

JAN 28 1901

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.



1900. Heft I.

München.

Verlag der k. Akademie.

1900.

In Commission bei G. Franzmann, Verlags- u. Buchh.

Ueber Entstehung und Wachstum der Kieselgebilde bei Spongien.

Von Dr. **Otto Maas.**

(Eingelaufen 1. Dezember.)

(Mit Taf. V.)

Die Kenntnis von dem Entstehen und Wachstum der Kalknadeln der Schwämme hat in letzter Zeit erhebliche Fortschritte gemacht; für die Kieselnadeln aber stehen wir noch auf dem Standpunkt wie die ersten wirklich histologischen Schwammuntersuchungen. Es ist für *Monactinelliden* seit Lieberkühn (56) bekannt, dass die erste Entstehung einer stabförmigen Skelettnadel (*Makrosklere*) innerhalb einer einzigen Zelle stattfindet; auch für die *Fleischnadel* (*Mikrosklere*) ist das in einer Reihe von Fällen nachgewiesen (Sollas 80). Bei *Tetractinelliden* hat F. E. Schulze (80, 81) den Ursprung der kleinen vierstrahligen Nadel ebenfalls in einer Zelle abgebildet, und Sollas behauptet, allerdings ohne, oder so gut wie ohne Abbildungen in seinem Werk über die *Challenger-Tetractinelliden* (88), dass die Nadeln sämtlich, Mikro- wie *Makroskleren*, in Zellen gebildet werden. Ueber das weitere Wachstum der Nadeln, die ja unter Umständen eine bedeutende Grösse erreichen, und über das Schicksal der Nadelbildner (*Skleroblasten*), ist so gut wie nichts bekannt. Von manchen Autoren wird vermutet, dass später noch weitere formative Elemente zu dem ersten *Skleroblast* treten können; in andern Fällen aber, namentlich wo die fertige Nadel eine gewisse Grösse nicht überschreitet, konnte man noch den ursprüng-

lichen Nadelbildner auch für das ganze übrige Wachstum der Nadel verantwortlich machen. Es ist von mir für solche mässig grossen Einstrahler nachgewiesen worden (90), dass die ursprüngliche Bildungszelle ihnen, allerdings sehr blass und in die Länge gezogen, noch anhängt, wenn sie $\frac{1}{2}$ mm, also nahezu ihre definitive Grösse, erreicht haben, und keine weitere Zellen, auch nicht epithelartig, an ihnen wahrzunehmen sind. Für die Schaufelnadeln der *Esperia* fand ich dagegen eine Reihe regelmässig gelagerter Kerne (92), je zwei am Stiel und an der Schaufel, ohne bei der Kleinheit der Objecte den Ursprung und das weitere Schicksal näher verfolgen zu können. Auch bei Sollas, der doch die Meinung hat, dass jeweils eine Zelle genüge, finden sich, wie Minchin (98) hervorhebt, Bilder, wo mehrere Zellen an den extrem grossen Nadelschäften liegen.

Die Knospen von *Tethya* schienen mir ein günstiges Object, um diesen Fragen näher zu treten. Es muss hier eine reichliche Neubildung von Nadeln eintreten, und diese Nadeln gehören zu dreierlei Formen. Es kommen vor: 1) grosse Stabnadeln des Skelets mit etwas verdicktem Ende, sog. Keulen, Style, die wegen des mitunter kolbig abgesetzten Endes auch als Tylostyle bezeichnet werden könnten, 2) kleine sternförmige Fleischnadeln, zumeist an der Oberfläche und an der Wand der einführenden Lacunen, aber auch sonst im Parenchym. Sie werden meist als Chiaster bezeichnet, sollten aber der knorrigen Strahlenenden wegen eher Tylaster heissen. 3) Grössere Sterne mit massigerem Centrum in der tieferen Rinde, als Sterraster, Oxyaster, oder besser als Spheraster bezeichnet.

Es gelang mir an der Küste von Cypren auf einer Reise, die ich der Munificenz der hiesigen Akademie der Wissenschaften verdanke, u. A. auch sehr viele Entwicklungsstadien einer *Tethya* (wahrscheinlich spec. *lyncurium*, wie im übrigen Mittelmeer) zu sammeln, und nicht nur wie bisher sichbildende und ablösende Knospen, sondern auch die weiteren Stadien, deren Ansetzen im Aquarium nicht gelingt, auf der Unterseite von Uferfelsen als Krusten von einigen Millimeter Durchmesser in grosser Anzahl frei zu finden. Es ist seit den Mitteilungen

von Deszö (79 u. 80) nichts näheres über die Knospenentwicklung der Tethyen bekannt geworden; dessen Angaben sind aber noch weit primitiver, als die Zeit der Abfassung, wo schon eine Anzahl der F. E. Schulze'schen ausgezeichneten Monographien vorlag, rechtfertigen könnte, so dass sie auch von Minchin (98), der sonst eine so genaue Litteraturübersicht giebt, wohl absichtlich und mit Recht ignoriert werden. Die kleinen wie die grossen Sterne sollen in einer Zelle entstehen, letztere gleich in ihrer ganzen Grösse in einer „Riesenzelle“; der Kern soll sich dabei zum Spiculum umwandeln! Abbildungen dafür werden nicht gegeben.

