

Abhandlungen
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung

Neue Folge. Heft 12

1932

Über den Bau der Peripyleen
(Sphaeroideen)

von

Richard Hertwig

Nebst 5 Tafeln

Vorgetragen in der Sitzung vom 4. Juni 1932

München 1932

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

INHALT.

r. Allgemeine Orientierung über den Aufbau der skelettführenden Peripyleen	6
2. Spezieller Teil	9
I. Die Gattung Spongosphaera	9
II. Arachnosphaera, Heliosphaera	13
Oktodendron	16
III. Peripyleen mit Zentralkörper	20
A. Formen mit zentral gelagertem Kern: Haliomma, Rhizosphaera, Rhizospongia	20
B. Formen mit exzentrisch gelegenen Kern: Arachnorhiza	29
3. Besprechung der mitgeteilten Beobachtungen	32
4. Tafelerklärung	37
5. Literatur	40

Einen Erholungsaufenthalt, den ich im Winter 1912/13 in Orotava auf Teneriffa genommen hatte, hatte ich benutzt, um reichliches pelagisches Material einzusammeln. Ich benutzte dasselbe, um den Beweis für die von mir früher vertretene, von den verschiedensten Seiten aber immer wieder in Zweifel gezogene Angabe zu führen, daß bei manchen *Acanthometreen* die Einkernigkeit sich bis in späte Entwicklungsstadien erhält, bei anderen auf mittleren Stadien zur Vielkernigkeit umgewandelt wird. Ich habe über diese Untersuchungen in zwei früheren Arbeiten berichtet.

Beim Aussuchen der für meine Untersuchungen nötigen *Acanthometreen* hatte ich Gelegenheit, mich vom Reichtum an anderweitigen Radiolarien zu überzeugen. Unter ihnen fehlten allerdings merkwürdigerweise die *Monopyleen* so gut wie ganz, was sehr bedauerlich war, da dieselben dringend einer erneuten Untersuchung bedürfen. Auf die *Tripyleen* verzichtete ich, da über sie die vortrefflichen Forschungen von Borgert, Haecker u. a. viele interessante Tatsachen gefördert haben. Dagegen konzentrierte ich mein Augenmerk auf dieskelettbildenden *Peripyleen* oder, wie Haeckel sie später genannt hat, *Sphaeroideen*. Ich wurde hierzu um so mehr veranlaßt, als ich gleich von Anfang auf äußerst interessante Organisationsverhältnisse aufmerksam wurde. Der Fortgang der Untersuchungen ergab denn auch eine überraschende Mannigfaltigkeit des Baues, wie ich sie nicht erwartet hatte. Da die *Peripyleen*, abgesehen von den *Acanthometreen*, das Hauptkontingent unter den Radiolarien bilden, haben sie im Lauf der Zeit sehr häufig Berücksichtigung gefunden, namentlich bei den Bearbeitungen des Materials, welches von den großen Forschungs-Expeditionen mitgebracht worden ist. So hat Haeckel das Material der „Challenger“-Expedition, Haecker und Mast das Material der „Valdivia“, Popofsky das Material der „Gauß“ untersucht. Merkwürdigerweise wurde dabei fast nur die ungeheure Mannigfaltigkeit der Skelette berücksichtigt, der Weichkörper wurde so gut wie ganz vernachlässigt. Die Angaben, die hierüber gelegentlich gemacht werden, sind äußerst dürftig und bleiben sogar im großen und ganzen hinter den Feststellungen zurück, die ich in meiner Schrift „Der Organismus der Radiolarien“ gemacht habe. Im folgenden habe ich daher wenig Veranlassung, auf die Angaben früherer Autoren zurückzugreifen.

Meiner Untersuchung waren gewisse Schranken gezogen durch die Natur der mir zur Verfügung stehenden Ausbeute. Am meisten bedauere ich, daß ich über keine Untersuchungen an lebenden Tieren verfüge. Sie wären dringend erwünscht gewesen, nachdem ich die Untersuchungen an konserviertem Material zum Abschluß gebracht hatte. Ich muß diesen Teil jüngeren Kräften überlassen, die in ihrer Bewegungsfreiheit noch nicht durch die Hemmungen des Alters beschränkt sind.

Aber auch der Zustand des konservierten Materials zog der Untersuchung Grenzen. Wie ich schon in meinen *Acanthometreen*-Arbeiten hervorgehoben habe, hatte ich die pelagische Ausbeute im Ruderboot gleich nach dem Fang, also unter ungünstigen Bedingungen konserviert. Anfangs benutzte ich vorwiegend Formol, das, wie ich aus früheren Erfahrungen wußte, gute Resultate liefert, später auch Pikrinessigsäure. Auf die etwas verwickeltere Konservierung in Osmiumsäure mit darauffolgender Färbung in Bealeschem Karmin, die mir früher vorzügliche Dienste geleistet hat, habe ich leider verzichten müssen.

Aber auch das in Formol und Pikrinessigsäure konservierte und später in 70% Alkohol aufgehobene Material hat nicht das geleistet, was sich hätte erzielen lassen, wenn es unmittelbar verarbeitet worden wäre. Vielerlei Umstände, besonders die Unruhen und Sorgen des bald nach meiner Rückkehr von Teneriffa ausbrechenden Weltkriegs und die an ihn sich anschließenden unheilvollen Wirren der Revolution ließen es zu keiner geregelten Arbeit kommen. So blieb die Ausbeute meines Teneriffa-Aufenthalts über ein Jahrzehnt unbenutzt. Wie ich schon in meinen *Acanthometreen*-Arbeiten hervorgehoben habe, hat die Färbefähigkeit der Objekte dadurch erheblich gelitten. Namentlich stellte es sich heraus, daß die üblichen Kernfärbemittel, Karmin und Hämatoxylin, vollkommen versagten. Ich habe mich daher entschlossen, mich auf Verwendung des Heidenhain'schen Eisenhämatoxylinverfahrens zu beschränken, wodurch es notwendig wurde, Schnitte anzufertigen, was allerdings mit Rücksicht auf die Undurchsichtigkeit der meisten Exemplare ohnehin notwendig geworden wäre. Auch hätten sich feinere Organisationsverhältnisse nur auf Schnitten feststellen lassen. Der Schwierigkeit, die durch die Kleinheit der Objekte bedingt war, suchte ich auf verschiedene Weise zu begegnen. Das einfachste Verfahren ist, die für das Schneiden bestimmten Radiolarien nicht von dem Mulder zu reinigen, in dem sich jede pelagische Ausbeute befindet. Um sie aufzufinden, färbte ich ein größeres Quantum des Mulders in Boraxkarmin und überführte es in Nelkenöl, um es unter dem Präpariermikroskop auf seine brauchbaren Bestandteile zu prüfen und, so weit es für die Bestimmung nötig war, einigermaßen zu säubern. Für die allerjüngsten Stadien besonders der *Spongosphæren* war das das einzig brauchbare Verfahren, da ich sie nur unter Anwendung der stärksten Vergrößerungen (Zeiß 90 Sucherokular 2) auffinden konnte. Große Exemplare habe ich auch herauspräpariert und einzeln geschnitten. Um sie beim Einbetten nicht zu verlieren, habe ich sie mit Eiweiß auf dünne Schnitte von Holundermark oder feines Seidenpapier aufgeklebt. Die mit Eisenhämatoxylin gefärbten Schnitte habe ich meistens noch mit Eosin nachgefärbt.

Schließlich muß ich noch einen Punkt erwähnen, der die Möglichkeit, mit den gewöhnlichen Färbeverfahren Erfolge zu erzielen, beeinträchtigt hat. Wie ich schon hervorgehoben habe, habe ich die meisten *Peripyleen* gesammelt, als ich noch mit der Untersuchung der *Acanthometreen* beschäftigt war; ich mußte daher ihre Verwertung einstweilen zurückstellen. Da der zur Untersuchung verwandte Radiolarienmulder schon in Nelkenöl übertragen war, mußte ich den zunächst noch nicht zur Verwendung kommenden Teil einstweilen in Nelkenöl aufbewahren. Ich habe den Eindruck gewonnen, daß dieses Verfahren der Färbbarkeit ebenfalls abträglich gewesen ist.

ALLGEMEINE ORIENTIERUNG ÜBER DEN AUFBAU DER SKELETTFÜHRENDEN PERIPYLEEN.

Wenn wir von den äußerst seltenen Fortpflanzungszuständen absehen, die zur Gametenbildung führen, sind die *Peripyleen* einkernig. Bisher waren nur Formen bekannt, bei denen dieser Kern genau im Zentrum liegt und demgemäß eine kugelige Form besitzt.

Nur bei der Gattung *Oktodendron* hatte Haeckel einen schwach exzentrischen Kern beobachtet, aber mit Unrecht vermutet, daß diese Lage durch schlechte Konservierung veranlaßt sei. Tatsächlich ist aber die Exzentrizität normal und durch die später zu besprechenden Strukturverhältnisse des intrakapsularen Protoplasmas veranlaßt. Sie leitet über zu den allerdings nicht häufigen und daher bisher ganz übersehenen Formen, bei denen der Kern nicht nur exzentrisch ist, sondern auch die Kugelform aufgibt und sich verästelt.

Ganz außerordentlichen Verschiedenheiten unterliegt die Konstitution des Kerns. Ich wüßte keine Tierabteilung, in der so große Unterschiede innerhalb nahe verwandter Formen vorkommen.

Bei den *Arachnosphaeren*, denen sich offenbar die übrigen *Heliosphaeriden* anschließen, ist der Kernraum fast vollkommen von einem kompakten Binnenkörper angefüllt, der sich intensiv färbt und eine komplizierte Struktur besitzt. Ähnlich verhält sich die Gattung *Oktodendron*. Andererseits sieht der Kern der *Spongospaeren* wie eine helle Blase aus, in der sich nur kleine, spärlich sich färbende Körnchen befinden. Eine mittlere Stellung nehmen *Rhizosphaera* und *Haliomma* ein, sowie einige von mir neu zu beschreibende Formen.

Neu für die Histologie der *Radiolarien* ist der Nachweis eines Zentralkörpers, der eine überraschende Ähnlichkeit mit dem Zentralkörper der *Heliozoen* besitzt und wie dieser Ausgangspunkt von radialen Fäden ist, die sich eine Strecke weit in die intrakapsuläre Sarkode verfolgen lassen und hier mit einer Anschwellung enden. Ich zweifle nicht, daß es sich bei ihnen um Axenfäden von Pseudopodien handelt, die infolge der Konservierung sich zurückgezogen haben. Wenn der Kern eine zentrale Stellung einnimmt, liegt der Zentralkörper in seinem Mittelpunkt. Eine subzentrale Stellung nimmt der Zentralkörper auch dann ein, wenn der Kern in die Peripherie verschoben ist; er ist von diesem also völlig unabhängig. Überraschend ist, daß bei den meisten untersuchten Arten die Existenz des Zentralkörpers mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, was seine physiologische Deutung sehr erschwert, so bei den *Heliosphaeriden*, *Spongospaeren*, *Arachnosphaeren* und sogar bei den *Oktodendren*, bei denen das intrakapsuläre Protoplasma eine ganz auffallende radiale Orientierung zu einem Punkt am zentralen Ende des Kerns zeigt.

Eine ähnliche, wenn auch keineswegs so ausgesprochene zentralisierte Anordnung seiner Teile zeigt auch, wie ich das schon früher beschrieben und abgebildet habe, der Kapselinhalt anderer *Sphaeroideen*, nur mit dem Unterschied, daß hier der Kern das Ausstrahlungszentrum bildet. Sie findet sich auch als eine vorübergehende Einrichtung bei Formen, bei denen später nichts davon zu erkennen ist und der Kapselinhalt eine wolkige oder vakuolisierte Struktur besitzt, wie sie für die Thalassikollen charakteristisch ist.

Vom feineren Aufbau des Protoplasma sei erwähnt, daß es durchsetzt ist von Körnchen, die sich in Eisenhämatoxylin stark färben. Sie sind Veranlassung, daß der Kapselinhalt auf Schnitten, die mit Eisenhämatoxylin behandelt waren, intensiv schwarzblau erscheint. Die Körnchen haben die Tendenz, sich zu kleineren und größeren Klumpen zusammenzuballen. Sie können zu scharf umschriebenen Kugeln zusammentreten oder Grundlage der später zu besprechenden Krystalloide liefern. Ich werde sie *Chromidien* nennen, und zwar mit Rücksicht auf ihre genetischen Beziehungen zum Kern. Besonders klar bei

Spongospaera läßt sich nämlich erweisen, daß sie aus dem Kern stammen. Hier begegnet man ihnen als rundlichen oder traubenförmigen Gruppen intensiv sich färbender Körnchen in einem völlig achromatischen Retikulum. Mit aller nur wünschenswerten Deutlichkeit kann man feststellen, daß sie zwar im Retikulum gebildet werden, sich aber von demselben ablösen und in das Protoplasma gruppenweise übertreten und mit ihm sich vereinigen. Die Chromidien der Zentralkapsel werden nach der Peripherie verlagert und treten durch die Kapselmembran in den extrakapsularen Weichkörper, wo sie untereinander verklumpen und Körper von verschiedener Gestalt erzeugen, die ich für Sekretkugeln halte. Ich habe hier meine Auffassung der einschlägigen Verhältnisse skizziert. Das Beweismaterial für sie müssen die später darzustellenden Einzelbefunde liefern. Demselben fehlt eine mikrochemische Begründung, die ich, wenn es mir möglich ist, später noch nachliefern werde. Hier sollten allerdings Experimente am lebenden Tier einsetzen, deren Durchführung jedoch voraussichtlich auf große Schwierigkeiten stoßen wird und nur bei Arbeiten am Meer möglich ist.

