# Beiträge zur Naturgeschichte der Synaptiden des Mittelmeers.

1. Mittheilung.

Von

Dr. Richard Semon

in Jena.

Mit Tafel 9 und 10.

Während eines neunmonatlichen Aufenthalts an der Zoologischen Station zu Neapel bot sich mir im Laufe anderweitiger Untersuchungen und theilweise durch diese veranlasst Gelegenheit, Beobachtungen über die Synaptiden des Golfes zu sammeln. In dieser Arbeit sollen im Wesentlichen nur Thatsachen mitgetheilt werden; die leitenden Gesichtspunkte, die mich zur Beobachtung und Untersuchung der hier mitgetheilten, zuweilen scheinbar ziemlich heterogenen Dinge bewegten, gedenke ich in anderem Zusammenhange und von anderen Ausgangspunkten aus zu entwickeln.

## Systematik.

Im Mittelmeer sind bisher, wie aus den neuesten Verzeichnissen ersichtlich (Ludwig 6 p. 564 und Carus 2 p. 110), aus der Familie der Synaptiden nur drei Vertreter, und zwar sämmtlich der Gattung Synapta zugehörig, bekannt geworden. Während zwei dieser Species (Synapta digitata Mntg. und Synapta inhaerens Düb. et Kor.) häufig gefunden und beschrieben, auch systematisch hinreichend fixirt sind, ist die dritte Art, Synapta hispida Heller, allein von dem Entdecker (4 p. 71) in einem einzigen Exemplar bei Lesina gefunden und bloß mit Berücksichtigung der Körperhaut und der Kalkkörper beschrieben worden. Ich fand auch diese Synapta mehrfach in Neapel; doch nur ein einziges Mal ein Exemplar mit unversehrtem Kopfende, sonst

immer nur Bruchstücke des Rumpfes. Weiter unten werde ich eine Ergänzung der Heller'schen Beschreibung liefern.

Außer den drei Synapten fand ich ferner im Golf von Neapel eine Chirodota. Für das Mittelmeer war eine solche noch nicht bekannt. Johannes Müller (9 p. 18) sagt bei Erörterung der Frage, welcher Holothurie die von ihm entdeckte und als Holothurienlarve erkannte »Auricularia mit Kalkrädchen« zugehört: »Unter diesen Umständen ist es am wahrscheinlichsten, dass unser Thierchen mit Kalkrädchen eine noch nicht beobachtete, dem Mittelmeer eigene wahre Chirodota ist. Oder es müssten die Kalkrädchen in unseren Thierchen nur vorübergehende Bildungen sein und später in der Haut dieser Thiere andere Kalkbildungen auftreten«.

Dass von den beiden angegebenen Möglichkeiten die letztere die richtige sei, hat später BAUR (1) bewiesen; er fand nämlich ein Entwicklungsstadium der Holothurie, in welchem das Thier neben den für die Auricularia charakteristischen Kalkrädchen die der Gattung Synapta eigenen Anker und in der Bildung seiner Tentakel den Speciescharakter der Synapta digitata aufweist. MÜLLER hat aber andererseits in zwei Punkten Recht: erstens, dass eine noch nicht beobachtete, dem Mittelmeer eigene wahre Chirodota existirt, und zweitens, dass ein gewisser genetischer Zusammenhang besteht zwischen den Rädchen der Chirodota und denen der Auricularia, wenn auch kein directer ontogenetischer, wie Müller ihn annahm. Auf diesen Punkt komme ich am Schlusse dieser Mittheilung zurück.

Von den vier Synaptiden im Golf ist Synapta inhaerens am gemeinsten, Synapta digitata wird nicht ganz so häufig gefunden; Synapta hispida und die vierte Form, die ich Chirodota venusta nennen will, sind außerordentlich selten.

Die drei Synapten sind vornehmlich Bewohner des Sandbodens und mit organischem Detritus durchsetzten Schlammes. Synapta inhaerens wurde zuweilen auch im Wurzelgeflecht der Seegräser gefunden. Die Arteharaktere der Synapta digitata und inhaerens, die sich vorwiegend auf die Zahl der Tentakel, die Zahl und Anordnung der Fiederchen auf jenen und die Form und Größe der Kalkkörper beziehen, sind hinreichend präcisirt und brauchen hier nicht weiter erörtert zu werden 1. Bei näherer Bekanntschaft lernt man die Arten auch ohne genauere Untersuchung unterscheiden. Unzerstückelte größere Exemplare von Synapta digitata sind ausgestreckt durchschnittlich 300-350 mm lang, häufig auch länger. Ist das Thier zerstückelt,

<sup>1</sup> cf. CARUS (2 p. 110).

so kann man seine Länge annähernd aus dem Querdurchmesser berechnen, der sich zum Längsdurchmesser etwa wie 1:40 verhält. Merkwürdig ist, dass man fast nie kleinere Exemplare von Synapta digitata findet, und in Neapel wenigstens fast alle kleinen Synapten der Species inhaerens angehören. Die größeren Exemplare dieser letzteren Holothurienart erreichen durchschnittlich eine Länge von 100 mm. Der Querdurchmesser steht dazu in gleichem Verhältnis wie bei digitata. Synapta hispida habe ich, wie erwähnt, fast nur in Fragmenten erhalten. Sie scheint sehr lang zu werden, vielleicht länger als Synapta digitata, bleibt aber dabei viel dünner.

Während Synapta inhaerens hellröthlich durchscheinend ist, sind die beiden anderen größeren und weniger transparenten Synapten stärker pigmentirt, besonders auf der Dorsalseite. Das Pigment bildet hier gelbe und, wo es dichter zusammenliegt, bräunliche Tupfen. Hierdurch erhält die Rückenseite der Thiere die größte Ähnlichkeit mit der Farbe des Meeresgrundes, den sie bewohnen. Sterben die Thiere ab, so ändert sich die Farbe des Pigments und die Thiere werden rothbraun. Dasselbe wird durch Einlegen in Alkohol und schwache Säuren erzielt. Alkohol extrahirt das Pigment nur sehr langsam; durch Sublimat wird es in wenigen Augenblicken zerstört.

In der Haut der Synapta hispida sieht man weiße Tupfen; diese entstehen dadurch, dass die sehr großen Kalkgebilde die Hautpartien, unter denen sie liegen, papillenartig vorwölben. Anker und Platten der Synapta hispida sind von enormer Größe, manche Anker über 1 mm lang und leicht mit bloßem Auge wahrnehmbar. Die Kalkkörper aller drei Species sind genügend beschrieben und abgebildet worden. Man findet auch absolute Maßangaben über ihre Größe, die indessen ziemlich geringen Werth besitzen, da die Größenverhältnisse der ausgebildeten Kalktheile individuell und selbst bei demselben Thier bedeutend schwanken. Die Kalkanker der Synapta hispida sind mehr als doppelt so groß, wie die der Synapta inhaerens, und etwa viermal so groß, wie die der Synapta digitata. Bei allen drei Species steht der Anker mit der Platte in einem Winkel von etwa 45°, und stets ist die Ankerspitze nach der Oberfläche der Haut zu gerichtet Was im Übrigen die Form der Kalkgebilde anlangt, so verweise ich für Synapta digitata und inhaerens auf die Litteratur 1. Auf Taf. 10 Fig. 16 a-o habe ich die Entwicklung der Anker und Platten von Synapta inhaerens abgebildet, auf Taf. 9

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Vgl. die guten Diagnosen in Carus (2 p. 110) und besonders Heller (4), ferner die Arbeiten von Baur (1) und Quatrefages (13).

Fig. 5 a einen Anker von S. hispida. Außerdem finden sich in den fünf Ambulacren, und besonders zahlreich in die fünf Längsmuskeln eingeschaltet, die von J. Müller beschriebenen »biscuitförmigen« Kalkkörperchen. In der Wandung der Tentakel liegen bei allen Synapten und besonders dicht bei der von mir gefundenen Chirodota gekrümmte und eigenthümlich gezackte Kalkstäbe (Taf. 10 Fig. 14).

Synapta hispida besitzt wie ihre beiden mittelländischen Gattungsgenossen 12 Tentakel. Dieselben sind nicht wie bei Synapta digitata gefingert, sondern wie bei inhaerens gefiedert, und zwar derart, dass auch bei ihr die Spitze aus einem unpaaren Fiederchen Jeder Tentakel des einzigen Kopfstücks, das ich nach langem Suchen erhalten habe, besitzt 17 Fiederchen. Anker sowohl wie Platten sind sehr groß, viele über 1 mm lang. In Fig. 5 a ist ein Anker abgebildet. Man sieht dort, dass derselbe am Unterende und zwar an der der Platte abgewendeten Fläche (vgl. Fig. 16) einen ansehnlichen Buckel besitzt, wie ihn Quatrefages schon ähnlich für die Anker von Synapta inhaerens beschrieben und abgebildet hat. Auch die Platten ähneln denjenigen von Synapta inhaerens und entbehren gleich ihnen der stielförmigen Verlängerung des Hinterendes. Sie unterscheiden sich durch ihre bedeutendere Größe und die größere Zahl der Löcher, von denen sie durchbohrt werden. Heller giebt an, dass diese Löcher keinen gezähnelten Rand besitzen, ferner dass die Ränder der Anker gegen die Spitze hin glatt seien. Beide Angaben sind für die von mir untersuchten Exemplare unzutreffend. Im Übrigen aber stimmt Heller's Beschreibung und Abbildung so gut mit der von mir bei Neapel gefundenen Synapta überein, dass ich sicher bin, dieselbe Species vor mir zu haben, und glaube, Heller ist in einen Irrthum verfallen, weil er zu wenig Exemplare untersucht hat. Wie man sich nämlich durch Betrachtung der Fig. 16 a-n überzeugen kann, tritt die Zähnelung erst zuletzt bei der Entwicklung der Anker und Platten der Synapten auf, und so ist es auch bei Synapta inhaerens bei jedem Exemplare möglich, viele ungezähnelte Anker und Platten aufzufinden 1.

Der Kalkring bestand bei dem von mir untersuchten Kopfstück aus 12 Stücken von ungewöhnlich schwacher Entwicklung.

Der Darm bildet die gewöhnliche Schlinge. Ein Steincanal ist vorhanden und im dorsalen Mesenterium festgelegt. Es findet sich eine Polische Blase; Wimpertrichter sitzen vereinzelt auf dem Me-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Auch an vielen Ankern von Synapta digitata ist bei stärkerer Vergrößerung eine Zähnelung wahrzunehmen.

senterium und in Gruppen auf dem Peritonealüberzug der Leibeswand rechts und links von der Anheftungslinie des Mesenteriums.

Die Geschlechtsorgane waren zur Zeit, wo ich die Thiere untersuchte, noch wenig entwickelt. Es sind zwei gablig getheilte Schläuche, welche die gewöhnliche Lage zu den beiden Seiten des Mesenteriums einnehmen.