Ueber die Gesamtentwicklung der Knospen, speziell über die Bildung des Canalsystems und der Geisselkammern möchte ich mir ausführlichere Mitteilung vorbehalten und an dieser Stelle nur in Kürze über meine Befunde betreffs der Nadelentstehung berichten.

Am leichtesten ist die Bildung der kleinen Chiaster zu verfolgen. Sie liegen in Massen an der Oberfläche in einer Schichtdicke von mehreren Exemplaren und bilden so eine dichte Decke auch an der Knospenhervorwölbung. Bei deren Freiwerden aber wird die Decke nicht mit herübergenommen, die Knospe ist keine einfache Sprossung, die alle Gewebe bereits fertig aus dem Mutterschwamm übernimmt (was gegen die Auffassung verschiedener Autoren schon hier hervorgehoben sein mag), sondern eine richtige Neubildung aus indifferentem Material. Die Nadelschicht der Mutter platzt, und die junge Knospe ist nackt oder doch nur sehr spärlich hie und da an der Oberfläche mit einem Chiaster versehen, so dass alsbald eine reichliche Neubildung derselben stattfinden muss. In der That sind deren Mutterzellen sehr zahlreich in der Knospe zu sehen und treten namentlich mit gewissen Doppelfärbungen (Haematoxylin-Congorot, Carmin-Anilinblau) durch ihre regelmässigen Einlagerungen schön hervor. Es sind kleine (etwa $15\ \mu$ im Durchmesser haltende) Elemente, die sich nahe der Oberfläche sammeln. Sie gehören, um der jetzt gangbaren Einteilung zu folgen, zu den differenzierten Zellen der dermalen

Schicht; sie zeigen nicht den verhältnismässig grossen bläschenförmigen Kern mit Nucleolus der indifferenten Zellen (Archäocyten), sondern ein dichtes Chromatinnetz, so dass der kleine Kern öfters fast homogen erscheint. Ihr Protoplasma ist dicht und mit sehr gleichmässigen Granulationen überall durchsetzt; der Zelleib ist von einer deutlichen, ziemlich derben Membran umschlossen, so dass sie ein blasiges, pflanzenzellenähnliches Aeussere gewinnen, namentlich wenn später die Granulationen schwinden. Ihre Gestalt ist demzufolge nicht wechselnd, sondern kugelig resp. oval (Fig. 2^a). Des öfteren kann man auch die Mutterzellen solcher Chiasterbildungszellen sehen (Fig. 1); sie sind von etwa doppelter Grösse, ebenso von Körnern erfüllt und membranumhüllt; häufig sind Karyokinesen in ihnen zu erkennen, so dass dem letzten Stadium vor Beginn der Kieselausscheidung eine rege Zellteilung vorauszugehen scheint.

Die Bildung der Chiaster selbst muss sehr rasch erfolgen; denn man sieht fast nur solche körnererfüllte Bildungszellen neben ebenso membranösen mit klarem Plasma, die bereits einen fertigen Stern mit allen Strahlen umschliessen (Fig. 3) in bunter Mischung durcheinanderliegen. Zwischenstadien sind selten, kommen aber bei der Menge der Bilder doch zur Erscheinung. Die ersten Andeutungen sind (Fig. 2) einzelne Radiärbälkchen, meist ganz unsymmetrisch nur von einer Seite, mit dem Kreuzungspunkt in der Nähe des Kerns. Die Granulationen sind bereits vermindert und schwinden um so mehr, als Chiasterstrahlen gebildet werden, bis schliesslich, nach Ausbildung des Sterns, die ganze Zelle glasig hell ist und der Kern sehr deutlich hervortritt. Der Chiaster charakterisiert sich durch den Mangel eines eigentlichen Centrums, nur durch das Zusammentreffen der Radiärbälkchen selbst entsteht ein Mittelteil; die Bälkchen sind in der Mitte nicht stärker, sondern gleichmässig; eher nehmen sie nach der Peripherie etwas zu und können da leicht geknöpft sein, oder eine etwas höckerige Oberfläche zeigen. Es hängt dies damit zusammen, dass zuletzt nur an der Peripherie der Zelle die Kieselausscheidung vor sich geht, und hier auch noch die letzten Granulationen im

