

Über das Leuchtvermögen von *Amphiura squamata* Sars.

Von

Irene Sterzinger, stud. phil.

(Aus dem zoologischen Institut der k. k. Universität Innsbruck.)

Mit Tafel XXIII und XXIV.

Allgemeines.

Das Leuchtvermögen von *Amphiura squamata* Sars ist schon ziemlich lange bekannt. VIVIANI (33) beobachtete 1805 in der Nähe von Genua bei einem kleinen Schlangensterne, den er *Asterias noctiluca* nannte und der mit der obengenannten *Amphiura* identisch ist, ein lebhaftes, über die Arme strahlendes Licht, das »ganz wie ein Stern schimmert und Funken in den Meerwässern erzeugt«. Er schrieb die Phosphoreszenz einem elektrischen Fluidum zu. QUATREFAGES (28) beschrieb 1843 das Leuchten eines Schlangensterne, den er, ohne die genaue Art anzugeben, als »*Ophiura grisâtre*« bezeichnet. Sehr wahrscheinlich ist es aber, daß sich seine Beobachtungen ebenfalls auf *Amphiura squamata* Sars = *Ophiolepis squamata* Müller u. Troschel beziehen. QUATREFAGES fand, daß das Licht auffallend in Verbindung mit den Gliedern der Arme steht und verlegte dessen Sitz in die Muskelfibrillen, deren Kontraktionen nach seiner Ansicht das Licht erzeugen sollten. Er stützte diese Ansicht auf die Beobachtung leuchtender Streifen, die der Richtung der Muskelfasern zu folgen schienen, ferner auf die Tatsache, daß das Licht nach längerem Reiz durch Erschöpfung erlischt, was er auf Ermüdung der Muskeln zurückführte.

PANCERI (25), der 1875 diese leuchtende Ophiure näher untersuchte, beschreibt den Ort des Leuchtens in folgender Weise: »la luce si manifesta esclusivamente in coppie d'aree limitate, disposte ai lati di ciascun articolo delle braccia alle superficie dorsale dei medesimi, presso al punto donde sortono i pedicelli«. Nach ihm fallen also die Leuchtpunkte mit der Basis der Füßchen zusammen. PANCERI teilte

nicht die Ansicht QUATREFAGES', daß die Muskelkontraktionen das Licht hervorrufen, da er beobachtete, daß im Erschöpfungszustande des Leuchtvermögens immer noch Muskelkontraktionen, aber ohne jede Lichtentwicklung, erfolgten. Er suchte auch nach Leuchtorganen an den angegebenen Orten, ohne aber zu einem Resultate zu gelangen.

Wir finden in der Literatur noch wiederholt *Amphiura squamata* unter den leuchtenden Tieren erwähnt, so in DITTRICH'S Programmarbeit (3), ferner bei STADLER (31), ohne daß ein Fortschritt in der Kenntnis der Leuchtorgane dieser Form zu verzeichnen ist. In letzter Zeit hat MOLISCH (22) auf die auffallende Leuchtkraft dieses kleinen Schlangensterne neuerdings hingewiesen und es als wünschenswert hingestellt, denselben in bezug auf Leuchtorgane näher zu untersuchen.

Bei der vorliegenden Arbeit war ich vom Bestreben geleitet, den Sitz des Leuchtens bei *Amphiura squamata* festzustellen und die histologischen Verhältnisse der Leuchtorgane so weit als möglich klarzulegen. Im Laufe der Untersuchung ergaben sich auch einige Beobachtungen über Vorkommen von Schleim bei *Ophiothrix fragilis* und einigen andern Echinodermen, die ich ebenfalls folgen lasse.

Es ist meine Pflicht, meinem Lehrer, Prof. Dr. HEIDER, sowie dessen Assistenten, Privatdozenten Dr. STEUER, für die bei dieser Untersuchung mir erwiesene Anleitung und Unterstützung meinen besten Dank auszusprechen. Nicht minder danke ich auch Herrn Prof. Dr. v. DALLA TORRE, der mir bei Beschaffung der Literatur in zuvorkommendster Weise behilflich war.

Technisches.

Meine Untersuchungen stellte ich teils an lebenden Tieren, teils an Totopräparaten und Schnitten an. Das Material stammte aus Triest. Leider waren die lebenden Amphiuren, als sie zur Untersuchung kamen, meist schon sehr erschöpft, oder gar im Absterben begriffen, so daß die Beobachtung des Leuchtens sehr erschwert war. Auch die frischesten Tiere zeigten sehr bald eine Abnahme der Lebenskraft und hielten sich höchstens 3—4 Tage im Aquarium. Als Reizmittel, um das Leuchten hervorzurufen, benutzte ich Süßwasser, absoluten Alkohol, Essig- oder Salzsäure; mechanische Reize, wie Berühren der Tiere, Stoßen oder Schütteln des Behälters, erwiesen sich gewöhnlich als unwirksam. Die Beobachtung des Leuchtens wird auch durch die Kleinheit des Objektes sehr erschwert. Mit freiem Auge kann man wohl erkennen, daß das Licht nur an bestimmten Punkten der Arme auftritt, aber eine genaue

Feststellung des Ortes ist unmöglich. Dazu sind Beobachtungen unter dem Mikroskop notwendig; da aber das Aufblitzen nur wenige Sekunden dauert und die Tiere sich im Moment der Reizung sehr lebhaft bewegen, war die Untersuchung unter dem Mikroskop in der Dunkelheit sehr häufig von Mißerfolgen begleitet. Hatte ich eine *Amphiura* in einem Tropfen Seewasser auf einen Objektträger gelegt und unter dem Mikroskop eingestellt, so war von vornherein Gefahr vorhanden, daß sich während der folgenden Hantierung im Dunkeln das Objekt wieder verschob. Zur Herstellung der Dunkelheit benutzte ich ein schwarzes Tuch, was sich besonders deswegen zweckmäßig erwies, da man sich jeden Augenblick überzeugen konnte, ob die zu beobachtende Stelle noch im Gesichtsfeld war. Der Zusatz des Reizmittels erfolgte bei gleichzeitigem Beobachten durch das Mikroskop, wobei sehr häufig wegen der vermehrten Flüssigkeit oder der Bewegung des Tieres, dasselbe im entscheidenden Moment aus dem Gesichtsfeld entwand, oder der Fall eintrat, daß das Leuchten ausblieb. Auf die Beobachtungen bezüglich des Leuchtens komme ich noch später zurück. Am günstigsten fand ich das Arbeiten im Halbdunkel, da die Lichtstärke der leuchtenden Punkte doch zu gering ist, um eine genaue Orientierung zu ermöglichen. Diese Methode besitzt aber den Nachteil, daß bei Reizung mit Salzsäure, die sich als der kräftigste Lichterreger erwies, die sofort aufsteigenden Gasblasen in der Dämmerung sehr leicht den Eindruck von Lichteffekten hervorrufen, was irreführend ist.

Um die Füßchen gut ausgestreckt zu erhalten, lähmte ich die Amphiuren vor der Konservierung durch langsames Zugeben von Magnesiumsulfat, womit ich ziemlich gute Resultate erzielte. Zur Konservierung wurde 70%iger Alkohol oder $1/2\%$ ige Osmiumsäure verwendet. Als Entkalkungsmittel benutzte ich teils salzsauren, teils essigsäuren Alkohol (70% Alkohol, 10% Essigsäure), in welchem die Tiere einige Wochen blieben. Im Laufe der Untersuchung stellte sich aber heraus, daß die Entkalkung mit Salzsäure völlig unzweckmäßig ist, da der Schleim, der bei dieser *Amphiura* das Leuchten hervorruft, davon aufgelöst wird.

Zur Färbung der Schnitte und Totopräparate eignete sich sehr gut Thionin, dem ich auch die Entdeckung des Schleimes verdanke. Ich benutzte eine sehr schwache wässrige Lösung, wie sie HOYER (10) empfiehlt (zwei Tropfen der konzentrierten Stammlösung auf 5 ccm Wasser) und ließ die Schnitte 10—15 Minuten in der Farblösung. Das Übertragen bis ins Xylol mußte sehr rasch erfolgen, weil Thionin bekanntlich von Alkohol ausgezogen wird. Leider hält sich

die rot-violette Färbung des Schleimes nicht lange, sondern verschwindet schon nach einigen Monaten.

Ich versuchte auch die von PAUL MAYER (21) stammenden Schleimfärbemittel Muchamatein und Mucikarmin, beide aus der Fabrik Grübler durch DÜMLER in Wien bezogen. Muchamatein färbte den Schleim dunkelblau, während die andern Bestandteile der Zellen einen helleren blauen Ton annahmen. Nach den Angaben MAYERS ist Muchamatein ein typisches Reagens auf Schleim, aber er erwähnt auch, daß sich bei manchen Objekten andres mitfärbt. Das Mucikarmin stand mir als gebrauchsfertige wässrige Lösung zur Verfügung, die sich aber nicht bewährte. Der Schleim soll sich rasch und intensiv rot färben, alles andre soll ungefärbt bleiben; allein ich erhielt nur eine unbestimmte, allgemeine hellrote Färbung. Der Grund ist jedenfalls darin zu suchen, daß dieses Mucikarmin bereits unwirksam geworden war, weil die wässrige Lösung sehr leicht dem Verderben unterliegt, während sich die alkoholische Stammlösung unbegrenzt hält. Ich fand diese Angaben später in MAYERS Arbeit (21) »Über Schleimfärbung«, versuchte dann nach dem dort angeführten Recepte Mucikarmin selbst herzustellen und erreichte damit jedenfalls weit bessere Schleimfärbungen. Endlich verwendete ich noch DELAFIELDS Hämatoxylin, das in histologischer Beziehung die klarsten Bilder lieferte und bei Vermeidung von Anwendung von Salzsäure auch den Schleim gut färbte. Auf das eigentümliche Verhalten des Schleimes gegenüber der Salzsäure werde ich später eingehender zurückkommen.

Zur Herstellung von Macerationspräparaten bediente ich mich der Methode von HERTWIG (14). Die Tiere kamen auf 2—3 Minuten in ein Gemisch von gleichen Teilen $\frac{1}{20}$ %iger Osmiumsäure und $\frac{1}{5}$ %iger Essigsäure und hernach auf 1—2 Tage in $\frac{1}{10}$ %ige Essigsäure. Ich brachte dann ein isoliertes Füßchen auf einen Objektträger, klebte das Deckglas mit Wachstropfen an den vier Ecken fest und suchte durch vorsichtiges Klopfen auf dem Deckglase die Zellen aus ihrem Verbande zu lösen.

Beobachtungen am lebenden Tier.

