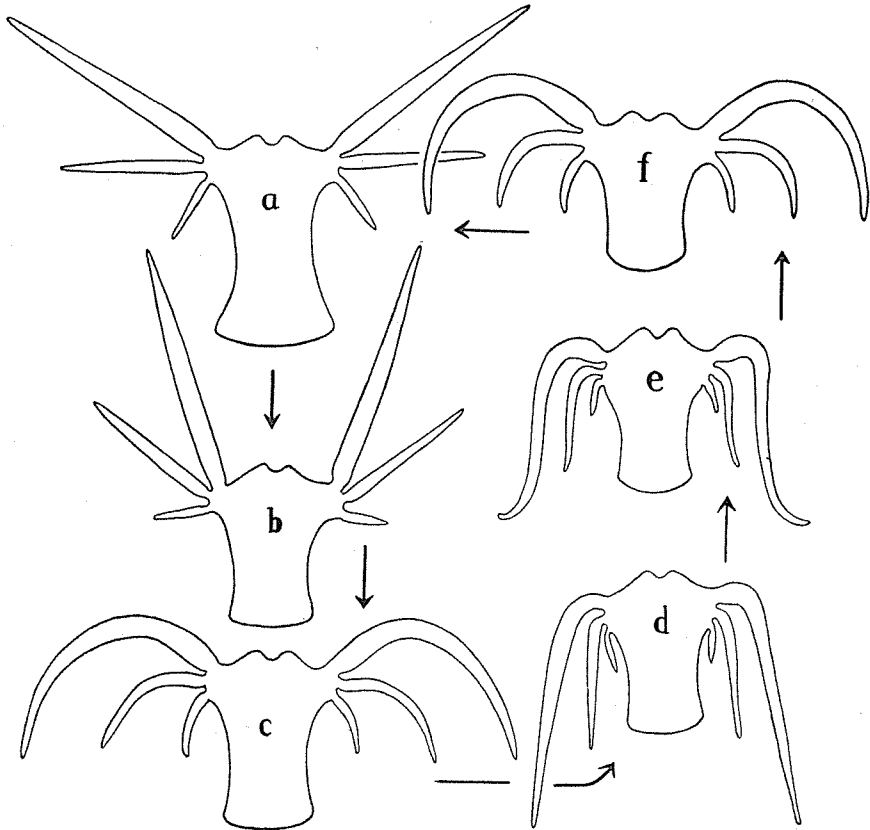


Abb. 1 Schematische Darstellung der Schwimmbewegung von Bolocerooides.

Gewicht nach unten. Bei dieser Aktinie entwickelt sich die Stützlammelle der Tentakel sehr stark. Das muss wahrscheinlich in Beziehung zu dieser eigentümlichen Schwimmbewegung stehen.

### Fortpflanzung

Im Oktober sind die Aktinien an der Küste nicht mehr zu finden, aber selbst im Winter kann man sie in der Tiefe fangen. So müssen sie in tieferen Stellen nicht weit von der Küste überwintern.

Von ihrem Auftreten an der Küste an vermehrt sich Bolocerooides reichlich durch Knospung im Laufe des ganzen Sommers. Aber schon im August wird die Aktinie selten, und im September ist sie nicht mehr zu finden. Wenn die Knospung anfängt abzunehmen, beginnen sich die Eier zu entwickeln, und gegen September kann man in den Mesenterien gut entwickelte Eier wahrnehmen. In der im Mai

an der Küste gefangenen Aktinie sind Eier nicht zu finden. Also scheint es mir, dass die Boloceroïden wenigstens bei Misaki sich im Sommer der Küste nähern und sich hier ungeschlechtlich durch Knospung vermehren. Im Herbst verlassen sie aber die Küste und pflanzen sich vielleicht an tieferen Stellen geschlechtlich fort.