Bei den bisherigen Darstellungen der Radiolarien hat man an der für *Protozoen* geltenden Auffassung festgehalten, daß die intrakapsulare Sarkode ein einheitliches Ganze bildet. Dieselbe wurde einigermaßen in Frage gestellt durch die von mir schon in meinen ersten Radiolarien-Untersuchungen mitgeteilte Tatsache, daß der Kapselinhalt mancher Arten aus zahlreichen nebeneinander stehenden radialen Keilen besteht. Durch meine neueren Untersuchungen hat sich nun herausgestellt, daß der Zusammenhang der Teile bei vielen Radiolarien entweder dauernd oder vorübergehend in einem Grade gelockert ist, daß es schwer fällt sich vorzustellen, daß ein einheitliches Funktionieren noch möglich ist. Bei *Oktodendron* sind die radialen Keile so scharf voneinander getrennt, daß sie leicht auseinanderfallen und daß sie sogar sich überkreuzen können. Bei *Arachnosphaera* wird auf vorgerückten Entwicklungsstadien der Kapselinhalt in zahllose rundliche Körperchen zerlegt, die locker in einem Gerüst von Fäden liegen. Freilich, die Einheitlichkeit des für die Funktion ausschlaggebenden extrakapsulären Weichkörpers wird davon nicht berührt. Mir scheint es überhaupt, daß durch die Anwesenheit einer den zentralen Weichkörper umschließenden und vom Wechselspiel mit der Außenwelt abtrennenden Kapselmembran physiologische Verhältnisse besonderer Art geschaffen werden. Auch die merkwürdigen, wie wir sehen werden, periodisch verlaufenden Wanderungen der Chromidien sind so zu erklären.

Zum Schluß noch einige Worte über die gelben Zellen. Wie wir jetzt wissen, bilden sie im Organismus der Radiolarien ein sehr wechselndes Element. Ich vermißte sie bei manchen Arten, wie *Arachnosphaera*, *Oktodendron* und den meisten *Spongospaeren*. Bei einer *Spongospaeride*, die durch Mangel einer zentralen Gitterkugel sich von der Gattung *Spongospaera* unterschied und wahrscheinlich dem von Haeckel aufgestellten Genus *Spongiomma* angehörte, waren sie dagegen in kolossalen Mengen vorhanden. Bei den *Rhizospaeren* waren sie oft spärlich, in anderen Fällen sehr zahlreich. Wahrscheinlich spielt bei ihrer Verbreitung die Tiefe, aus der die Exemplare stammten, eine größere Rolle. Im folgenden werde ich sie ganz unberücksichtigt lassen.

SPEZIELLER TEIL.

I. DIE GATTUNG SPONGOSPHAERA.

In seinen Monographien unterscheidet Haeckel im Anschluß an Johannes Müller zwei Arten der Gattung *Spongospaera*, *Sp. streptacantha* und *Sp. polyacantha*. Ich werde in der folgenden Darstellung zwischen beiden Arten keine Unterschiede machen, da die mir zur Untersuchung dienenden Exemplare durch die vielfältige Reagentienbehandlung in ihren Skelettmerkmalen gelitten hatten und auf den Schnittpräparaten noch weniger für eine differenzielle Diagnose zu gebrauchen waren. Auch kommt für die folgende Darstellung die Artunterscheidung nicht in Frage, da in dem Bau des Weichkörpers eine vollkommene Übereinstimmung herrschte und die sich ergebenden beträchtlichen Unterschiede ausschließlich durch das Alter der Tiere bedingt waren. Es ist mir nämlich gelungen, eine fortlaufende Entwicklungsreihe zu gewinnen und zu schneiden von minimalen, nur in gefärbtem Nelkenöl-Material auffindbaren Exemplaren bis zu Exemplaren, deren Maße den in der Literatur vorliegenden nur wenig nachstanden. Nur war dabei zu bedauern, daß von Tieren in Schwärmerbildung oder in Vorbereitung zu ihr trotz eifrigsten Suchens kein einziges Exemplar zu finden war.

In meiner Schrift „Der Organismus der Radiolarien“ habe ich schon eine kleine *Spongospaera* abgebildet, bei der aber die beiden zentralen Gitterkugeln schon vom Kern umschlossen waren, die Zentralkapsel weit darüber hinausreichte und zu den zentralen Gitterkugeln sich ein ansehnliches von Radialstacheln gestütztes spongiöses Kieselgerüst hinzugesellte. An dem mit Osmiumessigsäure konservierten und mit Beales Karmin gefärbten Tier war der Kern durch stärkere Rotfärbung vom Plasma der Zentralkapsel unterschieden und hatte ein durchaus gleichförmiges Ansehen. Der Kapselinhalt zeigte die von mir auch von anderen Periphyleen beschriebene Struktur in radialen Keilen.

Die im folgenden zu beschreibenden Jugendstadien sind wesentlich jünger. Ihr in den Abbildungen nicht dargestelltes Skelett bestand aus den beiden zentralen Gitterkugeln mit wenigen anschließenden Gitterbälkchen und den Anfängen von Radialstacheln. Die Zentralkapsel hatte bei dem kleinsten der zu besprechenden Exemplare einen Durchmesser von 0,04 mm, also dieselben Dimensionen wie die äußere Gitterkugel; bei den übrigen war sie nur wenig größer. Die Grenzen des Kerns fallen so ziemlich mit den Grenzen der inneren Gitterkugel zusammen. Was ich über Struktur des Kerns, der Zentralkapsel und des extrakapsularen Weichkörpers mitteilen kann, bezieht sich ausschließlich auf Schnittpräparate, die mit Eisenhämatoxylin gefärbt waren; sie haben das Gemeinsame, daß das färberische Verhalten von Kern und Protoplasma wenig unterschieden war, was mit der starken Färbbarkeit des Kerns zusammenhängt und im Gegensatz zu allen späteren Zuständen steht. Im Kern fanden sich Chromidialklumpen vor, die durch ihre stärkere Färbbarkeit sich von ihrer Umgebung absetzten, bei einigen Exemplaren schon die Tendenz zeigten, sich in Körnchenhaufen aufzulösen. Die intrakapsulare Sarkode war fleckig von Anhäufungen von Chromidialkörnchen, gleichförmig oder von Vakuolen durchsetzt oder bestand aus einzelnen undeutlich gegeneinander abgesetzten Stücken, wie sie auf späteren Stadien noch deutlicher hervortreten (Tafel I, Fig. 1—4).

Während von den kleinsten *Spongosphæren* mir nur wenige Exemplare zur Verfügung standen, ist die Zahl der Exemplare eine sehr große, deren Zentralkapseln Durchmesser von 0,06 bis 0,08 mm hatten, deren Kerne 0,03—0,04 maßen. Bei ihnen ist der Aufbau der Zentralkapseln aus keilförmigen Stücken (Fig. 8 u. 10) sehr deutlich, besonders deutlich auf Flächenschnitten, die ein Mosaik ergeben, wie wir es von Zylinderepithelien kennen (Fig. 11). Die Radialstücke sind von verschiedener Breite, scharf gegeneinander abgesetzt und reichen von der Kapselmembran bis an den Kern. Wenn einzelne Keile sich nicht durch den gesamten Zwischenraum zu erstrecken scheinen, hängt das wohl sicher damit zusammen, daß sie bei ihrem unregelmäßigen Verlauf nur angeschnitten waren.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten des Kerns. Infolge seiner Vergrößerung umschließt er nunmehr beide zentralen Gitterkugeln. Er ist noch reich an Chromidienklumpen, die besonders die Kernperipherie einnehmen. Hier ragen sie oft über die Oberfläche des Kerns hervor, so daß dieser in Zipfel ausgezogen ist, die sich zwischen die protoplasmatischen Keile der Zentralkapsel einschieben oder mit ihren basalen Enden sich vereinigen (Fig. 10 u. 8). Nicht selten sind die Fälle, in denen die Vereinigung des Kerns mit den Enden der basalen Keile in weiter Ausdehnung statthat, so daß die Grenze von Kern und intrakapsulärer Sarkode vollkommen verwischt wird. Lassen sich schon diese Verhältnisse nicht anders deuten als durch die Annahme, daß die Chromidienhaufen des Kerns auswandern und in die intrakapsuläre Sarkode übertreten, so wird die Annahme eines genetischen Zusammenhangs von Kern- und Plasmachromidien durch folgende weitere Bilder wohl außer Zweifel gestellt. Die nuklearen Chromidienhaufen bestehen auf den weiter vorgeschrittenen Entwicklungsstufen der *Spongosphæren* aus gleichmäßig feinen Körnchen, die zu Haufen vereint sind. Sehr häufig sind die Haufen nach dem Zentrum des Kerns zu in feine Zipfel ausgezogen (Fig. 7). Letzteres scheint es mir wahrscheinlich zu machen, daß sie in den inneren Teilen des Kerns entstehen und von hier aus nach der Kernperipherie verschoben werden. Es kommt nun vor, daß Chromidialhaufen, welche schon mit der intrakapsularen Sarkode verschmolzen sind, mit einem Fortsatz bis in das Bereich der inneren Gitterkugel hineinreichen. Noch überzeugender sind folgende Bilder, die auch auf späteren Stadien, in denen die Umwandlung nuklearer in plasmatische Chromidien weniger lebhaft ist, vorkommen und hier sogar die Regel bilden: die peripheren Chromidialhaufen haben sich vom Kerngerüst abgeschnürt und sind durch einen lichten Spalt von ihm getrennt. In manchen Fällen können diese abgeschnürten Chromidialhaufen mit den Plasmakeilen schon verbunden sein, aber noch in den Kern hineinragen (Fig. 7 u. 8). Das führt endlich zu Zuständen, auf denen die Plasmakeile eine Strecke weit in das Kerninnere vordringen. Die Verlängerung der Protoplasmakeile in das Kerninnere ist auf weiter vorgerückten Stadien noch viel ausgesprochener, weshalb ich sie hier gleich vorwegnehme. Am schönsten konnte ich sie beobachten bei einer *Spongosphæra*, deren Kapsel schon 0,17 mm, deren Kern 0,06 mm maß (Fig. 6). Die Keilstränge der Zentralkapsel hatten hier, wie es bei größeren Tieren immer der Fall ist, an Deutlichkeit der radialen Anordnung verloren, indem sie sich durch Querbrücken verbunden und nach der Peripherie verästelt hatten, so daß der Kapselinhalt ein mehr wolkiges Aussehen gewonnen hatte. Innerhalb des allgemeinen lockeren Gefüges lag ein Bündel von radialen, scharf voneinander abgesetzten Strängen, die an beiden Enden, nach der Kapselmembran und

dem Kerninneren, konvergierten. So entstand ein Körper, der in seinem Aussehen etwas an die Sinnesknospen der Wirbeltiere erinnerte. In der Deutlichkeit, in der ich die Struktur abgebildet habe, habe ich sie nur einmal beobachtet, offenbar weil die Schnittrichtung eine außergewöhnlich günstige war und in der Axe des Bündels verlief. Einmal auf die merkwürdige Struktur aufmerksam geworden, habe ich sie noch zweimal, allerdings in einem nur mühsam erkennbaren Zustand, aufgefunden. Das Bild war undeutlich, weil die Schnittrichtung die Axe des Bündels gekreuzt hatte. Man muß daher mit der Möglichkeit rechnen, daß die Bündelstruktur eine allgemein verbreitete Erscheinung ist, die nur bei einer bestimmten und selten zu treffenden Schnittrichtung erkennbar wird. Die homaxone Symmetrie des Spongospaeridenkörpers würde damit zur Radialsymmetrie modifiziert werden.