Amphiura squamata ist ein kleiner, grauer Schlangensterne mit fünf schlanken Armen, die an jedem Gliede jederseits mit drei kurzen, regelmäßigen Stacheln versehen sind. Wie ich beobachtet habe, treten aber nicht selten im dickeren Teile der Arme, also gegen die Scheibe zu, vier Stacheln auf. Die Füßchen, an deren Basis PANCERI (25) den Sitz des Leuchtens verlegt, treten paarweise zwischen den Seiten- und

Bauchschildern der Arme hervor und gleichen im Leben straff gefüllten Schläuchen, die mit einem verdickten kolbenförmigen Teile enden. Das Innere des Füßchens durchzieht ein deutlich abgegrenzter Hohlkegel, der sich gegen die Spitze zu verjüngt. In Fig. 2 ist dieser Kegel im optischen Durchschnitt gezeichnet. Nach den Untersuchungen von SIMROTH (30), TEUSCHER (32), HAMANN (7), CUÉNOT (2), MORTENSEN (23) und RUSSO (29) unterscheiden wir bei den Füßchen der Schlangensterne folgende Schichten von außen nach innen: Das äußere Epithel, eine Binde substanzschicht, ferner eine glashelle, elastische Membran, auf welche die Längsmuskelschicht und das innere Epithel folgen (Fig. 2). Diese elastische Membran (*me*) ist es nun, die sich deutlich abgrenzt und auch einen konsistenteren Charakter besitzt, wie bei Macerationspräparaten sehr gut zu sehen war. Während die äußeren Zellen sich bereits durch Klopfen loslösten, blieben die von der elastischen Membran umhüllten Muskelfasern und das innere Epithel noch im Verbande. Ungefähr in der Mitte des Füßchens bemerken wir beim lebenden Tier eine Hautfalte (Fig. 2 *fa*), die durch Ausstülpung der äußeren Epidermis gebildet wird und jedenfalls eine Vorrichtung für das rasche und leichte Zurückziehen der Füßchen darstellt. An der Basis derselben liegen zwei Ambulacralschuppen (*as*), im übrigen ist an den verkalkten Schildern nichts zu bemerken, was auf das Vorhandensein von Leuchtorganen hinweisen würde. Wenden wir unsere Aufmerksamkeit der Spitze der Füßchen zu, so fällt uns der etwas verdickte Endteil auf, der sich auch durch die Struktur vom übrigen Füßchen abhebt. In dem außerhalb des inneren Kegels befindlichen Teile, also im äußeren Epithel (*äep*), sieht man häufig in einer dichten Grundmasse kleine Körnchen, untermischt mit größeren gelblich glänzenden Kugeln. Ferner bemerkt man am äußersten terminalen Ende des Füßchens bei genauerer Beobachtung eine kleine Zone, die sich dadurch auszeichnet, daß sie mit zahlreichen kleinen Papillen besetzt ist (Fig. 2). An den von mir untersuchten Tieren konnte ich häufig eine Abgrenzung dieses mit Papillen versehenen Teiles feststellen, die in Form einer kleinen Membranfalte ausgebildet war. Herr Privatdozent Dr. STEUER, der bei einem gelegentlichen Aufenthalt in Triest die Liebenswürdigkeit hatte, Amphipuren zu untersuchen, konnte bei ganz frischen Tieren diese Abgrenzung nicht sehen, weshalb ich sie auch in der Zeichnung nicht aufgenommen habe. Es scheint, daß diese Füßchen sehr empfindlich sind und bald Veränderungen in ihrem Aussehen erleiden.

Auffallend sind ferner ein bis drei kleine, stark lichtbrechende Stäbchen in jeder Papille (*st*), die sich in der Aufsicht als glänzende

Punkte zeigen. Im optischen Durchschnitt sieht man sehr deutlich die doppelkonturierte Cuticula über die Papillen ziehen, an deren höchsten Punkten, gerade über einem Stäbchen, manchmal eine Unterbrechung der Cuticula, also eine Öffnung, zu beobachten ist (Fig. 3).

Jedenfalls müssen wir sagen, daß diese Beobachtungen an der Spitze der Füßchen, nämlich die eigentümliche Struktur, die Papillen mit den Stäbchen, die Öffnungen in der Cuticula, auffallend und verdächtig sind und wir die Frage aufwerfen können, ob nicht vielleicht hier der Sitz des Leuchtens zu suchen ist.

Das Leuchten.

VIVIANI und PANCERI sprechen übereinstimmend von einem grünlichen Lichte, das die Arme von *Amphiura squamata* zeigen. PANCERI (25, Taf. IV, Fig. 1 a) suchte auch den Eindruck des leuchtenden Tieres wiederzugeben, indem er auf schwarzem Grund einen Stern malte, der durch fünf Doppelreihen hellgrüner Punkte gebildet wird. QUATREFAGES, dessen Beobachtungen sich wohl jedenfalls auf diese Ophiure beziehen, schildert das Phosphoreszieren derselben in folgender Weise: Oft, sobald man diese kleinen Ophiuren berührte, setzten sie sofort ihre fünf Arme in Bewegung und fingen an von einem Ende zum andern zu leuchten, während die ganze Scheibe dunkel blieb. Das Licht war gelblichgrün, und man sah mit bloßem Auge deutlich, daß dieses Licht nicht gleichmäßig verteilt war, sondern immer da, wo die einzelnen Armglieder zusammenstießen, funkelte. (Aus BRONN [15] zitiert.)

Dieses hier geschilderte Aufleuchten der ganzen Arme konnte ich nur durch starke chemische Reize, wie absoluten Alkohol oder Salzsäure, hervorrufen; es dauerte nur wenige Sekunden, und die starken Reizmittel hatten natürlich auch den Tod des Tieres zur Folge. Es gewährt einen prächtigen Anblick, wenn plötzlich die Arme in einem unruhigen, wellenförmig dahingleitenden Lichte schimmern und die unscheinbare graue *Amphiura* für wenige Augenblicke in einen grünlich strahlenden Stern verwandelt ist. In Fig. 1 versuchte ich dieses Bild möglichst naturgetreu wiederzugeben. Übereinstimmend mit QUATREFAGES bemerkte ich, daß die Scheibe während des Leuchtens dunkel bleibt. Um den genauen Ort des Leuchtens festzustellen, beobachtete ich die leuchtenden Punkte unter dem Mikroskop. Zu den früher erwähnten Schwierigkeiten trat nun noch die weitere hinzu, daß sich im Momente der Reizung die ausgestreckten Füßchen sehr rasch zurückziehen, so daß Spitze und Basis einander sehr genähert werden. Bei der kurzen Zeit der Beobachtungsmöglichkeit und dem schwachen Lichte

der wenigen Leuchtpunkte im Gesichtsfeld ist es nun schwer, genau festzustellen, welche Stelle des Füßchens leuchtet. Ich gelangte aber dennoch zur Überzeugung, daß an der Spitze der Füßchen der Sitz des Leuchtens ist, was mir dann auch durch Totopräparate und Schnitte bestätigt wurde. Der Irrtum PANCERIS, der die Basis der Füßchen dafür in Anspruch nahm, ist nach dem oben Gesagten sehr leicht erklärlich.

Ich führe nun einige Beobachtungen über den Eintritt des Leuchtens an, die ich bei einzelnen Amphiuren möglichst bald nach Eintreffen der Sendungen gemacht habe. Im allgemeinen muß ich sagen, daß die Amphiuren keine große Neigung zum Leuchten zeigten und nur auf chemische Reize reagierten. Süßwasser, das als heftiger Erreger der Luminescenz gilt, hatte nur ein- bis zweimal Erfolg, aber auch auf Reizung mit absolutem, salz- oder essigsauerm Alkohol blieb manchmal der Leuchteffekt aus. Sehr viel mag wohl der weite Transport schuld gewesen sein, den diese Tiere augenscheinlich nicht gut vertragen; sie scheinen überhaupt sehr zart zu sein, da sie selbst in Triest schon nach 24 Stunden matt waren, wie mir mitgeteilt wurde.

Ein einziges Mal hatte ich Gelegenheit, das Leuchten ohne Reizung zu sehen, und zwar merkwürdigerweise an Tieren, die bereits 3 Tage im Aquarium waren und keine lebhaftere Bewegung mehr zeigten. Es war an einem Januarabende, als ich einige Amphiuren in ein Uhrglas mit Seewasser brachte und auf einmal einige phosphoreszierende Punkte bemerkte. Im Halbdunkel sah ich nun, wie einzelne Punkte an den Armen längere Zeit hindurch in einem grünlichen Lichte bald stärker, bald schwächer funkelten. Endlich erlosch das Licht, um an einer andern Stelle wieder aufzuleuchten. Der Reiz bestand vielleicht im gegenseitigen Berühren der Arme. Ein isolierter Schlangensterne zeigte ebenfalls das Aufblitzen von Lichtpunkten, das durch Bewegen des Uhrglases noch verstärkt wurde. Nachdem er auf mechanischen Reiz nicht mehr reagierte, setzte ich dem Wasser einige Tropfen Alkohol zu, worauf er gleichzeitig an allen fünf Armen prachtvoll aufleuchtete. Leider konnte ich bei den späteren Sendungen aus Triest nie mehr das Leuchten durch mechanische Reize hervorrufen, was ich sehr bedaure, da es auf diese Weise eher gelungen wäre, das Leuchten unter dem Mikroskop genau zu beobachten.

Gewissermaßen als Gegenstück zur eben beschriebenen Art des Leuchtens möchte ich eine andre Beobachtung hinstellen, die ich anfangs April machte. Während es sich im Januar um Amphiuren handelte, die ziemlich erschöpft schienen, nur wenig Bewegung mehr zeigten

und dennoch von selbst leuchteten, bezieht sich das Folgende auf besonders frische, lebenskräftige Tiere. Sie bewegten sich lebhaft kriechend und schiebend weiter, besaßen auch noch das Vermögen, sich selbst zu wenden, wenn sie auf den Rücken zu liegen kamen und kletterten sogar an senkrechten Glaswänden empor. Auf letztere Beobachtung werde ich später noch eingehen. Man würde nun erwarten, daß diese Amphiuren auch das Leuchtvermögen in besonderem Grade besitzen. Allein ich beobachtete die eigentümliche Erscheinung, daß bei den meisten dieser Schlangensterne weder durch mechanische noch durch chemische Reize das Leuchten hervorzurufen war; nur einige wenige, schon etwas ermüdete konnten mit Salzsäure zum Leuchten gebracht werden. Man könnte nun vielleicht glauben, daß die erschöpften, absterbenden Tiere besonders zum Leuchten disponiert sind, allein bei andern Sendungen waren es wieder die gesunden, frischen, welche leuchteten, kurz, ich kann keinen Zusammenhang zwischen diesen verschiedenen Beobachtungen finden und muß mich darauf beschränken, die Tatsachen einfach mitzuteilen.

Die Leuchtorgane.

Am Anfange der Untersuchung brachten mir Schnitte durch Arme und Füßchen keinerlei Aufklärung bezüglich der Leuchtorgane. Allerdings lenkte ich anfangs mein Augenmerk infolge der Angabe PANCERIS hauptsächlich auf die Basis der Füßchen, allein auch später, als ich bereits die Spitzen als Sitz des Leuchtens erkannt hatte, konnte ich nichts finden, was ich als Leuchtorgane hätte auffassen können. Die Schnitte waren mit Hämatoxylin gefärbt und mit Salzsäure differenziert. Ich versuchte nun eine Färbung mit Thionin und bemerkte zwischen den zahlreichen blau gefärbten Kernen an der Spitze der Füßchen markant sich abhebende karminrote Schläuche und Punkte (Fig. 6)¹. Sehr schön zeigte dieses Bild auch ein mit Thionin gefärbtes Totopräparat, das ich von einer mit Essigsäure entkalkten *Amphiura* hergestellt hatte. Fast an jedem Füßchen konnte man am terminalen Ende längere oder kürzere rotgefärbte Schläuche sehen, wie Fig. 5 an einem Stück Arm darstellt. Es drängt sich mit einer gewissen Überzeugung der Gedanke auf, daß wir die gesuchten Leuchtorgane vor uns haben. Die Rotfärbung mit Thionin und die charakteristischen Färbungen mit andern schleimfärbenden Mitteln, die ich später beobachtete, weisen mit ziemlicher Sicherheit darauf hin, daß es sich hier um Schleim handelt, der ja sehr

¹ Auf der Tafel ist die blaue Farbe durch Grau ersetzt.

häufig bei tierischer Luminescenz beteiligt ist. Volle Sicherheit würde allerdings nur die chemische Analyse bieten, die aber wegen der geringen Mengen des Secretes unmöglich ist. Ich zitiere hier einen Satz KRAUSES (12, S. 94), der von MAYER (21, S. 325) bestätigt wurde: »Die mikrochemischen Reaktionen genügen nicht, wenn es sich um die Frage nach der Natur eines von Drüsenzellen gelieferten Secretes handelt, sie können höchstens die Diagnose stützen, unerlässlich aber wird immer die chemische Untersuchung des Secretes selbst sein.«

Wenn diese rotgefärbten Schläuche wirklich beim Leuchten der *Amphiura* beteiligt sind, so muß am stark gereizten Tier eine Veränderung zu beobachten sein. In der Tat fehlten an einem mit Thionin gefärbten Schlangensterne, der stark geleuchtet hatte, die roten Schläuche, es waren höchstens geringe Spuren von Schleim bemerkbar.

