

Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles.
Zoologie = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg.
Zoologie

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 1 (1907-1926)

Heft: 2: Beiträge zur Biologie und Anatomie der Spatangiden

Artikel: Beiträge zur Biologie und Anatomie der Spatangiden

Autor: Gandolfi-Hornyold, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-306691>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BEITRÄGE

ZUR

BIOLOGIE UND ANATOMIE

DER

SPATANGIDEN

VON

Dr. A. GANDOLFI-HORNYOLD

Privatdozent der Zoologie.

FRIBOURG (SUISSE)

IMPRIMERIE FRAGNIÈRE FRÈRES

1910

Einleitung

Während eines längeren Aufenthaltes an der Biologischen Station in Bergen habe ich auf Veranlassung von Dr Appellöf die Biologie der Spatangiden untersucht. An dieser Stelle sei es mir gestattet, Herrn Dr Appellöf für das stete Interesse an dem Fortgang meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Der Zweck dieser Arbeit war, die Lebensweise der Spatangiden möglichst genau zu beobachten, da sie bei ihrem Leben im Sand oder Schlamm viele interessante Probleme bieten.

Bergen ist als Untersuchungsplatz besonders geeignet, da dort Tiere sehr leicht zu beschaffen sind; ferner erhalten sie sich auch wegen der kühlen Temperatur sehr lange lebend in den Aquarien.

Als Untersuchungsmaterial benutzte ich *Echinocardium flavescens* (Müller) und *Spatangus purpureus* (Müller).

Zur Bestätigung meiner Beobachtungen habe ich auch einige histologische Untersuchungen gemacht; ich hatte immer dabei im Auge, daß die histologischen Untersuchungen und die Beobachtungen am lebenden Tier Hand in Hand gehen sollen.

Diese Resultate sind das Ergebnis langer und mühsamer Beobachtungen. Es ist recht schwierig die Tiere, die nahe an den Aquarienwänden in Höhlen begraben liegen, zu beobachten; man muss vielfach künstliches Licht zur Hilfe nehmen, und dabei werden die Augen stark angestrengt. Zum größten Teil sind diese Beobachtungen mit Hilfe des Braus-Drüner'sche Binokularstativs ausgeführt worden; und ich kann diesen Apparat für ähnliche Untersuchungen auf's wärmste empfehlen.

I. TEIL

METHODE

Die histologischen Untersuchungen an Echinodermen gehören wohl zu den schwierigsten, wegen ihres kalkigen Skeletts und der verschiedenen Konsistenz ihrer Gewebe.

Man ist natürlich immer gezwungen die Objekte zu entkalken, und dies muß äußerst vorsichtig geschehen um die zarten Gewebe nicht zu beschädigen. Die Objekte müssen vor der Entkalkung gut fixiert werden. Als Fixierungsmittel habe ich meist Sublimat angewandt, die schönsten Resultate liefert aber die Flemming'sche Lösung, besonders bei kleineren Stücken.

Ich habe folgende Entkalkungsmethoden benutzt: *Ein Gemisch von je 1 0/0 Chrom- und Essigsäure* gibt vorzügliche Resultate. Die Stücke werden nachher 12 Stunden lang in fließendem Wasser ausgewaschen, am besten vor dem Licht geschützt. Das Chromessigsäuregemisch kann auch zugleich als Fixierungsflüssigkeit dienen, liefert aber weniger gute Resultate. Eine andere Methode besteht in Folgendem: Die fixierten Objekte werden in *steigenden Alkohol bis zu 75 0/0 gebracht*, dann wird von Zeit zu Zeit ein Tröpfchen Salpetersäure zugefügt bis zum vollständigen Entkalken. Auch leistet verdünnte Pereny'sche Flüssigkeit gute Dienste, Salzsaurer-Alkohol gibt schlechte Resultate.

Die Rousseau'sche Methode (Einbettung in Celloidin vor der Entkalkung) ist hier ganz unbrauchbar, da die Gewebe stark angegriffen werden. Kleinere Objekte, wie

Stacheln, Pedicellarien und Füßchen werden am zweckmäßigsten mit *Flemming* behandelt; dies fixiert und entkalkt hier zugleich. Ebenfalls läßt sich Sublimatessigsäure gut anwenden. Nach der Entkalkung werden die Stücke *durch steigenden Alkohol bis 90 % gebracht* und verweilen hier mindestens 12 Stunden in einem luftleer gemachten Vakuum-Exsikkator.

Dieses Verfahren dient dazu, um die bei der Entkalkung gebildeten Gasblasen aus den Geweben zu entfernen, da sie beim Schneiden äußerst störend wirken.

Da ich wegen der Härte der Objekte keine befriedigenden Resultate mit der Paraffin-Einbettungsmethode erzielte, so habe ich eine kombinierte Paraffin-Celloidinmethode ausprobiert die vorzügliche Resultate gab; sogar Pedicellarien lassen sich schneiden ohne zu brechen.

Das Objekt wird in der üblichen Weise in *steigendem Alkohol* gehärtet und entwässert, dann auf einen Tag in ein Gemisch von gleichen Teilen Toluol und absoluten Alkohol überführt und schließlich in eine Lösung von Celloidin in dem eben erwähnten Gemisch, welches ungefähr die Dichte gewöhnlichen Zedern- oder Nelkenöls haben soll. Es ist natürlich schwierig, anzugeben, wie lange die Objekte in der Celloidinlösung verbleiben sollen; je nach der Größe dauert es 2 bis 7 Tage.

Nachdem das Objekt genügend mit Celloidin durchtränkt ist, wird es in Chloroform mit Zusatz einiger Tröpfchen Äther, unter Beifügung einiger Paraffinstücke, in den Thermostat gebracht bei einer Temperatur von circa 56°, nach etwa 15 Minuten in reines Paraffin überführt und nach ungefähr 30 Minuten wie gewöhnlich eingebettet und geschnitten.

Bei sehr großen Objekten empfiehlt es sich das Paraffin zweimal zu wechseln. Es ist aber äußerst wichtig, daß die Objekte nicht zu lange im Chloroform-Äther-Paraffingemisch bleiben, da sie sonst sehr brüchig werden. Auch ist zu beachten, daß die Celloidinlösung absolut wasserfrei ist. Die Schnittdicke betrug 5 bis 10 μ .

Die Weiterbehandlung der Schnitte ist die übliche. Dieselben lassen sich sehr gut mit destilliertem Wasser aufkleben und haften recht fest am Objektträger. Man muß natürlich dafür sorgen, daß sie sich gut ausbreiten, indem man sie auf dem Objektträger mittels eines Spirituslämpchens erwärmt; hier kann man aber etwas stärker erwärmen als bei gewöhnlichen Paraffinschnitten, da das Objekt selbst noch in Celloidin eingebettet ist.

Das Celloidin kann man an den Schnitten haften lassen, da es weiter nicht stört, oder es läßt sich nach Entfernung des Paraffins mittels Toluol durch Eintauchen in ein Gemisch gleicher Teile Äthers und absoluten Alkohols fast augenblicklich entfernen.

Ich habe dieses Verfahren auch bei anderen Echinodermen z. B. Seesternen, und stets mit vorzüglichen Resultaten gebraucht; auch läßt es sich sehr gut zum Schneiden grösserer Mollusken etc. verwenden.

Was die Färbung betrifft, habe ich fast ausschliesslich Hämatoxylingemische angewandt. Hämatoxylin-Eosin ist besonders günstig, da die Muskeln schöne Bilder geben. In gewissen Fällen leistet auch *Van Gieson* gute Dienste, da Muskeln- und Bindegewebe gut differenziert werden.

Sehr gut hat sich auch Iod-Hämatoxylin nach Sanfelice bewährt; dieses Gemisch ist speziell nach Fixierung mit Flemming'scher Lösung zu gebrauchen; die Drüsen treten besonders scharf hervor.

Ferner habe ich als Schleimfärbung Muci-Karmin und Hämatein benutzt. Eisen- und Chrom-Hämatoxyline sind auch hier für Kernfärbungen sehr geeignet. Gewöhnlich habe ich dann mit Bismarkbraun nachgefärbt. Das Ehrlich-Biondi'sche Dreifarbgemisch liefert auch sehr schöne, aber leider mit der Zeit verblässende Färbungen.

MORPHOLOGISCHER ÜBERBLICK.

Bevor ich zur Schilderung der Biologie der Spatangiden übergehe, glaube ich einen kurzen Überblick über deren Morphologie geben zu dürfen, insofern es für das Verständnis der später zu beschreibenden biologischen Verhältnisse nötig ist.

Die Körperform der Spatangiden ist etwa herzförmig, in der dorsoventraler Richtung etwas niedergedrückt, die ventrale oder orale Seite ist abgeplattet, die Rückenseite etwas gewölbt. Durch die Ambulacren können mehr oder weniger tiefe Furchen eingeschnitten werden; dies gilt ganz besonders für das vordere Ambulacrum. Der Mund ist immer mehr gegen das vordere Ende des Tieres gerückt und stellt eine offene quergelegene Spalte dar. Die Aristoteleslaterne fehlt, die Unterlippe ragt pflug-scharähnlich mehr oder weniger empor. Der Anus ist hingegen ans hintere Körperende gerückt.

Der Tierkörper ist mit verschiedenartigen Stacheln bekleidet; dieselben sind über den ganzen Körper verbreitet, jedoch sind sie weniger zahlreich an den Ambulacren als an den Interambulacren. Die Stacheln sitzen auf Höckern und sind verschiedenartig beweglich; die auf der Rückenseite gelegenen können gegen den Tierkörper angelegt werden, so daß sie das Tier bei seinen Bewegungen im Sand möglichst wenig hemmen. An dem Apex des Tiers bilden sie einen Schopf, einen ähnlichen um die Analöffnung.

In den Ambulacren sitzen verschiedene Arten von Füßchen, Pinsel oder Rosettenfüßchen am vorderen eingesenkten Ambulacrum, Mundfüßchen um den Mund, wo die Ambulacren zusammenstossen, Kiemenfüßchen an den 4 Petaloiden und den Tastfüßchen.

Auf der Bauchseite fällt besonders das sog. Sternum oder Plastron ins Auge; es liegt hinter dem Mund zwischen den beiden hinteren Ambulacren, ist von etwa

dreieckiger Gestalt, und mit großen, an ihrem distalen Ende abgeplatteten Stacheln bedeckt. Die Form des Sternums ist systematisch wichtig, ferner die Form der Petaloiden, Zahl und Lage der Saumlinien und Form und Lage des Peristoms.

ÜBER DEN AUFENTHALT IM SAND; EINGRABEN, KANALBAU UND SCHLEIMABSONDERUNG.

Die Spatangiden leben im Sand oder Schlamm eingegraben; jedoch ragen meist die hohen, die Madreporenplatte umgebenden Stacheln, die den Apex der Schale bilden, hervor. (Fig. 1. RS).