Was die späteren Entwicklungszustände der *Spongospaeren* anlangt, d. h. Tiere von 0,1 bis 0,3 mm Kapseldurchmesser, habe ich vornehmlich über drei Umgestaltungen zu berichten: 1. Der Kern verarmt an Chromidien, so daß er auf Querschnitten immer mehr als eine lichte Partie inmitten des von Chromidien überfüllten und daher stark sich färbenden Kapselinhalts erscheint. Immerhin kommt die Produktion und die Auswanderung von Chromidialhaufen nicht völlig zum Stillstand. Nach wie vor begegnen wir Chromidialhaufen (Fig. 7), die sich auf den verschiedensten Stadien der Loslösung vom Kern und in Überwanderung in das Protoplasma befinden, wie das die Figur von einem Tier mit 0,18 mm großer Zentralkapsel zeigt. Aber es sind dann innerhalb einer Serie immer nur ein oder zwei Schnitte, die durch die Struktur ausgezeichnet sind. 2. Die Radialstruktur des Kapselinhalts wird immer undeutlicher und wird schließlich durch eine wirre Anordnung kürzerer und längerer, knotig angeschwollener, verästelter und gelegentlich anastomosierender Stränge ersetzt, was ich oben schon als wolkige Anordnung bezeichnet habe. 3. Noch auffälliger ist eine dritte Erscheinung, das Auftreten von kristalloiden Körperchen, die sich in Eisenhämatoxylin besonders stark färben und daher sehr auffallen. Nach meinen Erfahrungen treten sie zum erstenmal bei Tieren auf, deren Zentralkapsel einen Durchmesser von 0,15 mm besitzt. Auf großen, ausgewachsenen Tieren werden sie nie vermißt. Es sind quadratische Plättchen von sehr verschiedener Größe; die kleinsten sehen noch wie Körner aus, bei den größten messen die Seiten des Quadrats 0,008 mm (Fig. 5, 13). Häufig sind Zwillingsbildungen; ja es können drei bis vier von verschiedener Größe untereinander verbunden sein. Zahlreiche Übergangsbilder scheinen mir sicher zu beweisen, daß sie aus den Chromidien der intrakapsulären Sarkode hervorgehen, also nicht aus anorganischem Material bestehen, eine Annahme, die ich durch Glühversuche weiter zu bestätigen versucht hätte, wenn nicht meine herabgesetzte Sehschärfe und die Beschränktheit meines Materials die immerhin mit technischen Schwierigkeiten verbundene Methode mir unmöglich gemacht hätten. Eine mikrochemische Untersuchung habe ich nicht ausgeführt, doch geht aus der Anfertigung der Präparate hervor, daß ihre Substanz weder in Wasser noch Alkohol, auch nicht in Eisenaalaun löslich ist. Was nun die Entstehung aus Chromidien anlangt, so wird sie durch folgende Übergangsformen bewiesen. Zur Zeit, in der die Kristalloide in die Erscheinung treten, schließen sich die sonst mehr diffus verbreiteten Chromidialkörnerchen zu Ballen zusammen. Manche dieser Ballen nehmen scharf umschriebene, von geraden Konturen begrenzte Figuren an; ihr Inneres hellt sich auf und gewinnt die homogene Beschaffenheit der Kristalloide. Im gleichen Maß, als sich die

Kristalloide vermehren, büßen die Plasmastränge ihre Färbbarkeit ein, was sehr dazu beiträgt, daß die Kristalloide im Bild in den Vordergrund treten. Sie machen sich im Umkreis des Kerns zuerst bemerkbar und sind dauernd hier am reichlichsten; in manchen Fällen schienen sie auch in den peripheren Partien des Kerns ihre Entstehung zu nehmen. Bei der Unsicherheit, Kern und Plasma scharf gegeneinander abzugrenzen, kann ich mich mit Bestimmtheit darüber nicht äußern. Das Hauptverbreitungsgebiet der Kristalloide ist der Umkreis des Kerns und ist bei mittelgroßen Tieren auf diesen beschränkt; bei großen Exemplaren reicht es bis halbwegs zwischen Kapselmembran und Kernoberfläche. In den peripheren Partien der Zentralkapsel habe ich keine Kristalloide gefunden. Bei stark differenzierten Eisenhämatoxylin-Präparaten können sie nicht übersehen werden, da sie die Färbung bewahren, während die plasmatischen Chromidien völlig entfärbt, wahrscheinlich sogar ganz rückgebildet sind.

Zum Schluß komme ich noch auf das Verhältnis des Kapselinhalts zum Extrakapsularium zu sprechen. Letzteres besteht aus einer breiten Gallertschicht, die wolkig getrübt ist und Einschlüsse enthält, die ich Sekretballen nennen möchte, da ich annehme, daß sie bei der Verdauung Verwendung finden. Bei allen von mir untersuchten *Peripyleen* kehren sie, wie ich schon hervorgehoben habe, in ähnlicher Beschaffenheit und Anordnung wieder. Sie bilden eine Lage, die von der Kapselmembran durch eine meist helle Zwischenschicht getrennt wird (Fig. 3). Die einzelnen Sekretballen sind bei größeren Tieren in radialer Richtung fadenartig in die Länge gestreckt und bestehen aus einem Substrat, das von Chromidien so vollgepfropft sein kann, daß sie gleichmäßig schwarzblau erscheinen. Gewöhnlich kann man in ihnen die einzelnen Chromidialkörner oder Chromidialfäden unterscheiden. Sie entstehen aus auswandernden Chromidien der Zentralkapsel. Bei anderen Radiolarien besonders schön bei *Haliommen* und *Rhizosphaeren* werden wir sehen, daß diese Auswanderung einzeln erfolgt, so daß die Kapselmembrane auf ihrer Oberfläche von ihnen wie gespickt erscheint. Ausnahmsweise habe ich gleiches auch bei den *Spongosphaeren* beobachtet. Die Regel ist es aber nicht. Gewöhnlich findet eine Massenauswanderung statt. An einigen Stellen ist dann die Abgrenzung der Zentralkapsel gegen den extrakapsularen Weichkörper vollkommen verwischt, während an anderen Stellen sie sehr deutlich ist (Fig. 9a u. b). Um diese Verhältnisse zu erläutern, habe ich von einem und demselben Tier, ja sogar von demselben Schnitt zwei Stellen abgebildet, welche den Unterschied besonders deutlich erkennen lassen. In der Figur 9a dringen die Massen der Zentralkapsel in den lichten Raum zwischen der Schicht der Sekretballen und der Kapselmembran vor; in der Figur 9b ist die Auswanderung beendet. Die ausgewanderten Chromidien haben sich zu kleinen Kugeln zusammengeballt, welche bis an die Sekretballen heranreichen und hier und da mit ihnen sich vereinigen. Ähnliche Bilder habe ich sehr häufig beobachtet.

Bei jungen *Spongosphaeren* fehlen die Sekretballen noch oder treten in Form unregelmäßig gestalteter kleiner Klumpen auf. Aber auch hier bilden sie eine Lage, die von der Kapselmembran durch eine helle Zwischenschicht getrennt ist (Fig. 4).

II. ARACHNOSPHERA, HELIOSPHERA, OKTODENDRON.

Eine zweite Gruppe unter den Peripyleen bilden die *Arachnosphaeriden* und *Heliosphaeriden*, denen sich ferner die Gattung *Oktodendron* anschließt, wenn sie auch in einigen wichtigen Merkmalen von den erstgenannten Formen abweicht. Das gemeinsame Merkmal der Gruppe, durch das sie sich sofort von den Spongosphären sowie von den später zu besprechenden Arten unterscheidet, ist die Struktur des Kerns. Denselben hatte ich schon früher als einen massiven, stark sich färbenden Körper mit einer größeren Anzahl Nukleoli beschrieben. Meine neueren Untersuchungen ermöglichen es mir, diese Charakteristik nach verschiedenen Richtungen hin zu ergänzen; sie beziehen sich besonders auf die Gattung *Arachnosphaera*, von der mir ein ziemlich umfangreiches Material auf verschiedenen Entwicklungsstufen zur Verfügung stand.

a) *Arachnosphaera*. Für die Arachnosphaeren ist charakteristisch, daß der Kern von einer intrakapsular gelegenen Gitterkugel umgeben ist, deren feine Skelettbrücken sehr regelmäßige hexagonale Maschen umschließen. Von dieser inneren Gitterkugel gehen radiale Stäbe aus, die außerhalb der Zentralkapsel durch weitere Gitterkugeln von gleicher Beschaffenheit untereinander verbunden sind. Zuäußerst sind die Gitterkugeln durch ein spinnewebenartiges Netz von Kieselfäden — daher der Gattungsname — ersetzt, die sich in lockerer Anordnung zwischen den Radialstäben ausspannen. Von der Gattung sind verschiedene Arten beschrieben worden. Die zur Aufstellung verschiedener Arten geltend gemachten Unterschiede sind auf meinen für das Studium des Skeletts ungeeigneten Schnittpräparaten schwierig oder gar nicht zu erkennen, so daß ich auf eine genaue Artbestimmung verzichte. Für meine die Beschaffenheit des Weichkörpers behandelnde Untersuchung ist dieselbe auch nicht nötig. Wahrscheinlich handelt es sich bei meinem Material um Haeckels *A. oligacantha*.

Der Kern von *Arachnosphaera* hat auf den verschiedenen Alterszuständen ein verschiedenes Aussehen. Bei jungen Tieren und Tieren, deren Zentralkapsel nicht über 0,16 mm mißt, ist er eine Blase, die von einer deutlichen Membran umgeben und von einem schwach gerinnenden Inhalt erfüllt ist (Tafel II, Fig. 3). In diesem Inhalt ist ein Binnenkörper suspendiert, der kleiner ist als die Kernblase und einen komplizierten Bau besitzt. Eine in Eosin sich rosa färbende Grundlage umschließt zahlreiche (bis zu 14) Nukleoli, deren Größe zwischen 0,002—0,01 mm schwankt; sie liegen in der Rindenschicht des Binnenkörpers, färben sich sehr intensiv in Eisenhämatoxylin und bleiben auch bei sehr starker Extraktion gefärbt. Außerdem ist die Grundsubstanz des Binnenkörpers ganz durchsetzt von feinkörnigem, in Eisenhämatoxylin ebenfalls sich stark färbendem Material, welches sich stellenweise zu dichteren Strängen und Netzen anhäuft. Von den Nukleoli bleibt sie durch eine schmale Zone getrennt, so daß diese in nach außen geöffnete Nischen des Binnenkörpers zu liegen kommen. Bei einem jungen Exemplar (Taf. II, Fig. 3) fand ich einmal einen etwas komplizierteren Bau eines Nukleolus, in dem er selbst wieder aus einem zentralen Körper und einer Rindenschicht, die durch eine lichte Zone voneinander getrennt waren, bestand.

Bei kleinen Exemplaren ist die Kernblase noch nahezu kugelig und auch der die Blase sehr unvollständig erfüllende Binnenkörper nähert sich der Kugelform. Bei größeren Tieren ist die Kernblase in Zipfel ausgezogen, was mir namentlich an einem Ende der Fall

zu sein scheint, und diese Zipfel dringen in das umgebende Protoplasma ein. Dann sendet auch der Binnenkörper Fortsätze aus, die hauptsächlich von seiner Grundsubstanz gebildet werden und den Zwischenraum zwischen seiner Oberfläche und der Kernmembran überbrücken (Fig. 1 u. 4). In dieser Weise scheint auch hier ein Übertritt von Kernchromidien in die intrakapsuläre Sarkode vermittelt zu werden, wenn ich auch nie so überzeugende Bilder erhielt, wie bei den *Spongospaeren*. An derartigen vorgeschobenen Brücken konnte ich trotz aller Bemühungen keine Kernmembran nachweisen. Bilder, wie ich sie in Figur 4 gegeben habe, sprechen dafür, daß ganze Nukleoli in die intrakapsuläre Sarkode überwandern können.

Es ist selbstverständlich, daß mit dem Wachstum der Zentralkapsel auch Kernblase und Binnenkörper an Masse zunehmen, der letztere dabei in stärkerem Maße als die erstere. Dieses ungleichmäßige Wachstum bringt es mit sich, daß schließlich der Binnenkörper die Kernblase vollkommen erfüllt (Fig. 2). Gleichzeitig schwindet die Kernmembran und der kugelig abgerundete Kern füllt seinen Raum in der Zentralkapsel vollkommen aus. Das Chromidialnetz wird infolgedessen aufgelockert; die Nukleoli bleiben erhalten, ob freilich alle, lasse ich dahingestellt, da ich einige Male Nukleoli antraf, die in körnigem Zerfall begriffen waren.

Mit dem Wachstum des Kerns und des gesamten Tiers verbinden sich Veränderungen in der Beschaffenheit der intrakapsulären Sarkode. Die kleinsten Exemplare, die ich in meinem Material auffand, besaßen einen Durchmesser der Zentralkapsel von 0,09 mm. Hier bestand noch der Kapselinhalt, ähnlich wie wir es von den *Spongospaeren* kennen gelernt haben, aus keilförmigen Stücken, die voneinander völlig getrennt waren und von der Kernoberfläche bis zur Kapselmembran reichten (Fig. 3). Daß auch hier wieder bei einem Querschnitt nicht alle Keile in ganzer Länge getroffen werden, hängt mit den geringen Abweichungen von einem direkt radialen Verlauf zusammen. In den einzelnen Keilen sind die Chromidialkörnchen im allgemeinen netzförmig angeordnet. Der Hauptsache nach die gleiche Anordnung fand ich auch noch bei einem Tier von 0,120 mm Kapseldurchmesser. Doch waren bei ihm schon die ersten Anfänge von drei Umänderungen bemerkbar: 1. der Verschmelzung der peripheren Enden der Keile zu einer kontinuierlichen Lage unter der Kapselmembran, 2. der Bildung von Chromidialkugeln, 3. der Bildung von Radialfäden.

Diese miteinander zusammenhängenden Umwandlungen des Kapselinhalts werde ich im folgenden von einem Tier mit einer 0,19 mm großen Zentralkapsel schildern (Fig. 2 u. 7). Bei diesem Tier war der Binnenkörper schon so weit herangewachsen, daß er den Kernraum vollkommen anfüllte. Von seiner kugeligen Oberfläche gingen, da die Kernmembran geschwunden war, unmittelbar Fäden aus, die in radialem, oft auch in etwas schrägem oder gebogenem Verlauf mehr oder minder weit nach außen vordrangen. Dazwischen lagerten Blasen, die die Chromatinkugeln umschließen, einzeln oder in Reihen zu größeren Komplexen verbunden, ferner körniges Protoplasma. Man kann durch allerlei Übergangsformen verfolgen, wie diese Strukturen aus den ursprünglich vorhandenen Protoplasmakeilen hervorgegangen sind. Die Chromidialkörnchen der letzteren verdichten sich zu Chromatinkugeln, die in Blasen eingeschlossen sind und verschiedene Größe besitzen. Indem die Plasmakeile sich in dieser Weise ihrer Chromidien entledigen, bleibt ihre Grundlage zurück und liefert die von der Kernoberfläche ausstrahlenden homo-

genen Fäden. Diese gehen oft an ihrem peripheren Ende in Plasmakeile über, die ihre frühere Beschaffenheit noch bewahrt haben, oder enden in trichterförmigen Erweiterungen. Der Umbildungsprozeß ist am weitesten gediehen im Umkreis des Kerns und hat hier wohl auch seinen Ausgangspunkt genommen. In der Kapselperipherie sind die Keile untereinander zusammengefloßen; vereinzelt treten auch hier die Blasen mit ihrem Inhalt von Chromatinkugeln auf.

