unterscheiden. Die eine Grenzform stellt das Niederblatt (Fig. I *A*) vor, eine kleine weißliche Scheide; es entsteht an dem Rhizom, wenn es in direkter Verbindung mit dem beleuchteten Laubtrieb, selbst aber im Dunkeln in feuchter Erde lebt. Die zweite Grenzform besteht aus einer kurzen Scheide, einem sehr langen dünnen Stiel und einer ganz kleinen Spreite (Fig. I *B*). Sie entsteht, wenn man das Rhizom für sich im Dunkeln in ganz feuchter Luft wachsen lässt. Die dritte Grenzform (Fig. V *F*) besteht aus einer kurzen Scheide, einem längeren dünnen Stiel und einer breitovalen, am Grunde herzförmigen Spreite. Es sind die seit lange bekannten Wasserblätter der Pflanze, die bei Kultur des Rhizoms unter Wasser entstehen und bei mäßigem Licht besonders in Winterkulturen am größesten werden. Die wesentlichen Faktoren, die darüber entscheiden, welche von diesen Grenzformen sich aus den jungen Blattanlagen am Scheitel des Rhizoms entwickeln, sind die verschiedenen Intensitätsgrade von Licht und Feuchtigkeit. Ebenso wie man sich alle möglichen Zwischenstufen dieser Grenzformen ausdenken kann, ebenso vermag man sie praktisch zu verwirklichen, je nach der Intensität und Kombination dieser Faktoren, die teils direkt auf das Rhizom, teils indirekt durch Beeinflussung des Laubtriebes wirken. Nur ein paar Beispiele will ich in den Figuren II und III geben. Die Blätter *C* bei Fig. II sind an einem Rhizomstück entstanden, das seit August in blauem Licht (s. S. 547) bei schwacher Ernährung und mäßig feuchter Luft bis September gewachsen ist. Die Pflanze in Fig. III mit der Blattform *D* ist in der gleichen Zeit im roten Gewächshaus entstanden.

Nun kann ich eine neue Serie von Zwischenformen erhalten, wenn ich die jungen Blattanlagen des Rhizoms unter gewissen Bedingungen z. B. im Dunkeln etwas entwickeln lasse und dann verschiedenen Kombinationen von Licht und Feuchtigkeit aussetze. Die sehr lang gestielten Dunkelblätter können dann wieder verschiedene Spreitenformen erhalten und neue Gesamtformen darstellen.

(Schluss folgt.)

Über die Funktion der Füſschen bei den Schlangensternen.

Von Hj. Östergren. Upsala.

Nach den einstimmigen Aussagen verschiedener Verfasser sollen die Füßchen der Schlangensterne ohne, oder beinahe ohne jede Bedeutung für die Ortsveränderung sein und besonders soll ihnen die Ansaugungsfähigkeit vollständig abgehen. Zuweilen will man ihnen sogar nicht den Namen Füßchen beilegen, sondern sie als Tentakel bezeichnen.

Preyer, der die Bewegung der Seesterne gründlich studiert hat, sagt sogar (1886—87, S. 34), die Füßchen der Schlangensterne seien verkümmert, und spricht (S. 35, 85 und 94) von ihrem Ausfall in lokomotorischer Hinsicht. Ähnliche Aussprüche findet man bei Lang (1894) und Hamann (1900—1901). Hamann erklärt (z. B. S. 818, 824—825, 887), die Füßchen der Schlangensterne dienten nicht mehr der Lokomotion; „sie sind ausschließlich als Sinnesorgane zu betrachten und zwar in erster Linie als Tastorgane.“ Lang spricht den Füßchen ebenfalls jede lokomotorische Rolle ab (S. 1026—1027). Er geht sogar so weit, dass er dies in seinen phylogenetischen Spekulationen einen grundwesentlichen Unterschied zwischen Ophiuroideen und Asteroideen sein lässt, indem er annimmt, dass die „Tentakel“ der ersteren auch in früheren Perioden keine Bedeutung für die Ortsveränderung gehabt hätten. Er schreibt (S. 1146): „Die Tentakel (der Ophiuroideen) wurden nie zu ambulatorischen Füßchen, sondern behielten bloß respiratorische Funktionen.“ Ich könnte weiter viele unserer Lehr- und Handbücher anführen, ich beschränke mich jedoch auf die Bemerkung, dass auch Delage und Hérouard (1903, S. 136), in ihrer soeben erschienenen Bearbeitung der Echinodermen, den Füßchen der Schlangensterne jede lokomotorische Bedeutung aberkennen[1]).