Plasma zu sehen sind. Der Stern spannt alsdann die kugelige Zelle und bringt sie in eine mehr unregelmässige, polygonale Gestalt (Fig. 2^{III}), bis sie schliesslich nachgiebt, den Stern freilegt und selbst nur noch locker anliegt (Fig. 2^{IV}), infolge dieser Zusammenziehung aber wieder mehr tingierbar geworden. Was schliesslich aus der Bildungszelle wird, ob sie zu Grunde geht oder eine gewöhnliche Dermalzelle wird, ist nicht sicher; wahrscheinlich ist das letztere. Man sieht den Sternbildungsprocess an Zellen vor sich gehen, die ganz an der Oberfläche der Knospe liegen, dicht neben andern, die gewöhnlichen Dermalcharakter haben. Ein prinzipieller Gegensatz zwischen epithelialer Deckschicht und Spiculaschicht (resp. Chiasterschicht) ist auch hier, wenigstens in diesem Stadium, nicht zu machen.

Ausser diesen gewöhnlichen Chiastern finden sich im erwachsenen Schwamm, häufig im Parenchym der Rindenschicht, weniger an der Oberfläche und an den Wandungen der Canäle wie die ebengenannten Chiaster, eine andere Kategorie etwas grösserer Chiaster, bei denen auch der Centalkörper ein wenig mehr ausgebildet ist. Sie haben etwa die halbe Grösse der später zu besprechenden Spheraster, sind aber von diesen durch die Form (dünne Strahlenbälkchen und kolbig zunehmende, nicht zugespitzte Enden) auf allen Phasen deutlich verschieden. Meist haben sie einige Strahlen mehr wie die gewöhnlichen Chiaster, es kommen aber auch solche mit auffallend wenig z. B. nur 5 Strahlen vor (Fig. 4^{III}). Ihre Bildung geschieht in ähnlich beschaffenen nur etwas grösseren Zellen, wie die der übrigen Chiaster (Fig. 4^I); man hat sich zu denken, dass die vorhererwähnte Mutterzelle der Skleroblasten ihre letzten Theilungen unterlassen hat, resp. dass die Kieselausscheidung früher beginnt, als die letzte Theilung einsetzt. Mitunter sieht man die Theilung, wenigstens im Kern, noch nachträglich geschehen und man sieht alsdann solch grössere Chiasterzellen mit zwei Kernen (Fig. 4^{II}). Ob dies und die ganze Bildung der grösseren Chiaster, die immerhin ziemlich selten sind, ein normales Verhalten ist oder ob es sich blos um eine verfrühte Ausscheidung der Kieselsubstanz handelt, vermag ich nicht zu sagen.

Jedenfalls erklärt sich aus ihrem Vorkommen eine grössere Variabilität der Chiaster in Strahlenzahl etc., wie sie auch von Lendenfeld angegeben wird (96), während Topsent für die Chiaster eine ziemliche Constanz behauptet (1900), was nur für deren typische kleinere Form zutrifft.

Ganz anders vollzieht sich die Bildung der so viel mal grösseren Spheraster. Sie haben weder genetischen Zusammenhang noch sonst Beziehung zu den Chiastern; Topsent bemerkt sehr scharf, dass „pas de passage“ zwischen beiden, und schon Deszö behauptet, dass sie selbstständigen Ursprungs sind, lässt sie aber merkwürdigerweise gleich in ihrer ganzen Grösse aus „Riesenzellen“ hervorgehen, trotzdem Zellen von solchem Umfang weder im erwachsenen Schwamm, noch in der Knospe vorkommen. Selbst die eiartigen Zellen erreichen noch nicht die Hälfte des Durchmessers eines Spherasters. Dass es auch kleine Spheraster giebt, ist ihm wie es scheint, gänzlich entgangen und wie es scheint, auch den meisten übrigen Autoren. Lendenfeld und Topsent haben zwar beide eine gewisse Grössenvariabilität unter diesen Nadeln gefunden (von 50 bis 120 μ bei ersterem, von 40 μ bis zu 110 μ bei letzterem), was aber auf individuelle Verschiedenheiten geschoben wird; die kleinen und kleinsten Formen aber, die in allen Abstufungen von grossen an vorhanden sind und noch an Grösse unter die kleinen Chiaster heruntergehen können (also Formen von 50 bis nur 10 μ) und weniger, finde ich nirgends erwähnt oder abgebildet. Immer aber sind auch diese kleinen und kleinsten Spherasterformen an Gestalt durchaus von den Chiastern verschieden, und eine Verwechslung ist auf keinem Stadium möglich. Immer ist ein verhältnismässig starkes, mehr oder minder kugeliges Centrum entwickelt, die Strahlen sind viel zahlreicher, als bei den Chiastern und sind im Gegensatz zu diesen nach der Peripherie zu verjüngt resp. zugespitzt, nach der Mitte zu verdickt, so dass sie oft unmerklich ins Centrum übergehen. Schon die kleinsten Spheraster zeigen deutlich diese charakteristische Form (Fig. 7 u. 11).