Die gegebene Darstellung macht es verständlich, warum bei den größeren *Arachnosphaeren* von einem zusammenhängenden Kapselinhalt nicht geredet werden kann. Letzterer besteht vielmehr aus einer Anhäufung von Blasen und Bläschen, die in ihrem Innern größere oder kleinere Chromatinkugeln enthalten. Dieses Konglomerat (Fig. 5 u. 6) ist von homogenen Fäden durchsetzt, die zumeist radial verlaufen, in der Peripherie aber auch auf einem Tangentialschnitt gesehen der Oberfläche parallel angeordnet sind. Ähnliche Chromidialkugeln scheint auch Mast bei *Lychnophora regina* beobachtet zu haben. Ich deute in diesem Sinn seine Figur 77.

Die bisher geschilderten Verhältnisse ergeben ein in so hohem Maße einheitliches Bild, daß über die Zugehörigkeit zu derselben Art oder zwei nahe verwandten Arten kein Zweifel bestehen kann. Gleiches gilt von einem Exemplar, das zwar von dem Geschilderten erheblich abwich, aber offenbar, weil pathologische Veränderungen vorlagen. Die Zentralkapsel hatte einen Durchmesser von 0,15 mm, bestand aber gleichwohl noch aus radialen Keilen, ohne die geringsten Andeutungen, daß die Umbildung in Chromidialkugeln eingeleitet wäre. Auch die Struktur des Kerns war sehr abweichender Natur; er besaß die außergewöhnliche Größe von 0,07 mm und wurde vom Binnenkörper völlig ausgefüllt. Dessen Masse war im Innern von einem lichten Raum eingenommen und dadurch auf dem Querschnitt gesehen zu einem Ring zusammengedrängt, in dem die Nukleoli lagerten.

Über den extrakapsulären Weichkörper kann ich nur wenig sagen. Es liegen hier Verhältnisse vor, ganz ähnlich denen von *Spongospaera*; zeitweilig und lokalisiert auf einzelne Stellen wandern die Chromidien in Menge aus, so daß die Grenzen von Zentralkapsel und extrakapsularem Weichkörper sich verwischen, während an anderen Stellen die Kapselgrenze scharf gezogen ist.

Unter den von mir untersuchten *Arachnosphaeren* befand sich ein Exemplar, bei dem die Bildung von Zoosporen eingeleitet war, unter meinen vielen Radiolarien merkwürdigerweise das einzige, bei dem dieser Prozeß so weit vorgeschritten war, daß über seine Bedeutung kein Zweifel bestehen konnte. Ich entdeckte es in einer Schnittserie, ohne daß ich beim Einbetten auf es aufmerksam geworden war. Leider war es sehr zerstört, so daß ich keine Größenangaben machen kann. Aus den erhaltenen Skelettresten ließ sich aber mit Sicherheit erkennen, daß eine *Arachnosphaera* vorlag. Der Weichkörper des Tiers war stark extrahiert. In ihm lagen kleinere und größere ovale oder kugelige Kerngruppen teils in den Maschen der Gitterkugel, teils an die Radialstäbe angeklebt. Bis zur Bildung von Zoosporen selbst war es noch nicht gekommen (Fig. 8). Ganz ähnliche Bilder hat Mast von *Arachnosphaera increscens* gefunden und in gleichem Sinn gedeutet.

Anhang. Im Bau des Kerns und der Beschaffenheit des Protoplasmas wurde ich an die hier genauer besprochenen Zustände der *Arachnosphaeren* erinnert durch ein Radiolar, das ein total verschiedenes Skelett hatte, ein Skelett, das mehr Ähnlichkeit mit den *Spongospaeriden* hatte. Es bestand aus einem spongiösen Gerüst, in dem aber alle Radialstacheln

und auch die zentralen Gitterkugeln fehlten. Die etwas zusammengepreßte Zentralkapsel hatte einen mittleren Durchmesser von 0,18 mm und umschloß einen Kern von 0,08 mm. Derselbe war eine Kernblase mit einer in Eisenhämatoxylin intensiv gefärbten, stark in Falten gelegten Membran; sie wurde von einem Binnenkörper zum größten Teil ausgefüllt, der aus Strängen zusammengesetzt war, die an manchen Stellen zusammenhingen. Vorübergehend war ich der Ansicht, daß das Bild ein Kunstprodukt sei, hervorgerufen durch Pressung durch ein nicht genügend scharfes Messer, bin aber von ihr zurückgekommen und halte es für normal. Die Stränge waren durch Eosin gefärbt und enthielten größere und kleinere Klumpen und Haufen von tiefschwarz in Eisenhämatoxylin gefärbten Chromidien. Das umgebende Protoplasma bestand aus wirr angeordneten Strängen, in denen ähnlich wie bei *Arachnosphaera* Chromidialkugeln eingebettet waren. Der extrakapsuläre Weichkörper war durch großen Reichtum an gelben Zellen ausgezeichnet, während sie bei den von mir untersuchten *Arachnosphaeren* fehlten. Vielleicht gehört das besprochene Radiolar zur Gattung *Spongiomma*, für welche Haeckel und mit ihm in Übereinstimmung Mast angeben, daß für sie ein spongiöses Gerüst ohne zentrale Gitterkugel charakteristisch ist. Diese Schilderung würde auch für eine zweite von mir beobachtete *Spongospaeride* passen, deren Kern mit umgebendem Protoplasma ich auf Taf. I Fig. 12 abgebildet habe, bei der allerdings die ersten Anfänge einer zentralen Gitterkugel mir vorhanden zu sein schienen. Von der Gattung *Spongospaera* unterschieden sich beide Exemplare durch den massiven Kern.

Oktodendron.

Die Gattung *Oktodendron* mit der Art *O. cubocentrum* wurde von Haeckel für einige im Challenger-Material aufgefundene Radiolarien errichtet, die durch ein besonders eigenartiges Skelett charakterisiert waren. Von den acht Ecken eines zentral gelegenen kleinen, in der queren Richtung ausgezogenen Oktogons gehen acht Radialstacheln aus, die sich nach der Peripherie immer feiner verästeln. Vielfach verbinden sich die feinen Verästelungen untereinander, so daß ein an *Arachnosphaera* erinnerndes nur viel lockereres und in vielen Ebenen gelegenes Gespinnst entsteht. An einem Exemplar, das auch von ihm abgebildet wurde (Taf. XVIII, Fig. 3) war Haeckel die etwas exzentrische Lage des Kerns aufgefallen, doch vermutet er — wie wir sehen werden — mit Unrecht, daß diese exzentrische Lage wohl nur durch ungünstige Konservierung bedingt sei.

Das mir zur Verfügung stehende Material ist nicht sehr umfangreich; auch ist es zweifelhaft, ob es sich nicht auf verschiedene Arten verteilt; es hat den Vorteil, daß es aus Individuen von sehr verschiedener Größe und demgemäß auch verschiedener Entwicklungsstufe besteht. Die Zentralkapsel ist immer etwas in die Länge gestreckt; ihr größter Durchmesser mißt bei den kleinsten Exemplaren 0,110, bei den größten 0,3 mm, Zahlen, die jedoch nur annähernde Werte darstellen, da sie sich auf geschnittene Exemplare beziehen und da bei Schnitten keine Gewähr gegeben ist, daß gerade der größte Durchmesser getroffen wurde. Über die Kerngrößen lassen sich aus später zu erörternden Gründen keine vergleichbaren Maße geben.

Die exzentrische Lagerung des Kerns kann so bedeutend sein, daß das periphere Ende bei jungen Tieren bis nahe an die Kapselmembran heranreicht (Tafel II, Fig. 11); sie wird

durch zwei Momente bedingt: 1. durch die nahezu zentrale Lage des Skelettoktogens, welches stets außerhalb des Kerns liegt, 2. durch die strahlige Anordnung des Kapselinhalts, welche nach einem Punkt außerhalb des Kerns orientiert ist. Nach diesem Punkt ist auch die Kernaxe gerichtet. Hier liegt auch das Skelettoktagon, welches gleichsam einen Trageapparat für das zentrale Kernende bildet. Auf jungen und mittleren Entwicklungsstadien hat der Kern eine große Ähnlichkeit mit dem Kern der *Arachnosphaeren*; er ist eine Blase, die von einer sehr deutlich doppelt konturierten Membran umgeben ist, und umschließt einen flüssigen Inhalt, in dem ein Binnenkörper suspendiert ist. Das Größenverhältnis von Kernblase und Binnenkörper mögen einige Maße erläutern, bei denen zu beachten ist, daß beide in der Richtung des größten Kapseldurchmessers etwas verlängert sind: 1. Kernblase 0,06 mm, Binnenkörper 0,04 mm; 2. Kernblase 0,04 mm, Binnenkörper 0,03 mm. Der Binnenkörper enthält keine Nukleolen und ist an Eisenhämatoxylinpräparaten intensiv schwarz und gleichmäßig gefärbt. In einigen sehr stark extrahierten Präparaten besteht er aus einer in Eosin sich färbenden Grundlage und aus die blauschwarze Eisenhämatoxylinfärbung bewahrenden Chromidialkugeln, die zu gewundenen Fäden dicht aneinander gereiht sind. So entstehen Bilder, welche an die Chromosomen erinnern, wie sie im Leptotaenstadium vieler Eizellen auftreten.

Was nun den übrigen Kapselinhalt anlangt, so zeigt derselbe schon bei jungen *Oktoendren* eine scharfe Trennung in zwei Schichten, eine Rinden- und eine Markschiicht. Erstere setzt sich ähnlich, wie wir es bei jungen *Spongospaeren* und *Arachnosphaeren* kennen gelernt haben, zusammen aus radialen zylindrischen Strängen von geringer Dicke, die dicht nebeneinander verlaufen, aber in ganzer Ausdehnung voneinander getrennt sind. Diese scharfe Trennung ist besonders deutlich auf Schnitten, die durch die oberflächlichen Partien der Zentralkapsel geführt sind und daher Querschnitte durch die Radialstränge liefern. Man erhält dann ein Mosaik rundlicher oder polygonaler Körperchen. Das Bild ist besonders deutlich nach intensiver Eisenhämatoxylinfärbung, weil die Radialkeile reich sind an Chromidialkörnern und daher den Farbstoff energisch speichern. Nur am peripheren Ende tritt eine blasige Auflockerung der Keile ein (Fig. 13), so daß hier dicht unter der Kapselmembran eine lichte Zone bemerkbar wird (Taf. III, Fig. 11). Durch den Kern werden die Stränge auseinandergedrängt und so genötigt, ihn im Bogen zu umgreifen. Sämtliche Stränge konvergieren nach der inneren Schicht, der Marksubstanz, mit der sie zusammenhängen; sie gehen in das dichte Protoplasmanetz über, aus welchem diese besteht.

Die Marksubstanz ist namentlich bei älteren Tieren von bedeutender Mächtigkeit und umgreift halbmondförmig das zentrale Kernende. Da sie für die Radialstränge eine Art Austrahlungszentrum bildet, rechnete ich mit der Möglichkeit, daß in ihr ein Zentralkörperchen enthalten sei, wie wir es bei *Haliommen*, *Rhizospaeren* und anderen Radiolarien kennen lernen werden. Meine Bemühungen, ein solches aufzufinden, waren trotz der Gunst der Beobachtungsbedingungen vergeblich, so daß ich seine Existenz mit Sicherheit in Abrede stellen kann. Auch das in die Markschiicht hineinragende zentrale Kernende kann nicht als Anziehungszentrum für die strahlige Anordnung verantwortlich gemacht werden; es stößt unmittelbar an das Oktogon, welches für die Skelettstacheln den Ausgangspunkt bildet. In der gleichen Gegend finden sich kleine Körperchen in größerer Zahl, über deren Deutung ich nicht im klaren bin (vgl. Abb. III, Fig. 15). Es sind Stäbchen mit abgerundeten

Enden, die in Eisenhämatoxylin sich stark färben. So entstehen Kappen, die durch ein farbloses Mittelstück untereinander verbunden werden. Mir ist es zweifelhaft, ob sie dem Bau der *Oktodendren* angehören oder nicht vielmehr eingelagerte Bakterien sind, mit denen sie einige Ähnlichkeit besitzen. Auffallend ist, daß ich sie nur bei *Oktodendren* gefunden habe, hier aber konstant, in besonders großer Zahl bei dem sogleich zu besprechenden 0,3 mm großen Exemplar. Hier sind sie auch in der Rindenschicht (Fig. 10) verbreitet.

Die Rindenschicht unterscheidet sich von der Marksicht auf meinen Präparaten durch ihre starke Färbbarkeit, die durch die Einlagerung zahlreicher Chromidialkügelchen bedingt ist. Bei jüngeren Tieren sind dieselben noch gleichmäßig verbreitet mit Ausnahme der peripheren Enden, wo eine Auflockerung der Chromidialstruktur eintritt und blasige Anschwellungen entstehen, so daß unter der Kapselmembran die schon erwähnte lichtere Zone zustande kommt. Bei größeren Tieren erfahren die Chromidialkörnchen in den zentralen Enden der Radialstränge eine charakteristische Gruppierung. Sie drängen sich in den axialen Partien der Stränge zusammen und erzeugen so Axenfäden, wie das besonders schön auf Schnitten zu sehen ist, die senkrecht zum Verlauf der Stränge geführt sind. Die Axenfäden reichen nur eine Strecke weit und enden wie scharf abgeschnitten. Da sie alle auf gleicher Höhe enden, wird die Schicht der Radialstränge in eine innere und äußere Zone differenziert (Fig. 11, auch Fig. 10 u. 12).