### Färbung

Die Färbung der lebenden Boloceroïden ist hellbraun. Der ganze Körper ist gleichmässig braun. Nur die zwischen braunen Flecken im proximalen schmalen Teil der Tentakel befindlichen Stellen sind weiss. Die distale Hälfte des Tentakels ist immer dunkler gefärbt. Vornehmlich ist der Teil, der Gonaden besitzt, dunkelbraun bis schwarzbraun. Deshalb ist die Lage der Gonaden von aussen leicht wahrzunehmen. Diese Färbung ist nicht durch Farbstoffe bedingt, die im Gewebe enthalten sind, sondern durch symbiotische Algen, die in den entodermalen Zellen sich befinden.

### Symbionten

Für die gelben Zellen der Aktinien wurde zuerst von Hertwig, O. und R. (1879) bei ihrer Untersuchung über den Bau der Aktinien der Nachweis geführt, dass es sich um selbstständige Lebewesen handelt. Geddes, P. und Brandt, K. (1883) berichteten, dass diese Zellen Zooxanthellen sind. Durch weitere Untersuchungen, die McMurrich, J. P. (1889), Schneider, K. C. (1902), Pax, Ferd. (1910) und andere Forscher anstellten, wurden mehrere Arten, die Symbionten besitzen, fast in allen Familien der Aktinien gefunden. Aber über die Symbionten von Boloceroïdes ist bis jetzt nichts berichtet worden.

Wir wollen nun die Lage und Verteilung der Symbionten im Aktinienkörper betrachten. Die Symbionten von Boloceroïdes wie anderer Aktinien, sind auch überall in den entodermalen Zellen zu finden. Die Zahl der Algen schwankt in verschiedenen Körperteilen. Sie liegen meistens peripher und kommen in grösseren Mengen besonders im Entoderm der Körperwand und der Tentakel vor (Abb. 2 und Abb. 3). In den entodermalen Zellen der Fuss Scheibe, im Mauerblatt und im tentakularem Septum sind auch mehr oder weniger Symbionten enthalten. Die an der Peripherie liegenden Teile der Mesenterien enthalten fast stets gleiche Mengen von Symbionten; aber je entfernter von der Aussenseite, desto spärlicher werden sie; und in der distalen Hälfte sind nur wenige Symbionten zu finden (Abb. 4). In den Mes-

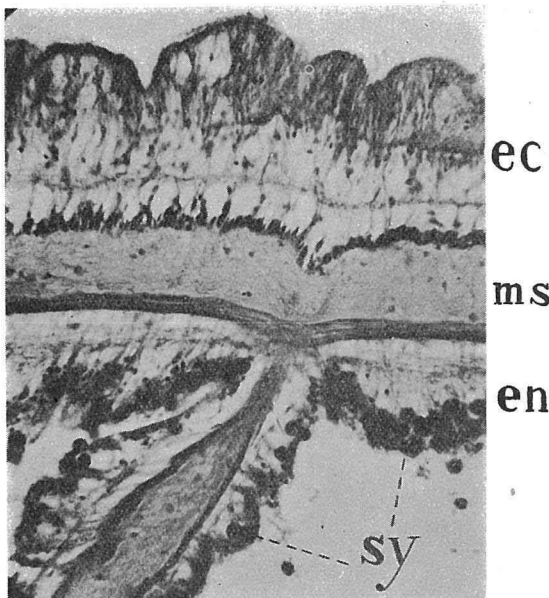


Abb. 2. Teil eines Querschnitts durch die Körperwand.