Wie geht nun deren Entstehung vor sich? Die zur Ab-

lösung reifen Knospen enthalten gewöhnlich schon eine beschränkte Anzahl ganz fertiger, grosser Spheraster, daneben lassen sich eine Reihe von Bildungsstadien wahrnehmen. Noch zahlreicher sind sie aber zu sehen, wenn die Hervorwölbung der Knospe an der Mutter erst beginnt, und sich das mütterliche Gewebe zur Ausprägung der Knospenelemente erst anschickt (wovon an anderer Stelle noch zu berichten sein wird). Dann finden sich unter den grossen und kleineren Spherastern der Rinde, die hier eine Lage bilden, und auf die die Grössenangaben der Autoren passen, im Mark grosse Mengen kleiner und kleinster Spheraster in allen Abstufungen bis zu 5μ , und bei weiterem Suchen entdeckt man auch ihre Bildungszellen und sieht solche mehrzackigen Gebilde noch innerhalb von Zellen liegen.

Auch die Zellen, die hier die Bildung besorgen, sind anderer Art als bei den Chiastern; sie sind nach Plasma- und Kernstructur als undifferenzierte Elemente (Archäocyten ähnlich) anzusprechen, besitzen einen Nucleolus im bläschenförmigen Kern, ihr Plasma-leib ist nicht scharf conturiert, gewiss nicht von einer Membran umgeben. Die erste Anlage des Concrements scheint innerhalb einer Vacuole zu erfolgen und ist kugelig (Fig. 5 u. 31), dann sieht man mehrere (zwei, drei) Zacken davon ausgehen. Gar nicht selten aber sind typische, vierstrahlige Nadelformen innerhalb einer Zelle zu sehen, richtige Tetractine oder Kalthropsnadeln, nur dass die Strahlen naturgemäss recht kurz im Verhältnis zu ihrem Vereinigungscentrum sind (Fig. 6). Es sind dies Stadien, die durchaus an die Bilder und Angaben erinnern, die F. E. Schulze für Plakina und Corticium, also für typische Tetractinelliden, über die Anlage der Nadeln gebracht hat. (80 u. 81.)

Wie sind nun aber die kleinen Sternchen mit mehr als vier, ja vielen Zacken, mit diesen Tetractinen in Beziehung zu bringen? Es könnte scheinen, als bestünde gar keine solche, da sich mitunter schon ein sehr frühes Stadium in einer Zelle kugelig mit kleinen Zacken darstellt (Fig. 7), so dass nachher nur ein Weiterwachsen in gleichem Sinne zu erfolgen hätte,

und die Tetractine (Fig. 6 bis 10) seitab stehende Bildungen wären. Das ist jedoch nicht der Fall. Die kleinen Sterraster zeigen nämlich zwei und dann mehr Kerne resp. Zellen an ihren Strahlen anliegen. In mehreren Fällen kann man sehr gut erkennen, dass sich zwei Tetrastermutterzellen mit ihren Nadeln zusammenlegen, und dann die Tetractine selbst verschmelzen. Hierbei kommt, da ja die Strahlen nur kurz sind, ein ziemlich massiges Gebilde mit annähernd kugeligem Centrum und 8 kleinen Strahlen zu Stande, der Ausgangspunkt für das weitere Spherasterwachstum (Fig. 11). Man kann öfters die beiden Tetractine noch teilweise getrennt, teilweise mit ihren Kiesellagern verschmolzen beobachten (Fig. 8, 9, 10); namentlich deutlich werden diese Bilder, wenn die beiden Zellen mit ihren Hartgebilden nicht direkt untereinander, sondern schräg ins Gesichtsfeld zu liegen kommen (Fig. 33) und ferner dann, wenn ein Tetractin im Gegensatz zum gewöhnlichen Verhalten, wo beide auf gleichem Grössenstadium zu einander geschmolzen werden, dem andern in der Entwicklung schon etwas voraus ist.

Das Resultat der Verschmelzung bildet sozusagen den formbestimmenden Ausgangspunkt. Weitere richtige Tetractine scheinen mir jetzt nicht mehr dazu zu kommen, sondern jetzt nur eine Vergrösserung durch Auflagerung von neuen Kieselschichten zu erfolgen, die von einer Anzahl Bildungszellen besorgt wird. Ob letztere durch Teilung der beiden ersten entstehen, oder sich durch Hinzukommen neuer Elemente aus dem Parenchym recrutieren, ist die Frage. Es scheint das letztere der Fall zu sein, da man kaum und nur bei grossen Spherastern in den letzten Stadien Karyokinesen sieht, dagegen jetzt und später viele Bilder, wo deutlich Zellen vom Charakter der Spiculabildner aus dem Parenchym an das bestehende Kiesegelbilde hinwandern. Man sieht solche Zellen von unregelmässiger Form, ziemlich kleinem Plasmakörper (etwa halb so gross wie die ersten Bildungszellen) mit regelmässigen Granulationen bei einiger Aufmerksamkeit fast an jedem unausgewachsenen Spheraster in grösserer oder geringerer Zahl (Fig. 11