Eine gesonderte Besprechung verlangen die beiden größten von mir untersuchten Exemplare von *Oktodendron*; sie weichen so sehr von den übrigen kleineren Exemplaren ab, daß man zweifelhaft sein kann, ob sie nur vorgeschrittenere Entwicklungszustände repräsentieren oder einer anderen Art angehören. Ich halte die erste Deutung für die wahrscheinlichere.

Verändert ist vor allem der Kern, welcher riesig vergrößert ist und anfängt, in Lappen auszuwachsen, worin ich die Anfänge von Verästelung erblicke, wie sie die Bildung von Sekundärkernen vorbereitet. Ich bespreche zunächst das größere, 0,3 mm ohne den gewaltigen extrakapsulären Weichkörper messende Exemplar. Sein Kern (Fig. 9, 12, 15) erstreckt sich durch sechs Schnitte, von denen drei zum Teil dargestellt sind. Der Unterschied von Kernblase und Binnenkörper ist noch erhalten. Erstere bildet sogar enorme Aussackungen, an denen es möglich ist, eine feinere Struktur zu erkennen. Auf Flächenansichten erscheint die Membran wie getüpfelt. Auf Querschnitten entsprechen den Tüpfeln kleine Erhabenheiten, deren Natur mir selbst bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen unklar geblieben ist. Keinesfalls handelt es sich um Teilchen der intrakapsulären Sarkode, die auf der Membran kleben geblieben sind. Vielleicht sind es aus dem Innern herausführende Kanälchen. Etwas Ähnliches scheint übrigens auch bei jungen *Oktodendren* vorzukommen. Doch waren die diesbezüglichen Bilder undeutlich.

Der Binnenkörper besteht aus einem Substrat und eingestreuten Chromidien. Wie auch bei *Arachnosphaeren* bilden letztere feinere und gröbere Körnchen, die in Haufen und Strängen sich durch die Grundsubstanz ziehen. Sie können so feinkörnig verteilt sein, daß sie eine diffuse Färbung des Binnenkörpers verursachen (Fig. 15). Nukleolen werden, wie auch bei den jüngeren Tieren, vermißt.

Ganz gewaltig ist die Marksicht entwickelt; sie umschließt das axiale Ende des Kerns mit einem mächtigen Lager, das von den inneren Partien der Radialstränge umfaßt wird (Fig. 15). Diese sind durch die axialen, stiftchenartigen Chromidialanhäufungen charak-

terisiert und sind da, wo sie die Oberfläche des Kerns erreichen, zu Bündeln angeordnet, die sich nach allen Richtungen durchkreuzen, so daß man auf demselben Schnitt Querschnitte, Schrägschnitte und Parallelschnitte der Bündel findet, ein Zeichen, welche Selbstständigkeit diese Plasmastrukturen gewonnen haben (Fig. 12). Die Abgrenzung der zentralen gegen die peripheren Abschnitte der Radialstränge ist wie auf früheren Stadien scharf gezogen. Besondere Erwähnung verdient es noch, daß die früher beschriebenen bakterienartigen Stäbchen eine weite Verbreitung besitzen und auch in der Rindenschicht sehr häufig sind.

Während die Beschaffenheit des Weichkörpers bei dem untersuchten Exemplar ebenso wie die Struktur des Skeletts und das Vorkommen der bakterienähnlichen Stäbchen die Zugehörigkeit oder nahe Verwandtschaft mit den beschriebenen kleineren *Oktodendren* sicherstellt, kann man bei dem zweiten Exemplar hierüber in Zweifel sein. Die Markschicht war bei ihm auf einen kleinen Körnerhaufen eingeengt (Fig. 15). Die nach diesem konvergierenden inneren Partien der Radialkeile ließen nichts von dem sonst so charakteristischen Axenfaden erkennen, während die peripheren Abschnitte mit den Befunden bei typischen *Oktodendren* gut übereinstimmten. Auch besaßen die Keile eine genau parallele radiale Anordnung. Am meisten abweichend war die Struktur des Kerns. Er war keine Kernblase mehr, da die Kernmembran sowohl als auch die Differenzierung in Binnenkörper und flüssigen Inhalt fehlten. Vielmehr zeigte der Kern eine völlig homogene Masse, in der intensiv gefärbte Ballen lagerten, in denen ich die zusammengedrängten Chromidien des Kerns erblicke. Sie waren stellenweise so oberflächlich, daß man bei manchen zweifelhaft sein konnte, ob sie überhaupt nicht außerhalb lagerten. Auch die Gestalt des Kerns war abweichend; er bestand aus einzelnen Lappen die nach außen breit, nach innen spitz ausgezogen waren, wobei die spitzen Enden nach dem zentral gelegenen Rest der Marksubstanz konvergierten. In dieser abweichenden Struktur des Kerns liegt allerdings kein Grund vor, das in Rede stehende Exemplar nicht in den Entwicklungsgang der *Oktodendren* einzubeziehen. Denn die gleiche Umbildung des Kerns aus einer mit einem Binnenkörper ausgerüsteten Blase in einen membranlosen homogenen Zustand haben wir ja auch bei den *Arachnosphaeren* kennen gelernt. Die schon bei dem zuvor besprochenen Exemplar eingeleitete Gestaltsveränderung des ovalen in einen gelappten Kern könnte man als die ersten Anfänge der Verästelung deuten, wie sie bei den später zu besprechenden *Peripyleen* die Fortpflanzung einleitet.

Der gegebenen Deutung der Befunde könnten Schwierigkeiten aus den Größenmaßen erwachsen, wenn man die beiden zuletzt besprochenen Exemplare untereinander vergleicht. Nach der Beschaffenheit von Kern und übrigen Weichkörper müßte man das zweite Tier für ein weiter fortgeschrittenes Entwicklungsstadium halten. Damit würde nicht übereinstimmen, daß es kleiner gewesen zu sein scheint als das erste, da ich den Durchmesser der Zentralkapsel auf nur 0,26 mm im Gegensatz zu 0,3 mm bestimmte. Vielleicht hängt dieser geringere Durchmesser mit der Schnittrichtung zusammen, da die Zentralkapseln der *Oktodendren* nicht kugelig, sondern in einer Richtung verlängert sind. Die Kernmaße würden dagegen gut stimmen, da die größten Dimensionen der einzelnen Lappen 0,06 mm betragen.

Über den extrakapsularen Weichkörper habe ich ähnliche Resultate erzielt wie bei *Spongosphaera*. Er war bei dem großen Exemplar ganz enorm entwickelt. In ihm lagerten

Sekretblasen von ganz außergewöhnlichen Dimensionen; sie waren an manchen Stellen so dicht zusammengedrängt, daß an meinen mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten die betreffenden Stellen des Extrakapsulariums tief schwarzblau gefärbt waren. Ich bringe diese ganz außergewöhnliche Entwicklung der Sekretblasen damit in Zusammenhang, daß das Extrakapsularium mit Nahrungsmaterial überladen war. In demselben befand sich auch eine halbverdaute Schizopoden-Blastula.

Häufig sind die Sekretblasen in spitze Fortsätze ausgezogen, in denen ein intensiv gefärbtes Korn eingelagert ist. Ähnliche Körner finden sich auch sonst, besonders auf der Oberfläche der Zentralkapsel oder in deren unmittelbarer Umgebung. Ich halte sie für ausgewanderte Chromidien der Zentralkapsel, die von den Sekretblasen aufgenommen werden und zu ihrer Vergrößerung verbraucht werden. Mit dieser Auffassung würde es gut stimmen, daß ich einmal das spitze Ende einer Sekretblase in die oberflächlichste Schicht der Zentralkapsel eingepflanzt fand.

III. PERIPYLEEN MIT ZENTRALKÖRPER.

Während bei den bisher betrachteten *Peripyleen* trotz ihrer oft sehr ausgesprochenen streng radialen Anordnung des Kapselinhalts Zentralkörper nicht vorhanden waren, finden sie sich bei einer Anzahl Gattungen vor, obwohl bei ihnen die radiale Anordnung des Kapselinhalts vermißt wird. Dagegen sind wie bei so vielen *Heliozoen* Axenfäden vorhanden, die von dem Zentralkörper entspringen und wahrscheinlich für einen Teil der Pseudopodien eine Art Stützapparat bilden. An meinem Material konnte ich allerdings die Axenfäden nicht soweit verfolgen; sie endeten im besten Fall halbwegs in der Zentralkapsel mit einer geringen Anschwellung, von der ich vermute, daß sie durch eine Schrumpfung der Fäden veranlaßt ist.

Innerhalb der zur Besprechung gelangenden Gruppe unterscheide ich zwei Untergruppen, indem in der einen der Kern seine zentrale Stellung bewahrt, während er in der zweiten ähnlich wie bei *Oktodendron* exzentrisch verlagert wird.

A. Formen mit zentral gelagertem Kern: *Haliomma, Rhizosphaera, Rhizospongia.*

1. *Haliomma*. Von dieser Gattung stand mir *Haliomma erinaceus* in verschiedenen Größen von 0,1 bis 0,17 mm Zentralkapseldurchmesser zur Verfügung. Im Bau des Weichkörpers ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede, desgleichen auch nicht im Bau des Kerns, dessen Größe im allgemeinen der Größe der Zentralkapsel proportional war und 0,034—0,06 mm betrug.

Der Kern der *Haliommen* ist, wie ich ihn schon früher geschildert und abgebildet habe, genau zentral gelegen, nahezu kugelig und umschließt die kleine Gitterkugel des Skeletts, von der die Radialstäbe zu der extrakapsulären Gitterkugel ausgehen (Taf. III, Fig. 9). Letztere ist von kurzen Stacheln bedeckt, war aber bei einem Teil der von mir untersuchten Tiere nicht erhalten. Auf kleine Unterschiede in ihrem Aufbau unterscheidet Haeckel zwei Arten *H. erinaceus* und *H. capillatium*. Für den Aufbau des Weichkörpers kommt diese Unterscheidung nicht in Betracht.

Durch seine starke Färbbarkeit erinnert der Kern (Fig. 7 u. 8) an den der *Arachnosphaeren*, unterscheidet sich aber von ihm in jeder sonstigen Hinsicht. Es fehlen die Nukleolen und, soweit ich es erkennen konnte, auch die Kernmembran. Die ihn zusammensetzende Masse ist feinkörnig und enthält kleine, oft geradezu pulverförmige Chromidialpartikeln; sie bildet eine dicke Rindenschicht, die eine lichtere zentrale Partie umschließt und sich gegen sie mit einer wellig verlaufenden Kontur abgrenzt, da sie nicht überall gleichmäßig dick ist. In keinem Fall konnte ich sichere Andeutungen finden, daß aus dem Kern Chromidien in das umgebende Protoplasma übertreten, da seine Konturen fast immer scharf gezogen waren. Ich zweifle aber nicht daran, angesichts der Tatsache, daß ich bei allen übrigen *Peripyleen* mit zentral gelegenen Kern die Erscheinung habe feststellen können.

Für einen Übertritt von *Chromidien* spricht auch die Betrachtung, daß bei einem Exemplar die Abgrenzung des Kerns gegen seine Umgebung verwischt war.

Im Mittelpunkt des Kerns lagert das Zentralkörperchen. An allen in Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten zeichnet es sich durch seine intensiv blauschwarze Färbung aus. Seine Größe ist selbst bei verschiedenen großen Tieren konstant und beträgt 0,004, nur in einem Fall weniger: 0,003 mm. In der Regel ist es gleichmäßig schwarzblau gefärbt, nur in wenigen Fällen ist es lichter und enthält ein zentrales Korn, eine Art Zentriole von der halben Größe des Zentralkörperchens (Fig. 7). In einem stark extrahierten Präparat war die Eisenhämatoxylinfärbung ganz geschwunden und hatte bei Nachfärbung mit Eosin einem Rosakolorit Platz gemacht.

Vom Zentralkörperchen aus strahlten stets sehr deutliche Axenfäden aus, die in der lichtereren zentralen Partie des Kerns außerordentlich deutlich waren, dann aber in der stark gefärbten Kernrindenschicht verschwanden; sie tauchten im intrakapsularen Protoplasma wieder auf — wenigstens konnte ich in einigen Fällen mich davon überzeugen — und endeten, wie auch bei anderen der gleichen Gruppe angehörigen Radiolarien mit kleinen Anschwellungen (Fig. 9). Bei einem Exemplar konnte ich eine Art *Zentrosphaere* beobachten, bedingt durch feine, den Axenfäden anhaftende Körnchen, die in gleichem Abstand vom Zentrum in Form einer Kugeloberfläche angeordnet waren. Ich möchte aber dieser Beobachtung aus Gründen, auf die ich bei der Besprechung der *Rhizosphaeren* zurückkommen werde, keine größere Bedeutung beimessen.