Ein glücklicher Zufall war es gewesen, daß ich die ersten Färbungen mit Thionin an mit Essigsäure entkalkten Amphiuren versucht hatte, denn zu meiner Überraschung suchte ich bei Tieren, die mit Salzsäure entkalkt waren, vergeblich nach rotgefärbtem Schleim. Nachdem die Färbungen unter sonst gleichen Bedingungen wie früher ausgeführt worden waren, lag die Vermutung nahe, daß die Salzsäure hier eine entscheidende Rolle spielt. Dies wurde auch bestätigt: zunächst dadurch, daß bei allen Präparaten, wo Salzsäure, sei es zum Entkalken oder Differenzieren verwendet worden war, konsequent keine Schleimfärbung zu sehen war, sodann in noch einwandfreierer Weise durch einen direkten Versuch. Ich behandelte ein Präparat, das gefärbten Schleim zeigte, nachträglich mit salzsaurem Alkohol und konnte nun nach einer neuerlichen Färbung das Fehlen des Schleimes konstatieren. Damit erklärt sich auch, warum ich anfänglich mit Hämatoxylinfärbung keinen Schleim sehen konnte, weil ich die Präparate zum Zwecke der Differenzierung mit Salzsäure-Alkohol behandelt hatte.

In der Literatur fand ich bei FÜRTH (4) eine Angabe, welche sich auf das chemische Verhalten der verschiedenen Mucine bei der Schnecke beziehen. Wie genaue Untersuchungen festgestellt haben, ist das reine Mucin der Schnecke kein einheitlicher Stoff, sondern enthält vier Mucine, die sich in ihrem chemischen Verhalten unterscheiden. HAMMARSTEN (8) konnte ein Mantel- und Fußmucin isolieren, ferner ein Glykoproteid aus der sog. Eiweißdrüse der Schnecke und ein Nucleoalbumin aus der Leber. Von beiden letzteren Körpern wird angegeben, daß sie durch Säuren gefällt werden und der Niederschlag sich unlöslich erweist im Überschuß von Essigsäure, dagegen leicht löslich im Überschuß von Salzsäure. Leider wissen wir vom Mucin anderer

niederer Tiere nichts, um sagen zu können, wie weit der Schleim von *Amphiura squamata* in seiner Zusammensetzung und seinem chemischen Verhalten übereinstimmt mit den oben angeführten Mucinen der Schnecke, mit denen er das eine gemeinsam hat, in Salzsäure löslich zu sein.

Kehren wir nun zur Betrachtung der Leuchtorgane zurück und wenden uns den Schnitten zu. Zur Orientierung dient zunächst Fig. 10. Sie ist wenig schematisiert, aber nach mehreren Schnitten kombiniert, da man infolge der Lage der Füßchen unmöglich mit einem Schnitt ein ganzes Füßchen und zugleich einen guten Armquerschnitt erhält. Trifft ein Schnitt ein Füßchen der ganzen Länge nach, so bietet der Arm ein verzerrtes Bild, oder umgekehrt, hat man einen guten Armquerschnitt, so ist nur der unterste Teil der Füßchen sichtbar. Gut getroffene Schnitte sind überhaupt mehr oder weniger Sache des Zufalls, da wegen der Kleinheit des Objekts eine Orientierung während des Einbettens und Schneidens nur in beschränktem Maße möglich ist.

Über die verschiedenen Teile des Armes orientieren die Bezeichnungen bei Fig. 10. Aufgefallen ist mir ein langgestreckter Kern (*k*), der zwischen zwei Membranen an der Eintrittsstelle der Füßchenäste des Wassergefäßes in die Füßchen regelmäßig zu sehen war. Jedenfalls steht er in Beziehung zum Ventilapparat, der nach LUDWIG (17), KOEHLER (11), HAMANN (7) und CUÉNOT (2) bei den Ophiuren an dieser Stelle liegt. Hervorheben möchte ich auch, daß der Querschnitt der Zwischenwirbelmuskeln bei *Amphiura squamata* baumförmig verzweigt ist.

Was die Füßchen betrifft, so stellt das vollkommen ausgestreckte in Fig. 10 rechts einen Längsschnitt durch die Mitte dar, während das andre, etwas kontrahierte Füßchen links schief geschnitten ist, so daß am Endteil eine höher gelegene Schicht getroffen wurde. Anlässlich der Besprechung des lebenden Tieres wurde bereits erwähnt, daß bei den Füßchen der Ophiuriden mehrere Schichten unterschieden werden. Zunächst sehen wir die Cuticula (*cu*), die als deutlicher doppelkonturierter Saum sowohl die Füßchen, als auch Arm und Stacheln überzieht. Daran schließt sich die äußere Epidermis, die im basalen Teile des Füßchens niedrig ist und die Falte (*fa*) zum Zurückziehen des Füßchens bildet, gegen die Spitze zu sich aber verdickt und zahlreiche Kerne enthält, was besonders im Anschnitt hervortritt. Nach HAMANN (7) tritt aus dem Ganglion an der Basis des Füßchens (*pg*) ein Nervenstrang, der unter der Epidermis bis zur Spitze verläuft und sich dort nach allen Seiten ausbreitet. Diesen Nerv konnte ich bei den angewandten

Konservierungs- und Färbemethoden nicht sehen. Die stark verdickte Epidermis am terminalen Ende des Füßchens besteht nach HAMANN (7) aus langen, fadenförmigen Zellen, deren Kerne in verschiedener Höhe liegen und die basalwärts in feinste Fasern auslaufen, die in die basale Nervenschicht eintreten. Der genannte Forscher faßt daher diese Zellen als Epithelsinneszellen auf, welche Ansicht von CUÉNOT (2) nicht geteilt wird.

Am vordersten Ende des Füßchens treten uns die früher erwähnten Papillen entgegen (*pa*). An das äußere Epithel soll sich nach den Forschern, welche die Ophiuridenfüßchen näher untersuchten, eine Bindegewebslage anschließen, die aber bei ausgestreckten Füßchen kaum bemerkbar ist. Dann folgt die elastische Membran (*me*), die sich an Schnitten bei manchen Färbungen nicht so deutlich abhebt wie beim lebenden Tiere, ferner die Muskelschicht, aus parallelen, dicht nebeneinander liegenden Fasern bestehend, und endlich das innere Epithel, das den centralen Hohlraum auskleidet (*iep*). Bei dieser Fig. 10 sehen wir keinen Schleim, da sie nach Schnitten gezeichnet wurde, die mit Salzsäure differenziert waren. Die Fig. 6, 7 und 8 stellen nun Endteile der Füßchen mit Schleim dar, wie sie sich bei verschiedener Färbung zeigen. Fig. 6 ist nach einem Präparat gezeichnet, das mit Thionin gefärbt war. Die zahlreichen großen, ovalen Kerne des äußeren Epithels, die von einer kleinen Zone ungefärbten Protoplasmas umgeben sind, treten stark hervor; zwischen diese Zellen schieben sich einzelne rot gefärbte Schläuche oder Fragmente von Schleim. Alles übrige, wie Muskeln usw., wird bei dieser Färbung fast unsichtbar. Bemerkenswert ist eine feine Streifung am vordersten Ende in einem von Kernen freien Teil, die ich bei verschiedenen Präparaten wiederfand. Da HAMANN (7) bei den Sinnesknospen von *Ophiothrix fragilis* ebenfalls eine solche Längsstreifung feststellte, so werde ich später, bei Besprechung von *Ophiothrix* darauf zurückkommen.

Eine größere Zahl kurzer und langer Schleimschläuche sehen wir in Fig. 7, die ein mit Osmiumsäure konserviertes und mit Hämatoxylin gefärbtes Präparat wiedergibt. Bei dieser Konservierungsmethode beobachtete ich zwar die längsten und schönsten Schläuche, allein sie hat den Nachteil, daß sich die Zellen mit den Zellkernen nicht präzise färben, sondern nur eine unbestimmte Grundmasse im Tone der Farblösung bilden¹. Deutlich sieht man bei Fig. 7, daß die Schläuche nach dem vordersten Ende des Füßchens ziehen und mit dem verdickten

¹ Wahrscheinlich waren die Zellen überfixiert (siehe LEE und MAYER, Berlin 1898, S. 27).

Ende den Papillen zustreben, oder daß sich in den Papillen selbst Schleim angesammelt hat. Auffallend ist die beträchtliche Länge zweier Schläuche, von denen einer überdies eine Verzweigung zeigt.

Die Betrachtung dieser Bilder führt zunächst auf den Gedanken, daß hier differenzierte Drüsenzellen vorliegen, die zwischen den andern Epithelzellen stecken. Von dieser Idee geleitet, war mein Bestreben darauf gerichtet, den zu diesen Drüsenzellen gehörenden Zellkern zu finden. Allein bei keiner Färbung und selbst mit den stärksten Vergrößerungen konnte ich jemals mit Sicherheit einen Kern mit einem solchen Schlauch in Verbindung bringen. Ich hoffte nun durch Macerationspräparate einen Schlauch mit Kern zu isolieren, allein auch das war ohne Erfolg. Ich konnte wohl einzelne Zellen aus dem Verbands lösen, wie sie Fig. 4 zeigt und feststellen, daß die Zellen des äußeren verdickten Epithels übereinstimmend mit dem Bilde auf Schnitten einen großen Kern und wenig Protoplasma besitzen, das in kürzeren oder längeren Zipfeln, mitunter auch fadenförmig ausläuft; aber es gelang mir nicht einen Schlauch zu isolieren. Bei Zusatz von Thionin zeigte sich nach dem Klopfen entweder eine allgemeine rötliche Färbung am vordersten Ende des Füßchens oder es hingen unregelmäßig geformte Teile von Schleim an den Zellen.