bis 17). Sie liegen an verschiedenen Stellen, bald mehr am kugeligen Centrum angehäuft, bald sich deutlich den Strahlen anschmiegend und diese einhüllend, bald um den Grund der Strahlen herumgebogen. Das Grössenwachstum betrifft dementsprechend bald mehr den centralen Körper, bald mehr die Strahlen und zwar mit einer gewissen Regelmässigkeit abwechselnd, so dass die daraus resultierenden Spherasterbilder, die im Lauf der Entwicklung auftreten, ziemlich verschieden sind und manchmal mehr als Oxyaster, wenn die spitzen, breitbasigen Strahlen überwiegen (Fig. 15), darnach wieder als Spheraster (Fig. 16), vorher beinahe als Sterraster (Fig. 12) bezeichnet werden konnten. Die letzten Phasen scheinen sich mit starker Ausprägung und Verlängerung der Strahlen zu befassen; ein Strahl besitzt dann etwa die Länge des Durchmessers des Centralkörpers, so dass vom Gesamtdurchmesser nur $\frac{1}{3}$ auf das Centrum, $\frac{2}{3}$ auf die Strahlen kommt (Fig. 17).

Die Bildungszellen liegen dann fast sämtlich an den Strahlen selbst. Hierfür wie für die Darstellung der Skleroblasten überhaupt erhält man recht instructive Bilder bei vorsichtiger Auflösung des Kieselskelets am ganzen Stück durch Einwirkung von Fluorwasserstoffsäure, ein Verfahren, das auch sonst zur Erlangung von Serienschnitten unerlässlich ist. Es verdient Hervorhebung, dass die mit Sublimatalkohol-Eisessig, Sublimatalkohol, überhaupt alle mit Sublimat behandelten Stücke sich hierfür viel günstiger erwiesen, als die mit Alkohol, mit Pikringemischen etc. behandelten, wo stets das Gewebe unter der Fluorwasserstoffsäure mitlitt. Dagegen ergaben die mit Sublimat etc. erhärteten Exemplare bei vorsichtiger Einwirkung (1—2% Lösung von Fl H in Wasser 4—5 Tage lang in paraffinierten festschliessenden Glasdosen) histologisch noch durchaus tadellose Bilder, an denen sogar das Erkennen von Karyokinesen, das ja bei Schwämmen überhaupt nicht leicht gelingt, noch gut möglich war. Man sieht an Stelle der Spheraster ihre „Schatten“, (Fig. 18 u. 19), und kann dann gerade an solchen leichten Stellen, während sonst durch Kleinheit der Zellen der Schnitt leicht zu dick erscheint, die Zellen ohne Verwechslung mit

drüber- und drunterliegenden Elementen gut studieren und die Bildungszellen viel besser sehen, als zwischen den Gruben und Spitzen des intacten Spherasters. An den fertigen Stadien ist der organische Mantel öfters an den Stellen, wo Strahlen abgehen durchbrochen (Fig. 18), so dass die Strahlen frei herausragen; an andern Stellen aber überziehen die Bildungszellen die Strahlen bis zum spitzen Ende. Gerade solche langgestreckten spindelförmigen Elemente schmiegen sich dem Strahl in ganzer Länge an. Wenn die Strahlen und auch der Centalkörper der Zellen schliesslich entbehren, so ist nach vielen Bildern amöboider Skleroblasten anzunehmen, dass sie nicht zu Grunde gehen, sondern wieder ins Gewebe zurückwandern.

Was die Entstehung der Einstrahler (Style) betrifft, so geht sie auch im erwachsenen Schwamm noch beständig vor sich, wie schon daraus ersichtlich ist, dass sich Stabnadeln jeder Grösse und Dicke dort finden können (Fig. 26, 27, 28); aber die kleinen Formen sind doch immer nur in verschwindender Minderzahl vorhanden. Die Bildung kann daher am besten in Nadeln der Knospe studiert werden (Fig. 25), wo nach dem Festsetzen eine sehr reichliche Ausscheidung zur Erzielung der radiären Skelettbündel stattfindet, teilweise auch in ganz frühen Stadien, wenn das Muttergewebe sich zur Knospenbildung anschickt.