Bei Grave (1899, S. 86) findet man jedoch eine Angabe, dass die Füßchen von *Ophiura brevispina* E. Sm. eine gewisse Bedeutung für die Lokomotion hätten. „The tentacles,“ sagt er, „thus fit themselves into the inequalities of the surface and afford fixed points for the arms to pull against.“ Es ist also nicht von einem Klettern oder Festsaugen, sondern nur davon die Rede, dass die Füßchen beim Kriechen in derselben Weise Stützpunkte abgeben, wie dies die Stacheln auch tun. Und außerdem betrachtet er die lokomotorische Rolle der Füßchen in diesem Falle als eine durch die Kürze der Stacheln bedingte Ausnahme.

Da, wie aus Lang's Äußerungen hervorgeht, der Frage der Funktion der Füßchen bei den Ophiuroideen auch bei der Diskussion der systematischen und phylogenetischen Stellung dieser Klasse eine nicht geringe Bedeutung beigemessen wird, will ich hier einige Beobachtungen mitteilen, die geeignet sein dürften, die betreffs der Füßchen und Lokomotion der Ophiuroideen herrschende Auffassung zu verändern.

Schon 1896 und dann bei späteren Besuchen der biologischen Station in Bergen beobachtete ich, dass *Ophiocoma nigra* (Abildg.)

---

1) Die Meinung einiger Verfasser, die Füßchen der Schlangensterne seien verkümmert, dürfte zum Teil ihren Grund darin haben, dass die Füßchen konservierter Tiere fast immer stark kontrahiert sind. Indessen ist es leicht, die Ophiuroideen mit schön gestreckten Füßchen zu fixieren, wenn man sie z. B. mit Ätherwasser betäubt (vergl. meine Mitteilung in Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie, Bd. XIX, S. 300).

an vertikalen Wänden der Aquarien hinaufklettert. Sie bewegt sich hierbei viel gewandter und mit viel größerer Schnelligkeit, als irgendeine andere der von mir studierten Echinodermen — auf den vollständig glatten Glasscheiben läuft sie förmlich. Bisweilen hält sie sich mit den Füßchen fest, von denen man somit keineswegs sagen kann, dass sie der Festsaugungsfähigkeit entbehren. Die Festsaugung ist zwar bedeutend schwächer, als z. B. bei einem *Echinus* oder einer *Asterias*, wo die Füßchen, wenn man das Tier mit Gewalt losmachen will, oft eher abgerissen werden, als sich vom Glase lösen. Aber auch eine *Ophiocoma* kann sich so kräftig festhalten, dass sie erst durch eine starke Bewegung des Wassers veranlasst wird, sich von der Glasscheibe loszulösen.

Die Füßchen dieser Art sind auch sehr gut entwickelt, sie haben zwar keine eigentliche Saugscheibe, das Ende ist jedoch ein wenig verdickt und abgerundet, keineswegs zugespitzt (Fig. 1). Dass Füßchen dieses Baues sich an glatte Gegenstände anheften können, findet man auch bei verschiedenen Asteroideen, bei denen die Füßchen keine wohl entwickelte Saugscheibe haben — die Anheftung ist eine schwache, sie reicht aber, so lange das Wasser einigermaßen ruhig ist, vollständig zum Klettern auf einer vertikalen Glasscheibe hin.

Wenn *Ophiocoma nigra* also gleich einer *Asterias* mit Hilfe ihrer Füßchen klettern kann, so geschieht das Klettern jedoch auf eine ganz andere Art. *Asterias* klettert, wie bekannt, in der Weise, dass die Füßchen sich in der Richtung der Fortbewegung ausstrecken, sich mit ihren Saugscheiben befestigen und dann durch ihre Verkürzung eine Vorwärtsbewegung des Körpers bewirken. Bei *Ophiocoma* dagegen dienen die Füßchen beim Klettern ausschließlich oder wenigstens beinahe ausschließlich als Anheftungsorgane. Die Ortsveränderung selbst geschieht mittels Bewegung der Arme (Radien), und diese Bewegungen geschehen in der Hauptsache in derselben Weise, wie bei auf horizontalem Boden kriechenden Ophiuroideen. Bezüglich dieses Kriechens kann ich auf Untersuchungen von Romanes und Ewart (1882) und Preyer (1886—1887, S. 90—91) hinweisen. Dasselbe geht, kurz zusammengefasst, z. B. bei einer *Ophiura* so zu, dass sich ein oder zwei Paar Arme in der Richtung der Fortbewegung vorstrecken, ihre Enden durch Drücken gegen die Unterlage befestigen, sich hierauf kräftig nach hinten biegen, wodurch die über dem Boden erhobene Scheibe, da die Armspitzen ja fixiert sind, nach vorwärts bewegt wird. Die durch Fig. 2 veranschaulichten Bewegungen der Arme erinnern, wie Grave sagt, an die Armbewegungen eines schwimmenden Menschen und „die Fortbewegung des Tieres geschieht sprungweise“ (Preyer). Mithin bewirken zwei oder vier Arme die Lokomotion; der oder die übrigen werden samt der Scheibe passiv