Einen Fingerzeig zur Erklärung dieser Beobachtungen bot mir ein Präparat, das mit Mucikarmün gefärbt war und den Anschnitt einer Füßchenspitze darstellte, Fig. 8. Wie bei den früher besprochenen Fig. 6 u. 7 treten auch hier durch die Färbung Schläuche oder Ansammlungen von Schleim hervor, die in Beziehung zu den Papillen treten. Es läßt sich aber nicht nur an den Randpartien, sondern auch im Innern rot gefärbter Schleim erkennen, der sich zwischen den ungefärbten Kernen in den Intercellularen befindet, ja bei genauerem Zusehen konnte man ein ganzes Netzwerk von dunkler gefärbten Gängen verfolgen, das manchmal von größeren Schleimansammlungen unterbrochen war. Erinnern wir uns nun an die Beobachtungen am lebenden Tiere (S. 362), nämlich an die eigentümliche Struktur am Ende des Füßchens und die glänzenden Stäbchen in den Papillen, so lassen sich die verschiedenen Bilder am besten in folgender Weise erklären. Das verdickte Epithel am Ende des Füßchens stellt ein Conglomerat von Zellen mit großen Kernen und wenig Protoplasma dar, welche alle Schleim zu secernieren vermögen. Dieser sammelt sich dann in den Intercellularräumen und vereinigt sich zu einzelnen dickeren Strängen, die sich Gänge zwischen den Zellen bahnen und zu den Papillen ziehen, wo der Schleim durch eine Öffnung in der Cuticula entleert wird. Für

diese Auffassung sprechen besonders auch die Beobachtungen am lebenden Tiere. Wie schon früher erwähnt wurde, ist im äußeren Epithel an der Spitze der Füßchen sehr häufig eine feine Körnelung zu beobachten, die mit größeren gelblichen Kügelchen untermischt ist, letztere sind manchmal in Reihen angeordnet. Nicht immer ist aber dieselbe Struktur zu sehen, mitunter zeigt das ganze Ende des Füßchens eine stark lichtbrechende fladenartige Felderung, oder es kann auch eine Differenzierung in der Struktur fehlen. Um diese verschiedenen Bilder einheitlich zu erklären, müssen wir uns vorstellen, daß alle Zellen dieses Epithels Schleim secernieren, der zuerst in Form kleiner Körnchen zu sehen ist, die sich an manchen Stellen bereits zu glänzenden Kügelchen vereinigen und in den Intercellularen reihenweise ansammeln. Wird noch weiter Schleim produziert, so können auch die Kügelchen verschmelzen und glänzende Fladen bilden. Daß sich in den Papillen stark lichtbrechende Stäbchen von Schleim besonders abheben (Fig. 3), kann dadurch erklärt werden, daß das eindringende Seewasser den Schleim auf kurze Strecken verändert. Herr Privatdozent Dr. STEUER reizte in Triest eine *Amphiura* bei Tageslicht und beobachtete, daß bei der Reizung die kleinen Stäbchen wie Pfropfen ausgestoßen werden und dann herumschwimmen. An einigen Präparaten konnte ich solche halb ausgestoßene Pfropfen durch Färbung nachweisen. Am interessantesten wäre die Beobachtung dieser Erscheinung im Dunkeln, um zu sehen, in welcher Weise das Leuchten mit dem Ausstoßen der Schleimpfropfen in Zusammenhang steht. Eine derartige Beobachtung ist nur bei starker Vergrößerung möglich, und sie gelang mir infolge der eingangs erwähnten Schwierigkeiten nicht. Jedenfalls wird der Schleim beim Leuchten ausgestoßen, da nach dem Leuchten kein Schleim mehr zu beobachten ist. Es bleiben dann nur mehr die Epithelzellen übrig, deren große, durch die starken Reizmittel gequollenen Kerne eine gleichmäßige Struktur erzeugen. Auch beim lebenden Tiere mag manchmal das Füßchenende keinen Schleim enthalten, und dadurch läßt sich die Struktur ohne Körnelung oder stärker lichtbrechende Kügelchen usw. erklären, wie sie manchmal zu beobachten war.

Auch die Macerationspräparate können auf diese Weise erklärt werden. Wenn die Schleimfäden keinen besonderen, in Röhren auslaufenden Zellen angehören, können durch Klopfen natürlich auch keine derartigen Drüsenzellen isoliert werden. Die Schleimfäden müssen vielmehr bei der Trennung der Epithelzellen zerreißen, und die Teile werden dann da und dort an den Zellen hängen bleiben.

Wenn wir uns die Frage vorlegen, wie sich auch die Bilder von

Fig. 6 u. 7 der Auffassung einfügen lassen, daß keine differenzierten Drüsenzellen vorhanden sind, so müssen wir uns zwei Momente vor Augen halten. Zunächst müssen wir festhalten, daß bei den verschiedenen Präparaten auch verschiedene Stadien der Schleimproduktion vorliegen. Die Tiere können in einem Momente konserviert worden sein, wo sie einen größeren oder geringeren Teil des Schleimes bereits verbraucht hatten. Den Zustand des größten Schleimreichtums können wir überhaupt in einem Präparat nicht festhalten, weil es nicht zu vermeiden ist, daß durch die Konservierung ein Reiz ausgeübt wird, der ein Aufleuchten des Tieres im Moment des Todes bewirkt und damit einen Verlust an Schleim, der nicht mehr ersetzt werden kann. Betrachten wir z. B. Fig. 7. An mehreren Papillen sieht man noch Spuren von Schleim, ein letzter Überrest des gerade ausgestoßenen Schleimpfropfens, darunter in geringer Entfernung eine Anhäufung des Schleimes, der sich gestaut hat und eben nachrücken wollte. Zwei der Schläuche lassen sich weit in das Innere des Füßchens verfolgen, während von den andern, im Zustande größeren Schleimreichtums gewiß ebenso langen Schläuchen, nur mehr die letzten Ausläufer erhalten sind.

Das zweite Moment, das uns erklären kann, warum Fig. 8 ein andres Bild als die beiden vorigen Fig. 6 u. 7 bietet, liegt in der Färbung. MAYER (21), dem wir das Mucikarmin verdanken, betont ausdrücklich, daß dieses Schleimfärbemittel viel empfindlicher als andre ist und den Schleim noch färbt, wenn andre Methoden versagen. Wir können nun annehmen, daß der Schleim im Entstehungszustande, wenn er sich in den Interzellularräumen zu sammeln beginnt, von den andern Farbstoffen, wie Hämatoxylin und Thionin, noch nicht gefärbt wird, sondern nur vom Mucikarmin.

Für die Annahme, daß sich alle Epithelzellen an der Schleimsecretion beteiligen, spricht auch der Umstand, daß alle Kerne von ziemlich gleicher Größe und Gestalt sind. Würden einzelne differenzierte Drüsenzellen vorliegen, so wäre doch zu erwarten, daß sich der zu einem großen Schlauch gehörige Zellkern irgendwie von den andern unterscheiden würde. Auch müßte im Falle, daß das Füßchenende keinen Schleim enthält, oder nach Auflösung desselben mit Salzsäure, die Membran des Schlauches zurückbleiben, so daß man dieselbe noch verfolgen könnte; dies ist mir aber niemals gelungen. Man kann nur manchmal eine gewisse orientierte Struktur in der Anordnung der Kerne beobachten, die wahrscheinlich davon herrührt, daß die Zellen durch den sich durchdrängenden Schleim in bestimmten Richtungen auseinandergeschoben werden.

Eigentümlich sind auch die Enden der Schläuche. Während das der Papille genäherte Ende stets eine Anschwellung des Schleimes zeigt, läuft der Schlauch im Innern des Füßchens fadenförmig aus. Bei einer typischen Drüsenzelle würden wir eher ein umgekehrtes Bild erwarten, nämlich, daß sich an der Bildungsstätte des Schleimes, also um den Kern, der meist am Grunde der Zelle liegt, eine größere Schleimansammlung findet.

Wie wir gesehen haben, lassen sich mit der Annahme, daß der Schleim von den Epithelzellen produziert wird und sich in den Inter-cellularen sammelt, sowohl die Beobachtungen am lebenden Tiere, wie auch die Macerationspräparate und Schnitte ohne große Schwierigkeit einheitlich erklären. Warum sollte die Natur, die ja kein Schema kennt, nicht einmal von der Ausbildung typischer Drüsenzellen abgewichen sein und einen ungewöhnlicheren Weg zur Erreichung ihres Zieles eingeschlagen haben?

Wie schon früher erwähnt wurde, bleibt während des Leuchtens die Scheibe dunkel. Auffallend ist, daß sowohl die Mundfüßchen als auch die Armfüßchen innerhalb der Scheibe nicht leuchten, obwohl sie im Bau mit den übrigen Füßchen übereinstimmen. Durch Färbungen ließ sich bei diesen Füßchen für gewöhnlich kein Schleim nachweisen; auf einen Fall, wo Schleim zu beobachten war, werde ich später zurückkommen. Ein abweichendes Verhalten gegenüber den andern Füßchen konnte ich insofern konstatieren, als bei matten Tieren sämtliche Füßchen innerhalb der Scheibe noch ausgestreckt waren und sich lebhaft bewegten, während die andern Armfüßchen zurückgezogen blieben. Dies mag aber wohl damit zusammenhängen, daß das Absterben hier wie bei andern Echinodermen langsam von der Peripherie gegen das Centrum erfolgt, also die Scheibe am längsten frisch bleibt.

An radiären Längsschnitten durch die Scheibe entdeckte ich an einer kleinen Partie zwischen zwei Mundfüßchen ebenfalls Schleimansammlungen, die klein und linsenförmig waren, dicht nebeneinander lagen und sich an einer ganzen Serie aufeinanderfolgender Schnitte fanden. Dazugehörige Zellkerne konnte ich nicht beobachten. Wenn ich mich recht orientiert habe, lag diese durch Schleimgehalt ausgezeichnete Partie in einem Mundwinkel und wird sich jedenfalls auch in den andern Mundwinkeln finden. Dieser Schleim scheint aber beim Leuchten nicht beteiligt zu sein.

Bekanntlich gehört *Amphiura squamata* zu jenen Schlangensterne, die durch Brutpflege ausgezeichnet sind, und zwar zu solchen, bei denen

die Eier in den Bursae die verschiedenen Entwicklungsstadien durchlaufen und erst als vollkommen ausgebildete Tiere dieselben verlassen. Interessant wäre, festzustellen, in welchem Stadium die jungen Amphiuren die Leuchtfähigkeit erhalten. Soweit ich Gelegenheit hatte, dies zu untersuchen, konnte ich Leuchten an eben ausgeschlüpften Jungen nicht beobachten. Wohl aber waren die Papillen an der Spitze der Füßchen bereits ausgebildet, und manchmal zeigte sich sogar mit Thionin eine rötliche Färbung am terminalen Ende der Füßchen, die auf bereits vorhandenen Schleim hinwies, aber nicht so markant war wie bei erwachsenen Tieren. Dasselbe gilt von Jungen, die aus den Bursaltaschen genommen wurden. Es scheint also, daß zwar Schleim schon frühzeitig gebildet wird, die Fähigkeit der Lumineszenz aber erst in einem späteren Stadium eintritt; doch war das Beobachtungsmaterial zu gering, um darüber etwas Sicheres aussagen zu können. PANCERTI (25) lenkte bei dem Versuche, die Leuchtorgane von *Amphiura squamata* zu entdecken, seine Beobachtungen auch auf neugeborene Tiere oder solche, die er den Bursae entnahm, da ihm die Durchsichtigkeit der Gewebe für die Untersuchung günstig schien. Aus seiner Darstellung geht aber leider nicht hervor, ob er nur annahm, daß auch diese jungen Schlangensterne leuchten, oder ob er das Leuchten bei denselben tatsächlich beobachtet hat.

Fragen wir uns nun: hat das Leuchtvermögen bei *Amphiura squamata* eine besondere Bedeutung?

Wie PÜTTER (27) ausgeführt hat, wissen wir, daß alle chemischen Umsetzungen mit strahlender Energie verbunden sind, die allerdings nicht immer unsern Augen sichtbar ist, daher erscheint uns die Lumineszenz nicht mehr so isoliert unter den Lebenserscheinungen wie früher. Es ist nur ein spezieller Fall häufiger Vorgänge. Das Besondere liegt darin, daß die bei den chemischen Umsetzungen erzeugten Strahlen gerade eine Wellenlänge besitzen, die sie unserm Auge sichtbar macht. Nach dieser Auffassung brauchen wir auch nicht immer nach einem besonderen Zwecke des Leuchtens zu forschen, so bei vielen niederen Tieren.