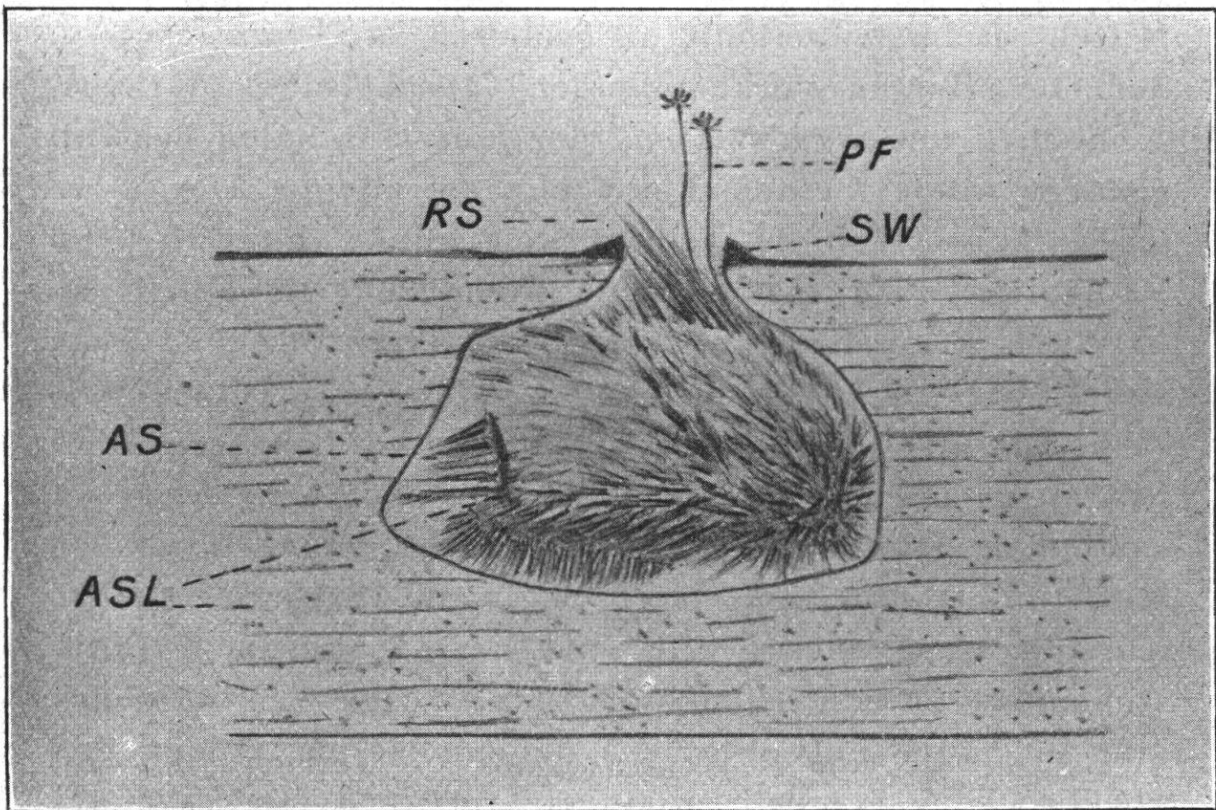


FIG. 1. — Echinocardium im Sand vergraben, von der Seite.

- AS: Analschopf.
- ASL: Analsaumlinie.
- PF: Pinselfuß des vord. Ambulacrums.
- RS: Rückenschopf.
- SW: Sandwall.

Zu beachten ist ferner, daß der Sand oder Schlamm dem Tierkörper nicht dicht anliegt. Das Tier befindet

sich in einem Hohlraum, groß genug, um den Stacheln hinreichenden Spielraum zu lassen; ebenso sieht man, daß der Sand nicht zwischen den Stacheln eindringt. (Fig. 1).

Es ist die Frage, wie dieses Reinhalten im Sand oder Schlamm zustande kommt.

Es scheinen 3 Faktoren hierzu beizutragen: erstens sind die Stacheln wenigstens an der Basis mit Flimmerepithel überzogen, und diese Flimmerung wird besonders zum Wegtreiben kleinerer Schlammpartikel von großer Wichtigkeit sein. Ferner sind auch die Bewegungen, in welchen die dicht haarähnlich nebeneinander stehenden Stacheln sich immer befinden, und durch welche auch gröberes Material abgestoßen wird, ein wichtiges Mittel. Beim Aufenthalt im gröberen Sand, wie etwa in dem bei Bergen vorkommenden Muschelsand (der ausschließlich aus Fragmenten von Muschelschalen besteht) genügen diese beiden Faktoren fast allein. Die Tiere leben aber auch in feinem Schlamm, und daß beim Reinhalten auch eine Schleimabsonderung im Spiele ist, habe ich schon lange *vermutet*, und eine solche ist auch von Roberston (1) beschrieben worden.

Falls man nämlich ein *Echinocardium flavescens* oder *Spatangus purpureus* mit Sand oder Schlamm bestreut, sieht man bald, daß jener von den Stacheln abgestoßen wird, indem der Sand oder Schlamm durch Schleim zu Klumpen zusammengeballt wird, was wiederum das Abstoßen wesentlich erleichtern muß. Diese Verklebung läßt sich auch mikroskopisch demonstrieren, indem man abgebrochene Stacheln in einem Tröpfchen Meereswasser untersucht; man sieht dann, daß die Sandkörner an den Stacheln angeheftet sind. Die Frage ist jetzt: woher stammt diese Schleimabsonderung? Robertson (1) beschreibt die Schleimabsonderung bei *Echinocardium*, sagt aber nicht wie der Schleim gebildet wird. „Being led to enquire how the hole between the animal and the surface of the sand was kept open with the tide rolling over it,

I found that it was effected by a glutineous secretion exuded from the body of the animal; and further by the same exudation the animal keeps the particles of fine sand in which it lies embedded from getting down amongst the spines by this substance forming a thin covering of the mucous matter incorporated with sand, which envelopes the body of the animal, and when a portion of the sand gets down amongst the spines it is thrown out by a fresh discharge of the glutineous matter.

That the animal possesses a supply of this substance adequate to any exigency is seen by putting the *Amphidotus* in fresh water for a short time, when it will be found surrounded by a mass of slime."

Ebenso sagt v. Uexküll (3) „Setzt man frischgefangene Tiere in sehr lockeren Seesand und holt sie nach einiger Zeit wieder heraus, so findet man sie in einem zarten Schleier eingehüllt. Dieser Schleier besteht aus festgewordenem Schleim und Sandkörnchen. Er bildet für gewöhnlich die innere Auskleidung der Kammer und ist darum nicht sichtbar. So schließt sich der Seeigel allseitig vom Sande ab.“ Pag. 317. Und ferner auf Pag. 314: „Man darf dabei nicht vergessen, daß die ganze Haut des Herzigels dauernd von Seewasser umspült wird und niemals mit dem Sande in Berührung kommt, der immer außerhalb der Stacheln bleibt. Die Wellenbewegungen der Stacheln sorgen zugleich für eine genügende Zirkulation dieses Wassers.“

An Schnitten durch die Körperwand habe ich niemals Drüsen finden können. Durch Abbrechen einzelner Stacheln von *Echinocardium flavescens* und *Spatangus purpureus*, und Untersuchung derselben unter dem Mikroskop in verschiedenen Reagentien versuchte ich nun an denselben eine Schleimabsonderung zu finden. In der Tat zeigte es sich, daß sie hier stattfindet, durch Drüsen, die längs den Stacheln liegen.

Bricht man Stacheln ab und bringt dieselben auf den Objekträger in einen Tropfen Meerwasser, fügt

Süßwasser hinzu und beobachtet sie bei schwacher Vergrößerung (AA Ok. 2), so lässt sich eine sehr starke Schleimabsonderung wahrnehmen, besonders, wenn im Süßwasser etwas Methylenblau oder Neutralrot aufgelöst ist, indem der Schleim diese Farbstoffe begierig aufnimmt. Anstatt Süßwasser kann man sich einer Magnesiumsulfatlösung bedienen. Nimmt man dieses Experiment bei stärkerer Vergrößerung (COk. 4) vor, so lassen sich die Drüsenöffnungen als tiefblaue Punkte an den Stacheln erblicken. Die Schleimabsonderung ist eine derartig intensive, daß der Raum zwischen den einzelnen Stacheln, falls man das Experiment mit einem Stückchen Körperwand mit den daran befindlichen Stacheln vornimmt, ganz durch Schleim ausgefüllt wird. Und ich glaube, daß diese so starke Schleimabsonderung im Verein mit der Flimmerbewegung des basalen Stachel-epithels und der Aufwärtsbewegung der Stacheln für den Spatangiden in Bezug auf das Reinhalten im Sand von großer biologischer Bedeutung ist, und die Tatsache zu erklären vermag, daß auch im schlammigen Boden

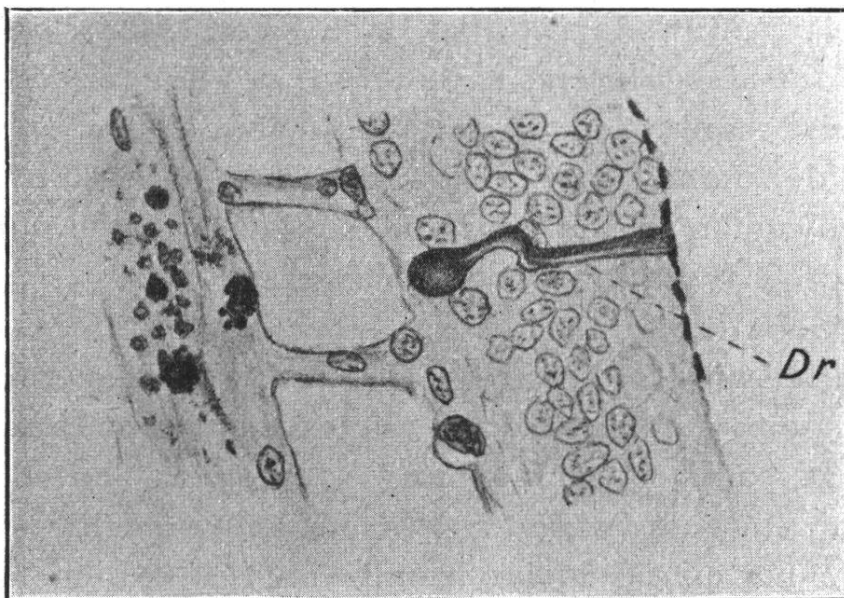


FIG. 2. — Längsschnitt durch einen Stachel von Echinocardium.

Dr : Drüsen.

Apoc. 2 mm. Comp. Ok. 8.

kein Schlamm zwischen die Stacheln dringt. Die Drüsen habe ich auch ferner auf Schnitten durch die Stacheln untersucht, und es hat sich gezeigt, daß sie stark gebogen sind und an den Seiten der Stacheln münden. (Fig. 2 Dr.) Ich habe sie bei allen Stachelarten mit Ausnahme der Saumlinienstacheln gefunden; hier sitzen sie nur an dem verdickten oberen Ende und münden also nach oben. (Fig. 3).

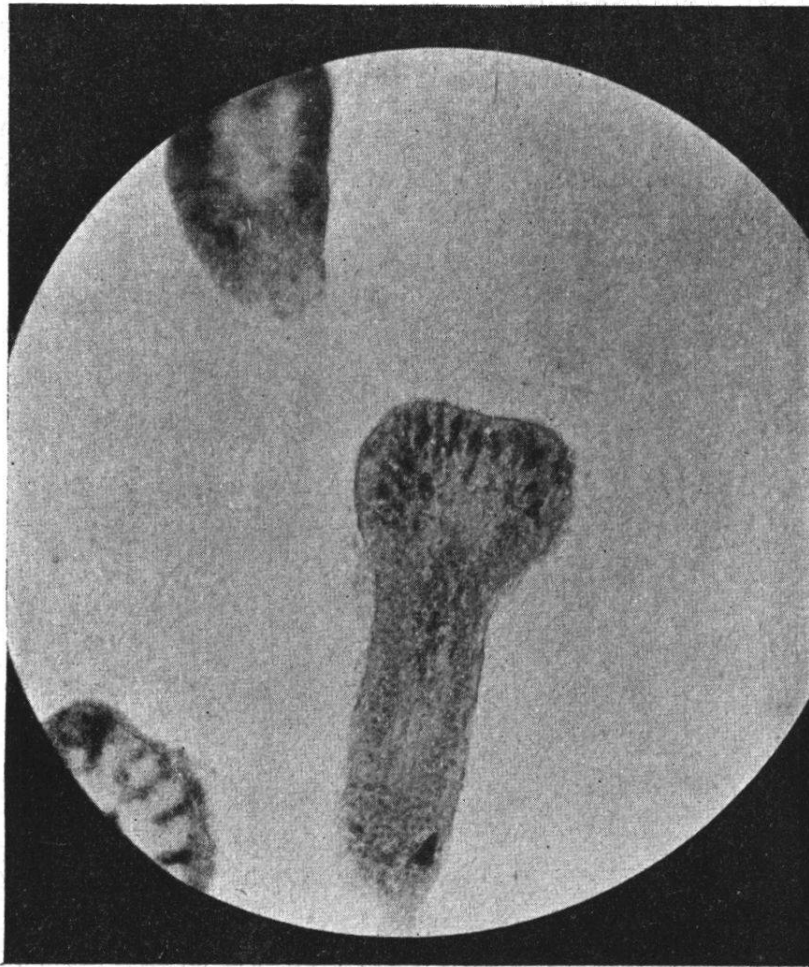


FIG. 3. — Längsschnitt eines Saumlinien-Stachels.