Das intrakapsuläre Protoplasma zeigt in keinem Fall die radiale Anordnung, die wir bisher bei allen besprochenen Radiolarien, sei es als eine dauernde oder doch auf die Jugendzustände beschränkte Struktur feststellen konnten; es war gleichmäßig von Vakuolen durchsetzt, in deren Wandungen die ziemlich ansehnlichen Chromidialkörner eingelagert waren.

Ungemein deutlich ist der Übertritt der Chromidien aus dem Intrakapsularium in das Extrakapsularium. Die *Chromidien* ballen sich dabei zu Körpern zusammen, die auf dem zentralen Ende verbreitert, nach dem peripheren Ende zugespitzt sind und so kegelförmige Figuren erzeugen (Fig. 9). Diese Chromidialkegel liegen bei allen untersuchten Exemplaren in geringen Abständen voneinander radial orientiert in der Kapselperipherie; mit dem stumpfen Ende axialwärts gerichtet, ragen sie mit dem spitzen Ende mehr oder minder weit in das Extrakapsularium hinein. Manche liegen sogar ganz im Extrakapsularium. Sie liefern hier offenbar das Material für die Sekretkugeln, die allerdings nicht in so großer Zahl und von so ansehnlicher Größe wie bei anderen Radiolarien vorhanden sind. Da die

Radialstäbe des Skeletts dünn sind und leicht abbrechen, ist, wie schon hervorgehoben, oft die extrakapsuläre Gitterkugel und mit ihr der Weichkörper abgestreift.

2. *Rhizosphaera*. Im Rahmen dieser Gattung unterscheidet Haeckel in seiner Monographie (1863) zwei Arten, die im Bau des intrakapsularen Skeletts, der zwei inneren Gitterkugeln, übereinstimmen, dagegen im Bau der extrakapsulären nur bei besonders großen Exemplaren von der Zentralkapsel umwachsenen äußeren Gitterkugel sich unterscheiden. Diese ist bei *Rh. trigonacantha* eine Gitterkugel mit kleineren Öffnungen, die von breiten Brücken voneinander getrennt werden, während bei *Rh. leptomita* die Öffnungen groß, die trennenden Brücken dünne Spangen sind, so daß einige Ähnlichkeit mit dem Spinnewebe von *Arachnosphaera* erzielt wird. Mit Stacheln und Dornen sind beiderlei Gitterkugeln bedeckt. Da auf Schnitten die Unterschiede von beiderlei Skelettformen sich nur mit Mühe auseinanderhalten lassen, im Bau des Weichkörpers sich keine Unterschiede ergaben, werde ich in der folgenden Schilderung beide Arten zusammenfassen. In der überwiegenden Mehrzahl handelte es sich bei meinen Exemplaren um die verbreitetere Art *Rh. trigonacantha*.

Die Größen der untersuchten Tiere waren sehr verschieden. Bei den kleinsten betrug der Kapseldurchmesser 0,09 mm, bei den größten 0,22 mm. Diese Extreme waren selten. Am häufigsten waren Tiere mit 0,14—0,18 mm Kapseldurchmesser. Über die entsprechenden Kerngrößen lassen sich ohne Kenntnis der verwickelten Strukturverhältnisse des Kernes keine Aussagen machen.

In der Form und der Struktur der Zentralkörperchen (Tafel IV, Fig. 10—13) herrscht eine viel größere Mannigfaltigkeit als bei *Haliomma*, was vielleicht damit zusammenhängt, daß ich eine viel größere Zahl von Individuen — nahe an 60 — auf Querschnitten untersuchen konnte. In den meisten Fällen herrscht eine regelmäßige Kugelform vor mit einem Durchmesser von 0,005 bis 0,006, ab und zu auch 0,008 mm. Seltener sind nierenförmige oder ovale oder dreieckige Formen mit abgerundeten Ecken. Am seltensten sind langgestreckte, Teilung vortäuschende Formen, 0,008 mm lang und 0,004 mm breit. Was die feinere Struktur anlangt, so sind die Zentralkörper meist homogen; sie sind dann in Eisenhämatoxylin zunächst intensiv schwarz, geben diesen Farbstoff jedoch in vielen Fällen leicht ab und sind dann bei Eosinfärbung zart rosa. Selten ist der Inhalt feinkörnig, noch seltener findet sich im Inneren eine Art Zentriole, die dann halb so groß ist wie der Zentralkörper. Eine genaue Proportionalität zur Körpergröße konnte ich nicht nachweisen, wenn auch größere *Rhizosphaeren* im allgemeinen größere Zentralkörper haben. Vielleicht hängen die Unterschiede in Größe und Struktur damit zusammen, daß die Zentralkörper Substanzen abgeben. Zu dieser Vermutung werde ich durch eine weitere Beobachtung veranlaßt, die sich auf eine Struktur bezieht, die man als eine Art *Zentrosphaere* bezeichnen könnte. Von den Zentralkörpern gehen wie bei *Haliomma* überaus deutliche Radialfäden aus, die ich schon bei *Haliomma* als Axenfäden der Pseudopodien gedeutet habe, und, wenn ich auch die Kontinuität nicht der ganzen Länge nach habe feststellen können, für die Anfänge der in die Zentralkapsel eindringenden und hier mit einer schwachen Verdickung endenden Fäden halte. An diesen Fäden habe ich sehr häufig feine Körnchen nachweisen können. Sie färben sich intensiv schwarz und sind zu einer vom Zentralkörper gleichmäßig entfernten Lage gruppiert. So entsteht eine Art Kugelschale, die einen Durchmesser von 0,01 bis 0,03 mm Durchmesser hat (Fig. 10, 12). Auch für diese Struktur konnte ich mich bei

fortgesetzter Beobachtung von keiner Konstanz überzeugen, wie ich es ursprünglich angenommen hatte. Vielleicht sind die Körnchen auswandernde Teile der Zentralkörper, durch deren Austritt das verschiedene färberische Verhalten des Zentralkörpers bedingt wird.

Mit der Besprechung des Kerns komme ich zum schwierigsten Punkt meiner Darstellung des Baus der *Rhizosphaeren*. Wir begegnen hier einer Mannigfaltigkeit der Strukturen, die ich zu folgender Entwicklungsreihe anordnen möchte.

Als Ausgangsform betrachte ich einen Kern, der dem Kern der *Haliommen* sehr ähnlich ist (Tafel V, Fig. 1). Er ist kugelig, scharf gegen das Protoplasma abgesetzt und besteht aus einer feinkörnigen Grundsubstanz, an der man sogar eine dunklere Rindenschicht und eine hellere Binnenlage unterscheiden kann. Ich beobachtete ihn bei drei Exemplaren. Bei einem derselben sprach sich der primitive Charakter des Tiers auch darin aus, daß der Kern nur 0,048 mm, die Zentralkapsel 0,08 mm maß. Auch fehlte noch die extrakapsuläre Gitterkugel, welche den ausgebildeten *Rhizosphaeren* zukommt; desgleichen fehlte die Vakuolisierung der intrakapsulären Sarkode. Bei einem zweiten Exemplar traten die ersten Spuren von Vakuolisierung in der Zentralkapsel auf; es war etwas größer als das zuerst genannte, indem die Kapsel 0,11 mm, der Kern 0,05 mm maß.

Bei einem dritten sehr viel größeren Exemplar war die extrakapsuläre Gitterkugel schon fertiggestellt. Die Maße von Kern und Plasmakörper betrugen 0,06 und 0,18 mm. Abgesehen von den drei genannten Exemplaren beobachtete ich die an *Haliomma* erinnernde Kernform noch bei einem Radiolar, das zwar den meinen Schilderungen zugrunde liegenden *Rhizosphaeren* sehr nahe steht, aber wahrscheinlich eine andere Art darstellt. Der Kern war hier 0,04 mm groß und besaß eine von *Chromidien* durchsetzte Rindenschicht, die mit Fortsätzen in die innere helle Lage des Kerns vorragte. An einzelnen Stellen traten die *Chromidien* in eine besonders geartete „perikaryotische Schicht“ über, auf die ich bei anderen *Rhizosphaeren* noch zu sprechen kommen werde. Die intrakapsuläre Sarkode war vakuolisiert. Was das Exemplar von den typischen *Rhizosphaeren* unterschied, war die Beschaffenheit des extrakapsulären Skeletts, das aus einem Netzwerk feiner Kieselfäden bestand, während das intrakapsuläre Skelett mit dem der übrigen *Rhizosphaeren* übereinstimmte. Die Kieselfäden des extrakapsulären Skeletts entsprangen auf verschiedenen Höhen von langen Radialstacheln, die sich über die Kapseloberfläche erhoben, so daß dasselbe Spinnenweb entstand, wie es für *Arachnosphaera* charakteristisch ist (Fig. 4).

Der oben erwähnte Übertritt von Chromidien in die perikaryotische Schicht liefert uns den Ausgangspunkt für eine zweite Kernform, die ich den geflammten Kern nennen möchte. Die ersten Anfänge fand ich bei einem nur 0,09 mm großen Tier, dessen intrakapsuläre Sarkode noch nicht vakuolisiert war, sondern eine trübkörnige Masse bildete, die durch Anhäufung von feinkörnigen Chromidien ein fleckiges Aussehen (Fig. 2) gewann. Der Kern war 0,05 mm groß, aber nicht mehr scharf abgegrenzt, weil er auf seiner Oberfläche mit zahllosen spitzen Ausläufern bedeckt war, die besonders reich an Chromidien waren und in den Kapselinhalt ein wenig vorragten. Auch bei diesem Tier waren nur die zwei intrakapsulären für *Rhizosphaera* charakteristischen Gitterkugeln vorhanden, die von ihnen ausgehenden Radialstäbe aber noch nicht durch eine extrakapsuläre Gitterkugel verbunden. Dieselbe Form des „geflamten Kerns“ habe ich — abgesehen von zwei einer anderen Gattung, der Gattung *Rhizospongia*, angehörigen Radiolarien — noch dreimal angetroffen. Das zweite Exemplar besaß schon die extrakapsuläre Gitterkugel; das intrakapsuläre, an

Chromidien reiche Protoplasma begann sich zu vakuolisieren. Die Zentralkapsel hatte einen Durchmesser von 0,14, der Kern ohne die strahligen Ausläufer einen Durchmesser von 0,07 mm, mit Ausläufern 0,08 mm. Kern und Ausläufer waren undeutlich gegeneinander abgesetzt, die Ausläufer mit Chromidien reich beladen. In ihrer Verlängerung lagerten in der Zentralkapsel radial orientierte Chromidienhaufen von gleicher Beschaffenheit wie die der Kernaussläufer; sie erweckten die Vorstellung, daß sie aus ihnen hervorgegangen sind (Fig. 3).

Die schließlich noch zu besprechenden Exemplare drei und vier waren erheblich größer; ihre Zentralkapsel maß 0,18, ihre Kerne mit Strahlenzone etwa 0,1, ohne dieselbe 0,07 mm. Die intrakapsuläre Sarkode war schwach vakuolisiert, die extrakapsuläre Gitterkugel voll entwickelt.

Während die bisher betrachteten Kernformen selten sind und vorwiegend bei kleineren *Rhizosphaeren* vorkommen, haben wir nunmehr die Kerne zu betrachten, die die Regel darstellen. Sie bereiten, wenigstens bei dem mir zu Gebote stehenden Material, welches in seiner Konservierung die schon betonten Mängel besitzt, der Untersuchung Schwierigkeiten, indem die Abgrenzung des intrakapsulären Protoplasmas gegen den Kern die wünschenswerte Deutlichkeit vermissen läßt.

Um verständlich zu machen, in welcher Weise ich diese Abgrenzung ziehe, muß ich einige Worte über die Struktur des intrakapsulären Protoplasmas bei größeren *Rhizosphaeren* vorausschicken.

Dieses war bei den bisher betrachteten kleineren *Rhizosphaeren*, wie ich schon hervorgehoben habe, gleichförmig wolkig oder nur schwach vakuolisiert. Bei mittelgroßen und großen Exemplaren ist es reich an Vakuolen, die in radialen Reihen angeordnet sind, so daß das dazwischen erhalten gebliebene Protoplasma radiale, durch Querbrücken verbundene Wände bildet. In diesen lagern die Chromidialkörner in verschiedener Menge und Anordnung, worauf ich noch zurückkommen werde (Fig. 6).

Das radial angeordnete Protoplasma grenzt nur selten an die Oberfläche des Kerns an, sondern zumeist an die schon oben erwähnte perikaryotische Lage, die dadurch charakterisiert ist, daß sie keine Vakuolen enthält und eine der Kernoberfläche parallele faserige Struktur besitzt. Sie ist von verschiedener Mächtigkeit, von geringen Anfängen bis zu einer Breite von 0,01 mm. Je nachdem man sie zum Kern rechnet oder nicht, fallen die Angaben über dessen Größe verschieden aus.

Ich gebe die Kernmaße daher durch zwei Zahlen, von denen die ersten den Durchmesser des Kerns im engeren Sinne, die zweiten eingeklammerten die Durchmesser von Kern + perikaryotischer Schicht angeben.

Die dunkler gefärbte Grundsubstanz des Kerns ist in meinen Figuren durch radial angeordnete lichte Partien, die zum Teil durch die Bälkchen der im Kern gelegenen inneren Gitterkugel bedingt sind (Fig. 5 u. 7), unterbrochen, so daß oft ein Bild eines Rads mit breiten Speichen entsteht. Am dunkelsten sind die Enden der Radspeichen, weil hier gröbere und feinere Chromidialkörner am reichlichsten eingelagert sind und in vielen Fällen eine ziemlich scharfe Grenze gegen die perikaryotische Schicht ziehen. In anderen Fällen trifft diese Schilderung nicht zu, indem die Haufen der Chromidialkörner sich lockern und in die perikaryotische Schicht vordringen. Das Aussehen eines und desselben Kerns kann sogar in seinen verschiedenen Sektoren verschieden ausfallen.