Die Zellen, in denen die Stabnadeln gebildet werden, sind bedeutend grösser als die Mutterzellen der Spheraster, gehören aber sonst nach Plasma und Kerne zur gleichen Kategorie der „undifferenzierten“ Zellen des Parenchyms (Fig. 20 bis 22). Die Körnelung ist hier eine sehr ungleiche, sowohl was die Grösse der einzelnen Körner als, was ihre Verteilung betrifft; oft sieht man die Granulationen in mehreren wohl- abgegrenzten kugeligen Aggregaten vermehrt angehäuft (Fig. 20), in andern Fällen sind sie diffus verteilt. Es treten dann gewöhnlich auch mehrere Kieselconcremente gleichzeitig auf (Fig. 22) untereinander von ungleicher Grösse, alle von mehr oder minder kantiger Form. Einen extremen Fall stellt Fig. 21 dar, wo die Kieselanhäufung besonders reichlich ist, vielleicht ebenfalls

zu früh eingetreten ist, ehe die Mutterzelle ihre letzten Theilungen gemacht hat. Dass es sich bei diesen Bildern nicht um Kunstprodukte, hervorgerufen durch Schnittführung oder Reagentien handelt, brauche ich wohl nicht zu betonen. Normalerweise finden sich weniger Concremente (Fig. 22), die sehr bald noch innerhalb der Zelle zu einem kleinen Stäbchen verschmelzen (Fig. 23). Bald darauf zeigen sich an dem Stäbchen, noch ehe es sehr viel weiter gewachsen ist, mehrere Bildungszellen. Es ist dies ein von den gewöhnlichen Monaxonien abweichendes Verhalten; aber in deren Fall bleibt es auch bei einer Zelle und bei einer beschränkten Länge der Nadel, während hier die Stabnadeln verhältnismässig gigantische Proportionen erreichen und sich deswegen schon früh mit einem epithelialen Belag zur Kieselausscheidung versehen.

An sehr vielen der jungen Nadelbündel sieht man an den einzelnen Stabnadeln solche epithelartig angeordneten Zellen, die nicht zu verwechseln sind mit amöboiden und faserigen Zellen, die die Gesamtbündeln sonst begleiten. Am besten und unzweideutigsten werden auch hier die Bilder nach Auflösung der Kieselsubstanz durch Fluorwasserstoff, wo dann an Stelle der grossen Nadeln lange hohle Röhren zurückbleiben. Sie zeigen deutlich die organische Bekleidung, die mit verschiedenen Färbemitteln eine leichte Tinction zulässt (Fig. 29 und 30). Auf diesem organischen „Rock“ sieht man dann die Bildungszellen in Strängen angeordnet liegen, kenntlich an der Körnelung, der Plasmatiction und Kernstructur, gewöhnlich von geringerer Grösse als die ersten Bildungszellen. In manchen Fällen sind die einzelnen Zellen deutlich getrennt zu sehen, der Belag macht alsdann den Eindruck eines Pflasterepithels (Fig. 29); in anderen Fällen sind die Zellgrenzen verwischt, und es erscheint ein Syncytium von Zellen (Fig. 30) mit mehreren Kernen vorhanden, das die Kieselausscheidung auf grosse Strecken hin besorgt, im Gegensatz zum localisierten und so zu sagen individualisiertem Verhalten der Zellen bei den Spherastern. Noch an sehr grossen Nadeln sind solche Bildungslager zu finden, und es ist schwer zu sagen, wo sie ganz

aufhören. Dass die Zellen nach gethaner Arbeit hier wieder ins Gewebe wandern, dafür konnte ich bei diesen Skleroblasten keine Bilder auffinden, im Gegenteil scheinen sie mir in diesem Fall zu collabieren und einzugehen.

Es lassen sich also für die Entstehung der verschiedenen Nadeln der *Tethya* folgende Thatsachen zusammenfassen:

1. Alle Nadeln entstehen zuerst in einer Mutterzelle; jedoch nur bei einer Kategorie, den Chiastern, genügt diese Zelle, bei allen andern kommen weitere Zellen zum Wachstum und zur definitiven Formausprägung dazu.

2. Die kieselausscheidenden Zellen sind mit Granulationen dicht erfüllt, die mit entsprechender Abscheidung der Kieselsubstanz aufgebraucht werden. Der ersten Ausscheidung gehen Zellteilungen voraus.

3. Bei den Chiastern, für die eine Zelle genügt, sind differenzierte Elemente des Parenchyms die Ausgangszellen; bei den Spherastern und bei den Stabnadeln undifferenzierte Zellen mit bläschenförmigem Kern und Nucleolus.

4. Die später dazu kommenden Bildungszellen sind nur teilweise durch Teilung der ersten, grösstenteils jedoch aus neu aus dem Parenchym dazugekommenen Elementen abzuleiten. Ebenso können Zellen nach geschehener Kieselausscheidung ins Parenchym zurückwandern.