*ec*=Ektoderm. *en*=Entoderm.  
*ms*=Mittelschicht. *sy*=Symbionten.

sehr jung und klein ist ( $40-50\mu$ ), ist die Zahl der Symbionten, die in der Umgebung des Eies sich befinden, fast stets ungefähr dieselbe wie in anderen Teilen den Mesenterialfilamenten, und sie treten nur hier und da auf (Taf. IV, Fig. 1.). Aber in die Zeit intensiver Grössenzunahme der Eier fällt auch die gewaltige Vermehrung der Symbionten, worauf schon Hamman, O. (1882) hingewiesen hat, und das Ei wird spätestens kurz vor der Reife durch Einwanderung der symbiotischen Algen infiziert. Also finden sich bei einem hinreichend entwickelten Ei ( $80-120\mu$ ) die Symbionten stets in grosser Menge (Taf. IV, Fig. 2.), und es ist häufig der Fall, dass die Symbiontenzahl in

enterialfilamenten vor allem zeigt sich eine scharfe Abgrenzung. Sie sind gänzlich frei von Symbionten, wie Schneider für *Adamsia* schon erwähnte, in den freien Enden des Mittelflügels, wo mächtige Flimmerstreifen vorkommen (Abb. 5).

Bei *Boloceroides* entwickeln sich die Eier hauptsächlich in der distalen Hälfte der sekundären Mesenterien aus interstitiellen Zellen, die zwischen den Entodermzellen liegen. Wenn die Eizelle noch

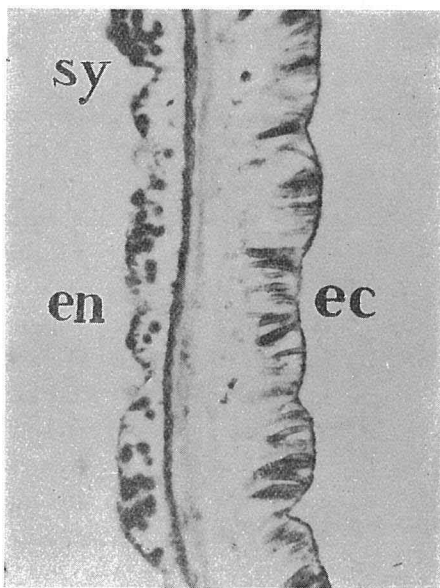


Abb. 3. Teil eines Längsschnitts durch die Tentakularwand.

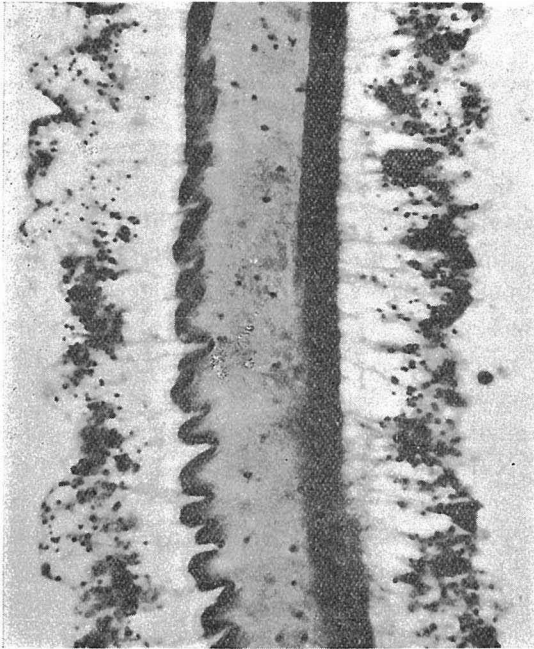


Abb. 4. Längsschnitt durch den distalen Teil einer primären Mesenterie.

bei mehreren Arten das Auftreten der symbiotischen Algen im Ektoderm bereits festgestellt worden. Pax berichtet von *Astractis conchilega* und *Ricordea florida* (Vertreter der Actiniaceen), dass sie im Ektoderm reichlich Zooxanthellen gefunden haben. Aber auf Grund meiner Beobachtungen bei *Bolocerooides* sind die Symbionten völlig auf das Entoderm beschränkt.

Die Symbionten von *Bolocerooides* zeigen den für Zooxanthella, eine Grünalge, typischen Bau. Die Algen (Abb. 6 a) sind kuglig

einem Ei beinahe 100 beträgt.