Durch das Vordringen der Chromidialkörner in die perikaryotische Schicht kann diese vollkommen dem Kern assimiliert und so eine Übergangszone zwischen Kern und Protoplasma geschaffen werden. Dadurch wird analog unseren Erfahrungen bei *Spongospaera* ein Übertritt von Kernbestandteilen in das Protoplasma vermittelt, wenn auch in ganz anderer Weise.

Nach meiner Auffassung ist der geschilderte Übertritt von Chromidien aus dem Kern in das Protoplasma nötig, weil dieses seine Einschlüsse durch die Kapselmembran hindurch an den extrakapsularen Weichkörper zur Bildung von Sekretkörpern weitergibt. Ähnlich wie bei *Haliomma* erfolgt der Übertritt in sehr charakteristischer Weise (Fig. 6). Schon innerhalb der Kapselmembran können sich die Chromidialkörner in Reihen anordnen. Beim Durchtritt durch die Kapselmembran scheinen sie einen Widerstand zu erfahren, der mir eine sehr auffallende Struktur zu erklären scheint. Durch die Kapselmembran ragen homogene Plasmafäden hervor, in denen die Chromidialkörner zu Scheiben angeordnet sind, die in regelmäßigen geringen Abständen hintereinander liegen. So entsteht das Bild einer Querstreifung, welches ganz an das Bild quer gestreifter Muskelfibrillen erinnert.

Neben dem Einzelübertritt kann auch eine Massenauswanderung von Chromidien erfolgen, wie wir sie bei *Spongospaera* und *Arachnosphaera* kennen gelernt haben. Das weitere Schicksal der übergetretenen Chromidien ist das gleiche; sie werden zu Sekretballen umgewandelt, die die inneren Partien des Extrakapsularium durchwandern und sich zu radialen ansehnlichen Strängen anordnen, welche für *Rhizospaeren* ganz besonders charakteristisch sind und eine äußere, durch eine lichte Zone von der Kapseloberfläche getrennte Lage bilden.

Für die Auffassung, daß Teilchen aus dem Kern austreten, die Zentralkapsel durchwandern und schließlich in das Extrakapsularium gelangen, lassen sich bei *Rhizospaeren* noch weitere Beobachtungen geltend machen, welche zugleich eine ausgesprochene Periodizität im Ablauf des Prozesses erschließen lassen. Die Chromidien sind in der Regel nicht gleichmäßig in der Zentralkapsel verbreitet, sondern in konzentrischen Schichten in der Weise, daß chromidienreichere und chromidienärmere Schichten miteinander alternieren (Fig. 6). Diese Anordnung ist nicht immer die gleiche. Es kann die perikaryotische Zone von Chromidien überfüllt sein; dann folgt eine chromidienarme Zone, auf diese wieder eine chromidienreiche, schließlich unter der Kapselmembran wieder eine chromidienarme. In anderen Fällen sind die alternierenden Zonen nach außen vorgerückt, so daß unter der Kapselmembran eine chromidienreiche Zone lagert, die perikaryotische Schicht chromidienarm ist. Nicht selten kommt es sogar vor, daß in einem und demselben Individuum in den verschiedenen Hälften der Zentralkapsel die Schichtenanordnung eine verschiedene ist. Alles das sind Verhältnisse, welche zugunsten der Annahme einer periodischen Wachstumsverschiebung der Teile sprechen.

Nicht in allen Fällen ist die zonale Anordnung der Chromidien in der geschilderten, deutlich ausgesprochenen Weise erkennbar. Sind sie diffus verbreitet und auch in der perikaryotischen Schicht vorhanden, so verwischt sich die Abgrenzung von Kern und Protoplasma. Vielleicht wäre es dann möglich, durch eine geeignete Kernfärbung die Abgrenzung deutlich zu machen, was mir leider nicht gelungen ist. Umgekehrt waren bei zwei Exemplaren die Kernkontur auffallend scharf gezogen; hier hatten die Chromidien der Zentralkapsel eine Modifikation erfahren. Es waren ähnliche Chromidialkügelchen vor-

handen, wie ich sie von *Arachnosphaera* geschildert habe, nur mit dem Unterschied, daß sie nicht in dem die Vakuolen umschließenden Plasmagerüst in besonderen kleinen Blasen eingelagert waren und somit keine selbständige Bildungen darstellten. Ich konnte diese Besonderheit bei Tieren feststellen, die sich im übrigen weder durch Größe noch durch anderweitige Merkmale von den die Regel bildenden *Rhizosphaeren* unterschieden (Kapseldurchmesser 0,16 und 0,15 mm, Kerndurchmesser 0,08 und 0,06). Ich gebe keine Abbildungen und keine genauere Schilderung, da ich vermute, daß es sich um pathologische Veränderungen der Chromidien handelt.

Zum Schluß gehe ich noch auf wichtige Veränderungen des Kernapparats ein, die unzweifelhaft mit dem Übergang zur Vielkernigkeit zusammenhängen und somit die Fortpflanzung durch Schwärmer vorbereiten. Ich habe leider die betreffenden Stadien nur dreimal angetroffen, einmal vor vielen Jahren, die beiden anderen neuerdings. Das erste Exemplar gab keine sicheren Resultate, da ich versuchte, durch Zerzupfen und Zertrümmern ins klare zu kommen. Die beiden anderen Exemplare habe ich zu Schnitten verwandt. Die zur Erläuterung dienende Figur 8 Tafel V stammt von einem dieser Exemplare; sie liefert ein wirres Bild. Der zentralgelegene Kern scheint verschwunden zu sein, weil er in zahlreiche nach der Peripherie strebende und hier sich verästelnde Ausläufer ausgewachsen ist. Der wiederholt schon hervorgehobene Übelstand, der sich auch sonst bei der Untersuchung meines Materials in lästiger Weise bemerkbar gemacht hat, daß die Unterschiede in der Färbung von Kern und Protoplasma sehr geringfügig sind, kommt bei der Deutung der Bilder ganz besonders zur Geltung, da der Anteil der beiden Komponenten nicht scharf genug auseinander gehalten werden kann. Immerhin kann man die verästelten Ausläufer einigermaßen vom umschließenden Protoplasma unterscheiden. Scharf umgrenzt sind die etwas angeschwollenen Enden der Verästelungen, die wie Früchte an den Ästen sitzen (Fig. 8a, Fig. 8b); sie sind die ersten Anlagen von Sekundärkernen und sind — offenbar infolge von Schrumpfung — durch einen lichten Zwischenraum vom umgebenden Protoplasma getrennt. Sie bestehen aus einer homogenen Rinde, die sich zumeist am zentralen Ende in einen Stiel verlängert und so sich mit den tragenden Hauptästen verbindet, und einem zentral gelegenen Körper. Letzterer ist stärker gefärbt, indem er chromatische Körner enthält. Nicht selten trifft man auf Bilder, die auf Teilungsvorgänge deuten, indem in einer gemeinsamen Rindenschicht mehrere kernartige Körperchen eingeschlossen sind. Selten findet man Figuren, die eine Karyokinese wahrscheinlich machen, indem das Chromatin sich zu Chromosomen ähnlichen Figuren zusammenballt. Die Undeutlichkeit der Figuren ist wohl auf ungenügende Konservierung zurückzuführen, die begreiflich ist, wenn man bedenkt, daß es sich um ein Material handelt, welches in Massen abgetötet worden ist, ohne Absicht, es zu feineren histologischen Untersuchungen zu verwenden. Daher hat es auch keine entscheidende Bedeutung, daß an den Teilungsfiguren keine Andeutungen von Zentrosomen zu finden waren.

Für eine erschöpfende Beurteilung der Zentralkörperchen wäre es nun von Wichtigkeit, über ihr Schicksal während der beschriebenen Kernveränderungen Sicherheit zu gewinnen. Das ist mir leider nicht gelungen. Ich fand in den Präparaten weder ein einheitliches Zentralkörperchen noch etwaige Teilungsprodukte desselben; auch war von Strahlung nichts zu erkennen, so daß es zunächst nahe liegt, an eine Auflösung des Zentralkörperchens zu denken. Indessen ist angesichts des geringen Materials und des Mangels

vorbereitender Stadien Vorsicht im Urteil geboten. Im übrigen verweise ich auf die ähnlichen Zustände, die ich bei *Arachnorhiza* beobachtet habe, und auf die Auseinandersetzungen im allgemeinen Teil.

Rhizospongia. Unter diesem Namen fasse ich einige wenige Radiolarienformen zusammen, die in der Beschaffenheit des Weichkörpers mit den *Rhizosphaeren* übereinstimmen, im Skelett dagegen den *Spongospaeren* so ähnlich sind, daß man sie mit ihnen in einer Familie vereinigen könnte.¹ Diese merkwürdige Kombination so heterogener Merkmale hat mich zur Wahl des Namens veranlaßt. Ich habe ein neues Genus gebildet, weil ich in der Literatur keine ähnliche Form beschrieben habe finden können.

Mit *Spongospaera* stimmt *Rhizospongia* darin überein, daß das Skelett ein feines spongiöses Gerüst ist, das von dreikantigen radialen Stacheln gestützt wird. Da mir nur Schnittpräparate zur Verfügung stehen, kann ich über die Zahl der letzteren keine Angaben machen; nur so viel kann ich sagen, daß einige von ihnen sich durch besondere Stärke auszeichnen, sie lassen sich bis in den Mittelpunkt der Zentralkapsel verfolgen und beginnen hier an einer sehr kleinen Gitterkugel (Durchmesser 0,02 mm), deren Maschen symmetrisch angeordnet sind wie das die genaue Darstellung der Figur erkennen läßt (Tafel IV, Fig. 1 u. 3). Die übrigen Radialstacheln erreichen nicht die zentrale Gitterkugel, sondern wachsen aus dem spongiösen Gerüst heraus; sie scheinen ungefähr gleich weit vom Zentrum entfernt zu beginnen, ohne daß hier das spongiöse Gerüst sich zu einer zweiten größeren Gitterkugel verstärken würde.

Von den drei mir zur Untersuchung vorliegenden Exemplaren haben zwei kugelige, das dritte eine ovale Gestalt. Der gute Erhaltungszustand macht es unwahrscheinlich, daß die ovale Form durch Abplattung entstanden ist. Auch würde es dann unverständlich sein, daß auch der durch das spongiöse Skelett gut geschützte Kern eine dem Körper des Tiers entsprechende ovale Form hat. Gleichwohl trage ich Bedenken auf so ungenügendes Material hin zwei Arten zu unterscheiden. Vielleicht ist die auf dem Querschnitt kreisförmige Gestalt nur ein Entwicklungszustand der ovalen. Die kreisförmig erscheinenden Exemplare sind in der Tat kleiner. Die Zentralkapsel der kleinsten mißt 0,120 mm, die der größeren 0,18; demgemäß sind auch die Kerne nur 0,04 und 0,06 groß, während die Maße für die ovale Form sind: Zentralkapsel 0,180:0,220 mm, Kern 0,06:0,09 mm. Da die Abbildungen sich auf Schnittpräparate beziehen, muß man ferner mit der Möglichkeit rechnen, daß alle *Rhizospongien* in einer Richtung etwas abgeplattet sind und einen verschiedenen Anblick bieten, je nachdem sie von der Fläche oder von der Kante gesehen werden. Für die folgenden Auseinandersetzungen ist es übrigens gleichgültig, ob zwei verschiedene Arten vorliegen oder Entwicklungszustände derselben Art, da der Bau des Weichkörpers bei allen drei Exemplaren weitgehende Übereinstimmung zeigt.

Das kleinste der drei Exemplare (Fig. 7, 8; Taf. IV) ist durch ein außergewöhnlich schön entwickeltes Zentralkörperchen ausgezeichnet. Dasselbe ist 0,006 mm groß, in

¹ Die Gattung *Rhizospongia* ist vielleicht identisch mit der Gattung *Spongopila* Haeckel. Zu dieser Vermutung veranlassen mich die Beschreibungen von Haeckel selbst und von Mast, vor allem die Abbildungen, welche Mast gegeben hat, Taf. XVII, Fig. 38 u. 39. Die Frage ist schwer zu entscheiden, da beide Autoren nichts über den Weichkörper mitteilen, andererseits meine Schnittpräparate keine Vorstellung vom Gesamteindruck des Skeletts ermöglichen. Auch will es mir scheinen, als ob die zentrale Gitterkugel in den Skelettschilderungen, die nicht auf Querschnittsbildern beruhen, etwas sehr schematisiert ist.

Eosin rosa gefärbt und enthält eine in Eisenhämatoxylin tief schwarz gefärbte Zentriole von halber Größe; es wird von einer Zentrosphäre umschlossen, die einen Durchmesser von 0,015 mm hat und durch dunklere Färbung vom Zentrosom und den angrenzenden Kernpartien unterschieden ist. Die von seiner Oberfläche ausstrahlenden Axenfäden sind in Büscheln gruppiert, was wohl damit zusammenhängt, daß sie schon nach kurzem Verlauf gezwungen sind, die kleinen Öffnungen der zentralen Skelettkugel zu passieren.