Amphiura squamata nimmt unter den Schlangensternen eine gewisse Sonderstellung ein dadurch, daß sie, wie ich aus der Zusammenstellung in BRONN (15) ersehe, der einzige bekannte hermaphroditische Schlangensterne ist und zu den wenigen Arten der Ophiuriden gehört, die durch Brutpflege ausgezeichnet sind, ferner durch das Leuchtvermögen, das nur noch von wenigen Ophiuriden und Echinodermen über-

haupt, bekannt ist. WYVILLE THOMSON¹ beobachtete auf der Porcupine das Leuchten von *Ophiacantha spinulosa*, und PERON stellte auf der Insel Bernier an der Westküste Australiens das Leuchten eines Schlangensterne fest, den er *Amphiura phosphorea* nannte. Es ist möglich, daß derselbe mit einer der beiden andern Ophiuriden identisch ist; in der Literatur fand ich darüber keinen Anhaltspunkt. MACINTOSH (20) gibt von *Ophiothrix* spec. an, daß deren Jugendformen in einer Tiefe von 40—80 m leben und ein grünliches Licht ausstrahlen, während sich die ausgewachsenen Tiere in der Flutlinie aufhalten und kein Licht mehr geben. Genauere Untersuchungen müßten erst zeigen, ob sich diese Angaben bestätigen und welcher *Ophiothrix*-Art das Leuchtvermögen zukommt². Zu den wenigen mit Phosphorescenz ausgezeichneten Echinodermen gehört auch der herrlich leuchtende Seestern *Brisinga*, der an der Küste Norwegens in großen Tiefen entdeckt und nach dem glänzenden Kleinod der Freya benannt wurde.

Ob durch das Leuchten bei *Amphiura squamata* ein besonderer Nutzen erzielt wird, ist nicht unmittelbar zu ersehen, wir können darüber nur Vermutungen anstellen. Vielleicht ist das Leuchten ein Schutzmittel zur Abhaltung von Feinden, so daß wir ihm die Bedeutung eines »Schrecklichtes« beilegen könnten (?). Da *Amphiura squamata* in allen Meeren verbreitet ist (LUDWIG [18]) und nicht nur auf Algen an der Küste lebt, sondern auch in größeren Tiefen von 500—600 m vorkommt, so wäre es möglich, daß der ursprüngliche Aufenthaltsort dieses Tieres die Tiefsee war, wo die Leuchtfähigkeit fast allen Tieren zukommt, um sich den Weg in dieser ewigen Nacht zu beleuchten, daß aber später dieser Schlangensterne sich auch geringeren Tiefen anpaßte, ohne dabei die Phosphorescenz zu verlieren. Für eine Einwanderung aus dem Norden bzw. aus der Tiefe würde auch die Brutpflege sprechen.

Schleimdrüsen bei *Ophiothrix fragilis*, *Antedon rosacea* und *Astropecten aurantiacus*.

Ich schließe nun einige Beobachtungen über Schleimdrüsen bei einigen andern Echinodermen an, auf deren Bedeutung ich im nächsten Kapitel eingehen werde.

Unter den Amphiuren, die mir aus Triest gesandt wurden, befanden sich auch einige Exemplare von jungen *Ophiothrix fragilis*. Durch

¹ Depthsof the sea p. 98.

² Wie ich der Arbeit MANGOLDS (siehe Nachtrag) entnehme, besitzen unter den Ophiuriden auch *Ophiopsila annulosa*, *Ophiopsila aranea* und *Amphiura filiformis* Leuchtvermögen.

eine Färbung mit Thionin entdeckte ich an den Papillen, welche die Oberfläche der Füßchen besetzen, ebenfalls lange Schläuche von Schleim. HAMANN (7), der diese Papillen zuerst näher untersuchte und sie Sinnesknospen nannte, scheinen diese Schläuche entgangen zu sein. Es ist dies sehr leicht zu erklären, weil der Schleim ohne spezielle Färbung nicht hervortritt. CUÉNOT (2) aber beobachtete in den Tentakelpapillen von *Antedon*, *Pentacrinus* und verschiedener Ophiuriden eigentümliche Körper, die sich mit Safranin lebhaft färbten und von sehr wechselnder Zahl und Gestalt waren. Bald glichen sie langen Spindeln oder kleinen Linsen, bald verlängerten sie sich bis zu den basalen Zellen der Papillen, wo sie sich verloren, mitunter fehlten diese Körper auch vollständig. Bei der Färbung mit Methylgrün traten diese Erscheinungen in geringerm Maße hervor. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese von CUÉNOT beobachteten Körper Schleimansammlungen waren, deren Natur er nicht erkannte.

Die Sinnesknospen von *Ophiothrix* können schon bei Lupenvergrößerung wahrgenommen werden. Sie besetzen in mehreren Reihen die Füßchen und stellen kegelförmige Gebilde dar, die an der Spitze etwas aufgetrieben sind. Am vorderen Abschnitt, der von Kernen frei ist, stellte HAMANN (7) die früher erwähnte Längsstreifung fest, die ich ebenfalls mehr oder weniger deutlich beobachten konnte. Unterhalb dieses Teiles liegen zahlreiche Kerne in mehreren Reihen angeordnet, die nach HAMANN fadenförmigen Sinneszellen angehören. Mit großer Regelmäßigkeit konnte ich an jeder Sinnesknospe zwei bis fünf rot gefärbte Schläuche beobachten, die von der Basis der Papille bis nahe zur Spitze derselben ziehen, sich dort mit ihrem verdickten Ende der Cuticula zuwenden und jedenfalls nach außen münden (Fig. 9). Ich hatte bei Totopräparaten und Schnitten stets den Eindruck, daß diese Schläuche sehr oberflächlich liegen; auch bei den langen Schläuchen von *Amphiura* konnte ich dies beobachten. Der Grund hierfür liegt jedenfalls darin, daß der Schleim durch die Konservierung usw. etwas herausquillt.

Wir sehen also, daß die Papillen von *Ophiothrix* nicht allein als Sinnesorgane dienen, sondern daß in ihnen auch Schleim produziert wird. Anfangs dachte ich, daß auch dieser Schlangensterne wegen des Schleimes zu leuchten vermag. Dies ist aber nicht der Fall: *Ophiothrix fragilis* leuchtet nicht. Interessant war die Beobachtung, daß eine gereizte und eine ungereizte *Ophiothrix* in bezug auf Schleimgehalt ganz das gleiche Bild bot, während wir bei *Amphiura* gesehen haben, daß nach einer starken Reizung, die ein Aufleuchten des Tieres bewirkte,

der Schleim verschwunden war, ein neuer Beweis, daß der Schleim bei *Amphiura squamata* das Leuchten bedingt. Bezüglich des Verhaltens des Schleimes zur Salzsäure konnte ich bei *Ophiothrix* dasselbe beobachten wie bei *Amphiura*. Auch hier war keine Spur von Schleim mehr zu entdecken, sobald Salzsäure irgendwie verwendet worden war. Mit Hämatoxylin färbte sich der Schleim schwer und nicht sehr markant. In dieser Hinsicht ist also ein Unterschied gegenüber dem Schleim von *Amphiura* zu beobachten, da letzterer sich sehr gut mit Hämatoxylin färbt.

Vergleichen wir die Füßchen von *Amphiura* und *Ophiothrix*, so ergeben sich einige gemeinsame Züge. Wir finden bei beiden Ophiuriden Papillen; während sie aber bei *Amphiura* sehr klein und auf eine Zone am vordersten Abschnitte des Füßchens beschränkt sind, stellen die Papillen von *Ophiothrix* bereits ansehnliche Gebilde dar, die auf das ganze Füßchen reihenweise verteilt sind. Bei beiden Tieren stehen die Papillen in Beziehung zur Schleimsecretion. Während aber bei *Ophiothrix* die ganze Schleimproduktion in die Papillen verlegt ist, enthalten die Papillen von *Amphiura* wegen ihrer Kleinheit nur die Enden der Schläuche und die Öffnung nach außen. Ferner können wir bei den Füßchen beider Schlangensterne eine feine Längsstreifung in einem von Kernen freien Teil beobachten, und zwar bei *Amphiura* am vordersten Abschnitt des Füßchens, bei *Ophiothrix* im vorderen Teile der Papillen. HAMANN (7) erblickt darin eine Andeutung für die Gestalt der Zellen. Wenn wir dies auf *Amphiura* anwenden, so haben wir an der Spitze der Füßchen ebenfalls lange fadenförmige Zellen, die als Sinneszellen aufgefaßt werden können, da die Füßchen nicht nur die Träger der Leuchtorgane, sondern auch Tastorgane sind. Aufgefallen ist mir aber, daß die Längsstreifung nicht gleichmäßig ist, sondern daß engere und weitere Zwischenräume miteinander abwechseln. Ich erkläre es mir damit, daß der Schleim, der sich zwischen diesen Zellen Gänge bahnt, manche derselben auseinanderdrängt bzw. zusammenschiebt.

Der Schleimgehalt in den Füßchen von *Ophiothrix* ist ein sehr gleichmäßiger. Ich beobachtete sowohl an den verschiedenen Armen eines Tieres, wie auch bei den verschiedenen Exemplaren, die mir zu Gebote standen, immer das gleiche Bild, während es bei *Amphiura* ungemein wechselnd ist. Wir können daraus schließen, daß der Schleim bei diesem Schlangensterne eine viel größere Rolle spielt, daß er rascher verbraucht und wieder ersetzt wird als bei jenem.

Ich versuchte auch bei den Füßchen eines mit Alkohol konservierten *Astropecten aurantiacus* verschiedene Schleimfärbungen. Die

Ambulacralfüßchen dieses Seesterns sind kegelförmig zugespitzte Gebilde, die einer Saugscheibe an der Spitze entbehren. Ein mit Thionin gefärbtes Totopräparat zeigte, daß sich das vorderste Spitzchen, welches durch einen Ringwulst abgegrenzt ist, anders verhält als das übrige Füßchen; es färbte sich besser und war durchsichtiger und zarter. Diese Differenzierung kommt dadurch zustande, daß die einzelnen Schichten der Füßchen in den verschiedenen Teilen desselben verschieden stark entwickelt sind, wie HAMANN (6) hervorgehoben hat.

Am Totopräparat konnte ich nur eine dunkelblaue Färbung an der Spitze beobachten, an Schnitten, die ich durch diesen Abschnitt des Füßchens machte und mit Thionin färbte, war in der äußeren Epidermis eine unbestimmte blaurote Färbung zu sehen. Eine Färbung mit Muchämatein aber zeigte deutlich, daß auch bei diesen Füßchen reichlich Schleim produziert wird. An Längsschnitten sieht man, daß sich am Endabschnitte des Füßchens noch der vorderste Teil differenziert dadurch, daß die zahlreichen kleinen Kerne verstreut angeordnet sind, während sie im darauffolgenden Teil in einer bandartigen Schicht unter der Cuticula liegen. In ersterem Teile nun konnte man zahlreiche dicht nebeneinander liegende kurze Schleimdrüsen unter der Cuticula sehen, die sich stark dunkelblau gefärbt hatten. An manchen Stellen glaube ich mich überzeugt zu haben, daß die Ausführungsgänge der Drüsen die Cuticula durchbrechen und nach außen münden. Aufgefallen sind mir zahlreiche kleine Aus- und Einbuchtungen der Cuticula, die an die Papillen von *Amphiura* erinnern. Sehr schön färbten sich die Schleimdrüsen auch mit Mucikarmin, während Thionin bei diesem Objekt ziemlich versagt. Hervorheben möchte ich, daß auch hier durch Salzsäure der Schleim aufgelöst wird.