Es ist bei den Coelenteraten, bei *Hydra*, bereits beobachtet worden, dass die Symbionten sich in Eiern befinden. Es wurde aber bis jetzt ein Eindringen der Algen in das Ei bei Aktinien nie klar beobachtet. Die Angaben von von Koch, H., wonach vielleicht bei *Gorgonia* schon Eier infiziert werden, bedarf einer Nachprüfung (nach Buchner, P., 1921.).

Die Symbionten der Aktinien sind nicht ausschließlich auf das Entoderm beschränkt. So ist

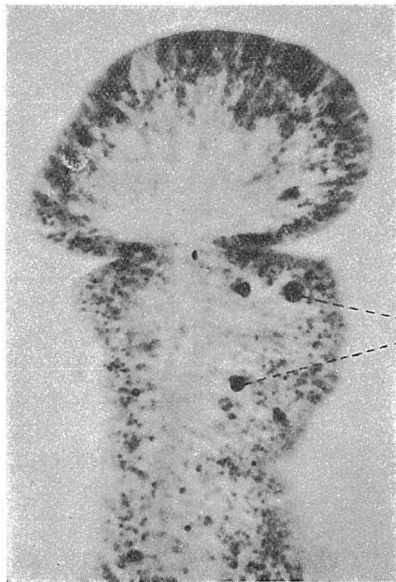


Abb. 5. Distalende eines Mesenterialfilaments im Längsschnitt.

und enthalten braune Farbstoffe. Die Grössendifferenzen der Algen sind klein und ihr Durchmesser ist  $7-12\mu$ . Die Symbionten, die in den Mesenterien und Eiern liegen, sind stets kleiner als die in den Tentakeln oder in der Körperwand liegenden. Ihr Chromatophor ist muldenförmig. Er umschliesst das Plasma an der Peripherie beinahe allseitig und lässt nur eine schmale Spalte frei. Das Pyrenoid ist stets deutlich zu erkennen, aber es ist verhältnismässig klein und nur wenig grösser als der Kern. Der Kern ist kuglig; er nimmt eine seitliche Lage ein und liegt der erwähnten Spalte nahe. Das Vorhandensein einer kontraktilen Vakuole konnte ich nicht feststellen. Wenn man mit Methyleneblau färbt, ist die Membran klar zu erkennen, aber sie ist sehr dünn. Die Anwesenheit von Stärke lässt sich im Umkreis des Pyrenoids durch Behandlung mit Jod-jod-Kalium nachweisen. Im Plasma werden Reservestoffe in Form von Körnchen abgelagert.

Die Teilung der Symbionten findet man in den entodermalen Zellen der Tentakel und der Körperwand, aber am häufigsten in Eiern und ihrem Umkreis. Am einfachsten zu beobachten sind die Vorgänge bei der Teilung in zwei Zellen (Abb. 6. a—e.). Die Teilung der Symbionten wird eingeleitet durch eine Zerschnürung des Pyrenoids. Nachdem die Teilstücke des Pyrenoids auseinander gerückt sind, folgt die Halbierung des Chromatophors. Der Kern rückt zwischen die