Die vierte Synaptide des Golfes ist Chirodota venusta n. sp. Sielebt ausschließlich in dem dicht verfilzten Wurzelgeflecht der Seegräser (Posidonia Caulini Kön.). Das Thierchen wurde bisher nur an zwei Stellen aufgefunden, in der kleinen Bucht von S. Pietro e due frati und am Capo di Posilipo, und zwar immer zwischen Seegräsern zusammen mit Balanoglossus, Anneliden und ab und zu Synapta inhaerens, nie im Sande und Schlamm, dem Lieblingsaufenthalt der Synapta inhaerens und dem ausschließlichen Aufenthalt der digitata und hispida. Das Thier ist an beiden Fundorten ganz außerordentlich selten. Während der vier Monate Juni bis September 1886 fand ich trotz eifrigen und oft wiederholten Suchens nicht ganz 20 Exemplare, obwohl ich bei meinen Bemühungen von dem wohlgeschulten Personal der Zoologischen Station in dankenswerthester Weise unterstützt wurde.

Chirodota venusta (Taf. 9 Fig. 1) hat die gewöhnliche, wurmförmiglanggestreckte Gestalt der Synaptiden. Das größte Exemplar, das ich erhielt, maß gut ausgestreckt in der Längsachse 27 mm, im Querdurchmesser 1 mm. Die Mehrzahl meiner Exemplare war aber erheblich mehr als die Hälfte) kleiner. Alle Maßangaben bei so unzureichender Menge des Materials haben nur sehr relativen Werth, zumal bei Thieren, die man wie die Synaptiden fast nur in mehr oder weniger zerstückeltem Zustande zur Untersuchung erhält; auch wechseln die Maße mit dem Contractionszustand des Thieres. So viel scheint aber sicher zu sein, dass hier eine sehr kleine Form vorliegt, da, wie ich gleich hervorheben will, die Geschlechtsorgane sämmtlicher Exemplare mit großen, der Reife nahen Eiern strotzend gefüllt waren. Also haben wir es mit ausgebildeten, wenn auch vielleicht nicht völlig ausgewachsenen Thieren zu thun. Das ganze Geschöpf ist ziemlich durchscheinend, die Haut hat durch bräunliche, sehr kleine Pigmenttupfen, die vereinzelt, nicht wie bei den drei echten Synapten in Gruppen stehen, einen hellröthlichen Schimmer. Die Dorsalseite ist äußerlich nicht ausgezeichnet. Papillen zur Aufnahme der Kalkkörper, wie sie viele der übrigen Chirodoten oft in so charakteristischer Anordnung besitzen, fehlen gänzlich. Die Kalkkörper sind

regellos in der Cutis zerstreut, mit der Beschränkung, dass die durch den Verlauf der fünf Nervenstämme gekennzeichneten Hauptradien fast ganz frei bleiben. Biscuitförmige Kalkkörper in den Hauptradien wie bei den Synapten finden sich nicht. Am Kopfende des Thieres liegen die Kalkkörper, besonders die Rädchen am dichtesten. Zwei Arten von Kalkkörpern sind vorhanden und bei demselben Thier in allen Entwicklungsstadien aufzufinden: Rädchen und Krummstäbe (Taf. 10 Fig. 8 a-f und Fig. 15 a-e). Hierzu kommen die eigenthümlich gebogenen und gezackten Stäbe, die sich im Bindegewebe der Tentakel finden (Fig. 14) und nur unbedeutend von den entsprechenden der Synapten unterschieden sind. Bei Chirodota venusta finden sie sich aber zahlreicher, so dass sie eine Art von Kalkmantel um die Tentakelhohlräume bilden, deren Achsesie parallel liegen.

Die Rädchen schwanken sehr bedeutend in ihrer Größe; die größten haben, vollständig ausgebildet, durchschnittlich einen Durchmesser von 0,08 mm, doch trifft man eben so ausgebildete von erheblich kleineren Dimensionen an. Anfangs ist nur das Mittelstück vorhanden, an das sich später die sechs Radien anlegen. Noch später entwickelt sich über letzteren ein zweites Radiensystem, das von der Peripherie zum Centrum zu wächst und dort mit jenem zusammenstößt. Die peripherischen Enden des Doppelradiensystems vereinigen sich endlich zu einem übergekippten Rande. Über die etwas schwierigen Verhältnisse der beiden Radiensysteme zu einander und den eigenthümlich gewölbten Bau des ganzen Rädchens wird man sich leichter als durch Beschreibung durch Betrachtung der Abbildungen und besonders durch Vergleichung der verschiedenen Entwicklungszustände klar werden. Die Rädchen liegen stets mit ihrer Concavität nach der Oberfläche des Thieres zu gewendet. Außer den Rädchen besitzt auch diese Chirodota jene eigenthümlichen Gebilde, die man sigmaförmige genannt hat. Ihre Größe ist außerordentlich schwankend. Die Länge der größeren beträgt durchschnittlich 0,1 mm. Das eine Ende pflegt wie ein Bischofstab eingerollt, das andere einfach gekrümmt zu sein; stets aber sind die Krümmungsebenen der beiden Enden verschiedene, auf einander etwa senkrechte. Dadurch wird die Function dieser Gebilde als Haftklammern bei der Fortbewegung des Thieres, welche sie gleich den Rädchen zweifelsohne ausüben, merklich erhöht.

Das Thier besitzt 10 Tentakel, die auf die 10 Stücke des Kalkringes alternirend d. h. so aufgesetzt sind, dass jeder Tentakel mit seiner Basis auf den Enden je zweier Kalkringstücke aufsitzt, ein

Verhältnis, wie es bei Synapta schon längst bekannt ist. Auf die genaueren Verhältnisse und die Bedeutung dieser Einrichtung komme ich in meiner zweiten Mittheilung ausführlicher zurück. Die 10 Stücke des Kalkringes sind bei Chirodota venusta einander vollkommen an Größe und Structur gleich; sie sind sämmtlich undurchbohrt (Taf. 9 Fig. 2). Die fünf Radialnervenstämme treten nach ihrem Austritt aus dem Nervenring über und nicht durch den Kalkring zur Körperwandung. In den letzterwähnten Punkten besteht also ein bemerkenswerther Unterschied zwischen dieser Chirodota (so wie wahrscheinlich allen anderen) und den echten Synapten. Die Tentakel sind ähnlich gefiedert wie diejenigen der Synapta inhaerens, mit dem Unterschiede, dass bei Chirodota auch die Spitze in zwei symmetrische Fiederchen ausgezogen ist, während sie bei Synapta inhaerens und hispida stets unpaar bleibt. Die Fiederchen an der Spitze sind die größten und ältesten. Später treten immer central symmetrisch die neuen Anlagen der Fiederchen auf. Mein größtes Exemplar besitzt an jedem Tentakel sechs Fiederchen, kleinere vier, die kleinsten nur zwei. Manchmal tragen bei demselben Thier einige Tentakel zwei, andere vier Fiederchen, ohne dass in diesem Vorkommen eine Regel zu beobachten wäre.

In seinem übrigen Bau zeigt unser Thier keinerlei bemerkenswerthe Unterschiede von den Structurverhältnissen, wie sie die übrigen Synapten aufweisen. Einige bei allen Synaptiden noch nicht hinreichend aufgeklärte Punkte werden im anatomischen Theil der Arbeit erörtert werden, besonders die Wimpertrichter der Leibeshöhle und die Baur'schen Bläschen. Letztere sind ebenfalls bei dieser Chirodota in 10facher Zahl vorhanden und besitzen hier wie bei allen Synaptiden auch beim entwickelten Thier als Inhalt ein oder mehrere mit Flüssigkeit gefüllte Bläschen, die sich in zitternder Bewegung befinden. Es ist also unrichtig, sie als rückgebildete Organe anzusehen. Nähere Angaben hierüber folgen später. Bei den größeren Exemplaren finde ich an der Tentakelbasis auch einige der von Hamann (3) als Sinnesknospen erkannten Gebilde (Saugnäpfe der älteren Autoren) 1. Bei allen Exemplaren, die ich untersuchte, war die Polische Blase und der Steincanal in der Einzahl vorhanden. Der Darm verläuft im Ganzen gerade durch den Körper, ohne eine Schlinge zu bilden. Sämmtliche Thiere waren der Geschlechtsreife Der Bau der hermaphroditischen Geschlechtsorgane bietet

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Es ist unstatthaft, dass Lampert (5) heute noch von »Saugnäpfen« spricht, die sich an den Tentakeln von Synapta digitata befinden sollen.

nichts von anderen Synapten Abweichendes. Die Eier sind von besonderer Größe und sehr dotterreich.

Es ist hier am Platze, etwas näher auf die systematische Stellung der oben beschriebenen Chirodota einzugehen. LAMPERT (5) hat sich durch übersichtliche Zusammenstellung der Holothuriensystematik und Sichtung der weit verstreuten Litteratur ein großes Verdienst erworben. Leider hat er davon Abstand genommen, eine einschneidende Reform der Gattungseintheilungen vorzunehmen, deren besonders die Gattung der Chirodoten und Verwandten in hohem Maße bedürftig ist, und die am besten in einer derartigen umfassenden Monographie erfolgt wäre. Was zum Beispiel sind die unterscheidenden Gattungscharaktere zwischen Chirodota und Myriotrochus? Nach der Lampert'schen Darstellung doch lediglich das Vorhandensein der Hautpapillen bei jenem und das Fehlen derselben bei diesem Genus. Dann aber mijsste Chirodota dunedinensis ohne Zweifel in die Gattung Myriotrochus aufgenommen werden. (Auch Chirodota venusta gehörte dann dorthin.) Will man die Gattungen Myriotrochus (Steenstrup) und Trochoderma (Théel) von Chirodota abspalten, so müsste man auch neue Gattungen für diejenigen Arten bilden, die neben den Rädchen Anker (Chirodota australiana), Halbmonde oder Krummstäbe (Sigmastäbe) führen. Auch Chirodota pygmaea und violacea wären in eine neue Gattung zu stellen, weil dort nach J. MÜLLER (9) die Rädchen an Fäden zusammenhängen. Scheut man sich aber, auf in der That so geringfügige Charaktere hin neue Gattungen zu schaffen, so ist es vorläufig am besten, alle rädchenführenden Synaptiden Chirodota zu nennen und zur Bequemlichkeit der systematischen Bestimmung Unterabtheilungen zu bilden. In einer solchen Unterabtheilung wären dann Chirodota dunedinensis Parker, C. venusta, Myriotrochus Rinkii Steenstr. und M. brevis Huxley als Chirodoten zu vereinigen, welche Hautpapillen entbehren und deren Kalkkörper zerstreut in der Haut liegen, bei Myriotrochus Rinkii auf sogenannten Hautstielen und in reichlicherer Menge auf der Rücken- als auf der Bauchseite. Chirodota dunedinensis Parker scheint der venusta nahe zu stehen. Abweichend ist nur - so weit überhaupt Angaben über sie vorliegen — dass die Nebenäste (Fiederchen), deren sie an jedem Tentakel 10 trägt 1, gegen das freie

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Wahrscheinlich ist hier wie für viele Synaptiden die Zahl der Fiederchen durchaus nicht constant und schwankt individuell und mit dem Alter der Exemplare. Sehr constant ist die Vierzahl der fingerförmigen Anhänge des Tentakels von Synapta digitata.