5. Die Bildung des Spheraster geschieht durch Verschmelzung mehrerer (wahrscheinlich zweier) kleinen Tetraster. Nach Ausbildung dieser Grundform geschieht das Weiterwachstum durch Auflagerungen.

6. Die Bildung der Stabnadeln erfolgt durch Verschmelzung kleinster unregelmässiger Concremente zu einem Stäbchen noch innerhalb einer Zelle. Das Weiterwachstum geschieht durch Apposition, die von epithelartig gelagerten Bildungszellen ausgeht.

Für die Beurteilung der Nadeln ergeben sich daraus unmittelbare Folgerungen.

Wirkliche Mikroskleren (Fleischnadeln) sind nur die eine Zelle verbrauchenden Chiaster; die Spheraster dürfen trotz ihrer Form nicht als Fleischnadeln aufgefasst werden. Sie verbrauchen, wie die Stabnadeln viele Zellen zu ihrer Bildung, und dass dies hier ein prinzipieller, nicht durch Grösse bedingter Unterschied ist, zeigt sich schon darin, dass kleine Spheraster, die die ausgebildeten Chiaster an Grösse nicht übertreffen, bereits viele Zellen besitzen, während umgekehrt noch die ausnahmsweise grossen Chiaster innerhalb einer einzigen Zelle vorkommen. Auch können die Spheraster nicht durch Verschmelzung mehrerer Chiaster entstanden gedacht, also einer Vielheit von Mikroskleren nicht gleichgesetzt werden; denn es sind auch andersartige Zellen, die die Mikroskleren als die die Makroskleren hervorbringen. Wie Evans bei *Spongilla* gezeigt hat (99) entstehen die kleinen Fleischnadeln in differenzierten Zellen der mittleren Schicht, die Stabnadeln in indifferenten. Dasselbe ist hier der Fall; die Chiaster erscheinen in Zellen mit Kernnetzwerk, die Stabnadeln in indifferenten, amöboidähnlichen Archäocyten, die im Kern und Plasma noch den Charakter der Eizelle tragen, und die Spheraster folgen hierin nicht den Chiastern, sondern den Stabnadeln.

Man kann sie als verschmolzene Tetractine bezeichnen, deren Anfänge ähnlich waren, wie bei den Tetractinen der Plakiniden, und der typischen Tetraxonier, die aber nachher in die Breite wuchsen, statt durch Ausziehung oder Verästelung der Strahlen.

Für die Beurteilung der Stellung der Tethyaden und den Zusammenhang der grossen Schwammgruppen lassen sich daraus direkte Schlüsse ziehen. Die Monaxonier, denen sie angehören, teilen sich bekanntlich in die Unterordnungen der Hadromerina (*Clavulina* i. w. S.) und *Cornacuspongia* (*Monaxonida* s. str., *Halichondrina* i. w. S.). Zu der ersten Gruppe, bei denen die Skelettnadeln in Radiärbüscheln stehen, nicht durch Spongine in Netzzüge angeordnet sind, gehören die Tethyaden. Man hat diese Gruppe, die sich auch durch den radiären Bau des Weichkörpers in einen Gegensatz zum Gros der *Monaxonida*, den

Cornacuspongien stellt, und dadurch wie durch das Vorhandensein einer Rinde, sowie in manch andern Charakteren den Tetractinelliden nähert, als diejenige bezeichnet, die die Abstammung der Monaxonier an den Tetraxoniern am ehesten documentiere. Die grossen Stabnadeln sollten durch Reduction von Vierstrahlern, speziell der grossen Triaene entstanden sein, deren einer Strahl ja extrem ausgezogen ist, während die drei andern kurze Zapfen darstellen können. Gerade die Keulennadeln der Clavulina sollten den Uebergang zeigen, man hat aber bisher vergeblich im keulenartig verdickten Ende nach einem Rest der Vierstrahligkeit, etwa in Form eines Axenkreuzes im Centalfaden gesucht. Es konnte daher auch die Ansicht bestehen, dass die Vierstrahler, speziell die grossen Triaene durch Gabelung des ungleichen Endes eines Monactins entstanden seien. Bei den grossen Stabnadeln sind hier bei *Tethya* allerdings ebensowenig Andeutungen der Vierstrahligkeit zu erkennen, auch in der Entwicklung nicht, trotz besonderem Suchen; dagegen ist hervorzuheben, dass sich vierstrahlige Nadeln bei der Spherasterbildung regelmässig zeigen. Damit sind die gesuchten Vierstrahler bei den Monaxonier, wenn auch an anderer Stelle, doch wirklich aufgefunden, und thatsächliche Beweise für den Zusammenhang der Tetractinelliden und Monactinelliden geliefert.

Litteraturverzeichnis.