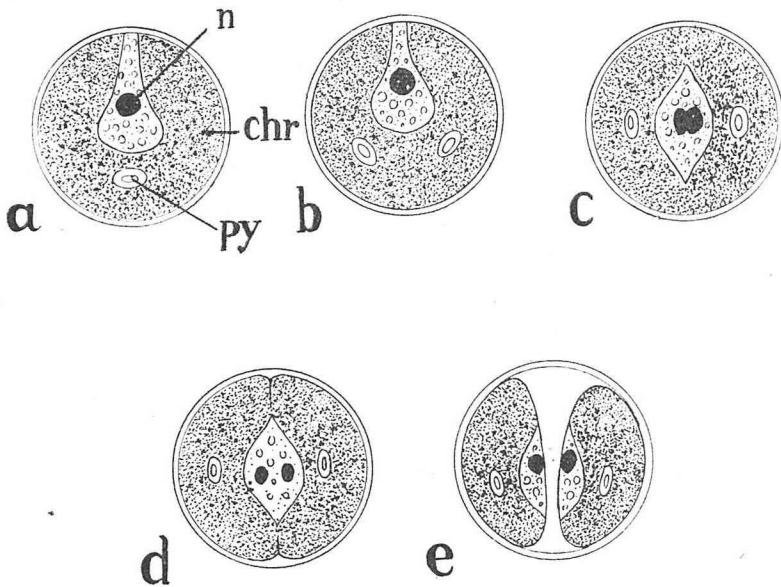


Abb. 6. Zweiteilung eines Symbionten. vergr. 2000.

$n$ =Kern,  $chr$ =Chromatophor,  $py$ =Pyrenoid.

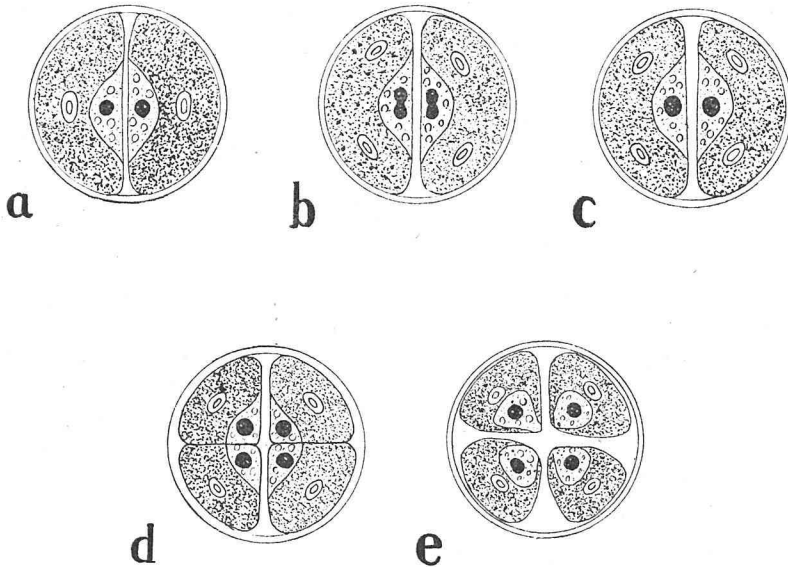


Abb. 7. Tetradenbildung durch sukzessive Zweiteilung. vergr. 2000.

Pyrenoide und teilt sich. Die beiden Kernhälften weichen auseinander, und dann folgt die Bildung einer Querwand. In oben erwähnter Weise entstehen die sichelförmigen Aplanosporen, die dann frei werden. Die Tetradenbildung kann man in den Eiern sehen, aber keineswegs häufig. Jedenfalls geht sie in der Weise vor sich, dass die durch Zweiteilung entstandenen Aplanosporen sich noch ein zweites Mal teilen. Wie Abb. 7. a—e zeigt, werden vier Aplanosporen durch sukzessive Zweiteilung erhalten. Die Teilungsachsen liegen in ein und derselben Ebene. Die andere Weise der Vierteilung, über die von Haffner, K. (1925) bei *Dalyellia*-Symbionten berichtet, konnte ich bei meiner Aktinie nicht finden. Auch die Teilung in acht Aplanosporen und die in 16 Aplanosporen konnte ich bei den Symbionten von *Boloceroides* nicht beobachten.