Ende hin an Größe abnehmen. Bei *Chirodota venusta* verhält sich dies gerade umgekehrt.

### Biologisches.

Über die Lebensweise der Synaptiden sind wir einigermaßen durch die vortrefflichen Beobachtungen von Quatrefages (13) unterrichtet; einiges Neue glaube ich hinzufügen zu können.

Die Synapten finden sich in sehr verschiedener Tiefe: von Plätzen an, die mehrere Stunden lang von der Ebbe trocken gelassen werden, bis zu einer Tiefe von 160 Meter (cf. Petit 12). Über ihr Vorkommen im Golf wurden schon oben Angaben gemacht. Man nimmt allgemein an, sämmtliche Synapten lebten unterirdisch im Sande und seien in Folge dieser Lebensweise degenerirt. In der That lieben es die Thiere 1, sich im Sande zu verkriechen, und zwar geschieht dies so, dass, wenn das Thier sich in Sicherheit fühlt, das Kopfende aus dem Sande herausgestreckt, bald etwas zurückgezogen wird, und dasselbe Spiel mit den Tentakeln stattfindet, wie wir es bei den Cucumarien leicht beobachten können. Petit wundert sich darüber, dass er im Gegensatz zu Quatrefages die Thiere stets umgekehrt mit dem Kopf senkrecht nach unten und dem Hinterende nach oben im Sande stecken fand. Das ist aber ganz natürlich. Er sammelte die Thiere zur Zeit der Ebbe, wo sie ohne Zweifel, wenn die oberen Sandschichten auszutrocknen beginnen, der Tiefe zustreben und das die wichtigsten Organe enthaltende Kopfende in den tieferen, feuchteren Sandschichten zu verbergen suchen.

Ich glaube jedoch, man irrt, wenn man die Thiere als vorwiegend unterirdische ansieht. Sie besitzen nämlich ein Merkmal, welches sehr deutlich beweist, dass sie einen großen Theil ihres Lebens auf, nicht unter dem Sande zubringen. Es ist dies die sehr ausgesprochene Mimicry des Meerbodens, welche die beiden größeren Arten, Synapta digitata und hispida auf ihrer Dorsalseite, die normalerweise beim Kriechen nach oben gekehrt wird, erkennen lassen. Dass Synapta inhaerens, die weit kleiner und durchsichtiger ist, als ihre beiden Gattungsgenossen, dieses Schutzes entbehrt, ist nicht wunderbar und deutet nicht etwa darauf hin, dass diese Thiere eine andere Lebensweise führen. Denn wie Weismann (17 p. 87 ff.)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Hier ist immer von Synapta digitata und inhaerens die Rede. Über Lebensweise der beiden anderen Synaptiden habe ich wegen ihrer Seltenheit keine Beobachtungen anstellen können.

so überzeugend für die Schmetterlingsraupen bewiesen hat, steht das Vorhandensein und die Stärke derartiger Schutzfärbungen in directem Verhältnis zu der Größe und dem zufolge der Auffälligkeit der Thiere.

Vielleicht möchte man die erwähnte Schutzfärbung für etwas Zufälliges ansehen, weil man meint, die Holothurien und Synapten besäßen absolut keine Feinde.

Dies ist aber sicher unrichtig. Besonders schmackhafte Bissen scheinen die Cucumarien und anderen füßigen Holothurien allerdings nicht zu sein, und ein Blennius ocellaris, der sonst nach Allem schnappte und Triglen, die dreimal größer waren, als er selbst, Stücke Fleisch aus dem Körper riss, verschluckte zwar eine Cucumaria Köllikeri. die ich ihm zuwarf, spie sie aber sofort mit sichtlichem Widerwillen aus. Anders aber die Seesterne. Zwar scheinen sie die Muscheln jeder anderen Nahrung vorzuziehen, jedoch sind sie durchaus keine Kostverächter für Fischfleisch, und fressen im Aquarium von Neapel die Holothurien mit bestem Appetit. Einmal fand ich einen Astropecten, der eben begonnen hatte einen Echinus microtuberculatus trotz seiner Stacheln zu verzehren, und als ich einmal ein langes, zwar noch lebendes aber im Absterben begriffenes Stück von Synapta hispida in ein Aquarium legte, hatte sich nach 10 Minuten ein Astropecten, der vergraben im Sande lag, darüber hergemacht, und schon ein ansehnliches Stück des mit sehr großen und spitzen Ankern bewaffneten Thieres in seinen Magen hineingezogen. Dieser Fall ist doppelt interessant, weil hier höchst wahrscheinlich der Seestern durch den Geruch an seine Beute geleitet wurde.

Andere Seesterne seheinen sich mehr durch das Gesicht leiten zu lassen und sehr wahrscheinlich ist den Synapten diesen schlimmen Feinden gegenüber die Schutzfärbung recht nützlich. Manchen Thieren gegenüber, wohl vor Allem ihren Wohngenossen, den Anneliden, sind die Anker und anderen spitzen Kalkgebilde der Synapten eine gute Waffe. Als ein anderes Schutzmittel ist wohl auch die bekannte Fähigkeit der Thiere, sich zu zerstückeln, anzusehen. Wird das Thier an einer beliebigen Körperstelle fest ergriffen. so löst es das Hinterende bis zu dem ergriffenen Punkte ab, was ungemein rasch geschehen kann, und das freigewordene Kopfstück vergräbt sich eilig im Sande. Doch ist dies möglicherweise nicht der einzige Zweck und Grund der Zerstückelung.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Von den Seesternen, die ich beobachten konnte, lieben Astropecten und Luidia sich im Sande zu vergraben. Asterias, Echinaster, Ophidiaster, Chaetaster, Palmipes pflegen dies nie zu thun.

Es ist sehr merkwürdig, dass die Thiere bei ihrem Kriechen durch und auf dem Sande und über ihre Artgenossen hinweg niemals hängen bleiben, sofort aber zu haften anfangen, wenn man sie unsanft berührt.

Die Fähigkeit anzuhaften scheint also dem Willen des Thieres unterworfen zu sein. Es ist bisher noch Niemand gelungen, Muskeln aufzufinden, welche die Stellung der Kalkgebilde regulirten, und höchst wahrscheinlich sind solche auch nicht vorhanden. Ich vermuthe daher, dass die Fähigkeit des Thieres sein Haftvermögen zu suspendiren, in einer stetig stattfindenden Schleimabsonderung der Haut beruht. Wird das Thier gereizt oder stirbt es ab, so sistirt die Schleimabsonderung, das früher gebildete Secret wird rasch von dem umgebenden Meerwasser fortgewaschen, und das Thier beginnt mittels der nun frei vorstehenden Spicula zu haften 1.

Dies ist vorläufig nur eine Hypothese; aber diese wird, wie mir scheint, einigermaßen gestützt durch die von Hamann (3) gefundene Thatsache, dass sich in der Haut der Thiere zwei Arten von Drüsenzellen befinden, und ferner durch meine Beobachtung, dass von den Synapten in der That Schleim abgesondert wird. Liegen die Thiere nämlich im Sande vergraben, das Kopfende vorgestreckt, so geschieht es zuweilen, dass sie die selbstgebildeten Höhlungen verlassen, ohne dass letztere hinter ihnen einstürzen. Dies widerspricht einer Angabe von Quatrefages, ist von mir aber ganz sicher beobachtet worden. Versucht man nun durch Einbohren eines runden Bleistifts eine ähnliche Höhlung im Schlamm unter Wasser herzustellen, so misslingt selbst bei größter Behutsamkeit dieser Versuch stets und vollkommen, und der Canal stürzt regelmäßig bei Wegziehen des Bleistiftes in sich zusammen. Die Haltbarkeit der Synaptaröhre kann also nur durch ein chemisches Bindemittel hervorgerufen sein, und wahrscheinlich ist dies derselbe Schleim. welcher das Haftvermögen nach dem Belieben des Thieres suspendirt.

Man sieht die Thiere häufig sich mit ihren Tentakeln an glatten

¹ Das Haftvermögen des Körpers, das "Kletten", ist durch das Hervorstehen der Kalkspieula bedingt, die, wie man sich bei Synapta hispida ganz leicht durch directe Beobachtung überzeugen kann, diese Wirkung hervorbringen, indem sie die obersten Hautschichten hervorwölben, ohne sie ganz zu durchbrechen. Semper irrt, wenn er aus letzterem Grunde die Betheiligung der Anker bei dem Anhaften und der Locomotion leugnet. Die Stärke des Haftvermögens ist proportional der Größe der Spicula (S. hispida > inhaerens > digitata). Das Kletten dauert auch nach dem Tode des Thieres fort; es verschwindet sogleich, wenn man den Kalk durch Säuren auflöst. Scharf hiervon zu sondern ist das Ankleben der Tentakel, auf das ich unten zurückkomme.

Glaswänden anheften, und kleine Steine und andere Dinge damit zum Munde führen. Es hat geradezu den Anschein, als ob sie sich mit ihren Tentakeln beliebig ankleben könnten; aber ich glaube kaum, dass dies wirklich vermittels einer klebrigen Masse geschieht, die etwa abgesondert würde.

Im Sand- oder Carminschlamm bleiben die Tentakel stets vollkommen rein; nur wenn die peripheren Theile abzusterben beginnen, so kleben kleine Schmutzpartikelchen an der Oberfläche fest. Beobachtet man das Thier bei seinen Manipulationen unter dem Mikroskop, so sieht man, wie es die Theile, die es anheften will, mit sehr bedeutender Kraft an die Glaswand andrückt. Ich glaube, die Anheftung geschieht, indem hierdurch bei Nachlassen des Druckes an verschiedenen Stellen zwischen Glaswand und der unebenen elastischen Haut der Tentakel leere Räume oder wenigstens Räume entstehen, in denen das Wasser sich unter geringerem Druck befindet als das umgebende Medium. So erfolgt die Anheftung bei fast allen Echinodermen, so lange sie noch jung sind, und man kann leicht ontogenetisch und auch vergleichend-anatomisch alle Übergänge von dieser einfachsten Anheftungsvorrichtung bis zum ausgebildeten Saugnapf auffinden. Ähnliche Entwicklungsreihen lassen sich auch bei anderen Thierklassen aufstellen.