1856. Lieberkühn. Zur Entwicklungsgeschichte der Spongillen. Archiv f. Anat. u. Physiol.
75. Carter. Notes introductory to the Study and Classification of the Spongida. Ann. u. Mag. Nat. Hist. (ser. 4), vol. 16.
79. Deszö. Die Histologie und Sprossenentwicklung der Tethyen. Arch. f. Mikr. Anat. 16. Bd. und
80. — — 17. Bd.
80. Sollas. The Sponge fauna of Norway. Ann. u. Mag. Nat. Hist. (ser. 5), vol. V.
80. Schulze, F. E. Untersuchungen etc. IX. Die Plakiniden. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 34.
81. — — X. Corticium candelabrum. ibid. Bd. 35.
88. Sollas. Report on the Tetractinellida. Chall. Rep. 25.
90. Maas. Ueber die Entwicklung des Süßwasserschwamms. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 50.
92. — — Die Metamorphose von *Esperia lorenzi*. Mitteil. Zool. Stat. Neapel. Bd. 10.
96. Lendenfeld. Die *Clavulina* der Adria. Nova Acta. Abh. der Leop. Carol. Akad. Halle. Bd. 69. (Erschienen 97).
98. Minchin. On the origin and growth of the . . . spicules etc. Quart. Journ. Micr. Science. vol. 40. New. ser.
99. Evans. The Structure and Metamorphosis of the larva of *Spongilla lacustris*. Quart. Journ. Micr. Sc. (New. ser.), vol. 42.
1900. Topsent. Spongiaires de France. III. Monaxonida (*Hadromerina*). Arch. Zool. exp. sér. 3. Bd. 8.

Tafelerklärung.

Sämtliche Figuren mit Ausnahme von 81—84 sind mit gleicher Vergrößerung (700:1) gezeichnet.

- Fig. 1. Drei Mutterzellen von Chiasterbildungszellen, in zwei davon Karyokinesen.
- Fig. 2. Vier einzelne Chiasterbildungszellen (a noch ohne Kieselausscheidung; in den andern letztern um den Kern unsymmetrisch beginnend).
- Fig. 3. Mehrere Chiaster mit ihren Bildungszellen im Gewebe, I die einfachste Form, II und III mit knorrigten Enden, die Zelle spannend, IV die Zelle nur mehr anliegend.
- Fig. 4. Ausnahmsweise grosse Chiaster, I noch unvollendet in der Bildungszelle, II mit vielen Strahlen und zwei Kernen, III mit nur fünf Strahlen.
- Fig. 5. Vier Zellen, die die erste Entstehung der Spheraster zeigen.
- Fig. 6. Zwei Zellen mit dem Tetractinstadium des Spherasters (versch. Einstellung der Nadel).
- Fig. 7. Zelle mit etwas grösserem Spheraster.
- Fig. 8, 9, 10. Drei verschiedene Bilder von je zwei sich zur Verschmelzung anschickenden Tetractinen.
- Fig. 11. Der daraus resultierende Spheraster mit 2 anliegenden Zellen.
- Fig. 12, 13, 14. Weiteres Wachstum mit dazukommenden Parenchymzellen.
- Fig. 15. Wachstum besonders an den Strahlen.
- Fig. 16. Wachstum darauf besonders am Centrum.
- Fig. 17. Kurz vor der Spheraster endgiltigen Ausbildung.
- Fig. 18 u. 19. „Schatten“ von Spherastern nach Auflösung durch Fluorwasserstoff mit den anliegenden Bildungszellen.
- Fig. 20. Amöboide Mutterzelle einer Stabnadelbildungszelle.
- Fig. 21. Anormalgrosser Skleroblast mit zahlreichen, kleinen Kieselconcrementen.
- Fig. 22. Drei normale Skleroblasten von Stabnadeln mit wenigen, immer mehr sich zusammenschliessenden Concrementen.

- Fig. 23. Erste Anlage des eigentlichen Stäbchens innerhalb einer Zelle.
- Fig. 24. Weiterwachstum mit mehreren Zellen.
- Fig. 25. Stabnadel der Knospe und
- Fig. 26, 27, 28. Stabnadelstücke des Erwachsenen mit gleicher Vergrößerung.
- Fig. 29 u. 30. Stücke von Stabnadeln im eben angesetzten Schwämmchen nach Kieselauflösung durch Fluor; in 29 epithelialer, in 30 mehr syncytialer Zellenbelag.
- Fig. 31 u. 32. Sehr starke Vergrößerung zweier Skleroblasten mit der ersten Anlage des Concrements innerhalb einer Vacuole, um die sich die Körner sammeln.
- Fig. 33. Zwei Tetraster mit ihren Zellen, die sich zur Spherasterbildung aneinanderlegen, bei starker Vergrößerung, die Mittelteile sind bereits verschmolzen.
- Fig. 34. Einige später auflagernde Zellen an den Spherastern bei sehr starker Vergrößerung.