nachgeschleppt. Bei langarmigeren Formen, z. B. *Amphiura*, weicht die Lokomotion, wie Preyer bemerkt, insofern ab, als die Arme bei diesen mehr schlängelnde Bewegungen ausführen.

Von solchem Kriechen unterscheidet sich das Klettern von *Ophiocoma* beinahe nur darin, dass die Arme mittels der Füßchen an der Unterlage (der Vertikalwand des Aquariums) haften — die äußersten Armspitzen, wo die Füßchen klein sind, sind jedoch frei. Die in der Richtung der Fortbewegung vorgestreckten Enden der Arme werden innerhalb der freien Spitzen mit Hilfe der Füßchen fixiert, und hierauf biegen sich entweder die Arme bogenförmig, wie bei *Ophiura*, oder sie verringern durch schlangenförmige Krüm-

Fig. 1.

Fig. 2.

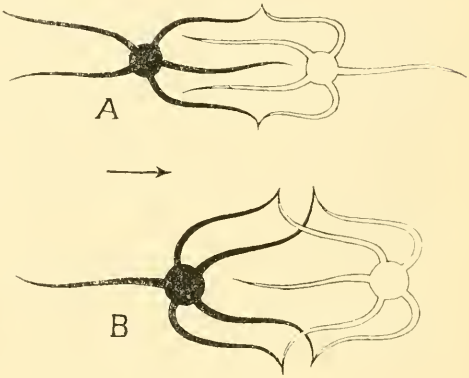

Fig. 1. *Ophiocoma nigra* $^1/_1$. Photographie eines unter Ätherwasserbetäubung getöteten Exemplars.

Fig. 2. Schema der Lokomotion einer *Ophiura*, *A* mit einem, *B* mit zwei Armpaaren kriechend. Der nur konturierte Schlangenstern bezeichnet die Lage nach dem Sprunge.

mungen nach beiden Seiten die Entfernung zwischen der Scheibe und der festen Armspitze. Diese beiden verschiedenen Bewegungsarten der Arme lassen sich übrigens in Wirklichkeit nicht scharf unterscheiden. Oft tritt eine Kombination derselben in der Weise ein, dass sich, wenn drei Arme vorgestreckt werden, der mittlere durch Krümmungen nach beiden Seiten verkürzt, während die beiden anderen sich, wie bei *Ophiura*, biegen. Doch können auch diese hierbei unregelmäßigere, gleichsam schlängelnde Bewegungen ausführen.

Es ist wohl zu merken, dass die Füßchen sich beim Klettern nicht nur an dem äußeren, ruhenden Teile der Arme festsaugen,

sondern dass im Gegenteil ein Teil der Füßchen stets auch an dem inneren, in Bewegung befindlichen Teil der Arme an der Wand des Aquariums haftet. Die Füßchen strecken sich in der Richtung der Lokomotion vor, befestigen sich an der Wand und lösen sich wieder von derselben, wenn der Arm ihre Anheftestelle passiert hat, und strecken sich dann sofort wieder nach vorn. Die verschiedenen Füßchen arbeiten unabhängig voneinander — während einige sich lösen oder ausstrecken, heften sich andere fest. In gleicher Weise verhalten sich auch die Füßchen derjenigen Arme, die passiv nachgeschleppt werden. Es ist natürlich nicht ganz ausgeschlossen, dass die vorgestreckten und haftenden Füßchen durch Kontraktion ein wenig zur Fortbewegung des Körpers mitwirken können, bei näherem Studium zeigt sich jedoch bald, dass diese wenigstens hauptsächlich durch Biegungen der Arme geschieht, während die Füßchen wesentlich nur Anheftungsmittel sind.