In den Tentakeln sehen wir bei diesen niedrig organisirten Thieren eine ganze Summe von vegetativen und animalen Functionen vereinigt. Von ersteren ist vor Allem die Respiration hervorzuheben, der die Tentakel in exquisitem Maße dienen. In den Tentakelhohlräumen herrscht eine außerordentlich lebhafte Circulation; fortdauernd sieht man in raschem Tempo die Blutkörperchen durch die Wimpern der Gefäßwandung von der Basis zu den Endspitzen der Tentakel emporgewirbelt werden.

Indem dann von der Basis immer neue Blutkörperchen an den Wänden entlang gegen die Spitze vorgeschoben werden, bildet sich dort ein Rückstrom, der natürlich da, wo er keinen Widerstand findet, nämlich central, läuft und die Blutkörperchen in den Ringcanal zurückführt. In neueren Arbeiten wird immer nur von der locomotorischen Function der Tentakel gesprochen; diese respiratorische ist mindestens eben so wichtig.

Ferner dienen die Tentakel dem Anheften, d. h. die Synaptide heftet den Tentakel an einen Körper und zieht sich entweder zu diesem, oder wenn der Körper klein ist, letzteren zu sich heran. In ersterem Fall entsteht Locomotion, im zweiten Ergreifen von Sand

und Nahrungstheilehen. Da nun die Synapten fast ausschließlich auf Boden leben, der mit feinkörnigem und wenig festem Sande bedeckt ist, so würden sie fast immer in die Lage kommen, die umgebenden Sandtheilehen zu sieh, statt sieh selbst zu jenen heranzuziehen, wenn sie nicht von den wurmförmig peristaltischen Bewegungen des Körpers, für den die Kalkkörperchen wie Schlangenrippen wirken¹, unterstützt würden. Manchmal kriechen sie auch allein mittels jener Bewegungen ohne die Beihilfe der Tentakel.

Das Eingraben geschieht, indem mit den Tentakeln der Sand bei Seite geschafft, dann ein Stück des Körpers in dünn ausgestrecktem Zustande hineingesteckt, verdickt und so das Loch erweitert wird. Darauf drängen die Tentakel neuen Sand bei Seite, der Körper wird weiter vorgeschoben und das Spiel beginnt von Neuem. Auf diese Weise ist es einer mittelgroßen Synapta inhaerens möglich, sich in weniger als einer Minute vollkommen einzugraben. Niemals erfolgt das Eingraben durch Verschlingen des Sandes, wie man dies zuweilen dargestellt hat. Die Synapten scheinen überhaupt sehr wählerisch in ihrer Nahrung zu sein. Sie ergreifen die Sandkörnchen einzeln und fressen weder noch vergraben sie sich, wenn der Schlamm, in dem man sie hält, im geringsten modrig ist. In solchen Schlamm, in den sich Arenicola sofort und scheinbar ohne das geringste Unhehagen verkroch, und der keineswegs stinkend war, mochte sich keine einzige Synapte vergraben. Alle krochen mit sichtlichem Unbehagen auf der Oberfläche herum und schienen einen anderen Aufenthaltsort zu suchen. Dies führt zu der Vermuthung, dass die Thiere einen feinen Geschmack (resp. Geruch) besitzen: ich komme hierauf bei Besprechung der Sinnesfunctionen der Tentakel zurück.

Das Ergreifen feiner Sandkörnchen und Verschlucken derselben hat wohl den Zweck, kleine Thiere, die an diesen Partikelchen sitzen, mitzufressen. Ob die Thiere auch abgestorbene organische Theile und Detritus fressen, erscheint mir bei ihrer Empfindlichkeit gegen Fäulnis etwas zweifelhaft. Das Sandverschlucken geschieht wahrscheinlich, weil die Synapte der ganzen Einrichtung ihrer Tentakel nach wenig geschickt ist, kleine Thiere direct zu fangen und festzuhalten. Zuweilen sieht man sie allerdings das Kopfstück aus ihren primitiven Röhren herausstrecken, mit den Tentakeln spielen und dieselben durch Einbiegen gegen den Mund ablecken, ganz nach Art der Cucumarien.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> cf. Anmerkung p. 282.

Ich habe mir die Frage vorgelegt, ob die Synaptiden und andere sandfressende Bewohner des Meerbodens (pedate Holothurien, manche Echiniden, Onchidium etc.) vielleicht eine in manchen Beziehungen ähnliche Rolle spielen und ähnliche Wirkungen hervorbringen, wie sie uns Darwin für die Thätigkeit der Regenwürmer demonstrirt hat. Ich bin bald zu dem Resultat gelangt, dass eine einigermaßen competente Beantwortung dieser Frage eine mindestens eben so gründliche und ins Einzelne gehende Untersuchung zur Basis haben müsste, wie Darwin sie für die landbewohnenden Psammophagen angestellt hat.

Schalten wir zunächst den Theil der Thätigkeit aus, der bei beiden Arten von Psammophagen zweifelsohne stattfindet, aber mir im Verhältnis zu anderen Wirkungen, die einen ähnlichen Effect hervorbringen, sehr geringfügig zu sein scheint, nämlich die Abschleifung der Ecken der Gesteinsstücke durch Reibung bei Passage durch den Darm, so bleibt als Hauptfrage dieses: bereiten die Psammophagen des Meeres durch ihre Thätigkeit (Lockerung des Grundes und Mischung der organischen und anorganischen Bestandtheile) ein dem Wachsthum der auf dem Grunde wurzelnden Meerespflanzen (besonders Seegräser) günstiges Erdreich?

Anfangs war ich sehr dazu geneigt, diese Frage zu bejahen. Aber Herr Salvatore lo Bianco, der ein ausgezeichneter Kenner der biologischen Verhältnisse des Meeres ist, hat mir gezeigt, dass hier die Dinge doch wesentlich anders liegen als auf dem Lande. Zunächst ist im Meere der Zerfall der organischen Trümmer ein viel rapiderer, als auf dem Lande. Dies würde den angenommenen Effect im Meere weit weniger nachhaltig machen als auf dem Lande.

Ferner ist zu berücksichtigen die Wirkung der Wellen, die in der Nähe der Ufer, wo die Psammophagen mit Vorliebe sich aufhalten, eine viel vollkommnere Wirkung auf Abschleifung des Gesteins, Lockerung des Grundes und Mischung der Bestandtheile hervorbringt, als es die summirte Thätigkeit jener Thiere vermöchte. In größerer Tiefe und Ferne vom Ufer findet man dann anorganische und organische Bestandtheile ungemischt, und zwar bedeckt ein feiner Detritus das Gestein des Meerbodens. Hier wäre Raum für die Thätigkeit der Psammophagen, aber hier vermissen wir die supponirte Wirkung ihrer sonderbaren Gewohnheit. Natürlich ist durch diese sehr oberflächlichen Betrachtungen die Frage durchaus noch nicht entschieden, vielleicht regen sie aber zu genauerer Erforschung dieser interessanten und noch völlig unerforschten Verhältnisse an.

Mit Sinnen scheinen unsere Thiere ziemlich gut ausgestattet. Für den Tastsinn nimmt man anatomisch die Tentakelspitzen und die »Tastpapillen« der Haut in Anspruch.

Schon Quatrefages hat darauf aufmerksam gemacht, dass man die Haut der Thiere ziemlich unsanft berühren und reiben kann, ohne dass es eine Wirkung auf das Thier hervorzubringen scheint. Ich kann dies bestätigen und vermuthe bei der Stumpfheit des Tastsinns, dass die Sinneszellen der Papillen zum Theil wohl noch anderen Functionen dienen als dem Tasten. Feiner ist das Gefühl in den Tentakeln, aber immer noch erheblich gröber als bei den pedaten Holothurien, besonders den Dendrochiroten. Weit empfindlicher als gegen Berührung sind die Thiere gegen Erschütterung des Gefäßes, in dem sie sich befinden, im Ganzen, und wie Quatre-FAGES fand, des Sandes in ihrer Umgebung im Freileben, sei es auch nur durch einen leichten Fußtritt, der sie regelmäßig zum Einziehen des Kopfes unter den Sand veranlasste. Vielleicht sind es die sogenannten »BAUR'schen Hörbläschen«, die dazu geschickt sind, derartige Erschütterungen wahrzunehmen. Ich habe mannigfache Versuche angestellt und kann Quatrefages nur vollkommen beistimmen, wenn er behauptet, dass die Thiere für gewöhnliche Töne taub sind. Wie in der zweiten Mittheilung gezeigt werden soll, besitzen die »Hörbläschen« bei aller sonst größtmöglicher Ähnlichkeit mit den Otocysten anderer Thiere einen sehr bemerkenswerthen Unterschied von ihnen. Während man bei jenen sonst so viel mir bekannt — ausnahmslos im Inneren oder als Inhalt eine krystallinische Concretion findet, sieht man zwar auch bei den Synaptiden einen Inhalt in der charakteristischen zitternden Bewegung. Derselbe ermangelt aber der Concretion vollkommen, und dieser Mangel erscheint um so auffallender bei einem Thier, in dessen übrigen Geweben Kalk in so überreicher Menge abgelagert ist. Man thut also wohl nicht Unrecht, wenn man an eine etwas verschiedene Function der Bläschen denkt, und wie gesagt, sind sie möglicherweise dazu geschickt, andersartige Schwingungen zu percipiren.

Sehr fein scheint der Geschmacks-resp. Geruchssinn zu sein. Die »Saugnäpfe« der älteren Autoren, die von Hamann als »Sinnesknospen« erkannt und beschrieben wurden, sind höchst wahrscheinlich als becherförmige Geschmacksorgane aufzufassen, wie Hamann dies selbst mit gewisser Reserve vorschlägt. Dafür spricht nicht nur ihre Lage an der Innenseite der Tentakelbasen, die bewirkt, dass jedes Stückchen Nahrung, das von den Tentakelspitzen ergriffen

und durch Einbiegen in den Mund befördert wird, an ihnen vorbeipassiren muss, sondern auch — und das ist wichtiger — ihr ganzer anatomischer und histologischer Bau.

Bringt man eine stark schmeckende, aber nicht direct ätzende Substanz, wie zum Beispiel einen Chloralhydratkrystall, in die Nähe der Tentakel des Thieres, so bewirkt dies eine ungemein heftige Reaction, Einziehen der Tentakel, Contraction des ganzen Thieres, Versuche zu entfliehen, eventuell auch Zerstückelung. Ein solcher Krystall, direct an die Haut des Rumpfes gebracht, bewirkt übrigens auch Contractionen und Ausweichen des berührten Theils, freilich weniger intensiv. Möglicherweise sind also auch Schmeckzellen auf den Tastpapillen oder der übrigen Haut zerstreut und informiren das Thier über die gute oder schlechte Qualität des Sandes, in dem sich diese bei großen Thieren vom Kopfende oft weit entfernten Theile befinden. Dies ist aber natürlich bloß Vermuthung.