Vergr. etwa 200.

So läßt sich auch erklären, weshalb Sandkörner an den Saumlinien haften bleiben, wie bei v. Uexküll (3) geschildert wird:

„Dagegen sind die Beziehungen auf der Saumlinie zum Kanalbau viel offenkundiger. Bei vielen frisch-

gefangenen Herzigeln findet man das ganze Tier vollkommen frei von Sand. Nur die Saumlinien sind dicht gepflastert mit Sandkörnchen, die alle mit einem klebrigen Stoff überzogen sind und eine einheitliche Masse bilden.

Gleitet diese klebrige Masse durch die Wellenbewegung der Schopfstacheln empor, so ist es leicht verständlich, wie die Schopfstacheln durch energisches Auseinanderpressen der klebrigen Masse dem Kanal im Sande eine Innenbekleidung geben können, die dem Seitendruck des Sandes widersteht. So wird ein Atemkamin gebaut, der selbst Tiere, die 10—15 cm unter der Oberfläche stecken, mit dem Meerwasser verbindet.“
(Pag. 316.)

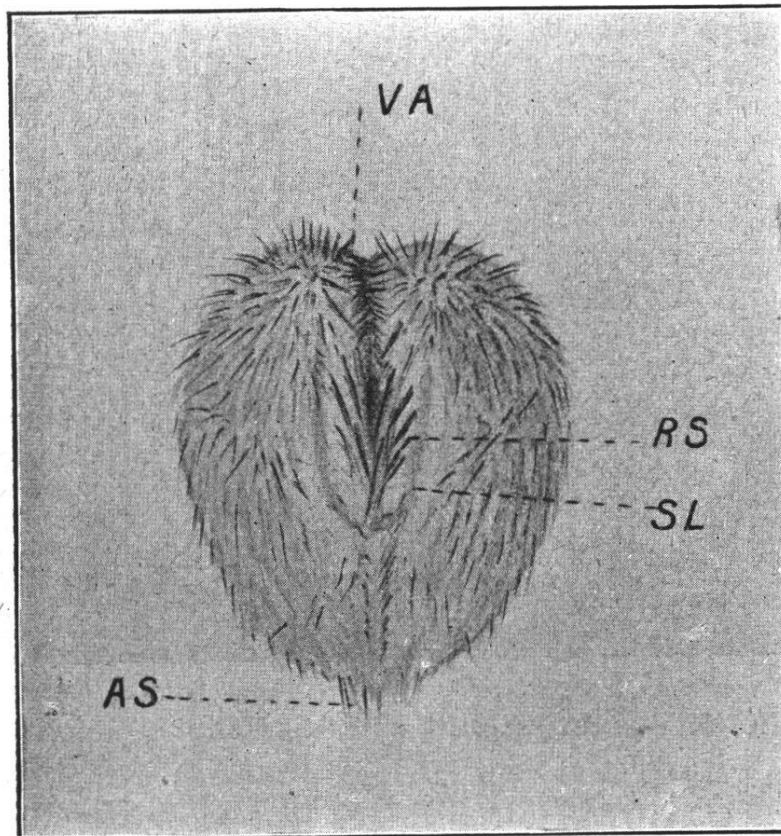
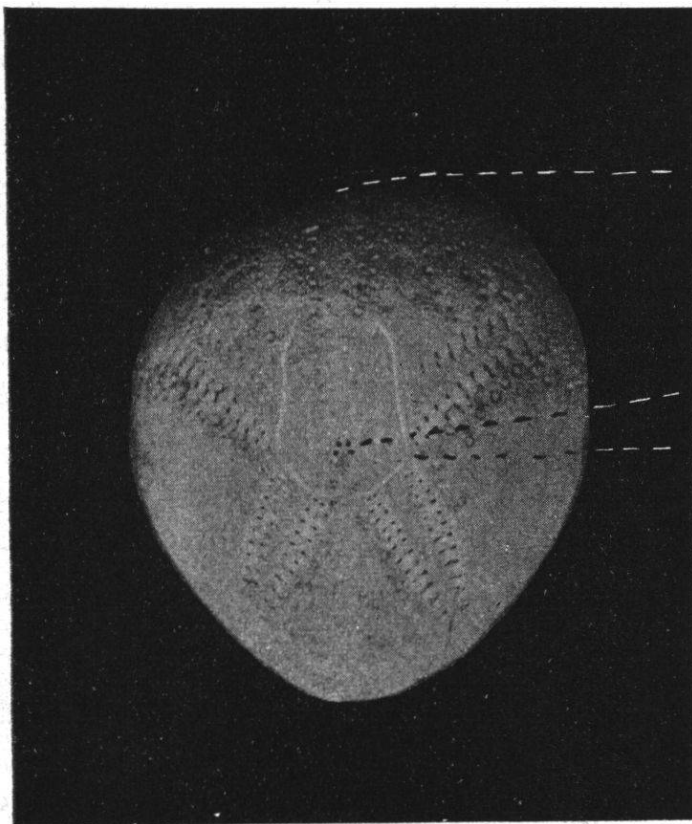


FIG. 4. — Echinocardium von Oben gesehen.

- AS: Analschopf.
- RS: Rückenschopf.
- SL: Saumlinie.
- VA: Vorderes Ambulacrum.

Es sind zwei Saumlinien bei *Echinocardium flavescens* vorhanden; die eine umzieht den Schopf (Fig. 4 SL), die andere bildet einen nach oben offenen Ring um den Anus. (Fig. 1 ASL). Sie treten als braune Streifen am lebenden Tier hervor, am Skelett als weiße Linien, (Fig. 5) und bestehen aus wenigen langen, an den Enden keulenförmig verdickten Stacheln. Bis unterhalb der keulenförmigen Enden sind diese Stacheln mit dickem, äußerst lebhaft flimmerndem Epithel bekleidet, während der verdickte Endteil keine Flimmerung zeigt.



Vorderes eingesenktes
Ambulacrum oder
(Atemrinne)

Madreporenplatte
Saumlinie.

Fig. 5. — Schale von *Echinocardium*.
Rückenseite.

Ihr histologischer Bau ist von Hamann (2) beschrieben worden; ich kann seine Beobachtungen im allgemeinen nur bestätigen.

Die Saumlinienstacheln sind weniger beweglich wie die anderen Stacheln, wie schon aus ihrer Muskulatur ersichtlich ist. Sie sind nicht, wie die anderen auf über die Oberfläche hervorragenden Höckern eingelenkt. Die

Muskulatur, welche ihnen eine nur sehr beschränkte Bewegung ermöglicht, ist auch viel dünner, als bei den anderen Stacheln. Die Epithelschicht ist auf den Saumlinien beträchtlich höher, als es an anderen Körperstellen der Fall ist. Diese Höhe wird durch die starke Entwicklung der Hautnerven verursacht.

Von Hamann (2) ist übersehen worden, daß in den keulenförmigen Enden der Saumlinienstacheln Drüsen vorhanden sind die oben und an den Kolbenseiten münden. (Fig. 3). Diese Drüsen habe ich ferner auf Schnitten gefunden und ebenfalls ihre Schleimabsonderung experimentell mit Süßwasser in der schon beschriebenen Weise beobachtet.

Professor Delage hat mir gestattet, an der Zoolog. Station in Roskoff zu arbeiten. Hier habe ich Gelegenheit gehabt, die Schleimabsonderung bei *Echinocardium cordatum* (Penn) zu beobachten; dieselbe geschieht genau wie bei *Spatangus purpureus* und *Echinocardium flavescens*.

An dieser Stelle sei es mir gestattet Herrn Prof. Delage meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Der Schopf (Fig. 1. 4. RS und 5) ist für das Tier von sehr großer Bedeutung, da er einen äußerst vollkommenen Schutz für die Madreporenplatte bildet. Diese Schutzvorrichtung ist bei der Lebensweise des *Echinocardium*, das im Sand eingegraben lebt, von großer Wichtigkeit.

Bevor ich zur Besprechung des Eingrabens und des Kanalbaues übergehe, werde ich den Bau und die Funktion des Schopfs kurz besprechen.

Der Schopf wird gebildet durch Stacheln verschiedener Höhe (bis 1 cm); dieselben sind rund, gerade, in mehreren Reihen geordnet, so daß die niedrigsten zu äußerst stehen, die höheren mehr der Madreporenplatte zu, und so eine Art Schopf bilden. Die Stacheln liegen mit ihren Spitzen nach hinten gerichtet und können sich so über einander legen, daß eine Art durchbrochenen Daches über der Madreporenplatte gebildet und diese

vor dem Eindringen gröberer Sandpartikeln geschützt wird.

Unterhalb der großen Stacheln, von ihnen überdeckt, liegen die Stacheln um die Madreporenplatte in vielen Reihen. Dieselben sind nur ein Paar mm hoch, bis $\frac{4}{5}$ etwa der Höhe mit sehr dickem, äußerst lebhaft flimmerndem Epithel überkleidet; die nicht flimmernde Spitze besitzt große Drüsen, deren Sekret im Verein mit der Flimmerung für die Reinhaltung der Madreporenplatte sorgt gegenüber solchen kleinen Sandpartikeln, die zwischen die großen Schopfstacheln gekommen sind. In der Tat wird die Madreporenplatte in sehr vollkommener Weise geschützt durch den Stachelschopf und die eben genannten kleinen Stacheln, und es wird schwerlich gelingen, Sand zwischen ihnen durchzubringen.

Daß dies von vitaler Bedeutung ist, zeigen folgende Experimente: Falls man mittelst einer Scheere die großen Schopfstacheln abschneidet, sieht man, dass die Stachelstummeln sich gegeneinander biegen und versuchen die Madreporenplatte zu überdecken; auch beteiligen sich dabei die Pinselfüßchen des vorderen eingesenkten Ambulacrums. Wenn man nun alle Stacheln abrasiert, so wird sich das Tier nicht mehr eingraben, auf alle Fälle nicht über halbe Körperhöhe, und stirbt in ein Paar Tagen; in noch viel kürzerer Zeit aber, falls man ein so amputiertes Tier gewaltsam ingräbt.

Im Aquarium lebten *Echinocardium* sehr lang; ich habe solche mehr wie zwei Monate gehalten; sie lagen oft Tage lang nur so tief eingegraben, daß die Schopfstacheln aus dem Sand empor traten, wobei man ihre Lager durch einen kleinen Sandwall um sie leicht wahrnehmen konnte; noch deutlicher war dies Verhalten im Schlamm zu sehen. (Siehe Fig. 1 und 6 Photographie Braus Drüner Binokular Obj. a₂.)

Ein ähnlicher Schopf befindet sich um den Anus. Er besteht aus einer Anzahl bis 8 mm langer, runder

und spitzer Stacheln, die sehr dicht nebeneinander in mehreren Reihen rings um den Anus stehen. Jeder Stachel ist gegen den gegenüberliegenden etwas schräg gerichtet, so das eine Art Kegel zustande kommt. Innerhalb, und von den soeben beschriebenen Stacheln überdeckt, befinden sich um den Anus kleine, stark flimmernde Stacheln von ähnlicher Beschaffenheit wie die um die Madreporenplatte. Der Analschopf (Fig. 1 und 4 AS) wird von der Analsaumlinie begrenzt, die einen nach oben offenen Bogen darstellt.