Nähere Angaben über die Schnelligkeit, mit der sich *Ophiocoma* auf einer vertikalen Glasscheibe bewegen kann, kann ich nicht machen, die Bewegungsgeschwindigkeit übertrifft jedoch jedenfalls die der Echinodermen, wo das Klettern nur durch die Tätigkeit der Füßchen zustande kommt, um mehr als das doppelte. Zweifellos enthält die Klasse der Ophiuroideen nicht allein die schnellsten Läufer (vergl. Romanes und Ewart 1882, S. 841), sondern auch die schnellsten Kletterer unter allen Echinodermen.

Es war natürlich nicht zu erwarten, dass *Ophiocoma nigra* von allen Ophiuroideen die einzige sein sollte, die die Fähigkeit besitzt, ihre Füßchen an glatte Gegenstände zu heften. Schon vor längerer Zeit machte ich an konserviertem Material die Beobachtung, dass andere *Ophiocoma*-Arten kräftig entwickelte Füßchen haben — wahrscheinlich können sie dieselben auch in derselben Weise wie *O. nigra* anwenden. Allein erst bei einem Besuch der biologischen Station in Drontheim im Jahre 1902 bemerkte ich zufälligerweise, dass auch verschiedene andere unserer nordischen Ophiuroideen auf glatten Glasscheiben klettern können, indem sie sich mit ihren Füßchen an denselben festhalten.

Die von mir hier beobachteten Arten sind *Amphiura chiajei* Forb., *Ophiopholis aculeata* (L.) und *Ophiura albida* Forb. Von diesen haben die beiden ersteren die Füßchen zahlreich und wohl entwickelt, wenn auch kleiner als bei *Ophiocoma*. Bei *Ophiura* sind dagegen nur die Füßchen des inneren Drittels der Radien gut entwickelt, und auch diese sind zugespitzt. Aber auch bei dieser Art fehlt den Füßchen nicht ganz die Fähigkeit der Anheftung an glatte Gegenstände, weshalb das Tier eine, freilich sehr geringe Kletterfähigkeit besitzt. *Amphiura* und *Ophiopholis* klettern gut, wenn auch nicht so gewandt wie *Ophiocoma nigra*. Die kleineren Abweichungen, die sie in ihren Bewegungen darbieten, interessieren uns hier nicht.

Hiermit ist festgestellt, dass die Füßchen bei Repräsentanten verschiedener Familien unter den Ophiuroideen die Fähigkeit besitzen, sich an glatte Gegenstände festzusaugen, und dass diese Tiere infolgedessen auf vertikalen Glasscheiben klettern können. Bei einer gründlicheren Untersuchung wird sich sicher zeigen, dass diese Eigenschaft zahlreichen, vielleicht den meisten Ophiuroideen zukommt.

Wenn auch den Füßchen vieler oder möglicherweise den meisten Arten die Anheftungsfähigkeit abgehen sollte, so sind die Füßchen, wenigstens meistenteils, auch bei diesen doch nicht ganz ohne Bedeutung für die Lokomotion. Was Grave von *Ophiura brevispina* sagt (s. o. S. 560), gilt zweifellos für die Ophiuroideen im allgemeinen. Wenigstens sind bei allen den Arten, die ich Gelegenheit zu beobachten hatte, auch die Füßchen beim Kriechen in Tätigkeit gewesen. Ihre Bedeutung für diese Form der Lokomotion dürfte jedoch im großen Ganzen eine geringere sein, als die der Stacheln, und bei den Astrophytiden können sie meiner Ansicht nach kaum noch eine lokomotorische Rolle haben. Die langen, stark einrollbaren, gewöhnlich reich verästelten Arme dieser Tiere sind ausgezeichnete Greiforgane, die auch im Wasser umhertreibende Organismen fangen können [1]), sie besorgen aber außerdem die Anklammerung des Körpers und die Fortbewegung auf Hornkorallen u. dergl., wo diese Tiere sich gewöhnlich aufhalten.

Dass die Füßchen auch bei denjenigen Arten, wo sie keine nennenswerte Bedeutung für die Lokomotion haben können, gleichwohl, wenigstens einige, wohl entwickelt sind, sagt uns natürlich, dass diese Organe auch andere Aufgaben haben. In bezug hierauf kann ich mich vollständig Lang und Hamann anschließen, die sie als Atmungs- und Sinnesorgane bezeichnen. Was die letztere Angabe betrifft, möchte ich hier darauf aufmerksam machen, dass die Sinnesknospen, die Hamann (1900—1901, S. 818) bei *Ophiothrix fragilis* (Abildg.) erwähnt, noch stärker entwickelt bei *Ophiopholis aculeata* vorkommen, wo sie an den Füßchen dicht gestellte, fast stachelförmige Papillen bilden, deren Länge kaum geringer als der Diameter des dünnen, ausgestreckten Füßchens ist.