HAMANN (3) hat gezeigt, dass die Gebilde, welche J. MÜLLER (10) als Augenflecken ansah, als solche nicht aufzufassen sind. In Übereinstimmung damit konnte ich keinerlei Reaction der Thiere gegen Licht wahrnehmen. Bewegungen und Benehmen sind von Hell und Dunkel ganz unabhängig und erfolgen in gleicher Weise bei Tag und bei Nacht. Auch plötzliche intensive Beleuchtung oder Beschattung ließ mich keinen wahrnehmbaren Effect erkennen. während Quatrefages einen solchen, wenn auch schwachen, beobachtet zu haben glaubt. Da das Pigment, von dem oben p. 274 die Rede war, vornehmlich in den Tastpapillen seinen Sitz hat, also in den Theilen der Haut, die durch besonderen Nervenreichthum ausgezeichnet sind, so ist es nicht unmöglich, dass die Sinneszellen der Papillen nicht sämmtlich Tastzellen sind, sondern manche von ihnen einer Art von Nervenerregung durch Licht dienen, welche noch nicht zu einem wirklichen Sehen führt und von Patten (11 p. 705) als »Dynamophagie« bezeichnet wird.

Der Vollständigkeit halber will ich hier erwähnen, dass weder das ausgebildete Thier noch die pelagische Larve eine Spur von Leuchtvermögen besitzt.

Spuren einer gewissen Intelligenz und Überlegung vermochte ich bei den Synaptiden¹ nicht wahrzunehmen. Zum Nachweis einer solchen gehört aber eine lange und besonders unter den natürlichen Lebensbedingungen der Thiere angestellte Beobachtung.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Dagegen sah ich mehrfach Ophiuriden Proben einer nicht zu unterschätzenden Intelligenz ablegen.

#### Anatomisches.

Entwicklung, feinere Structur und Morphologie der Kalkgebilde.

Die erste Entwicklung und das Wachsthum der Kalkkörper der Synaptiden und pedaten Holothurien stimmt, wie ich mich überzeugen konnte, so vollkommen mit den entsprechenden Vorgängen bei anderen Echinodermen überein, dass ich aus äußeren Zweckmäßigkeitsgründen für die Darstellung und Abbildung der ersten Entwicklungsvorgänge ein anderes Object, nämlich die stets in beliebiger Menge und allen Stadien erhältlichen Seeigellarven gewählt habe. Ich hebe dabei ausdrücklich hervor, dass ich mich mehrfach davon überzeugen konnte, dass die Vorgänge bei Holothurien, Asteriden und Ophiuriden vollkommen übereinstimmend verlaufen, und dass andererseits die Angaben, die ich über den feineren Bau der Synaptiden-Spicula machen werde, auf sämmtliche Ordnungen der Echinodermen auszudehnen sind.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Dr. Vosmaer meinen verbindlichsten Dank für die mannigfache Anregung und directe Unterstützung auszusprechen, welche dieser Theil meiner Arbeit durch ihn erfahren hat. Durch ihn wurde ich darauf aufmerksam gemacht, dass diese Fragen, denen man bei den Spongien schon längst Aufmerksamkeit zugewandt hat, auch bei den Echinodermen noch ein lohnendes Feld der Untersuchung bilden würden. Indem er mir seine vielseitigen spongiologischen Kenntnisse zur Verfügung stellte, gelang es uns gemeinsam binnen Kurzem eine ganz merkwürdige Übereinstimmung in Anlage und Bau der Hartgebilde der so weit getrennten Thierclassen aufzufinden, ein Resultat, das mir darauf hinzuweisen scheint, dass wir es hier mit Bildungsgesetzen allgemeinster und fundamentaler Art zu thun haben.

Um die erste Anlage der Kalkkörper zu studiren, wählte ich, wie erwähnt, Seeigellarven, die man stets und sicher durch künstliche Befruchtung erhalten kann. Als besonders bequemes Object kann ich Strongylocentrotus lividus empfehlen. Man sieht die Dinge, auf die es hier ankommt, ohne weitere Behandlung am lebenden oder frisch abgetödteten Thiere. Untersucht man die lebenden Objecte, so macht die große Beweglichkeit der Larven, die sich zur Zeit der ersten Anlage der Kalkkörper im Gastrulastadium befinden, die unerlässliche Untersuchung mit stärkeren Vergrößerungen unmöglich. Tödtet man die Thiere durch gelinde Compression oder lässt sie durch Verschlechterung des Seewassers absterben, so erhält man

schöne und deutliche Bilder der zu beobachtenden Verhältnisse, aber ein sehr unangenehmer Übelstand tritt ein. Überall in den Zellen entwickeln sich nämlich bei dieser Art des Absterbens kleine Fetttröpfehen und diese sehen den kleinsten Kalkeoncretionen. welche bei der Entwicklung und dem Wachsthum der Spicula die Hauptrolle spielen, so täuschend ähnlich, dass es ohne Zusatz von Reagentien unmöglich ist, zu entscheiden, was Fett und was Kalk ist. Ich fand es schließlich am zweckmäßigsten, die Larven durch Zusatz sehr verdünnter Überosmiumsäure zum Seewasser abzutödten und sozu untersuchen. Hierdurch wird die Ausscheidung der Fetttropfen aus den Geweben fast immer vermieden. Beginnt die Osmiumsäure allzusehr schwärzend zu wirken, so bringe ich die Larven in Pikrocarmin. Der einzige Übelstand bei dieser Methode ist, dass die Osmiumsäure, wenn man sie in hinreichender Stärke anwendet, um die Fettausscheidung zu verhindern, zu stark erhärtend auf die Gewebe wirkt, als dass man später noch gute Macerations- und Isolationspräparate erhalten könnte. Dieser Umstand ist Schuld daran, dass ich über einen später zu erörternden Punkt nicht zur völligen Sicherheit gekommen bin.

Die ersten Entwicklungsvorgänge der Kalkspicula der Echinodermen sind bisher nur ein einziges Mal genau erörtert worden, und zwar von Selenka (15 p. 46) ebenfalls an Seeigellarven. Ich will die Angaben dieses Autors, die bei aller Kürze doch ein richtiges Bild der zu besprechenden Verhältnisse liefern, hier wörtlich anführen:

»Diese Mesodermzellen erfüllen während des Larvenlebens dreierlei Functionen. Ein Theil derselben erzeugt unter Beibehaltung der amöboiden Natur das Kalkskelett als Cuticularbildung. Man kann deutlich wahrnehmen, wie innerhalb zweier lateral symmetrisch gelagerter Zellen zuerst ein Kalkkörnchen sich ablagert, wie jedes zu einem regelmäßigen Dreistrahler auswächst, und wie die skeletogene Zelle sich dann auf einen Strahl zurückzieht, um unter steter Ablagerung von Kalksalzen (und organischer Achsensubstanz) an der weiterwachsenden Spitze sich fortzuschieben. Neue Mesodermzellen lagern sich an und bewirken das Wachsthum der anderen beiden Strahlen, wieder andere erzeugen die Seitenäste. Eine Vermehrung und Theilung der Mesodermzellen findet zur Zeit der Skelettbildung nicht oder nur in sehr beschränktem Maße statt.«

Als erste Kalkabscheidung finde auch ich in der Bildungszelle ein Kalkkörnchen von unbestimmter Gestalt (Taf. 9 Fig. 3 a), aber

daraus wird nicht so ohne Weiteres ein Dreistrahler, wie Selenka es angiebt, sondern zunächst ein kleines Kalkgebilde, das man als ein Tetraeder mit etwas eingedrückten Flächen bezeichnen kann (Fig. 3b, 3c, 4a). Die Grundform ist also ursprünglich eine vier-, nicht dreiachsige, und nachher soll gezeigt werden, dass dies morphologisch von principieller Bedeutung ist. Ich kann nicht vollkommen verstehen, warum Selenka den Vorgang der Kalkausscheidung als Cuticular bildung bezeichnen oder mit diesem Vorgang vergleichen will. Die erste Ausscheidung des Kalkes geht im Inneren der Zelle vor sich. Wächst dann das Tetraeder bis zu einer gewissen Größe (Fig. 3c), so sieht man im ferneren Verlauf. dass in diesem Falle das weitere Wachsthum nur noch in der Richtung von drei Achsen oder besser in der Richtung der Projection von drei Achsen auf eine Tetraederfläche erfolgt, die vierte Achse sich aber nicht weiter entwickelt. Das Resultat dieses Vorgangs ist, dass nun wirklich ein regulärer Dreistrahler entsteht. Derselbe trägt noch eine Zeit lang in seinem Centrum die Spuren seiner Entstehung aus einem Tetraeder an sich (Fig. 3d, 4b). Bald aber wird auch die letzte Spur verwischt, und wir haben ein rein dreiachsiges Gebilde vor uns (Fig. 3e). Mit dem Auswachsen des Tetraeders zu einem Dreistrahler hat sich indessen naturgemäß das Größenverhältnis dieses Gebildes zu der Zelle, deren Inhalt es ursprünglich bildete, geändert. Auf Stadium 3 d sehen wir den Dreistrahler nicht mehr in der Zelle. sondern außerhalb der ihr jetzt dicht anlagernden Mesenchymzellen liegen. Auf diesem Stadium erkennt man sehr deutlich, dass eine dünne homogene Hülle den Kalkkörper umgiebt. Zweifellos ist dieselbe ebenfalls ein Product der Urbildungszelle 'des Kalkkörpers. Es ist nur schwer, zu entscheiden, ob vielleicht der ganze Zellleib nach Verlust des Kerns in die Hülle übergegangen ist, oder aber, wie Selenka dies nach dem Angeführten zu glauben scheint, der Kalkkörper bei weiterem Wachsthum einfach aus der Zelle heraustritt, und letztere an seinem ferneren Wachsthum nun eben so weiter mitwirkt, wie die anderen Mesenchymzellen. Es war mir nicht möglich, über diesen Punkt zu vollkommener Sicherheit zu kommen, weil es mir nicht gelang, von dem betreffenden Stadium befriedigende Macerationspräparate zu erhalten. Doch ergiebt sich aus Totalpräparaten durch Vergleichung verschiedener Stadien mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit der Schluss, dass der Kalkkörper aus der Zelle herausrückt, und nicht die erstere vollkommen in der Bildung der Hülle aufgeht.

Im weiteren Verlauf sieht man nun, wie Selenka dies auch schildert, andere Mesenchymzellen an den Dreistrahler herantreten. Bei genauerer Untersuchung nimmt man deutlich wahr, dass im Inneren dieser Zellen und zwar dort, wo sie dem wachsenden Dreistrahler anliegen, kleine, rundliche Kalkconcretionen auftreten (Fig. 3 d, 3 e). Ohne Zweifel sind diese Kalkkörner das von den Zellen gelieferte Material für das Weiterwachsthum des Dreistrahlers.