In der äußeren Epidermis jenes Teiles, der sich an das früher besprochene Füßchenende anschließt, sah ich verstreut kugelförmige Secretansammlungen in Vacuolen, die sich mit Muchämatein dunkelblau färbten. Diese Färbung würde auf Schleim hinweisen, aber sein Verhalten ist jedenfalls verschieden von dem früher erwähnten, da sich dieses Secret mit Mucikarmin nicht färbt und auch von Salzsäure nicht aufgelöst wird.

Von TEUSCHER (32) wurden in der äußeren Schicht der Füßchen von *Astropecten aurantiacus* bereits zahlreiche Drüsen von ovaler Gestalt beobachtet, die viele glänzende Körner enthielten und sich mit Karmin stark färbten; dazugehörige Zellkerne und Ausführungsgänge konnte er nicht feststellen. Am größten und zahlreichsten fand er diese Drüsen entwickelt an der Wurzel der Füßchen, wo sie stellenweise die ganze

Hautschicht erfüllten, ferner in der Haut, welche die Paxillen überzieht.

HAMANN (6) hat in den Füßchen zweier anderer Seesterne, nämlich von *Solaster papposus* und *Asteracanthion rubens*, Drüsen festgestellt.

Zum Schluß erwähne ich noch die Ambulacraltentakel von *Antedon rosacea*, die ebenfalls Schleim enthalten, und zwar, soweit ich es beobachtete, in Form kurzer, dünner Schläuche an der Spitze derselben. Ich beschränkte mich bei diesem Objekt auf Totopräparate, die ich mit Thionin gefärbt hatte. Wie ich früher erwähnte, hat CUÉNOT auch bei *Antedon* eigentümliche, sich mit Safranin lebhaft färbende Körper gefunden, die sehr wahrscheinlich mit Schleim identisch sind. Er beobachtete dieselben in den Tentakelpapillen und gab auch eine Abbildung davon (2, Taf. XXVII, Fig. 44). Ich konnte zwar bei meinen wenigen Präparaten an diesen Papillen keinen Schleim entdecken, aber es ist sehr wahrscheinlich, daß bei genauerer Untersuchung sich auch hier solcher nachweisen läßt.

Über die Bedeutung des Schleimes bei den besprochenen Echinodermen.

Bisher haben wir angenommen, daß der an den Füßchen von *Amphiura squamata* produzierte Schleim nur im Dienste der Phosphoreszenz steht. Dies ist aber nicht seine einzige Aufgabe, wie wir sehen werden.

Da die Ambulacralfüßchen der Schlangensterne einer Saugscheibe an der Spitze und einer Ampulle an der Basis entbehren, so werden sie von vielen Zoologen fast ausschließlich als Tastorgane aufgefaßt und vielfach mit dem Namen »Tentakel« belegt. In neuester Zeit versuchte ÖSTERGREN (24) diese Auffassung zu korrigieren, indem er darauf hinwies, daß neben den allerdings wichtigeren sensorischen und respiratorischen Funktionen die Füßchen bei einigen nordischen Ophiuriden auch bei der Bewegung beteiligt sind. Er beobachtete nämlich, wie diese Schlangensterne mit großer Gewandtheit an Glaswänden emporkletterten und ihre Füßchen dabei zum Anheften benutzten, während die Ortsveränderung durch Bewegung der Arme zustande kam. Obwohl eine Saugscheibe fehlt, schreibt er doch den verdickten, abgerundeten Enden der Füßchen die Fähigkeit zu, sich festzusaugen, wenn auch nicht in dem Maße wie die Seesternfüßchen. ÖSTERGREN spricht die Vermutung aus, daß bei genauer Untersuchung die Füßchen der meisten, wenn nicht aller Schlangensterne, auch locomotorische

Funktionen zeigen dürften und daß damit ein prinzipieller Unterschied zwischen Seestern- und Schlangensternefüßchen aufgehoben wäre.

Durch diese Arbeit ÖSTERGRENS (24) aufmerksam gemacht, beobachtete ich die Bewegung von *Amphiura squamata* und konnte in der Tat feststellen, daß auch diese Ophiuride an senkrechten Glaswänden emporzuklettern vermag, wie ich schon früher einmal erwähnte. Dabei waren die Füßchen weit herausgestreckt, und man sah deutlich, wie ein Teil derselben mit ihren Enden fest an der Wand klebte, sich dann wieder löste, während sich andre Füßchen anhefteten, und wie sich das Tier mit Hilfe von Armbewegungen langsam weiter schob. Es kommt mir aber unwahrscheinlich vor, daß das Ansaugen der Füßchen dabei eine so große Rolle spielt, wie ÖSTERGREN meint, da ohne Saugscheibe die Herstellung eines luftverdünnten Raumes nicht gut denkbar ist. An der Anheftungsstelle der Füßchen bemerkte ich auch keinen Hohlraum. Ich bin vielmehr zur Überzeugung gekommen, daß die Enden der Füßchen klebrig sein müssen, und daß das feste Anpressen derselben an die Wand eine vorübergehende Anheftung durch Adhäsion erzielt. Das Klettern muß also mit Austritt von Schleim verbunden sein. Merkwürdig war aber die Erscheinung, daß die Amphiuren trotz der Schleimproduktion während des Kletterns nicht leuchteten und auch dann nicht, wenn man dieselben mit Alkohol reizte. Man könnte nun darin einen Beweis erblicken, daß während des Kletterns eben kein Schleim produziert wird. Allein die Färbung solcher Tiere, die geklettert waren, aber nicht geleuchtet hatten, bestätigte dies nicht, denn es zeigte sich Schleim, wenn auch nicht in reichlichem Maße, sowohl an den Armfüßchen als auch an den Mundfüßchen und den andern Füßchen innerhalb der Scheibe. Wir müssen also festhalten: daß nach einem starken Aufleuchten niemals Schleim in den Füßchen zurückbleibt, daß aber auf eine starke Reizung nicht immer ein Aufleuchten erfolgt, und daß trotz der Reizung noch Schleim in den Füßchenenden vorhanden sein kann. Daraus ergibt sich der Schluß, daß *Amphiura squamata* zweierlei Schleim zu produzieren vermag; einen leuchtenden, der durch das Leuchten aufgebraucht wird, und einen nicht leuchtenden, der wahrscheinlich zum Anheften der Füßchen verwendet wird. Der letztere Schleim erinnert an den nicht leuchtenden von *Ophiothrix*, der auch nach der Reizung unverändert erhalten bleibt. Der Schleim in den Mundwinkeln von *Amphiura* gehört ebenfalls zur nicht leuchtenden Modifikation.

Da auch *Ophiothrix fragilis* an Wänden emporklettert, so ist es um so einleuchtender, daß beim Anheften der Füßchen der Schleim eine

Rolle spielt, weil eine andre Bedeutung diesen Schleimdrüsen nicht zugeschrieben werden kann. Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch die von ÖSTERGREN beobachteten Schlangensterne (*Amphiura chiajei*, *Ophiopholis aculeata* und *Ophiura albida*) Schleimdrüsen an den Füßchen besitzen, und daß bei der Vorliebe der Ophiuriden zu kletternder Bewegung dieselben überhaupt in dieser Gruppe weit verbreitet sind.

Welche Bedingungen bei *Amphiura squamata* die Bildung des leuchtenden oder nicht leuchtenden Schleimes auslösen, wodurch sich die beiden Schleimarten unterscheiden usw., wird wohl schwerlich zu ergründen sein. Dazu wäre vor allem eine chemische Analyse notwendig, die aber wegen der geringen Menge des Secretes ausgeschlossen ist¹.

Die Schleimdrüsen an den Tentakeln von *Antedon rosacea* mögen wohl eine Bedeutung für die Herbeischaffung der Nahrung haben.

In der Haut mancher Seesterne wurden von HAMANN und CUÉNOT² Drüsen gefunden, durch deren secretorische Tätigkeit die Oberfläche der Tiere schleimig werden kann. Größere Hautdrüsen mit schleimigem Secret wurden bei *Echinaster*-Arten von LUDWIG, CUÉNOT und MARENZELLER (Denkschr. Akad. Wien, Bd. LXII) beschrieben und von BARTHEL (1) eingehender studiert. Nach Ansicht aller Forscher, welche diese Drüsen näher untersuchten, sind dieselben als Verteidigungsorgane zur Abwehr von Feinden aufzufassen. Welche Bedeutung die zahlreichen Drüsen in den Füßchen von *Astropecten aurantiacus* haben, bleibt dahingestellt. Jedenfalls kann man sagen, daß Schleimdrüsen unter den Echinodermen überhaupt weit verbreitet sind und den verschiedensten Zwecken dienen.

Fassen wir nun die Resultate dieser Arbeit in kurzen Worten zusammen:

1) Die Leuchtorgane von *Amphiura squamata* sind nicht an der Basis der Füßchen, wie bisher angenommen wurde, sondern an der Spitze derselben.

2) Das Leuchten wird durch Schleim erzeugt, der von den Zellen des äußeren Epithels an der Spitze der Füßchen secerniert wird, sich in den Intercellularräumen sammelt und durch Öffnungen in kleinen Papillen am vordersten Ende des Füßchens ausgestoßen wird. (Extracelluläre Luminescenz.)

¹ Auch beim lebenden Tier konnte man zweierlei Schleim, farblosen und gelblichen, beobachten.

² Siehe BRONN (16) S. 506 und 724.

3) *Amphiura squamata* produziert zweierlei Arten von Schleim, leuchtenden und nicht leuchtenden.

4) Schleimdrüsen finden sich auch in den Füßchen anderer Echinodermen, so in den Sinnesknospen von *Ophiothrix fragilis*, in den Tentakeln von *Antedon rosacea* und an der Spitze der Füßchen von *Astropecten aurantiacus* in besonders großer Zahl.

5) *Amphiura squamata* und *Ophiothrix fragilis* können an senkrechten Wänden emporklettern, wobei der Schleim an den Füßchen dieselben befähigt als Anheftungsorgane zu dienen.

6) In chemischer Hinsicht ist hervorzuheben, daß sich sowohl der leuchtende Schleim von *Amphiura squamata* als auch der nicht leuchtende dieser Form, sowie der von *Ophiothrix fragilis* und *Astropecten aurantiacus* in Salzsäure auflöst.

Innsbruck, im Juni 1907.

Nachtrag.

Während vorliegende Arbeit im Druck war, nahm ich, durch Herrn Geheimrat Dr. EHLERS (Göttingen) gütigst aufmerksam gemacht, Einsicht in eine jüngst erschienene Untersuchung über leuchtende Schlangensterne von MANGOLD¹. Unter den Ophiuriden, deren Leuchtphänomen MANGOLD in physiologischer Beziehung untersuchte, befindet sich auch *Amphiura squamata*, bei welcher er nach Lupenbeobachtungen annimmt, daß die proximalen Teile der Basalplatten der Stacheln leuchten. Wie vorliegende Arbeit jedoch darlegt, ist dies nicht der Fall. Bemerkenswert ist die Beobachtung MANGOLDS, daß die eben auskriechenden Jungen dieser Form bereits Phosphorescenz zeigen und sogar schon im Mutterleibe leuchten. Bei meiner Untersuchung gelang mir zwar der Nachweis von Schleim bei den Jungen, das Leuchten aber konnte ich nicht beobachten (vgl. S. 373).