Die sensorischen und respiratorischen Funktionen der Füßchen sind bei den Schlangensternen zweifellos in vielen Fällen viel wichtiger als die lokomotorische. Die letztere dürfte jedoch in dieser

---

1) Wenn Hamann (1900—1901, S. 889) sagt, dass die Schlangensterne sich u. a. von „der Rinde der Hornkorallen" ernähren, so dürfte er wahrscheinlich die Astrophytiden meinen. Ich habe meinesteils desgleichen nicht beobachtet, habe aber dagegen im Magen dieser Tiere z. B. Appendicularien gefunden. Dass die Astrophytiden auf Muriceiden, Gorgoniden und Pennatuliden vorkommen, lässt sich leicht daraus erklären, dass sie hier die vortrefflichsten Plätze für den Planktonfang finden.

Klasse als primär zu betrachten sein und darf keineswegs unberücksichtigt bleiben. Auch bei den Füßchen der Asteroideen sind diese verschiedenen Aufgaben vereint. Der von Lang behauptete prinzipielle Unterschied in der Funktion der Füßchen zwischen Schlangensternen und eigentlichen Seesternen existiert nicht. Dieses Faktum erleichtert die Vereinigung dieser beiden Tiergruppen als zwei Unterklassen einer Klasse, wofür bekanntlich mehrere Gründe anzuführen sind (vergl. z. B. Gregory, 1900, S. 238).

Die Füßchen fungieren zwar, wie schon angegeben, beim Klettern bei *Ophiocoma nigra* ganz anders als beispielsweise bei einer *Asterias*, man kennt aber selbst unter den Asteroideen Arten, die betreffs der Funktionsweise der Füßchen von *Asterias* bedeutend abweichen (vergl. Preyer, 1886—1887, S. 86). Bei weiteren Untersuchungen wird man zweifellos in beiden Abteilungen Formen finden, die, auch was die Lokomotion betrifft, den Übergang vermitteln. Einerseits scheint es mir wahrscheinlich, dass die schmalen, von der Scheibe scharf abgesetzten Arme der Brisingiden unter den Asteroideen durch selbständige Bewegungen beim Kriechen mitwirken, anderseits ist anzunehmen, dass die Füßchen bei Ophiuroideen mit beinahe verkümmerten Armen (vergl. Chun 1900, S. 488) bei der Fortbewegung des Körpers einen aktiveren Anteil nehmen müssen.

Nach dem uns bisher Bekanntem müssten die Schlangensterne sonst betreffs der Funktion der Füßchen mit einer ganz anderen Klasse unter den Echinodermen, nämlich den Seewalzen, am nächsten übereinstimmen. Denn wie ich anderen Orts ausführlicher nachweisen werde, ist auch bei den Seewalzen die lokomotorische Funktion der Füßchen einzig die, dass sie Anheftungs- oder Stützpunkte abgeben, während die Ortsveränderung durch Bewegungen des Körpers selbst zustande kommt, obschon diese Bewegungen natürlich infolge der Körperform der Seewalzen ganz verschieden von denen der Schlangensterne sind.

Literatur.

Chun, C. Aus den Tiefen des Weltmeeres. Jena 1900.

Delage, Y. et Hérouard, E. Traité de Zoologie concrète. T. III. Les Échinodermes. Paris 1903.

Grave, C. *Ophiura brevispina*. Mem. Ac. Washington, VIII, 1899.

Gregory, J. W. The *Stelleroidea*. Ray-Lankester, A Treatise on Zoology, Pt. III, *Echinoderma*. London 1900.

Hamann, O. Die Schlangensterne. Bronn's Klassen und Ordn. des Tierreichs, II. Bd., 3. Abt., 1900—1901.

Lang, A. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere, 4. Teil, Jena 1894.

Preyer, W. Über die Bewegungen der Seesterne. Mitteil. zoolog. Stat. Neapel, VII. Bd., 1886—1887.

Romanes, G. J. and Ewart, J. C. Observations on the Locomotor System of Echinodermata. Trans. R. Soc. London, Vol. 172, 1882.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1904

Band/Volume: 24

Autor(en)/Author(s): Östergren Hjalmar

Artikel/Article: Über die Funktion der FuÌˆfschen bei den Schlangensternen. 559-565