Merkwürdig und vorläufig unerklärlich bleibt nur der Modus des Weiterwachsthums in so fern, als das Wachsthum aus folgendem Grunde keine einfache Apposition sein kann. Würden sich die von den Zellen gebildeten Kalkkörnchen nämlich einfach an das Grundgebilde anlegen, so würde bei dieser Art des Wachsthumes die Oberfläche des letzteren mit Nothwendigkeit eine unebene, und die Contouren unregelmäßige sein. Dies ist aber niemals der Fall; stets sind die Contouren vollkommen glatt, und so bleibt nichts übrig als anzunehmen, das von den Zellen producirte Kalkmaterial werde vor dem Durchtritt durch die den Kalkkörper umhüllende Membran noch einmal gelöst und dann nach Durchtritt durch die Membran von Neuem auskrystallisirt. Es wird mir selbst schwer, einen so complicirten Vorgang anzunehmen, doch lassen bis jetzt die Beobachtungen kaum eine andere Deutung zu; weitere Untersuchungen werden vielleicht neue Momente zur Erklärung dieser bei allen Thiergruppen so wenig erforschten Wachsthumsvorgänge beibringen.

Wenden wir uns nun der Betrachtung der feineren Structur der ausgebildeten Kalkkörper zu, so ist es zunächst leicht nachzuweisen, dass die organische Hülle, die sich bei jungen Kalkkörpern so leicht zeigen ließ (Fig. 3d, 4b), auch beim ausgebildeten bestehen bleibt. Hier erfordert jedoch der Nachweis schon mehr Mühe. Am besten ist es, ganz langsam den Kalk durch Säure aufzulösen, während man bei starker Vergrößerung beobachtet. Fig. 5a stellt das erste Stadium einer solchen Entkalkung in dem Moment dar, wo die Contour der Hülle eben anfängt, sich gegen die des zusammenschmelzenden Kalkkörpers abzuheben. Fig. 5 b zeigt die Spitze desselben Ankers zu einer Zeit, wo der Process schon weiter fortgeschritten ist. Während nun das Vorhandensein der Hülle schon von Quatrefages als wahrscheinlich angesehen wurde und von Selenka (14) auch bei den Aspidochiroten nachgewiesen werden konnte, ist SEMPER (16 p. 29) der Einzige, der den »Centralcanal« im Inneren des Kalkspiculums als solchen beobachtet und beschrieben hat. Zwar blieben ihm die feineren Verhältnisse, die

ich unten ausführlich erörtern werde, noch unbekannt, doch spricht er die ganz richtige Vermuthung aus, dass der scheinbare Canal wohl thatsächlich der Ausdruck organischer Achsensubstanz im Inneren des Kalkgebildes sei. Semper's Vorstellungen von der Histogenese der Spicula haben sich nach Selenka's und meinen Untersuchungen nicht als vollkommen correct erwiesen; doch bedeutet seine Arbeit einen großen Fortschritt. Unzutreffend dagegen sind seine Betrachtungen über die vergleichende Morphologie der Holothurienspicula, vor Allem sein Versuch, Anker plus Platte der Synapten dem Stühlchen der pedaten Holothurien gleich zu setzen. Die Unhaltbarkeit dieser Auffassung wird aus den am Schlusse dieser Arbeit mitzutheilenden entwicklungsgeschichtlichen Thatsachen, besonders dem Umstand, dass Anker und Platte zunächst getrennt angelegt werden und erst spät in innigere Beziehungen zu einander treten (Fig. 15 a—h), klar werden.

Den »Centralcanal« sieht man schon ohne weitere Behandlung an den größeren Kalkgebilden, besonders den Stäben, Ankern und Platten der Synaptiden (Taf. 10 Fig. 14, 15, 16). Wendet man die beim Studium des Achsenfadens und der concentrischen Schichten der Spongien erprobte Methode der allmählichen Verkohlung der Spicula an, so gelingt der Nachweis des Vorhandenseins einer organischen Achsensubstanz — denn um diese handelt es sich — bei allen Echinodermenkalkkörpern.

Die prachtvollsten Objecte zum Studium der feineren Verhältnisse waren mir die großen und schönen Anker der Synapta hispida. Taf. 9 Fig. 5 stellt einen solchen Anker nach mäßiger Verkohlung bei mittlerer, Fig. 6 das Bruchstück eines solchen bei starker Vergrößerung dar. Fig. 5 zeigt, wie die Achsensubstanz alle Theilungen und Verzweigungen des Kalkkörpers mitmacht und sich bis in die äußersten Spitzen hinein erstreckt. Fig. 6 lässt besonders deutlich werden, dass die Achsensubstanz durchaus nicht aus einer compacten Masse, sondern aus einem feinen Netzwerk besteht, dessen Fäden im Centrum am stärksten sind, gegen die Peripherie stetig an Dicke abnehmen, so dass es nicht möglich ist, sie bis ganz an die Oberfläche des Kalkkörpers zu verfolgen. Bei genauerer Untersuchung nimmt man dann weiter eine gewisse longitudinale Schichtung und Streifung wahr, die einigermaßen an die analogen Verhältnisse der Kieselspongien erinnert, nur nicht so regelmäßig ist.

Versucht man Bilder, wie sie sich in Fig. 6 darbieten, zu deuten, so wird man naturgemäß darauf geführt, sich den Kalk-körper aus abwechselnd angeordneten concentrischen Kalk- und or-

ganischen Schichten zusammengesetzt vorzustellen. Die organischen Schichten sind an und für sich weit dünner als die Kalkschichten und nehmen dabei ihrerseits vom Centrum nach der Peripherie an Dicke ab. Dabei hängen sie aber unter sich durch radiäre Fäden zusammen, die die Kalkschichten durchbrechen und auch ihrerseits vom Centrum zur Peripherie an Dicke abnehmen. Fig. 7 a giebt das Schema dieser Anordnung im Längsschnitt, Fig. 7 b dasselbe bei doppelt starker Vergrößerung im Querschnitt. Beide Figuren sind durchaus schematisch, aber sie scheinen mir als solche berechtigt, weil sie eine ungezwungene und plausible Deutung von wirklich beobachteten Bildern, wie sie in Fig. 6 wiedergegeben sind, darbieten.

Ob die Verhältnisse bei Kalk- und Kieselspongien ähnlich liegen, soll hier nicht erörtert werden. Jedenfalls müssten bei letzteren die radiären Fasern, welche die concentrischen Schichten verbinden, ungleich feiner sein als bei den Echinodermenspicula, wo man sie an geeigneten Objecten ohne Mühe in den centralen Theilen nachweisen kann. Neue Untersuchungen haben die Frage bei jener Thierclasse zu beantworten.

Bis jetzt war vorwiegend von der histologischen Entwicklung und dem feineren Bau der Kalkkörper der Echinodermen die Rede. Was die Formen anlangt, so sahen wir, dass die Dreistrahler, aus denen sich das Pluteusskelett bildet, ursprünglich von kleinen Tetraedern, also vierachsigen Gebilden abzuleiten sind. Dies scheint nun ein ganz allgemeines Gesetz zu sein, und wenige, wohl nur scheinbare Ausnahmen abgerechnet, glaube ich, sind alle Kalkbildungen der Echinodermen (Larven und entwickelter Thiere) im Grunde von derartigen Tetraedern abzuleiten. einem Theil entwickeln sich alle vier Achsen weiter: in diese Reihe gehören die Rädchen der Auricularien und Holothurien und die Stacheln der Asteriden, Ophiuriden und Echiniden. In einer zweiten Reihe von Fällen entwickeln sich nur drei Achsen, und die vierte tritt zu-In diesem Falle erfolgt dann das wirkliche Längenwachsthum mit all seinen complicirten Gabelungen und Verzweigungen in einer Ebene, und nur die bloße Dickenzunahme erfolgt auch in anderen Ebenen.

In diese Kategorie gehören die plattenförmigen Skelettbildungen sämmtlicher vier Echinodermenordnungen, also bei Weitem die Mehrzahl aller Skelettbildungen bei den Echinodermen überhaupt. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist der Ausgangspunkt der Dreistrahler (oder ursprünglich das Tetraeder).

Bei den Platten der Synaptiden finde ich dagegen ein kleines Kalkstäbehen als Ausgang (Taf. 10 Fig. 16g), während im Übrigen der Wachsthumstypus der Platten vollkommen mit den analogen Vorgängen bei anderen Echinodermen übereinstimmt. Da dieser Fall eine so seltene Ausnahme bildet, so glaube ich hierin eine bloße Verwischung des ursprünglichen Verhaltens erblicken zu dürfen, eben so wie bei den stabförmigen Kalkspicula der Synaptiden (Anker und Krummstäbe), die man wohl als in einer Achse entwickelte Modificationen des Grundtypus anzusehen hat. Ontogenetisch lässt sich dies jedoch nicht mehr sicher nachweisen, da sie von unregelmäßig geformten Kalkstückehen (Fig. 15 a, 16 a) ihren Ausgang nehmen Nachher werden wir sehen, dass solche Verwischungen auch ander weitig häufig sind, z. B. bei den Echiniden, wo bei demselben Thier das Rädchen, welches die Basis für den Stachel liefert, einmal von einem Vierachser (Fig. 11 a'), ein anderes Mal von einem unregelmäßig geformten Kalkstück seinen Ausgang nimmt.

Ich betrachte also weder die Anker noch auch die Platten der Synapten als wirkliche Ausnahmen, besonders auch desshalb nicht, weil letztere in ihrem übrigen Verhalten genau denselben Wachsthumsgesetzen folgen, wie die entsprechenden Gebilde anderer Echinodermen. Vor Allem ist hier der Typus der Verzweigung überall derselbe.

Ein regulärer Dreistrahler ist ein solcher, dessen Strahlen unter einander einen Winkel von 120° bilden¹. Dieser Winkel ist nun ausnahmslos der Winkel, unter welchem alle weiteren Theilungen und Verzweigungen stattfinden, und zwar auch bei den Synaptidenplatten, die scheinbar (Fig. 16g, 16h) von einem Stäbchen ausgehen. Durch weitere Theilungen in gleichen Abständen und stets unter diesem Winkel muss nothwendig ein regelmäßiges Netzwerk resultiren, und eine einfache Erwägung fordert, dass die Löcher, die sich zwischen den Maschen des Netzes befinden, reguläre Sechsecke sind.

Dies ist denn auch ursprünglich immer der Fall (Fig. 16 k-n), und alle die complicirten Kalkgebilde, wie wir sie in den

<sup>1</sup> Der Winkel von 1200 spielt in keinem der Krystallsysteme, in denen der kohlensaure Kalk krystallisirt, eine Rolle. Die Regelmäßigkeit der Verzweigungen ist also schwerlich auf Rechnung des Wachsthums der Krystalle zu setzen.

festen Skeletttheilen der Crinoiden, Asteriden und Ophiuriden, den Plättchen und Kalkringen der Holothurien wiederfinden, bestanden sämmtlich ontogenetisch einmal aus einem von regulären Sechsecken durchbrochenen Netzwerk. Bei weiterer Entwicklung pflegt sich dies meistens zu verwischen, die Sechseckform der Löcher verschwindet allmählich (Fig. 16 n), und es entstehen Kreise und unregelmäßige Figuren, deren Ränder häufig nachträglich noch Zähnelung annehmen (Fig. 16 o).