MANGOLD hat ferner bei dem intensiv leuchtenden Schlangensterne *Ophiopsila annulosa* gefunden, daß die Ventralplatten und Lateralplatten der Arme, sowie sämtliche Stacheln leuchten. Der Beweis, daß bei diesem und den andern von ihm untersuchten Schlangensteinern ein leuchtendes Secret gebildet wird, ist ihm nicht gelungen, obwohl

¹ ERNST MANGOLD, Leuchtende Schlangensterne und die Flimmerbewegung bei *Ophiopsila*. PFLÜGERS Archiv für die gesamte Physiologie. Bd. CXVIII. 1907. S. 613—640.

mehrere Momente dafür sprachen; er verweist aber auf die histologischen Untersuchungen Dr. REICHENSPERGERS aus Bonn, der bereits in den leuchtenden Seitenstacheln von *Ophiopsila annulosa* stark entwickelte Drüsenzellen entdeckt hat.

MANGOLD erwähnt vom letztgenannten Schlangensterne auch, daß er mit seinen klebrigen Füßchen an Glaswänden emporzuklettern vermag, wie ich es bei *Amphiura squamata* und *Ophiothrix fragilis* beobachtete (vgl. S. 379).

Bei *Ophiopsila aranea* leuchten nach MANGOLD die Ventralplatten, Teile der Seitenplatten und die äußersten Armspitzen, während bei *Amphiura filiformis*, deren Leuchtvermögen bisher nicht bekannt war, ausschließlich die Stacheln der Sitz der Phosphoreszenz seien.

Literaturverzeichnis.

1. PHILIPP BARTHELS, Die großen Hautdrüsen der Echinaster-Arten. Zoolog. Anz. XXIX Bd. 1906. S. 639—640.
2. L. CUÉNOT, Études morphologiques sur les Échinodermes. Arch. Biol. T. XI. 1891. p. 303—680.
3. R. DITTRICH, Über das Leuchten der Tiere. Wissenschaftliche Beilage zum Programm des Realgymnasiums am Zwinger zu Breslau. 1888.
4. OTTO v. FÜRTH, Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Jena 1903. S. 382—390.
5. ED. GRÄFFE, Übersicht der Seetierfauna des Golfes von Triest. I. Echinodermes. Wien 1881. (Aus: Arbeiten des zoologischen Instituts zu Wien. III, 3.)
6. O. HAMANN, Beiträge zur Histologie der Echinodermen. Diese Zeitschr. Bd. XXXIX. 1883.
7. — Anatomie und Histologie der Ophiuren und Crinoiden. Jen. Zeitschr. Naturw. Bd. XXIII. S. 233—388. Heft 4 der Beiträge zur Histologie der Echinodermen. Jena 1889.
8. O. HAMMARSTEN, Über Mucin und mucinähnliche Substanzen. PFLÜGERS Archiv f. Physiol. Bd. XXXVI. 1885. S. 373 ff.
9. R. HEIDENHAIN, Physiologie der Absonderungsvorgänge. Handbuch der Physiol. von L. HERMANN. Bd. V. 1883. S. 1—420.
10. H. HOYER, Über den Nachweis des Mucins in Geweben mittels der Färbemethode. Arch. mikr. Anat. Bd. XXXVI. 1890. S. 310 ff.
11. R. KOEHLER, Recherches sur l'appareil circulatoire des Ophiures. Compt. rend. Acad. Paris. T. CIII. 1886. p. 501—504.
12. R. KRAUSE, Zur Histologie der Speicheldrüsen. Die Speicheldrüsen des Igels. Arch. mikr. Anat. Bd. XLV. 1895. S. 94 ff.
13. A. LANG, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Echinodermen und Enteropneusten. IV. Teil. Jena 1894.

14. A. B. LEE und P. MAYER, Grundzüge der mikroskopischen Technik. Berlin 1898.
15. H. LUDWIG und O. HAMANN, Echinodermen (Schlangensterne). In: BRONNS Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. II, Abt. 3, Buch III. 1901.
16. — Dasselbe (Seesterne). Ebenda. Buch II. 1899.
17. H. LUDWIG, Neue Beiträge zur Anatomie der Ophiuren. Diese Zeitschr. Bd. XXXIV. 1880. S. 333—365.
18. — Die Echinodermen des Mittelmeeres; Prodromus einer monographischen Bearbeitung derselben. Mitt. Zool. Stat. Neapel. Bd. I. Leipzig 1899. S. 523—580.
19. TH. LYMAN, Report on the Ophiuroidea dredged by H. M. S. Challenger, during the years 1873—76. The Voyage of H. M. S. Challenger, Zoology. Vol. V. 1882.
20. MAC INTOSH, Opening Address (of the phosphorescence of marine animals). Nature. Vol. XXXII. No. 829. 1885. p. 476—481.
21. PAUL MAYER, Über Schleimfärbung. Mitt. Zool. Stat. Neapel. Bd. XII. 1896. S. 317.
22. H. MOLISCH, Leuchtende Pflanzen. Jena 1904. (Gustav Fischer.)
23. TH. MORTENSEN, Über Ophiopus arcticus (Ljungmann), eine Ophiure mit rudimentären Bursae. Diese Zeitschr. Bd. LVI. 1893. S. 507—528.
24. HJ. ÖSTERGREN, Über die Funktion der Füßchen bei den Schlangensteinern. Biolog. Centralbl. Bd. XXIV. 1904. S. 559—566.
25. P. PANCERI, La luce e gli organi luminosi di alcuni annelidi. Atti di accad. Napoli 1878. vol. VII. p. 17.
26. E. PFLÜGER, Die Phosphoreszenz der lebendigen Organismen und ihre Bedeutung für die Prinzipien der Respiration. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. II. 1875. S. 275 ff.
27. AUGUST PÜTTER, Leuchtende Organismen. Referat in: Zeitschr. f. allgem. Phys. von MAX VERWORN. Bd. V. 1905.
28. A. DE QUATREFAGES, Note sur un mode nouveau de phosphorescence observé chez quelques Annélides et Ophiures. Ann. Sciences nat. Zool. 1843. sér. 2. T. XIX. p. 183—192.
29. A. RUSSO, Studii anatomici sulla famiglia Ophiotrichidae del golfo di Napoli. Ricerche Lab. Anat. Roma. Vol. VI. 1895. p. 157—180.
30. HEINRICH SIMROTH, Anatomie und Schizogonie von Ophiaetis virens Sars. Ein Beitrag zur Kenntnis der Echinodermen. Diese Zeitschr. Bd. XXVII. 1876. S. 417—485.
31. GUSTAV STADLER, Über das Vorkommen der Leuchtorgane im Tierreiche. Mitt. d. nat. Ver. Univ. Wien. IV. Jahrg. 1906.
32. R. TEUSCHER, Beiträge zur Anatomie der Echinodermen. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. X. 1876. II. Ophiuridae. S. 263—280. III. Asteriadae. S. 493—516.
33. VIVIANI, Phosphorescentia Maris. Genova 1805. p. 5.

Erklärung der Abbildungen.

Allgemein gültige Bezeichnungen:

<i>äep</i> , äußeres Epithel;	<i>lm</i> , Längsmuskeln;
<i>as</i> , Ambulacralschuppe;	<i>me</i> , elastische Membran;
<i>bl</i> , Blutlacune;	<i>mi</i> , Zwischenwirbelmuskel;
<i>cu</i> , Cuticula;	<i>pa</i> , Papillen;
<i>dk</i> , Dorsalkanal der Armhöhle (Cölom);	<i>pg</i> , Pedalganglion;
<i>do</i> , entkalktes Dorsalschild;	<i>psh</i> , radiärer Pseudohämalkanal;
<i>en</i> , Endothelstreifen;	<i>rne</i> , radiärer Nerv des ectoneuralen Nervensystems;
<i>ep</i> , Epineuralkanal;	<i>rnñ</i> , radiärer Nerv des hyponeuralen Nervensystems;
<i>epr</i> , epineuraler Ringkanal an der Basis der Füßchen;	<i>sch</i> , Schleim;
<i>f</i> , Füßchen;	<i>sta</i> , Stachel;
<i>fa</i> , Falte des äußeren Epithels;	<i>stg</i> , Ganglion an der Basis der Stacheln;
<i>fw</i> , Wassergefäß des Füßchens;	<i>ve</i> , entkalktes Ventralschild;
<i>iep</i> , inneres Epithel;	<i>wa</i> , radiäres Wassergefäß;
<i>k</i> , Kern an der Eintrittsstelle des Wassergefäßes in die Füßchen;	<i>wi</i> , Wirbel.

Tafel XXIII.

Sämtliche Figuren, mit Ausnahme der Fig. 1, 3 und 4, sind mit der Camera entworfen.

Fig. 1. Bild der leuchtenden *Amphiura* im Dunkeln gesehen. Lupenvergrößerung.

Fig. 2. Ambulacralfüßchen nach dem Leben gezeichnet. *st*, Stäbchen in den Papillen. (300/1.)

Fig. 3. Papille mit Stäbchen nach dem Leben. Vergr. ungefähr 700/1.

Fig. 4. Isolierte Zellen des äußeren Epithels am terminalen Ende des Füßchens. Macerationspräparat.

Fig. 5. Stück eines entkalkten Armes mit Thionin gefärbt. (105/1.)

Fig. 6. Längsschnitt durch das Füßchenende, etwas schief getroffen. Thioninfärbung. *kup*, Kern und Protoplasma. (700/1.)

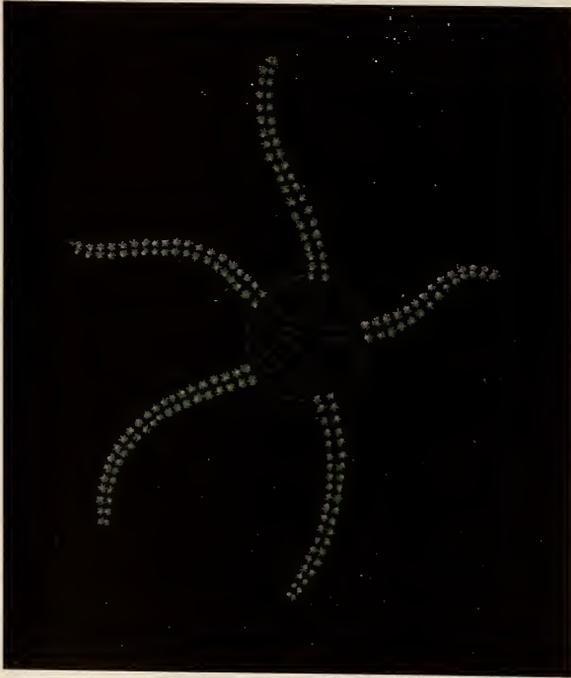
Fig. 7. Längsschnitt durch das Füßchenende, etwas schief getroffen. Mit Osmiumsäure konserviert und Hämatoxylin gefärbt. (700/1.)

Fig. 8. Anschnitt der Füßchenspitze. Der Schleim ist durch Mucikarmin dunkelrot gefärbt. (Homogene Immersion.)