FIG. 6. — Schopfstacheln aus den Sand emporragend.

Von oben gesehen.

Braus Drüner A.

Er hat die Funktion, den Anus frei von Sand zu halten. In der Tat wird es schwerlich gelingen Sandkörner durch den dichten Stachelschopf durchzubringen. Hier wird wohl auch die Flimmerung und Schleimabsonderung von großer Bedeutung sein.

Die Analgegend scheint sehr empfindlich zu sein, denn es gelingt nur selten, Tiere von dieser Seite beobachten zu können.

Die Exkremeute bestehen bei *Echinocardium flavescens* aus grünlich schwarzen Ballen von ovaler Form. Bei mikroskopischer Untersuchung findet man im Kote Diatomeenschalen. Es ist mir niemals gelungen, Sandkörner vom Anus heraustreten zu sehen.

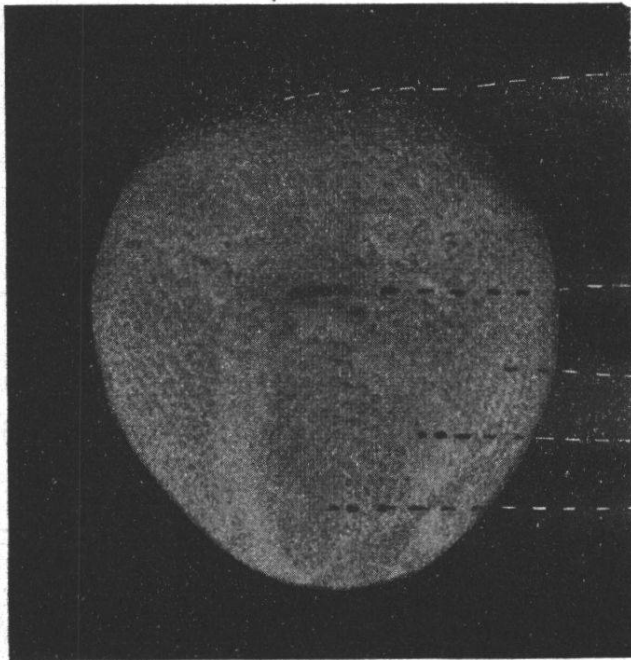
Wenden wir uns nun zur Eingrabung und zum Kanalbau.

Das Tier gräbt sich mit Hilfe der an den Seitenfeldern der ovalen Schalenflächen gelegenen Stacheln ein, die ich Grab- und Gehstacheln nennen will (Fig. 7 und 8), da dieselben auch zur Fortbewegung dienen. Sie sind bis 1 cm lang, etwas gebogen, an dem proximalen Ende cylindrisch und nach der Spitze zu allmählich spatelförmig erweitert. Zwischen dieser Stachelart und den an den Schalenseiten gelegenen Stacheln sind Uebergangsformen vorhanden.

Die Eingrabung geschieht auf folgende Weise. Setzt man ein *Echinocardium* auf Schlamm oder Sandboden, so bemerkt man zuerst, daß das Tier sich auf seinen Grab- oder Gehstacheln aufrichtet, und bald anfängt sich einzugraben, indem mit Hilfe der schon beschriebenen Grabstacheln der Sand nach den Seiten und nach hinten weggeschaufelt wird. Die Wirkung der Grabstacheln wird ferner durch große, an dem vorderen eingesenkten Ambulacrum und den Seitenambulacren gelegene Stacheln, die den Sand auflockern, verstärkt.

Das Eingraben geht sehr rasch vor sich. In ein Paar Minuten ist das Tier vollständig vergraben. Daß das Eingraben wirklich durch Wirkung dieser Grabstacheln geschieht, läßt sich auch experimentell beweisen. Wenn man dieselben entfernt, kann sich das Tier nicht mehr eingraben. Ebenfalls läßt sich auch demonstrieren, daß bei Entfernung nur eines Teils davon das Eingrabungsvermögen mehr oder weniger gehemmt wird.

Man würde meinen, daß die mächtigen Sternal- oder Mittelfeldstacheln (Fig. 7 und 8) der oralen Fläche sich bei der Eingrabung beteiligen; dies ist aber nicht der



Vorderes eingesenktes
Ambulacrum
(Atemrinne).

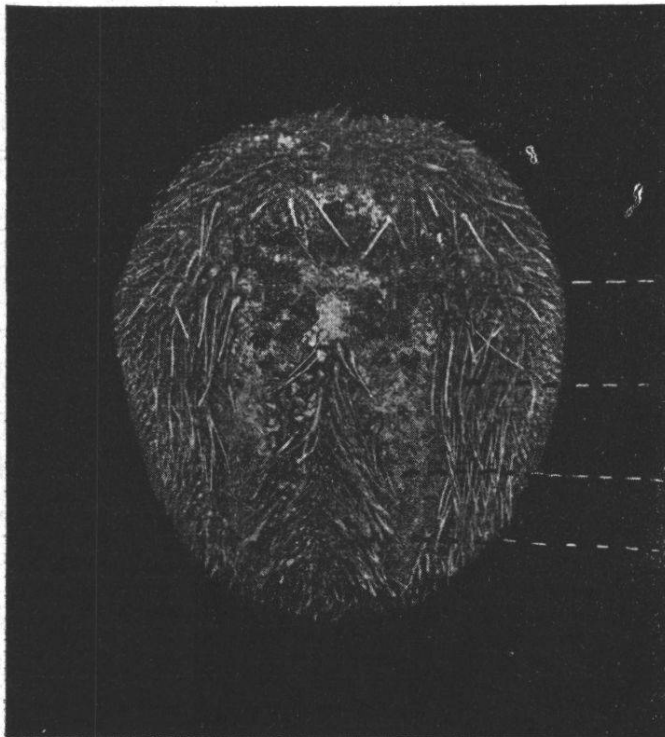
Mund.

Seitenfeld Grabstacheln
tragend.

Nacktes Ambulacrum.

Sternum.

FIG. 7. — Schale von Echinocardium.
Orale Seite.



Mund.

Grab- oder Gehstacheln.

Nacktes Ambulacrum.

Stacheln des Sternums.

FIG. 8. — Orale Seite von
Echinocardium.

Fall, da sie sich dabei passiv verhalten, fast ohne sich zu bewegen. Dieselben sind die kräftigsten aller Stacheln des Tierkörpers, bis etwa 6 mm lang, stark gebogen, und stehen auf mächtigen Höckern. Ihr distaler Teil ist rudertartig abgeplattet und konkav ausgehöhlt, der proximale Teil dagegen rund; sie liegen derartig, daß ihre konkave Fläche nach hinten gerichtet ist.

Durch ihre rudertartige Bewegung wird für Wasserzirkulation gesorgt. Diese Funktion wird ferner dadurch erleichtert, daß die beiden Ambulacren, die auf jeder Seite des Sternums liegen, nackt sind, (Fig. 7 und 8). Falls nämlich hier Stacheln vorhanden wären, so würden die Sternalstacheln in ihren Bewegungen gehemmt, während sie so einen möglichst freien Spielraum haben.

Wenden wir uns nun zum Kanalbau. Das Tier gräbt sich auf die soeben geschilderte Weise ein, indem ein Sandwall um dasselbe entsteht; bald ist nur noch der Schopf zu sehen, und zuletzt verschwindet das Tier unter dem Sand. Robertson (1) und v. Uexküll (3) haben beobachtet, daß beim Eingraben ein offener Kanal gebildet wird, der das Tier mit der Oberfläche verbindet. Dieser Kanal ist mit Schleim ausgekleidet. Nach v. Uexküll soll dies dadurch geschehen, daß der von den Saumlinien herkommende Schleim an der äußeren Seite der Schopfstacheln emporgleitet und durch das Auseinanderpressen dieser Stacheln beim Herabsinken des Tieres die innere Auskleidung des Kanals zu Stande bringt.

Aber, wie bereits gesagt, sondern die Schopfstacheln selbst, wie alle Stacheln, Schleim ab, und es scheint mir, daß der Kanal einfach durch die gleichzeitige Schleimabsonderung und das Auseinandersperrn der Schopfstacheln während des Eingrabens entstehen kann.

LITERATURVERZEICHNIS

1) DAVID ROBERTSON: *Notes on Amphidoius cordatus (Penn) Quarterly Journal of Microscopical Science.* 2 Series Vol. II, Pag. 25—27. 1871.

2) O. HAMANN: *Beiträge zur Histologie der Echinodermen*, Heft 3 Anatomie und Histologie der Echiniden und Spatangiden. 1887.

3) J. v. UEXKÜLL: *Studien über den Tonus.* IV Die Herzigel. Zeitschrift für Biologie. XLIX. Folge Band 1907

II. TEIL

ÜBER DIE NAHRUNGS-AUFNAHME.

Schon mehrere Forscher haben sich mit der Frage der Nahrungsaufnahme der Spatangiden beschäftigt. Diese Frage ist von besonderem Interesse, da hier Kauorgane gänzlich fehlen. Es sind verschiedene Ansichten ausgesprochen worden; ich glaube, mit meinen Beobachtungen die Frage endgültig gelöst zu haben.

Als Material zu meinen Untersuchungen benutzte ich *Echinocardium flavescens* und *Spatangus purpureus*.

Die bisher geltenden Ansichten über diesen Gegenstand, die in der Literatur zu finden sind, sind kurz wiedergegeben, die folgenden:

ROBERTSON (1) referiert über die Nahrungsaufnahme bei *Echinocardium cordatum*:

„These observations would lead to the belief that the long prehensile filaments convey the sandy matter that they gather from the surface to the dorsal impressions only, and that it is then passed along chiefly if not wholly, by the action of the narrow linear series of small spines stretching from the ovarian holes down the anterior groove and is then dropped on the sand below, The mouth is irregularly surrounded by processes which Forbes calls “short tentacula, with discs surrounded by clavate filaments.“

These I have seen on several occasions descend and grasp the sand or other matter dropped down the anterior groove, and conveying it into the mouth. This ope-

ration, however, appears to be seldom performed and will only be observed by the exercise of patient attention. There can be little doubt that the office of these organs is to transmit to the mouth the food material thus brought together by the agency of the small spines of the anterior groove."

LOVEN (2) sagt über die Nahrungsaufnahme folgendes :

La plaque péristomienne destinée à fonctionner comme une lèvre immobile, un labrum en forme de cuillère, moyennant lequel l'animal, fouillant la couche superficielle du fond, reçoit dans sa bouche la vase riche en substances organisées qui lui sert de nourriture, est encore très peu adaptée à cet usage chez l'Echinospatangus et l'Héteraster et le Micraster, et elle n'y répond guère qu'à mesure qu'elle prend cette forme arquée, convexe, à bord adoral saillant et prolongé en lobes latéraux, qu'on lui connaît chez l'Abatus, le Schizaster, la Méoma et le reste des genres vivants.

CUENOT (3) referiert:

L'intestin des Spatangides est rempli de sable qui est probablement poussé dans la bouche par les mouvements des Ambulacres péristommiens (Ambulacres fouisseurs, Lovén); il est d'ailleurs à remarquer que la lèvre inférieure a absolument la conformation d'une pelle. Le poids considérable du sable absorbé a amené des modifications corrélatives dans l'intestin, développement très grand des mésempères, épaisseur des parois etc.

DELAGE (4) schildert die Nahrungsaufnahme der Spatangiden in ähnlicher Weise wie Lovén und Cuénot; er sagt:

La bouche est librement ouverte, dépourvue de dents, sans mouvements propres, vu qu'elle est dépourvue de muscles; l'introduction de la nourriture se fait automatiquement; la lèvre raclant le sable à la manière d'une pelle, pendant la progression de l'animal.