Diejenige Kategorie von Kalkkörpern, die wir zuerst erwähnten und die morphologisch wohl die interessanteste ist, setzt sich aus denjenigen Gebilden zusammen, bei denen das Wachsthum in allen vier Hauptachsen der Grundform erfolgt.

H. Ludwig (7 p. 67) hat zuerst auf den Zusammenhang hingewiesen, der zwischen den basalen Anlagen der Asteriden- und Echinidenstacheln einerseits unter einander und andererseits mit den Rädchen der Chirodoten und Elasipoden besteht. Die Basis des Stachels von Asterina gibbosa wird nämlich von einem sechsstrahligen Rädchen gebildet, das in manchen Beziehungen sehr den Chirodotenrädchen ähnelt.

Ähnliches ergiebt sich aus der Schilderung J. MÜLLER'S (8 p. 14) über die erste Anlage und Entwicklung der Seesternstacheln. Bei meinen Untersuchungen fand ich nun eine vollkommene Übereinstimmung in der ersten Anlage. Auch für die weitere Entwicklung der Stacheln besteht bei allen stachelbesitzenden Echinodermen (Asteriden, Ophiuriden, Echiniden) trotz mancher secundärer Verschiedenheit eine große principielle Übereinstimmung.

Für diese ganze Kategorie ist wieder ein Vierachser der Ausgangspunkt, aber die vierte Achse, die wir bei den früher betrachteten Kalkbildungen bald untergehen sahen, verschwindet bei den Rädchen der Chirodoten nicht vollkommen und wird bei den Stacheln zur Hauptachse des Längenwachsthums. Ludwig will den Stachel von einem kleinen Dreistrahler ableiten; aber bei näherem Zusehen findet man immer auch bei den jungen Stadien den vierten zu den übrigen senkrechten Strahl. Ein solcher Vierstrahler ist in der Mehrzahl der Fälle (Asterina gibbosa, Ophiure von Pluteus paradoxus Fig. 12 a, Arbacia pustulosa Fig. 11 a') der Ausgangspunkt. Indem sich nun zunächst die drei in einer Ebene gelegenen Strahlen regelmäßig theilen, wird aus dem basalen Stern mit drei Strahlen ein Sechsstrahler (Fig. 11 b"). Zuweilen wird aber das erste Stadium ganz übersprungen, und es bildet sich scheinbar sofort ein sechs-

strahliger Stern, indem sich die sechs Radien an ein unregelmäßig geformtes Mittelstück ansetzen. Dieses Mittelstück repräsentirt aber dann den ursprünglichen Vierstrahler, wie am besten *Arbacia* beweist, wo beide Bildungsarten neben einander bei demselben Thier vorkommen (Fig. 11 a, 11 a', 11 b, 11 b', 11 b'').

Bei Asterina geht die Bildung constant von einem Vierstrahler aus; bei dem Seestern der Bipinnaria asterigera dagegen scheint die andere Bildungsart vorzuwiegen (Fig 9a).

Bei der Ophiure des *Pluteus paradoxus* ist der Ausgangspunkt ein Vierstrahler (Fig. 12a). Bei *Chirodota venusta* gelang es mir nicht die allerjüngsten Stadien aufzufinden, doch deutet die regelmäßige Form der kleinen sechsstrahligen Sterne (Fig. 8a) darauf, dass sie von unregelmäßigen Kalkstücken abstammen; Abkömmlinge der Vierstrahler haben die unregelmäßig sechsstrahlige Gestalt, wie sie in Fig. 10, 11b" und 12c wiedergegeben ist.

Wahrscheinlich leiten die Fälle, wo der basale Sechsstrahler nicht durch Theilung der Strahlen eines Dreistrahlers, sondern durch directen Ansatz an ein Mittelstück von unbestimmter Form gebildet wird, zu Formen über, wo dann die Regelmäßigkeit auch in der Zahl der Radien aufgegeben ist. Bei einer Chirodota, die viele Hunderte normaler sechsstrahliger Sterne und Rädchen besaß, fand ich einmal ein neunstrahliges. Andere Chirodoten besitzen dann normalerweise neun- und mehrstrahlige Rädchen und bei den Rädchen der Larven von Synapta digitata (der bekannten Auricularia mit den Kalkrädchen) schwankt die Zahl der Radien zwischen 12 und 16 (Fig. 13 a-c). Wenn man alle in vorliegender Arbeit beigebrachten Thatsachen in Rechnung zieht und die Abbildungen vergleicht, wird man, wie ich glaube, zu der Ansicht kommen, dass der Bildungsmodus, bei dem der Sechsstrahler durch Theilung dreier Radien des Vierstrahlers entsteht, der primäre, der directe Ansatz der Radien (sechs oder mehr) dagegen der durch Abkürzung aus ersterem entstandene secundäre ist.

Als noch weiter verändert sind wahrscheinlich die Bildungen der Stühlchen bei den pedaten Holothurien aufzufassen, wo die ursprüngliche Gesetzmäßigkeit in Zahl und Anordnung der Strahlen noch mehr verwischt ist, die aber doch zweifellos in die hier besprochene Kategorie der Kalkbildungen fallen.

Leider habe ich für die Stühlchen keine entwicklungsgeschichtlichen Reihen aufstellen können, da Larvenmaterial mangelte, und man bei ausgewachsenen Holothurien die Kalkkörper nur durch eingreifende Methoden zur Anschauung bringen kann, wobei regelmäßig die jüngsten und kleinsten Stadien verloren gingen.

Aus dem sechstrahligen Sterne wird nun durch einen sehr einfachen Wachsthumsvorgang, den man sich leicht aus den Abbildungen vergegenwärtigen kann, ein sechsstrahliges Rädchen. diesem Stadium bleiben die Rädchen der Auricularien dauernd stehen; bei den Chirodoten entwickelt sich von der Peripherie aus durch einen complicirten Wachsthumsvorgang ein zweites Radiensystem, das in der Mitte zusammenstößt und sich dort auf den vierten zur Grundebene senkrechten Strahl stützt (Fig. 8 b, 8 c). Das Chirodota-Rädchen documentirt sich bei näherer Untersuchung und in Anbetracht seiner ganzen Entstehung als ein viel zu complicirtes Gebilde, um einfach als ein rudimentärer Stachel, etwa ein solcher, von dem nur das basale Rädchen übrig geblieben sei, angesprochen werden zu können. Diese Beziehungen behalte ich mir vor, einmal in einem anderen Zusammenhange und von anderen Gesichtspunkten aus zu erörtern.

Obwohl es, wie ich zugeben muss, etwas über das Thema meiner Arbeit hinausgeht, so will ich hier noch in aller Kürze die weitere Entwicklung der Stacheln beschreiben, da diese Fragen, die von Ludwig angeregt sind, allgemeineres Interesse besitzen, und uns auch hier wieder eine große Gesetzmäßigkeit und principielle Übereinstimmung der Bildungsvorgänge, selbst da, wo das Resultat ein verschiedenes ist, entgegentritt.

Ich verweise zunächst auf die mustergültige Beschreibung der Stachelentwicklung von Asterina gibbosa bei H. Ludwig (7 p. 67 ff.) und bemerke dabei, dass die Vorgänge bei dem Seestern von Bipinnaria asterigera, die ich abbilde (Fig. 9 a-d), mit Ausnahme der ersten Anlage des Sechsstrahlers vollkommen übereinstimmen. Im Wesentlichen sind die Vorgänge bei Ophiuriden (Pluteus paradoxus Fig. 12 a-d) ganz identisch; ja selbst bei Echiniden, wo die definitive Stachelanlage schließlich sechs-Jund nicht dreikantige Form erhält, theilt sich ursprünglich der vierte auf dem Rädchen senkrechte Strahl auch nur zunächst in drei im Winkel von 120° gestellte Candelaberarme (Fig. 11 c). Erst durch weitere Theilung wird der Candelaber sechsarmig (Fig. 11g). Dies aber ist eben so als ein secundärer Vorgang aufzufassen, wie der, dass bei den Echiniden das basale Rädchen durch weitere Theilung der Radien an der Peripherie aus einem sechs-Tzu einem zwölfstrahligen wird (Fig. 11 d-g). Die einzelnen Phasen des Stachelwachsthums sind von Ludwig klar und erschöpfend für den Asteriden-Stachel geschildert worden, und seine Darstellung passt auch für die Entwicklung des Ophiuridenstachels. In wie fern der Echinidenstachel damit übereinstimmt oder abweicht, wird man sich ohne Mühe aus den Figuren veranschaulichen können.

Nur will ich erwähnen, das Ludwig die auch für den von mir untersuchten Seesternstachel zutreffende Beobachtung gemacht hat, dass derselbe im Sinne einer rechtsdrehenden Spirale wächst, und die Löcher in den Stachelwänden in diesem Sinne angeordnet sind (Fig.  $9\,d$ ). Dagegen konnte ich eine gleiche Beobachtung für den Stachel der Ophiuride von *Pluteus paradoxus* nicht machen, eben so wenig für die Echinidenstachel.

Bei der Ophiure liegen die entsprechenden Löcher in der Stachelwandung immer in gleicher Höhe. Bei dem Echinidenstachel, dem kleinsten und weitaus schwierigsten Object, verbinden sich später die sechs Candelaberstangen durch quere Balken, und die Löcher des dadurch entstehenden Netzwerkes liegen nicht immer in gleicher Höhe. Dies Verhalten scheint aber der scharf ausgesprochenen Regelmäßigkeit zu entbehren, die wir bei den Asteriden finden, und ist desshalb damit nicht auf eine Stufe zu stellen.

Trotz dieser und mancher anderen kleinen Differenz haben die hier mitgetheilten Thatsachen nur weiter den Satz erhärtet, dass in der Entwicklung, Histologie und Morphologie der Kalkkörper sich bei aller Mannigfaltigkeit der Form dieselbe strenge Geschlossenheit und Einheitlichkeit wiederspiegelt, welche die Classe der Echinodermen auch in anderen Beziehungen vor anderen Thierclassen auszeichnet.