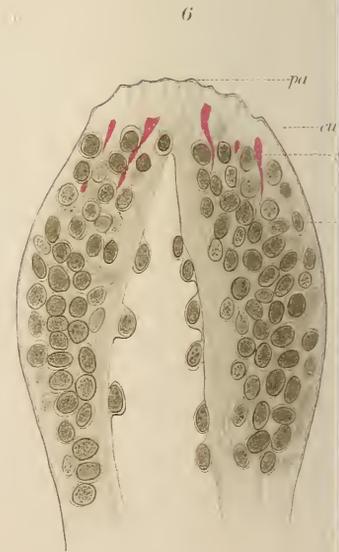
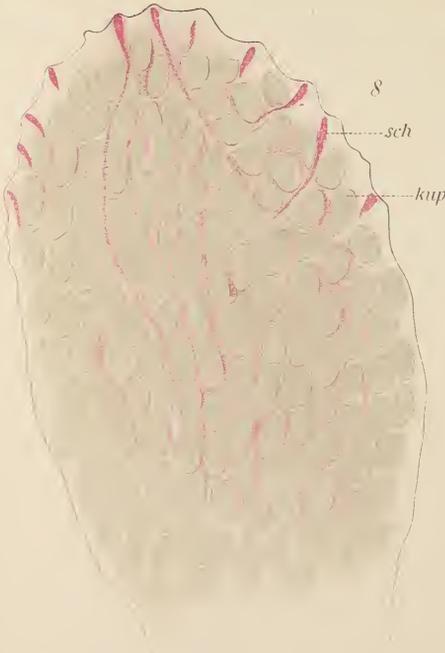
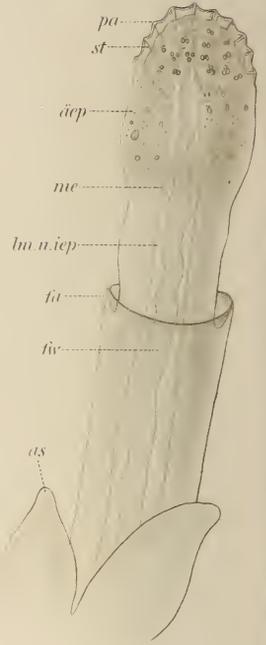
Fig. 9. Querschnitt durch ein Füßchen von *Ophiothrix fragilis*. *si*, Sinnesknospen. (700/1.)

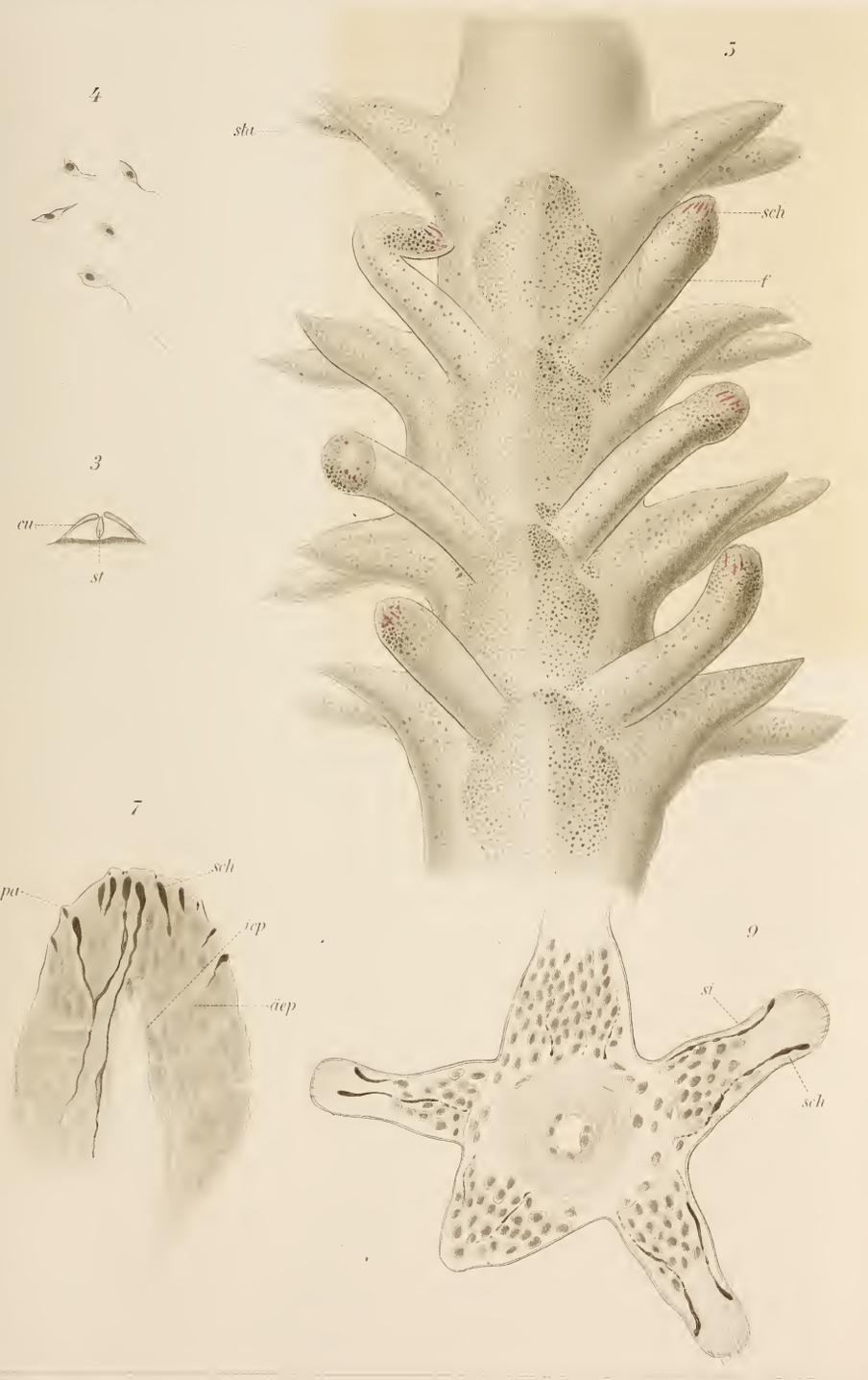
Tafel XXIV.

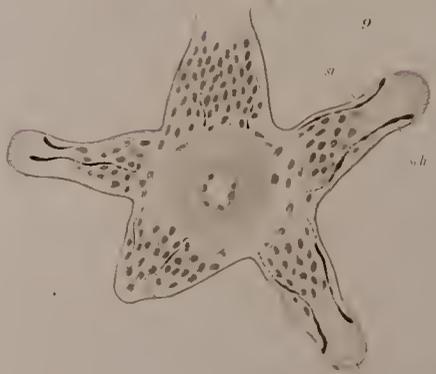
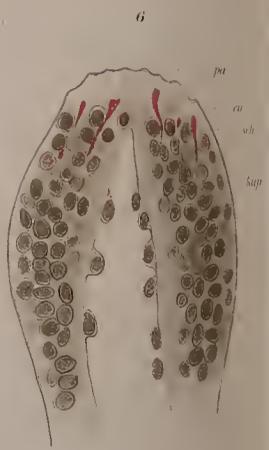
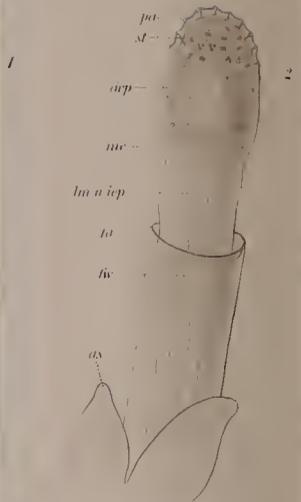
Fig. 10. Armquerschnitt von *Amphiura squamata*. (300/1.)

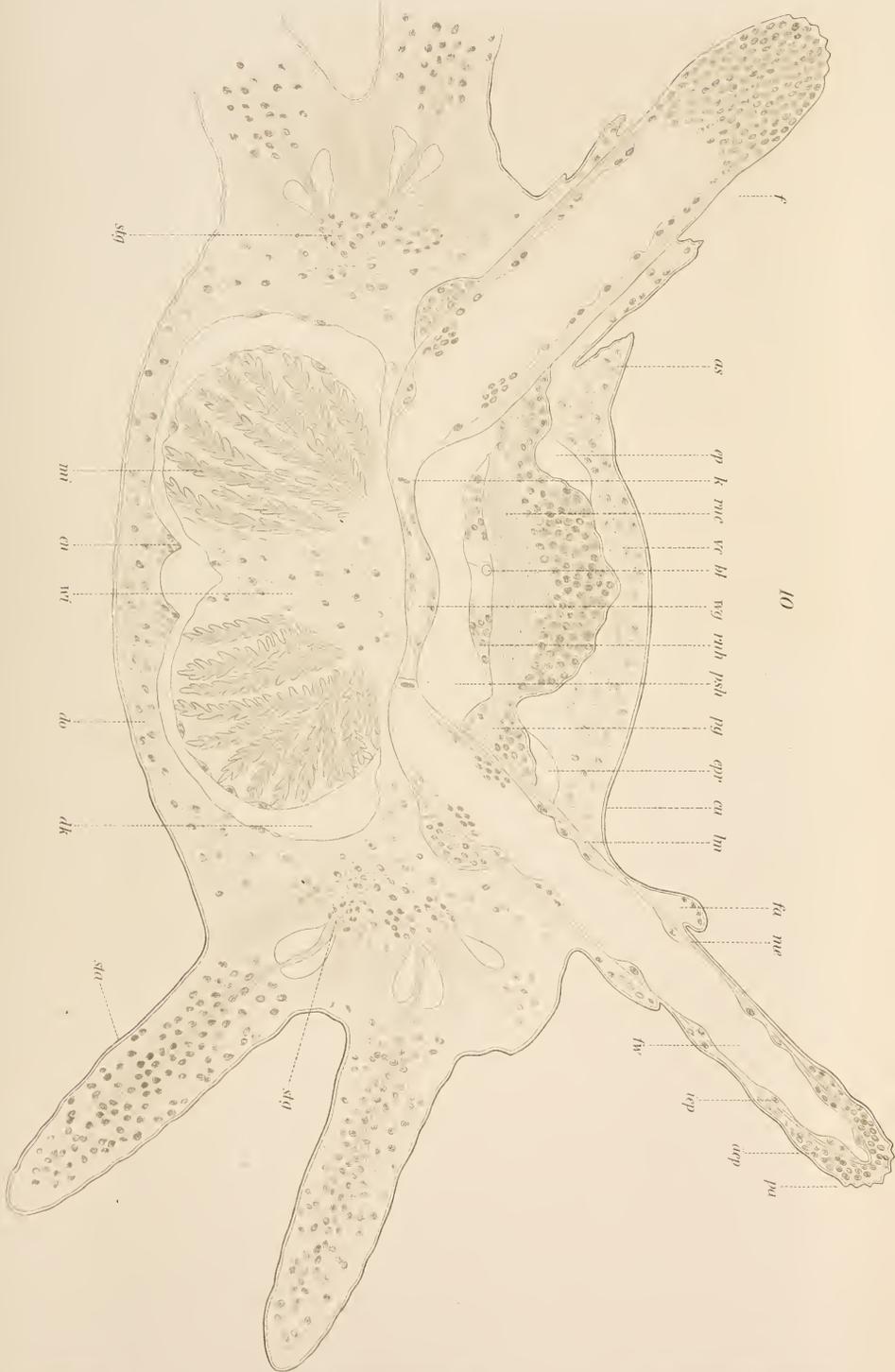


1









10

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [88](#)

Autor(en)/Author(s): Sterzinger Irene

Artikel/Article: [Über das Leuchtvermögen von *Amphiura squamata* Sars 358-384](#)