Im Cambridge Natural History (5) werden die Befunde Robertsons folgendermaßen wiedergegeben: But the peculiar anterior Ambulacrum was a mystery till the feeding habits of the animal were observed by the late Dr. Robertson of Cumbraë. He found that the animal protruded the long prehensile tube-feet through the opening of the burrow to the surface of the sand. With their long fingerlike processes they then collected the surface sand which was impregnated with Diatoms and other small organismus. When a handfull so to speak of this nutritive material has been collected, the long tube-foot is withdrawn down the burrow and passed over the deepli grooved part of the ambulacrum to the buccal tube-feet, to which the food is then given up. These last push it into the mouth. Only one prehensile foot is extended at a time. These details were given to the author in a conversation in 1896.

Und zuletzt J. v. UEXKÜLL (6) „Die Stacheln des unpaaren Mittelfeldes sind kürzer und gedrungenener als die langen schlanken Stacheln der Seitenfelder. Ihnen liegt die Aufgabe ob, die pflugscharartige Unterlippe durch den Sand vorwärts zu treiben. Deshalb sind die Stacheln des Mittelfeldes mit besonders kräftiger Muskulatur ausgestattet. Der Mund ist durch eine Vertikalmembran geschlossen, die nur auf der rechten Seite eine runde Öffnung besitzt. Der Sand füllt beim normalen Tier den Darm prall an und gelangt durch den oben und hinten gelegenen Anus wieder ins Freie.

Es dienen also die Stacheln des Mittelfeldes der Vorwärtsbewegung des Gesamttieres, bei der gleichzeitig die Nahrungsaufnahme stattfindet.“

Wie aus den Literaturzitate hervorgeht, ist die bis jetzt am meisten geltende Ansicht über die Nahrungsaufnahme der Spatangiden die, daß die Tiere, indem sie sich im Sand fortbewegen, ihre Unterlippe wie einen Pflug gebrauchen, und daß auf diese Weise beim Gehen der Sand in den Mund gleichzeitig eingeschaufelt wird.

Bei Beobachtung lebender Spatangiden im Sande fällt es aber auf, daß die Tiere sich niemals derartig bewegen, daß letztgenannter von der Unterlippe berührt wird, sondern es bleibt stets ein Zwischenraum frei, indem beim Gehen die Grab- oder Gehstacheln fast vertikal gestellt werden, so daß niemals die Unterlippe den Boden berühren kann. Dieses Verhalten kann man beobachten, gleichgültig ob das Tier in einer Höhle im Sande vergraben ist, oder auf der Sandoberfläche herumwandert.

Robertson hat dies auch schon bemerkt, denn er sagt: It was observed that a clear open space filled with water is constantly maintained between the mouth and the sand to the extend of the long post-oral spines: hence it is improbable that the mouth itself is capable of being brought closely into contact with the sand.

Nach langen Beobachtungen mit bloßem Auge, Lupe und Braus-Druner'schen Binokularstativ bei stärkeren Vergrößerungen, ist es mir gelungen diesen Vorgang genau zu verfolgen.

Letztgenannter Apparat ist wegen seiner großen Beweglichkeit vorzüglich zu ähnlichen Untersuchungen geeignet und gestattet mit Leichtigkeit, Tiere, die nahe an der Aquariumglaswand in Höhlen vergraben sind, bequem zu beobachten. Eine Beleuchtungsvorrichtung mit Glühlämpchen erleichtert die Untersuchungen sehr.

Die Nahrungsaufnahme geschieht auf folgende Weise:

Die Mundfüßchen (MF) werden ausgestreckt, öffnen sich, fühlen an der Sandoberfläche herum, greifen ein Sandkörnchen und bringen es auf die Unterlippenstacheln (ULS), die, direkt hinter dem Mund auf der Unterlippe in mehreren Reihen geordnet, mit etwa säbelartig aufgebogenen Spitzen nach vorn gerichtet sitzen und den Mund (M) zu überdecken vermögen. Diese Stacheln bringen mit Hilfe der Oberlippenstacheln (OLS), deren Spitzen derartig gestellt sind, daß sie den Spitzen der Unterlippenstacheln entgegengerichtet sind, das Sandkörnchen in den Mund.

Die Unterlippenstacheln bewegen sich lebhaft beim Herannahen des von den Mundfüßchen getragenen Sandkörnchens.

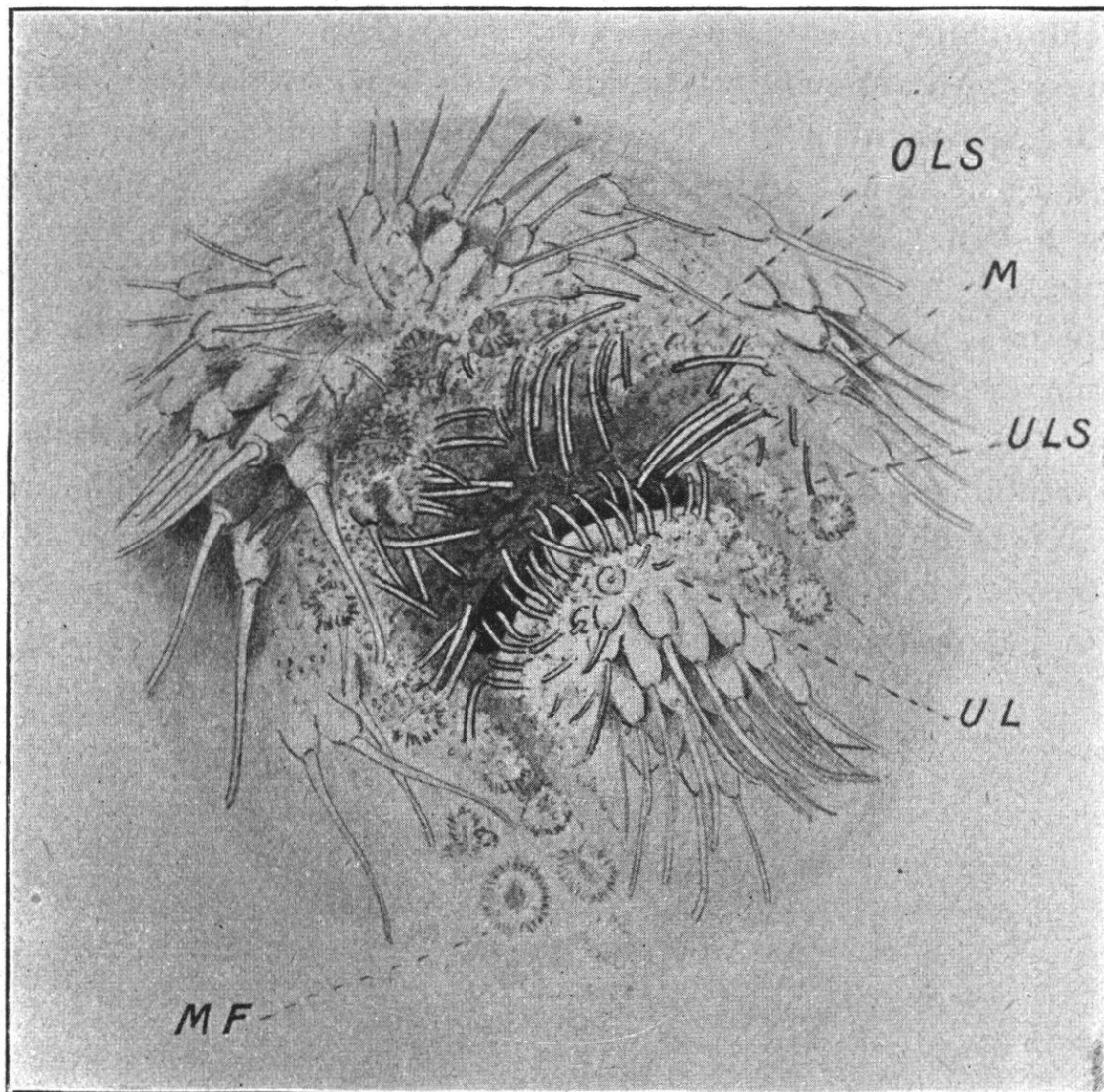


FIG. 9. Mundgegend von Echinocardium.

- M: Mund.
- MF: Mundfüßchen.
- OLS: Oberlippenstacheln.
- ULS: Unterlippenstacheln.
- UL: Unterlippe.

Die Mundfüßchen breiten sich beim Ergreifen des Sandkörnchens aus und berühren letzteres mit den sonst in geschlossenem Zustand nach Innen gerichteten stark verdickten Seiten der einzelnen Filamentkolben, die beim Zurückziehen des Mundfüßchen das Sandkörnchen dicht

umschließen. Man kann auch sehen, daß die Sandkörnchen an den einzelnen Kolben anhaften. Auf Längsschnitten durch ein Mundfüßchen sind auf diesen verdickten Kolbenseiten der Filamente zahlreiche lange, schlauchförmige Drüsenzellen zu sehen, deren Sekret dieses Ankleben der Sandkörner bewirkt. Öfters habe ich gesehen, daß die Mundfüßchen plötzlich zurückfahren, wenn sie ein Sandkörnchen berührten, ohne es empor zu heben. Dies Verhalten deutet darauf, daß die Mundfüßchen auch als Tastorgane dienen können, wohl um die mit Nahrung am reichlichsten besetzten Sandkörner auszuwählen.

Es ist noch zu bemerken, daß feinere Schlamm-partikel an den Füßchen, besonders an den seitlichsten Filamenten haften bleiben. Diese werden beim Hineinstrecken in den Mund direkt abgestrichen, ähnlich wie bei gewissen Holothurien.

LITERATURVERZEICHNIS

1) DAVID ROBERTSON: *Notes on Amphidotus cordatus (Penn)* *Quarterly Journal of Microscopical Science*. 2 Series. Vol. II, Pag. 25—27. 1871.

2) S. LOVEN: *Etudes sur les Echinodermes*. Kongliga Svenska Vetenskaps Akademien Handlinger. Elfte Bandet 1872. Pag. 57.

3) L. CUÉNOT: *Etudes morphologiques sur les Echinodermes*. Tome XI, *Archives de Biologie*. 1891, Pag. 415.

4) YVES DELAGE UND HEROUARD: *Traité de Zoologie concrète*. Tome III. Les Echinodermes. Pag. 257. 1903.

5) *Cambridge Natural History*. Vol. I. Protozoa, Porifera, Coelenterata, Echinodermata E. W. Mc. Bride. 1906. Pag. 551—552.

6) J. v. UEXKÜLL: *Studien über den Tonus*. IV Die Herzigel. *Zeitschrift für Biologie*. XLIX. Folge Band 1907. Pag. 309—310.

III. TEIL

ÜBER DEN BAU UND DIE FUNKTION DER PINSEL- FÜSSCHEN UND DER MUNDFÜSSCHEN

Zuletzt eine Darstellung über den Bau und die Funktion der Pinsel- oder Rosettenfüßchen des vorderen Ambulacrums und der Mundfüßchen.

Dieselben sind in folgender Weise von v. Uexküll (5) beschrieben. Pag. 317: „Es erübrigt noch, auf die Funktion der Pinselfüßchen einzugehen, die sowohl den Mund umstehen, als sich auch am Boden der Lakune vorfinden. Beide Arten unterscheiden sich nur unwesentlich im Bau. Beide gleichen dem an vielen Orten gebräuchlichen Pumpbesen, den die Kaminfeger zum Säubern der Kamine benützen.

An einem langen Strick hängt eine Anzahl von Bleikugeln, durch kurze Stricke vereinigt. Nun dienen die Pinselfüßchen nicht bloß zum Reinigen, sondern auch zum Ausbessern des Kamins, indem sie die Wände frisch mit Klebstoff zu bestreichen scheinen.

Auch sieht man sie die obere Kaminöffnung ausbessern, wobei sie dann gern von den Krevetten abgeknipt und verspeist werden.