## Litteraturnachweis.

- A. Baur, Beiträge zur Naturgeschichte der Synapta digitata. 3 Abhandlungen. Nova Acta Leop. Car. Acad. Bd. 31. Dresden 1864.
- 2. J. V. Carus, Prodromus faunae mediterraneae. Stuttgart 1885.
- 3. O. Hamann, Beiträge zur Histologie der Echinodermen. Heft 1. Die Holothurien. Jena 1884.
- 4. C. Heller, Die Zoophyten und Echinodermen des Mittelmeers. Wien 1868.
- C. Lampert, Die Seewalzen. In Semper, Reisen im Archipel der Philippinen. Theil II. Wissenschaftl. Resultate. Bd. 4, Abth. III. Wiesbaden 1885.
- 6. H. Ludwig, Die Echinodermen des Mittelmeers. Mittheilungen aus der Zool. Station zu Neapel. Bd. 1. 1879.
- Entwicklungsgeschichte der Asterina gibbosa. Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 37. 1882.

- 8. J. Müller, Über die Larven und die Metamorphose der Echinodermen. Erste Abhandlung. Abh. der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1848.
- 9. Über die Larven und die Metamorphose der Holothurien und Asterien. ibidem 1850.
- 10. Über Synapta digitata und die Erzeugung von Schnecken in Holothurien. Berlin 1852.
- 11. W. Patten, Eyes of Molluscs and Arthropods. Mittheil. aus d. Zool. Stat. zu Neapel Bd. 6. 1886.
- 12. L. Petit, Remarques sur la Synapta inhaerens. Bull. Soc. Philomath. Paris Tome 8, 1884.
- 13. A. de Quatrefages, Mémoire sur la Synapte de Duvernoy. Annales sc. nat. Tome 17. 1842.
- 14. E. Selenka, Beiträge zur Anatomie und Systematik der Holothurien. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 17. 1867.
- 15. Keimblätter und Organanlage der Echiniden. ibidem Bd. 33. 1879.
- 16. C. Semper, Reisen im Archipel der Philippinen. II. Theil. Wissenschaftl. Resultate. Bd. 1. Holothurien. Leipzig 1867.
- 17. A. Weismann, Studien zur Descendenztheorie. Die Entstehung der Zeichnung bei den Schmetterlingsraupen. Leipzig 1876.

# Erklärung der Abbildungen.

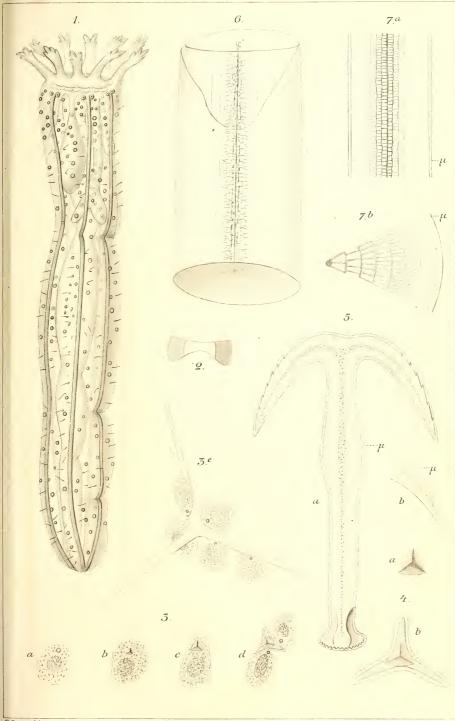
#### Tafel 9.

- Fig. 1. Chirodota venusta bei 30 facher Vergrößerung. Man sieht den Darm, die Poli'sche Blase und die hermaphroditischen Geschlechtsorgane durchschimmern. An den Seiten der fünf Radialnerven unmittelbar nach ihrem Übertritt über den Kalkring je zwei BAUR'sche Bläschen.
- Fig. 2. Eines der zehn unter einander gleichen Kalkringstücke von Chirodota venusta von außen gesehen, 120mal vergrößert.
- Fig. 3. a Urbildungszelle eines Kalkspiculums mit erster Concretion. b und c Concretion nimmt Tetraederform an. d das Tetraeder, zum Dreistrahler ausgewachsen, ist aus der Zelle herausgetreten, hat einen Überzug organischer Substanz mitgenommen, und liegt nun in der Nachbarschaft zweier Mesenchymzellen, in denen neue Kalkconcretionen, die das Weiterwachsthum des Dreistrahlers vermitteln, auftreten. e Weiteres Wachsthum des Dreistrahlers nach dem bei d geschilderten Typus. Alle Vergrößerungen in Fig. 3 sind 1200fache.
- Fig. 4. a das Tetraeder aus Figur 3c isolirt und 2400mal vergrößert. b Übergang von Tetraeder zu Dreistrahler aus Figur 3d bei 2400facher Vergrößerung. Man sieht sehr deutlich die organische Hülle, die das Ganze umgiebt.
- Fig. 5. a ein kleiner Anker von Synapta hispida, von der der Platte abgewendeten Fläche gesehen, so dass man den Buckel des Ankerstiels en face sieht. Man sieht die organische Achsensubstanz. Indem bei diesem Präparat durch vorsichtigen Säurezusatz die Auflösung des Kalkes beginnt, hebt sich die Contour der einhüllenden Membran (μ) deutlich von derjenigen des eigentlichen Kalkkörpers ab. In b

- sieht man den Auflösungsprocess des Kalkes in der Ankerspitze noch
- weiter fortgeschritten. 160fache Vergrößerung.
  Fig. 6. Bruchstück eines Ankerstiels, stärker vergrößert. Die organische Sub-
- stanz ist durch vorsichtige Verkohlung gebräunt und dadurch sichtbar gemacht worden. Man sieht die Längsstreifung, die auf das Vorhandensein concentrischer Schichten organischer Substanz hindeutet, und in den centralen Partien die radiären Fasern, welche die concentrischen Schichten unter einander verbinden.
- Fig. 7. Hypothetisches Schema der Anordnung der organischen Substanz im Echinodermenspiculum, wie es sich als wahrscheinlichste Deutung der in Fig. 6 beobachteten Thatsachen ergiebt. Die organische Substanz ist dunkel gezeichnet, die dazwischen liegenden, weiß gelassenen Theile sind als vom Kalk eingenommen zu betrachten. a schematischer Längsschnitt, b Theil eines schematischen Querschnittes bei doppelt starker Vergrößerung wie a.

#### Tafel 10.

- Fig. 8. a-f Entwicklung der Rädchen von Chirodota venusta bei 500facher Vergrößerung.
- Fig. 9. a—d Entwicklung der Stacheln des Seesterns von Bipinnaria asterigera.
  d junger Stachel. 250fache Vergrößerung.
- Fig. 10. Basales Rädchen des Stachels von Asterina gibbosa. Stachelaufsatz fortgelassen. 500fache Vergrößerung.
- Fig. 11. a-g Entwicklung des Stachels von Arbacia pustulosa bei 1200facher Vergrößerung. a, a', b, b', b" stellen die verschiedenen Bildungsmodi dar, nach denen sich bei demselben Thier das sechsstrahlige Rädchen bilden kann. In d, e, f ist nur das basale Rädchen gezeichnet, der Stachelaufsatz fortgelassen. g stellt den jungen Stachel in einem Stadium dar, dem das basale Rädchen in e entspricht.
- Fig. 12. a-d Entwicklung der Stacheln der Ophiuride des *Pluteus paradoxus*. In c ist der Stachelaufsatz fortgelassen. Vergrößerung 1200 fach.
- Fig. 13. a—c Entwicklung der Kalkrädchen der Auricularia von Synapta digitata. Vergrößerung 1200 fach.
- Fig. 14. Kalkstab aus dem Tentakel von *Chirodota venusta*. Vergrößerung 500 fach.
- Fig. 15. a—e Entwicklung der Krummstäbe von *Chirodota venusta*. Vergrößerung 500 fach.
- Fig. 16. a—o Entwicklung der Anker und Platten von Synapta inhaerens. Vergrößerung 250 fach.

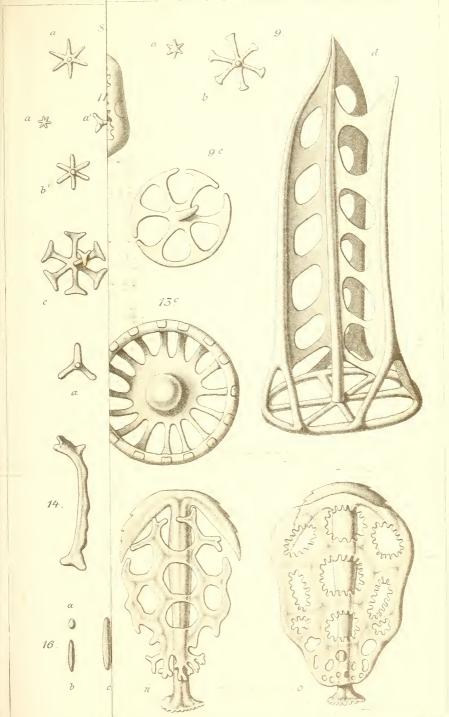


R.Semon del.

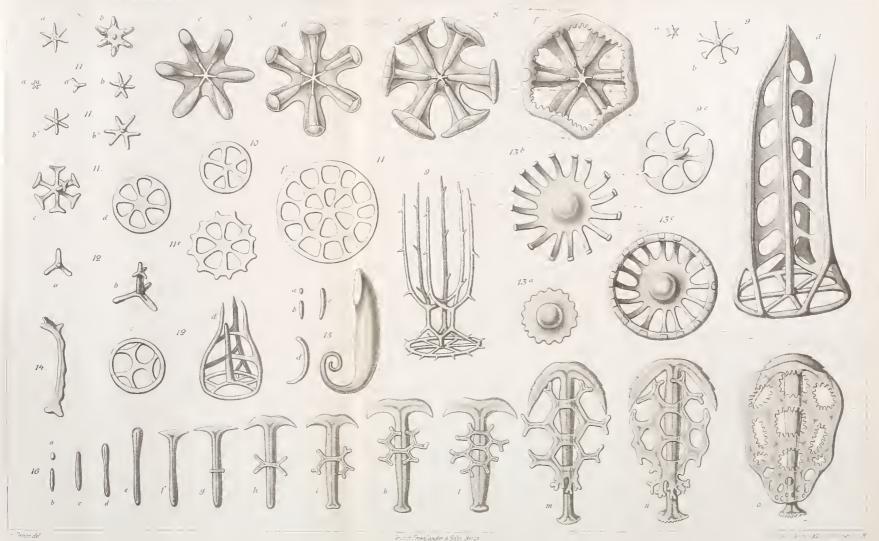
R. Friedlander & Sohn, Berlin.

Lith Anst v Werner & Winter, Frankfurt \*/M.

- }



Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.a



# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: <u>Mittheilungen aus der Zoologischen Station zu</u> <u>Neapel</u>

Jahr/Year: 1886/87

Band/Volume: 7

Autor(en)/Author(s): Semon Richard Wolfgang

Artikel/Article: Beiträge zur Naturgeschichte der Synaptiden des

Mittelmeers. - 1. Mittheilung. 272-300