Durch ungeschlechtliche Fortpflanzung werden die Symbionten von einem *Boloceroides*-Exemplar zum anderen ohne Schwierigkeiten weiter gegeben, weil die Knospe aus einem symbiontenhaltigen Tentakel gebildet wird. Was nun die Übertragung der Symbionten betrifft, ist in der Tat der Fall der geschlechtlichen Fortpflanzung bemerkenswert. Hier dringen die symbiotischen Algen schon im Muttergewebe direkt in das Ei ein. Da das Ei mehrere Symbionten vom Anfang der Entwicklung an enthält, so muss die Übertragung als ein Fall von „Germinalinfektion“ oder „Kongenitalinfektion“

betrachtet werden.

Wie oben erwähnt, ist die junge Eizelle symbiontenfrei. Kurz vor der Wachstumsperiode werden die Symbionten in den Mesenterialzellen schon in grösseren Mengen gefunden, aber im Ei gibt es noch keine. Nach der Wachstumsperiode werden mehrere Symbionten im Ei gefunden; angesichts dessen ist es ganz klar, dass während der Wachstumsperiode das Ei durch Einwanderung der Zooxanthellen infiziert wird. Aber wie die Symbionten in das Ei hineingelangen, ob die Algen von Ei aufgenommen werden oder ob sie aktiv ins Ei eindringen, darüber müssen weitere Studien entscheiden.

Da in Fällen von ungeschlechtlicher- und geschlechtlicher Fortpflanzung die Symbionten direkt von einer Generation des Wirtes auf die andere übertragen werden, so ist es unwahrscheinlich, dass ein farbloses Individuum, welches symbiontenfrei wäre, entstehen kann. Tatsächlich war unter den von mir untersuchten *Ca.* 10,000 Individuen auch kein einziges solches zu finden.

### Wichtiges Literaturverzeichnis

- Buchner, P., 1921: Tier und Pflanze in intrazellulärer Symbiose. Berlin.  
 Hafner, K. von., 1925: Untersuchungen über die Symbiose von *Dalyellia viridis* und *Chlorella viridissima* mit Chlorellen. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 126.  
 Ortmanns, Fr., 1904—05: Morphologie und Biologie der Algen. I. II. Jena.  
 —, 1923: Morphologie und Biologie der Algen. III.

### Tafelerklärung:

Fig. 1. Stück von Mesenterie mit sehr jungen, noch symbiontenfreien Eizellen im Ovarium von *Boloceroides*.

Fig. 2. Dasselbe aber mit Symbionten enthaltenden, wohl entwickelten Eiern.

*ei*=Eier    *sy*=Symbionten.



Fig. 1.

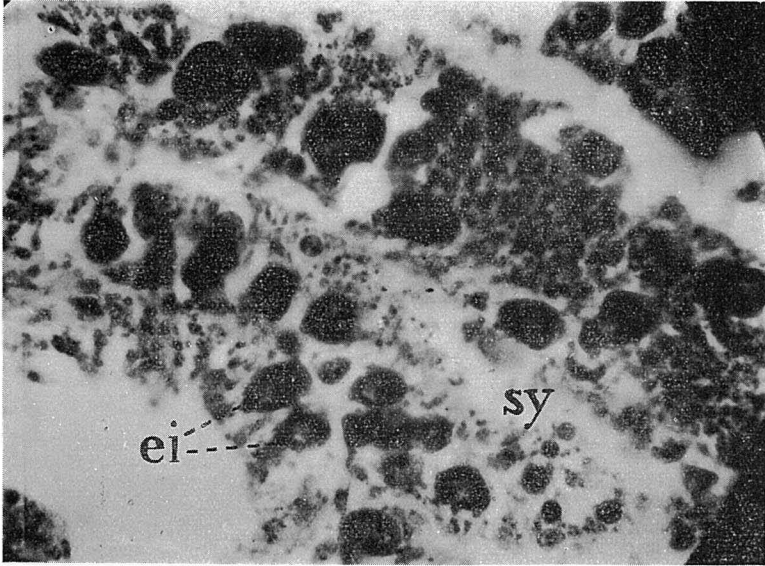


Fig. 2.