Ferner dienen die Mundfüßchen wohl auch dazu, um fremde Horizontalkanäle abzutasten, die bei den eng gedrängt wohnenden Tieren überall anzutreffen sind. Eine solche Kommunikation unter dem Sande muß für die Befruchtung von großer Wichtigkeit sein.“

Die beiden Arten von Ambulacralfüßchen unterscheiden sich aber wesentlich im histologischen Bau, mögen sie auch eine gewisse äußere Ähnlichkeit besitzen.

Ich beginne mit der Beschreibung der Mundfüßchen.

Dieselben liegen um den Mund in großer Anzahl. Zusammengezogen messen sie wenige mm, ausgestreckt bis etwa 2 cm. Bei *Spatangus purpureus* besitzen sie eine dunkel-violette Farbe, bei *Echinocardium* sind sie gelblich grün. Am Skelette fallen ihre großen Poren gleich ins Auge. Ihr histologischer Bau ist von Kœhler (2), Haman (3) und Cuénot (4) beschrieben worden, die Resultate Hamanns sind ferner bei Bronn (7) wiedergegeben. Cuénot sagt: „Chez les Spatangoides peu différenciés (*Echinoneus*), le polymorphisme des Ambulacres est peu considérable, mais il atteint un haut degré chez le *Spatangus*, *Echinocardium*, etc. Autour de la bouche se trouvent les tentacules buccaux, courts et massifs, terminés par une houppe de petites branches renflées, renfermant chacune un squelette calcaire; pour leur étude histologique, je renvoie aux figures de Hamann que je puis confirmer en tous points.“

Ich kann gleichfalls die Resultate Hamanns in fast allen Punkten bestätigen und werde deshalb hier seiner Beschreibung folgen, um weiter unten meine eigenen Beobachtungen insoweit sie von denjenigen Hamanns abweichen oder dieselben ergänzen, anzuführen.

Die Beschreibung gilt sowohl für *Echinocardium* wie für *Spatangus*, da die Mundfüßchen bei beiden den gleichen Bau besitzen.

Jedes Füßchen (Fig. 10) besteht aus einem Stiel (S), zusammengezogen wenige mm lang. Auf dem freien Ende sitzt eine schüsselförmige, rundliche Platte, welche auf ihrer oberen Seite mit kolbenförmigen Filamenten (F) besetzt ist. Dieselben stehen in sehr großer Anzahl wie die Haare eines Pinsels nebeneinander, nur einen kleinen Raum im Centrum der Platte freilassend. Ihre Farbe rührt von Pigmentzellen her, die in großer Menge

zwischen den Epithelzellen liegen. Das Pigment ist, wie ich gefunden habe, gegen Alkohol sehr beständig und bei histologischen Untersuchungen äußerst störend, so daß man gezwungen ist, es zu beseitigen, entweder durch Chlor oder Chromsalpetersäure.

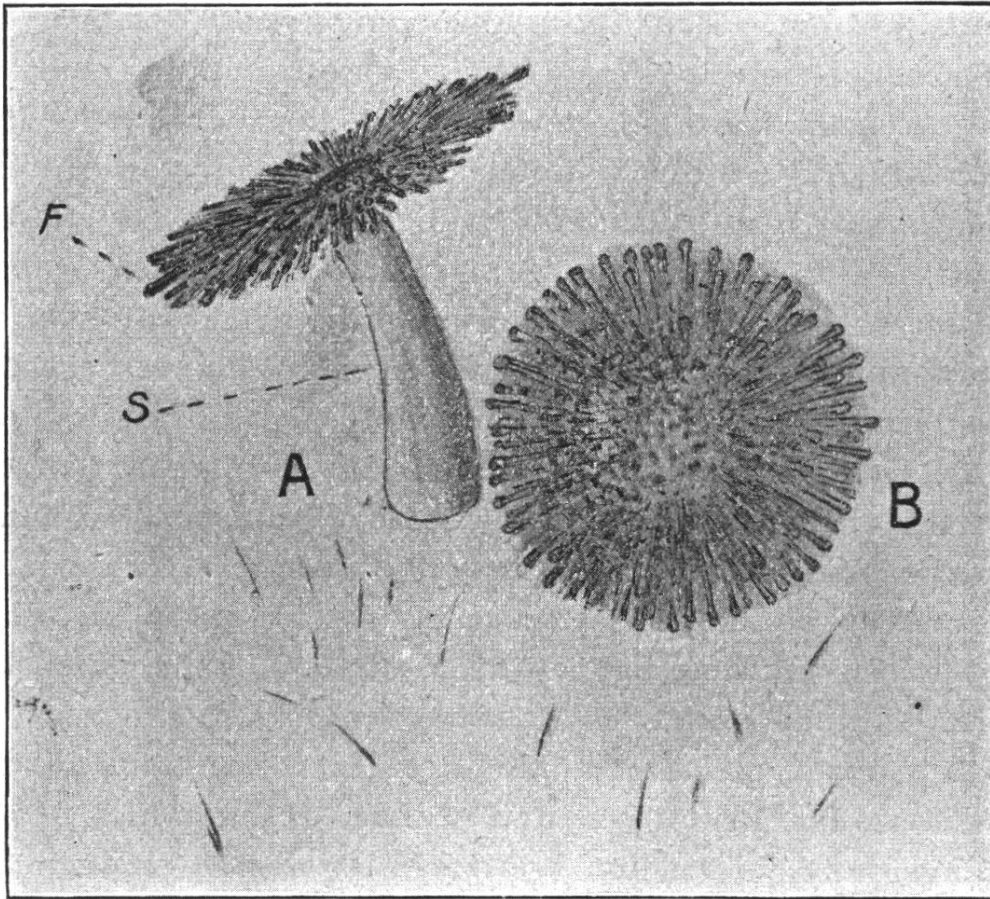


FIG. 10. — Mundfüßchen A von der Seite.
B von Oben.

F: Filamente.
S: Stiel.

Auf Längsschnitten läßt sich am besten der feinere Bau studieren. (Fig. 11) Der Stiel (S) ist hohl und steht in Verbindung mit dem Wassergefäßsystem. Er besteht aus einem äußeren Epithellager (E), dessen Zellen je nach dem Kontraktionszustand eine abgeplattete oder mehr kubische Form zeigen, einer dünnen Bindegewebsschicht (Bg.), darunter einer Längsmuskelschicht (M), und ist mit

Flimmerepithel ausgekleidet. An dem plattenförmigen Ende strahlen die Muskelfasern nach der Peripherie der Endplatte aus, ohne in die Filamente einzutreten. Nach Innen von der äußeren Epithellage verläuft ein Nerv N, aus feinsten Fibrillen bestehend.

Die Endplatte ist wie der Stiel hohl, wird aber von einer Anzahl durchbrochener Scheidewände durchsetzt. Dieselben Schichten die sich auf dem Stiel finden, setzen

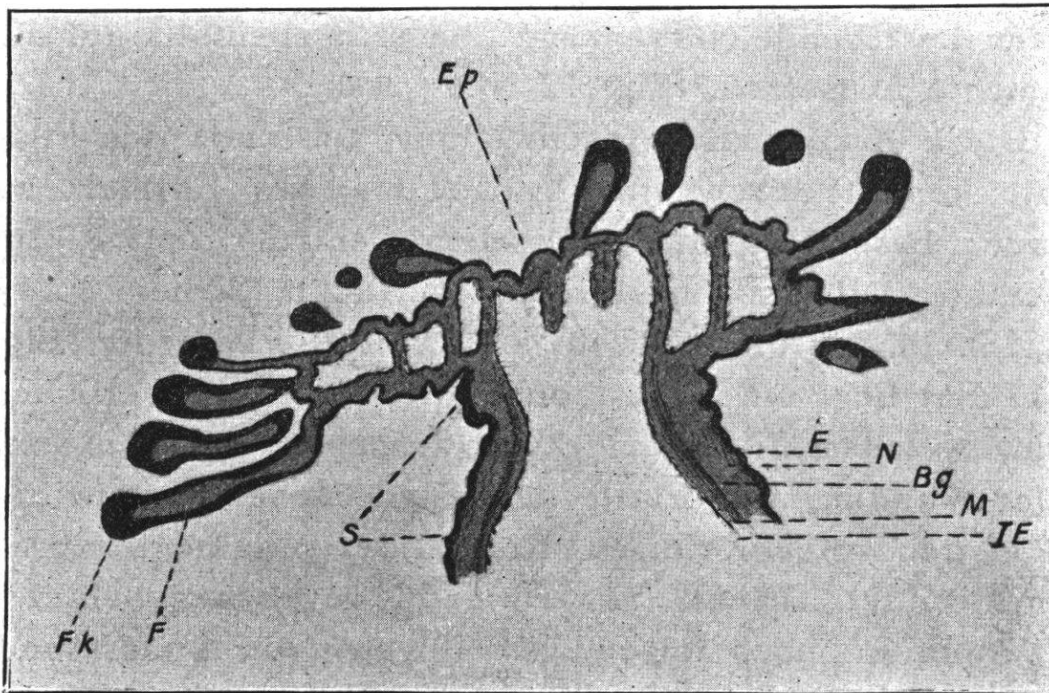


FIG. 11. — Schemat. Längsschnitt durch Mundfüßchen.

- Bg: Bindegewebe.
- E: Äusseres Epithel.
- Ep: Endplatte.
- F: Filament.
- Fk: Filamentkolben.
- IE: Inneres Epithel.
- N: Nerv.
- M: Muskel.

auch die Wandung der Endplatte zusammen. Nur fehlt auf ihrer oberen Fläche die Muskulatur. Die den Hohlraum durchsetzenden Scheidewände bestehen aus einer zentralen Schicht Binde substanz, Muskelfasern und dem allgemeinen Innenepithel, welches sie in Gestalt abgeplatteter Wimperzellen überzieht.

Diese Membranen geben eine festere Verbindung zwischen der oberen und unteren Wand der Endplatte, und können wahrscheinlich, da sie mit Muskelfasern versehen sind, durch Kontraktion zur Entleerung des Füßchens beitragen.

Das die Endplatte überkleidende Epithel besteht aus fast kubischen Zellen, das sich auch auf die Filamente fortsetzt.

Unter dem äußeren Epithel verlaufen aus feinsten Fasern bestehende Nervenzüge, die sich ebenfalls auf die Filamente fortsetzen. (Fig. 12 N).

Die kolbenförmige Anschwellung am Ende der Filamente kommt durch eine Verdickung des Epithels zu Stande; besonders die nach dem Centrum der Platte gerichtete Seite ist am stärksten verdickt. (Siehe Fig. 12 und 13). In der bindegewebigen Axe des Filaments (Fig. 12, 13 Ba) liegt ein Kalkstäbchen (Ks) von sehr zierlicher Form, welches mit einem etwas ausgebreitetem Fußteil in der Wandung der Platte des Mundfüßchens entspringt und in den kolbenförmigen Enden der Filamente abgestumpft endet. Dieser von Hamann gegebenen Schilderung kann ich noch folgendes beifügen: Auf Längs- und Querschnitten sieht man, daß das Epithel im kolbenartigen Endteile nicht überall den gleichen Bau besitzt. Dieses Verhältnis ist hervorzuheben, da es von großer biologischer Bedeutung ist.

Die nach dem Centrum gerichtete Seite, welche, wenn die Endplatte ausgebreitet ist, dem Sande zugekehrt ist, trägt die Hauptmasse des verdickten Epithels, indem dies sich hier bedeutend weiter nach unten erstreckt als auf der entgegengesetzten äußeren Seite. (S. Fig. 12). Der verdickte Teil des Kölbchens besteht aus dicht nebeneinander liegenden Sinneszellen (Sz), deren ovale Kerne in verschiedener Höhe liegen. Ich konstatierte außerdem in den Kölbchen das Vorkommen zahlreicher Drüsenzellen (Dr).

Über die Verbreitung derselben geben genaue Längs-

und Querschnitte (Fig. 12 und 13) Aufschluß. Diese Zellen sind schlank und langgestreckt, treten bei geeigneter Färbung (z. B. mit Iod oder Eosin u. Hämatoxylin) sehr deutlich hervor. Sie liegen nur in dem verdickten Zellenlager des Endkolbens, während unterhalb des letztgenannten, also auf dem Stiele, nur gewöhnliche niedrige Zellen von derselben Art, wie diejenigen der Scheibe, vorkommen. (Siehe Fig. 12).

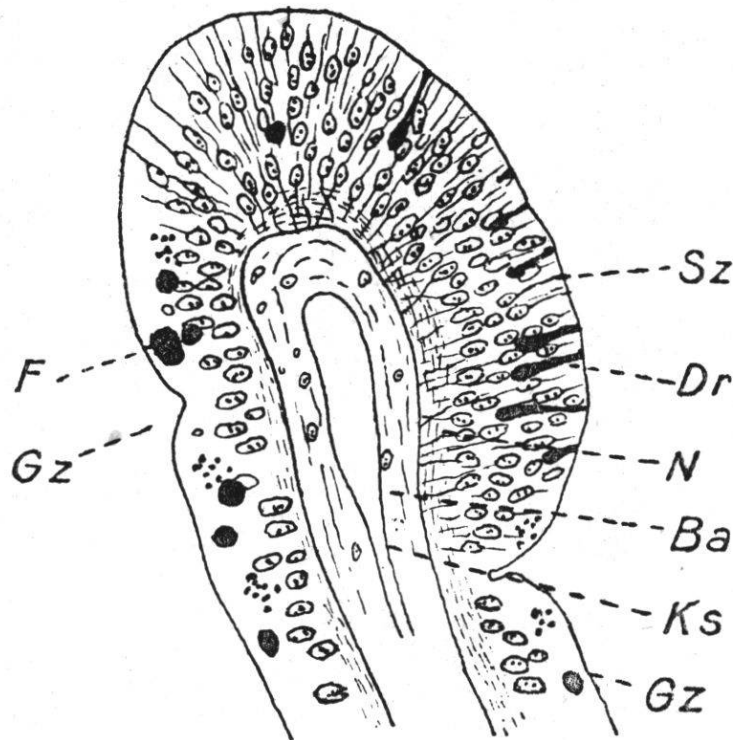


FIG. 12. — Längsschnitt durch einen Kolben.

Apoc. 2 mm. Comp. Ok. 4.

- Ba : Bindegewebsaxe.
- Dr : Drüsenzellen.
- F : Farbstoff.
- Ks : Kalkstäbchen.
- Gz : Gew. Zellen des Stiels.
- Sz : Sinneszellen.
- N : Nervenfasern.

Am zahlreichsten sind sie an der inneren verdickten Seite des Kolbens, während sie gegen die Spitze zu und auf der äußeren Seite, wo die verdickte Zellenlage sich lange nicht so weit nach unten erstreckt, wie auf der inneren, bald verschwinden. (Fig. 12).

Es ist einleuchtend, daß dieser Bau der Mundfüßchen gerade für die Nahrungsaufnahme von größter Bedeutung ist. An den Endkolben, und nur hier, werden nämlich die Sandkörnchen mit Hilfe der Schleimabsonderung angeklebt, und zwar um so fester, je kleiner sie sind; sie können dann in der früher geschilderten Weise zum Mund geführt werden. Die reiche Entwicklung der Nervelemente sowohl im Endkolben, wie in der Scheibe,

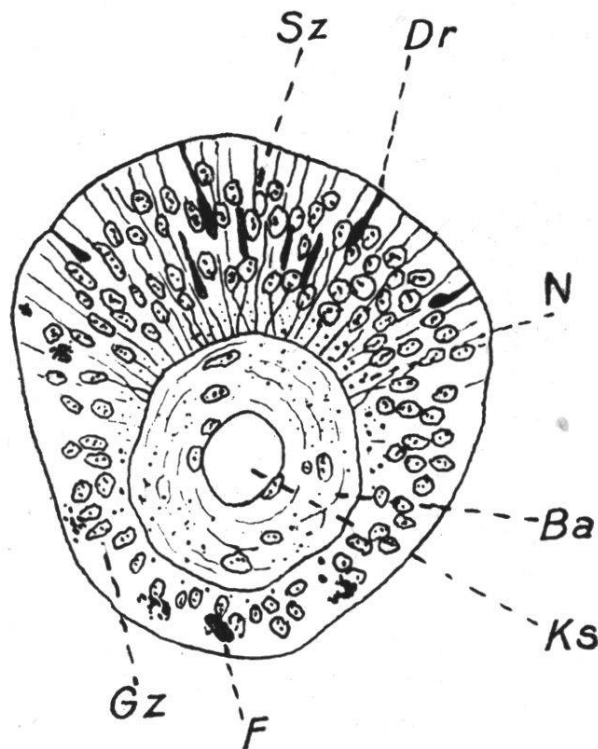


FIG. 13. — Querschnitt durch Kolben.

Apoc. 2 mm. Comp. Ok. 4.

- Ba : Bindegewebsaxe.
- Dr : Drüsenzellen.
- F : Farbstoff.
- Gz : Gew. Zellen des Stiels.
- Ks : Kalckstäbchen.
- N : Nerv.
- Sz : Sinneszellen.

macht diese Füßchen zu Tastorganen sehr geeignet. In den Epithelzellen des Filamentstieles ist, wie überhaupt in dem Körperepithel, reichlicher Farbstoff eingelagert; über die Natur dieses Farbstoffes kann ich keinen näheren Aufschluß geben. (Fig. 12 F).

Die einzelnen Filamente sind nicht jedes für sich beweglich, sondern werden nur mit der Endplatte in Bewegung gesetzt.

Was die Funktion der Mundfüßchen betrifft, habe ich schon gezeigt, daß sie zur Nahrungsaufnahme dienen, und die oben beschriebenen Drüsenzellen machen diese Funktion noch verständlicher. Indem die Mundfüßchen ausgestreckt werden, fühlen sie an der Sandoberfläche herum, ergreifen ein Sandkörnchen, und bringen es auf die Unterlippenstacheln, die dicht hinter dem Mund in mehreren Reihen geordnet sitzen und den Mund zu überdecken vermögen. Diese Stacheln bringen mit Hilfe der Oberlippenstacheln, die derartig beweglich sind, daß sie den Spitzen der Unterlippenstacheln entgegengestellt werden können, das Sandkörnchen in den Mund. Daß sie auch als Tastorgan dienen, ist ziemlich sicher, da ich öfters gesehen habe, daß die Mundfüßchen plötzlich zurückfahren, wenn sie ein Sandkörnchen berührten, ohne es zu heben.

Wenden wir uns zur Besprechung der Pinsel- oder Rosettenfüßchen des vorderen Ambulacrums bei *Echinocardium flavescens* zu. In der Hauptsache stimmt ihr Bau mit dem für *Spatangus purpureus* von Hamann (3) geschilderten überein. Dieselben sitzen hier in zwei Reihen geordnet und sind von dunkelbrauner Farbe; ihre Zahl beträgt 8. Ähnlich wie die Mundfüßchen, bestehen sie aus einem hohlen Stiel, zusammengezogen wenige mm, ausgestreckt etwa 3 cm lang. (Fig. 14). Dem Stiel (S) sitzt eine Endplatte (Ep) auf mit radiär angeordneten Fühlern (F), im Gegensatz zu den Mundfüßchen, wo die Filamente wie Haare eines Pinsels der Endplatte aufstehen. (Vergleiche Fig. 10 mit 14). Ihre Zahl ist auch viel kleiner, 3 bis 9, während die Filamente bei den Mundfüßchen kaum zählbar sind.

Die Fühler sind viel dicker als die Filamente der Mundfüßchen; sie beginnen mit einer breiten Basis, werden gegen die Spitze zu allmählich dünner und enden

mit einer leichten Anschwellung. (Fig. 15 u. 17). Der hohle Stiel (S) ist zusammengesetzt aus einem Außenepithel, in welchem Pigmentzellen in noch größerer Menge, wie bei den Mundfüßchen, eingelagert sind. Die gewöhnlichen Nervenbündel (N) sind auch hier vorhanden. Darauf folgen zwei Schichten Bindegewebe; eine äußere Lage ringsverlaufender (Rbf) und eine darunter liegende

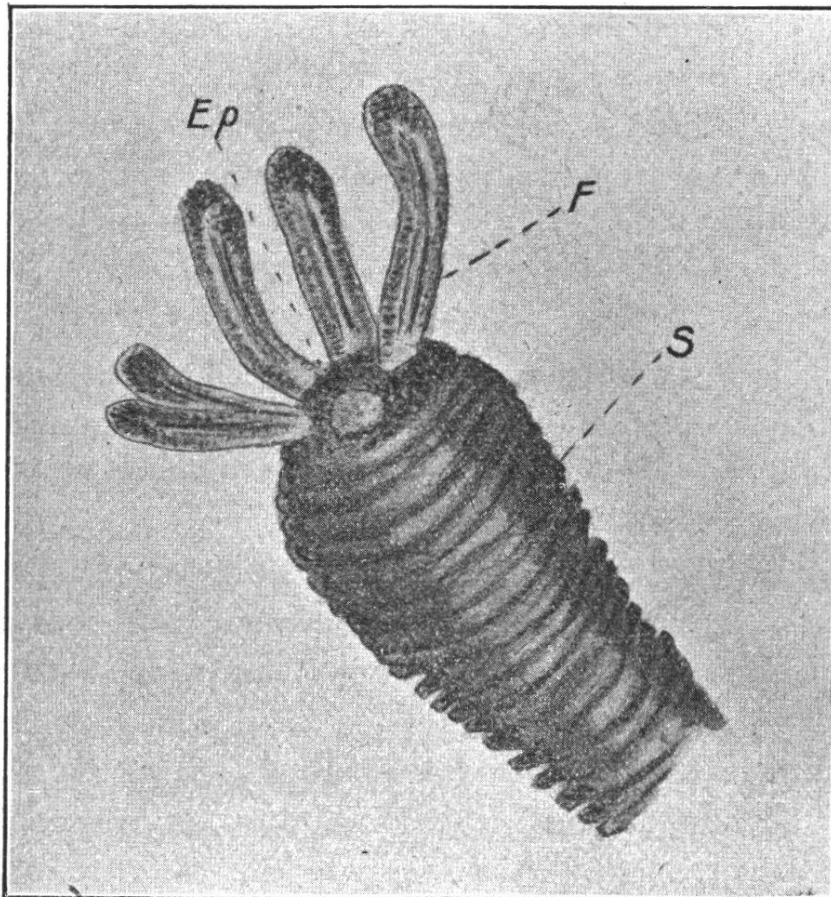


FIG. 14. — Pinselfüßchen von Echinocardium.

Ep: Endplatte.
F: Fühler.
S: Stiel.

längsverlaufender (Lbf). Dann eine Muskelschicht von Längsfasern (M), und zu innerst der Hohlraum mit Wimperzellen (Ie) bekleidet.

Die Fühler sind solid; (Fig. 17) ihre Axe wird von einem fast bis zur Spitze reichenden Kalkstäbchen (Ks) eingenommen.

Die Endplatte ist von anderem Bau wie der der Mundfüßchen (Fig. 17), wo sie mit kubischem Epithel überzogen wird.

Die distale Seite derselben (Fig. 16) ist mit einem Epithel aus langen und schmalen Zellen bekleidet. Ein Teil dieser Zellen sind unzweifelhaft Sinneszellen (Sz), die mit den unterhalb liegenden Nervenfasern (N) in Verbindung stehen; wenigstens ist zu sehen, daß letztgenannte von den fadenförmigen Verlängerungen der Sinneszellen durchsetzt werden. Zwischen den Sinneszellen liegen in großer Menge eine Art von Zellen, über

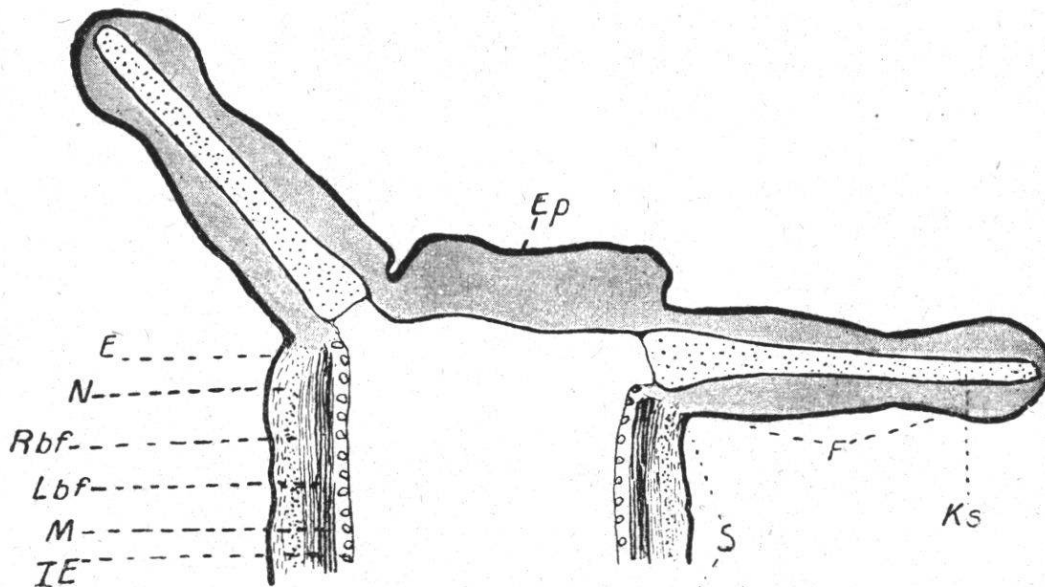


FIG. 15. — Schemat. Längsschnitt durch ein Pinselfußchen.

Ep: Endplatte.	Ks: Kalkstäbchen.
E: Äußeres Epithel.	Lbf: Längsverlauf. Bindgewebefasern.
F: Fühler.	Rbf: Rings » » »
M: Muskel.	Ie: Inneres Epithel.
N: Nerv.	S: Stiel.

deren Natur ich nicht ganz sicher bin (Dz). Diese Zellen sind mit braunen Körnern reich beladen, die sich nur durch ihre bedeutend geringere Größe von den Pigmentkörnern in den gewöhnlichen Körperzellen unterscheiden. Bei Färbung mit Hämatoxylin-Eosin nehmen sie nicht die bläulich dunkeln Töne an, die so charakteristisch sind für die Schleimdrüsen in den Mundfüßchen. Daß es sich trotzdem um irgend ein Sekret, das von diesen Zellen geliefert wird, handelt, scheint daraus hervorzugehen, daß die genannten Körner auch oft auf der Oberfläche

des Epithels zu finden sind. (Fig. 16 K). Dagegen scheint es mir nicht sicher, daß wir es hier mit Schleimzellen zu thun haben.

Das Sinnesepithel ist am stärksten entwickelt auf der distalen Seite der Endplatte selbst, dagegen auf dem distalen Teil der Fühler, besonders gegen die Spitze hin,

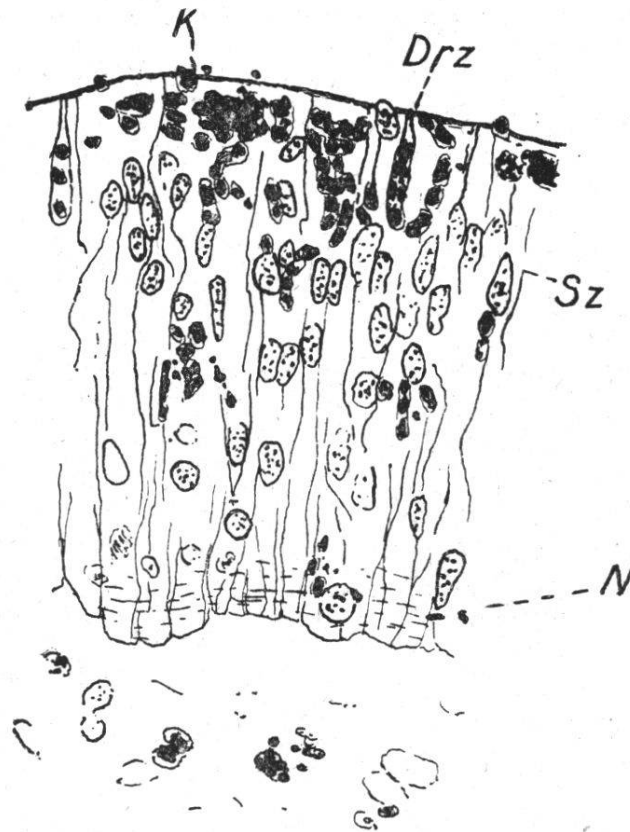


FIG. 16. — Längsschnitt durch Endplatte eines Fühlers der Pinselfüßchen.

Apoc. 2 mm. Comp. Ok. 6.

- Drz : Drüsenzellen.
- K : Körner von den Drz. herrührend.
- Sz : Sinneszellen.
- N : Nervenfasern.

weniger ausgeprägt (siehe Fig. 17); auf dem proximalen untern Teil der Fühler sind die Zellen von derselben Art wie auf dem Stiel. Hier und da findet man noch dieselben körnigen Drüsenzellen, wie auch eine Menge von Zellen mit Farbstoff beladen von derselben Art, wie auf den übrigen Teilen des Körpers; über deren wahre Natur läßt sich nichts mit Bestimmtheit aussagen.

Was ihre Funktion betrifft, sind verschiedene Meinungen ausgesprochen worden, Robertson (1) meint, daß sie sich bei der Nahrungsaufnahme beteiligen. „He found that the animal protruded the long prehensile tube-feet trough the opening of the burrow up to the surface of the sand. With their fingerlike processes they then collected the surface film of the sand, which was impregnated with Diatoms an other small organismus. When a handfull so to speak of this nutritive material has been collected, the long tube-feet is withdrawn down

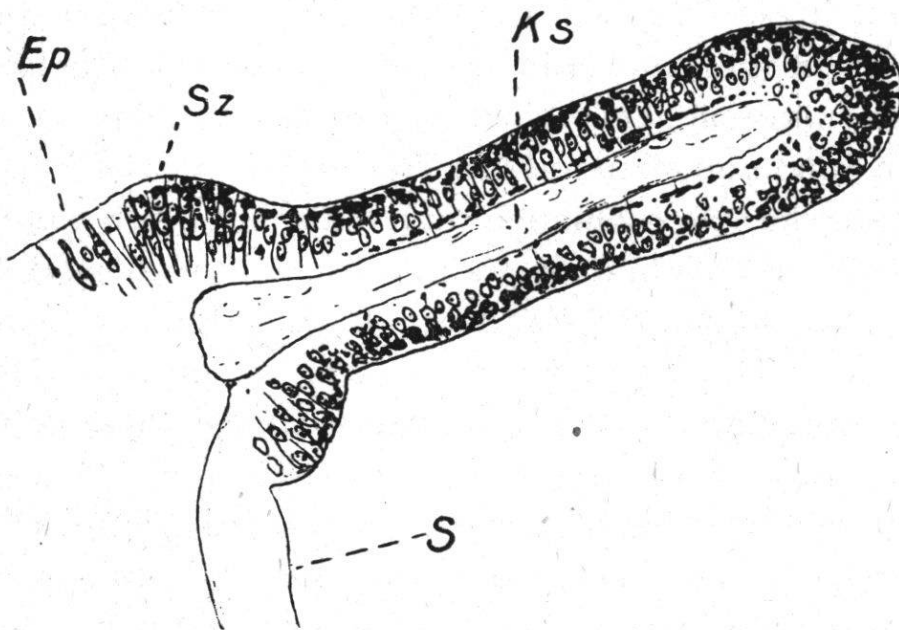


FIG. 17. — Längsschnitt durch Fühler.

Apoc. 8 mm. Comp. Ok. 2.

- Ep: Endplatte.
- Sz: Sinneszellen.
- Ks: Kalkstäbchen.
- S: Stiel.

the burrow and passed over the deeply grooved part of the Ambulacrum to the buccal tube-feet is given up. These last push it into the mouth. Only one tube-foot is extendet at a Time.“ (Camb. Nat. Hist. 6).

Cuénot (4) „le reste des zones ambulacraires porte des ambulacres plus ou moins longs, terminés par une partie conique qui ne peut adhérer et jouant évidemment le rôle d'organes tactiles; ceux de la partie teminale du

radius D (médián du Trivium) sont souvent très gros et terminés par un large disque (voir figure que Lovén a donnée de *Brissopsis lyrifera* vivant et celle d'Agassiz).“

v. Uexküll (6) teilt, wie oben gesagt, den Pinselfüßchen dieselbe Rolle zu, wie den Mundfüßchen, nämlich sie sollen zum Reinigen und Ausbessern des Kamins dienen, da er sie auch mit einem Pumpbesen vergleicht.

Nach eigenen Beobachtungen scheinen diese Pinselfüßchen als Tast- und Sinnesorgane zu dienen; auch habe ich gesehen, daß, falls man die Schopfstacheln abschneidet, diese Füßchen sich über die Madreporenplatte legen und sie gegen Eindringen von Sand oder Schlamm zu schützen versuchen. Ebenfalls habe ich bemerkt, daß, falls man Sand von oben auf das Tier fallen läßt, die Füßchen die Sandkörner wegschieben; niemals habe ich aber gesehen, daß ein Füßchen ein Sandkörnchen erfaßt und hebt.

Bei Tieren die so begraben lagen, daß die Schopfstacheln aus dem Sand hervorragten, — und so blieben sie auch tagelang, — war mir öfters Gelegenheit geboten die Tätigkeit der Pinselfüßchen zu studieren. Dieselben waren stets bis etwa 3 cm fast vertikal ausgestreckt und bewegten sich nur wenig herum. Bei Berührung oder Erschütterung fuhren sie äußerst schnell zurück.

Daß diese Füßchen einen Kanal ausbessern, ist wohl möglich; ich möchte aber doch bezweifeln, daß sie dazu dienen, den Kanal mit Schleim zu bestreichen.

Ihre Funktion scheint mir vielmehr diejenige eines Sinnes- oder Tastorgans zu sein. Besonders, wenn das Tier tief vergraben liegt, stellen ja diese weit herausstreckbaren Organe die einzige Verbindung zwischen dem Tiere und der Außenwelt dar.

LITERATURVERZEICHNIS

1) DAVID ROBERTSON: *Notes on Amphidotus cordatus (Penn) Quarterly Journal of Microscopical Science.* 2 Series. Vol. II, Pag. 25—27. 1871.

2) R. KÖHLER: *Recherches sur les Echinides des côtes de Provence.* Ann. Mus. Hist. Nat. Marseilles, Vol. I. Mém. n. 3, 167 p., 7 pl. 1883.

3) O. HAMANN: *Beiträge zur Histologie der Echinodermen,* Heft 3 Anatomie und Histologie der Echiniden und Spatangiden. 1887.

4) L. CUÉNOT: *Etudes morphologiques sur les Echinodermes,* Tome XI, Archives de Biologie 1891 Pag. 536.

5) *Cambridge Nat. History,* Vol. I. Pag. 525. 1906.

6) J. v. UEXKÜLL: *Studien über den Tonus.* IV. Die Herzigel Zeitschrift für Biologie. XLIX. Folge Band 1907, Pag. 309—310.

7) BRONN: *Klassen und Ordnungen des Thierreichs,* Bd. Echinodermen.