Bei den beiden anderen *Rhizospongien* sind die Zentralkörperchen in ähnlicher Weise modifiziert, wie es auch bei den *Rhizosphaeren* vorkommt. Bei dem mittelgroßen Exemplar fehlt die Zentriole; das tief dunkelgefärbte Zentralkörperchen ist sogar in seinem Innern lichter als in der Peripherie. Bei der größten *Rhizospongia* endlich färbt sich das Zentralkörperchen in Eisenhämatoxylin gar nicht, wohl aber in Eosin. Nur auf der Oberfläche finden sich noch schwarze Körnchen (Fig. 6).

Der Kern ist ein „geflammter Kern“. Bei dem kleinsten Exemplar (Fig. 7) ist dies am wenigsten ausgesprochen; die in der Peripherie gelagerten Haufen von Chromidialkörnchen ragen nur wenig in die Zentralkapsel vor. Bei den beiden anderen Tieren sind die peripheren Chromidialhaufen dagegen in großer Zahl vorhanden und ragen mit spitzen Enden in das Protoplasma der Zentralkapsel, so daß von einer scharfen Umrandung des Kerns nicht mehr die Rede sein kann. Eine weitere Eigentümlichkeit des Rhizospongienkerns ist, daß in seinen zentralen Partien eine ebenfalls strahlig angeordnete weitere Gruppe fein verteilter Chromidien gelegen ist. Bei der kleinsten *Rhizospongie* sind diese Verhältnisse abermals weniger deutlich, die zentrale Chromidialanhäufung ist hier nur durch wenige radial gruppierte Klumpen angedeutet.

Der Zentralkapselinhalt ist wenig vakuolisiert, am meisten noch bei dem kleinsten Exemplar (Fig. 7), während bei den beiden größeren die Vakuolen auf eine einzige unter der Kapselmembran gelegene Schicht beschränkt sind (Fig. 3 u. 4) und die inneren Partien dicht gefügt sind. Ganz auffallend ist der Reichtum an Chromidien, die bei dem kleinsten der untersuchten Exemplare ansehnliche Anhäufungen bilden, dicke Klumpen, die nach der Kapselmitte in Spitzen auslaufen, unter der Kapselmembran verbreitert aufhören. Hier können sie auch in den extrakapsularen Weichkörper vordringen. In der Regel erfolgt jedoch der Übertritt der Chromidien aus der Zentralkapsel in das Extrakapsularium in einzelnen Strängen, die wurmförmig in der Zentralkapsel beginnen können und ein wenig über ihre Oberfläche vorragen. Im Extrakapsularium liegen vereinzelte rundliche Chromidialhaufen. Die charakteristischen, in radialer Richtung verlängerten Sekretballen, wie sie besonders bei *Rhizosphaeren* so schön zu sehen sind, habe ich nicht beobachten können, ebensowenig gelbe Zellen.

Im Anschluß an die voranstehende Schilderung erwähne ich noch ein Radiolar, das vielleicht als eine Jugendform der *Rhizospongien*, vielleicht aber auch als eine nahe verwandte kleinere Art zu deuten ist (Fig. 9). Die Zentralkapsel ist nur 0,07 mm groß, der Kern 0,035 mm; die intranukleare Gitterkugel mißt 0,02 mm. Das sehr kleine Zentralkörperchen ist etwas größer als 0,002 mm, demnach außergewöhnlich klein und gleichmäßig bei Eisenhämatoxylinfärbung geschwärzt und Ausgangspunkt einer deutlichen Strahlung, ohne daß es aber zur Bildung einer Zentrosphäre käme. Wie wir es bei jugendlichen *Rhizosphaeren* kennen gelernt haben, ist der Kern durch eine scharfe Kontur gegen die Umgebung abgegrenzt, was sich daraus erklärt, daß die fein verteilten Chromidialkörnchen in

der Peripherie des Kerns eine nahezu zusammenhängende Schicht bilden, die in der Richtung des Zentralkörperchens spitze Ausläufer entsendet. Die so entstehenden Keile können stellenweise mit ihrer Basis in das intrakapsulare Protoplasma vorragen und sich in Haufen von Kapselchromidien auflösen, so daß sich an solchen Stellen die scharfe Abgrenzung des Kerns verwischt. Das intrakapsulare Protoplasma ist gleichförmig feinkörnig und läßt jede Vakuolisierung vermissen; es ist von der Kapselmembran bis auf wenige Kontaktpunkte zurückgezogen, womit schon gesagt ist, daß auswandernde Chromidien fehlen. Demgemäß enthält auch der extrakapsulare Weichkörper keine Sekretballen.

Da die besprochenen Unterschiede von den typischen *Rhizospongien* als Merkmale von Jugendzuständen gedeutet werden können, kann die Entscheidung über die systematische Zugehörigkeit nur durch ein genaues Studium des Skelettes gefällt werden. Für die Zugehörigkeit spricht der spongiöse Charakter des Skeletts und die Größe und die Beschaffenheit der kleinen intranuklearen Gitterkugel. Was die Radialstacheln anlangt, so entspringen sicher zwei derselben von der zentralen Gitterkugel.

B. Formen mit exzentrisch gelegenen Kern: Arachnorhiza.

Wie unter den kein Zentralkörperchen besitzenden Sphaeroideen die Gattung *Okto-dendron* durch einen exzentrisch gelegenen Kern charakterisiert ist, so kommt es auch bei den Arten mit Zentralkörperchen vor, daß dieses zwar seine zentrale Lage bewahrt, der Kern dagegen die peripheren Partien der Zentralkapsel einnimmt. Ich fand diesen Zustand bei einer größeren Anzahl von Individuen, die alle das Gemeinsame hatten, daß der Kern, was bisher von Radiolarien unbekannt war, sich verästelt. Ich fasse alle hierher gehörigen Formen in der Gattung *Arachnorhiza* zusammen, lasse es aber dahingestellt, ob sie Angehörige derselben Art sind oder sich auf verschiedene Arten verteilen. Für die erstere Annahme spricht die Gleichförmigkeit des Skeletts, für die zweite die verschiedene Beschaffenheit des Weichkörpers.

Das Skelett erinnert an die Gattung *Rhizosphaera*, besonders an die Art, die ich *Rh. arachnoides* genannt habe; es besteht aus einem intrakapsularen und einem extrakapsularen Teil. Der intrakapsulare Teil ist ein Gerüst, dessen Spangen sich auf zwei unregelmäßige Gitterkugeln verteilen lassen, ähnlich wie bei *Rhizosphaera*, nur daß die Abgrenzung beider gegeneinander minder deutlich ist. Vielleicht würde sie deutlicher hervortreten, wenn man isolierte Skelette untersuchen würde; bei ihnen würde man freilich auf das wichtigste Gattungsmerkmal, die Beschaffenheit des Weichkörpers, verzichten müssen. Eine Besonderheit der *Arachnorhizen* besteht ferner darin, daß die innere Gitterkugel in einer Richtung quer ausgezogen ist.

Vom intrakapsularen Skelett gehen radiale dreikantige Stacheln aus, von deren Kanten im Extrakapsularium feine Kieselfäden entspringen, die sich dichotom verästeln; indem sie mit Kieselfäden, die von anderen Stacheln kommen, anastomisieren, entstehen spinnwebartige Netze nach der Art der *Arachnosphaeren*. Obwohl dieses extrakapsulare Netzwerk schlecht erhalten war, konnte man daraus, daß die Kieselfäden von den Radialstacheln in verschiedenen Entfernungen von der Kapseloberfläche entspringen, erschließen, daß normalerweise verschiedene Schichten des Gitternetzes vorhanden sind.

Der für die Gattung *Arachnorhiza* charakteristische verästelte Kern nimmt hauptsächlich das eine Ende der Zentralkapsel ein. Hier liegt seine Hauptmasse und sendet von hier aus reichliche verästelte, stellenweise knotig anschwellende Ausläufer aus. Man kann an ihm eine Rindenschicht und eine axiale Masse unterscheiden, die durch einen flüssigen Inhalt voneinander getrennt werden, hier und da aber zusammen hängen. Die Rindenschicht ist homogen und stellenweise verdickt, die axiale Masse ist faserig und enthält größere und kleinere Brocken einer sich stärker färbenden Substanz.

Die Verästelungen des Kerns umgeben einen Teil der intrakapsulären Sarkode, der sich durch seine feinkörnige Beschaffenheit vom übrigen grobkörnigen Kapselinhalt unterscheidet. In ihm liegt das Zentralkörperchen und bildet den Ausgangspunkt einer Strahlung, die auf der Seite, in der der Hauptteil des Kerns lagert, unterbrochen ist, so daß hier ein ansehnlicher Ausschnitt entsteht (Fig. 1 u. 2). Nur einmal fand ich das Zentrosom allseitig von Strahlung umgeben, was aber vielleicht so zu erklären ist, daß hier die Schnitterichtung senkrecht zu der der übrigen Präparate verlief (Fig. 5).

Das Zentralkörperchen war bei Eisenhämatoxylinfärbung farblos, war aber auf seiner Oberfläche von intensiv schwarzen Körnchen bedeckt. Diese waren in einem Präparat nur auf einer Seite vorhanden, der Seite der Strahlung, und schlossen sich in einem anderen Präparat zu einer halbkreisförmigen Reihe zusammen (Fig. 5). So erklärt sich vielleicht das Bild der Figur 4. Die von den schwarz gefärbten Körnchen gebildete Reihe lag hier exzentrisch, abgewandt von dem durch die Hauptmasse des Kerns eingenommenen Pol und hatte sich zu einer geraden Linie gestreckt, von der die Strahlung ausging, während sie an anderen Stellen geschwunden war. Ein Zentralkörperchen konnte ich bei dem Tier, von dem das Bild stammt, nicht finden.

Von der die zentralen Partien der *Arachnorhizen* einnehmenden Protoplasmastrahlung sind die sich intensiver färbenden Axenfäden, die auch den *Arachnorhizen* nicht fehlen, wohl zu unterscheiden. Sie waren an manchen Präparaten, wie die Figuren erkennen lassen, nicht zu erkennen, in anderen sehr deutlich, so auch bei dem zuletzt besprochenen Präparat, auf dem sie von der gerade gestreckten Körnchenreihe ihren Ausgangspunkt nehmen. Ich vermute daher, daß die Körnchenreihe ein Derivat des Zentralkörperchens ist und nach der Rückbildung des letzteren erhalten bleibt. Ob die Art, wie ich die verschiedenen Bilder zu einer fortlaufenden Reihe kombiniert habe, richtig ist oder ob verschiedene Spezies vorliegen, muß ich bei der Beschränktheit meines Materials unentschieden lassen. Zunächst war ich versucht gewesen, verschiedene Arten anzunehmen, später bin ich von dieser Auffassung zurückgekommen.

Im Gegensatz zu der feinkörnigen, radialstreifigen Beschaffenheit der zentralen Plasmateilchen ist die Hauptmasse der intrakapsulären Sarkode grobkörnig und auf meinen Präparaten intensiv gefärbt von reichlich eingelagerten Chromidien. Vakuolisiert ist nur seine äußerste Lage. Der Austritt von Chromidien in das schwach entwickelte Extrakapsularium ist nicht sehr reichlich; er erfolgt in derselben Weise wie bei *Haliomma* und *Rhizosphaera* in Form einzelner kegelförmiger Chromidialgruppen. Demgemäß sind auch Sekretballen spärlich; selten nehmen sie die Form der sonst so weit verbreiteten radialen Stränge an.

An die bisher besprochenen Formen schließe ich die Schilderung eines Exemplars, von dem ich nicht sicher bestimmen kann, ob es zur Gattung *Arachnorhiza* gerechnet werden kann, was ich für wahrscheinlich halte. Es stimmt mit den bisher besprochenen Individuen

überein, insofern die intrakapsulare Sarkode in eine trübkörnige Rindenschicht und eine lichtere Marksubstanz gesondert ist. Im Zentrum der letzteren liegt ein Körnerhaufen, den man allenfalls als Rest eines Zentrosoms deuten könnte, da die radiale Strahlung des Protoplasmas nach ihm orientiert ist. Von ihm gehen auch die Axenfäden mit ihren kolbig verdickten Enden aus. Was aber das vorliegende Exemplar von den bisher betrachteten unterscheidet, ist der Umstand, daß anstatt eines einheitlichen verästelten Kerns sich zahlreiche kleinere Kerne vorfinden. Diese bestehen aus einer homogenen Rindenschicht und einer zentralen stark gefärbten, körnigen Masse. Letztere ergibt Bilder, die auf Teilung schließen lassen, wie die bei stärkerer Vergrößerung gezeichneten nebenanstehenden Figuren erkennen lassen. Die Binnenmasse ist gelegentlich hantelförmig eingeschnürt oder in zwei Körper geteilt, die durch einen Verbindungsstrang zusammenhängen. In einem Falle konnte ich sogar drei hintereinander gereihte Körper erkennen. Einige Bilder machen es wahrscheinlich, daß die Kernteilungen den Charakter einer primitiven Karyokinese besitzen, da ich an den Teilungsfiguren gelegentlich zwei Gruppen an Chromosomen erinnernder Fäden erkennen konnte. Leider war die Konservierung nicht gut genug, um ein sicheres Urteil zu ermöglichen.

Es liegt nahe anzunehmen, daß die vielen Kerne aus einem verästelten Kern durch Abschnürung hervorgegangen sind und daß die abgeschnürten Tochterkerne nunmehr beginnen, sich karyokinetisch zu vermehren. Diese Annahme würde gut zu den Befunden passen, die ich bei *Rhizosphaeren* gemacht habe. Sie würde auch eine Stütze finden in den Beobachtungen, die Huth an einem offenbar tadellos konservierten Material von *Thalassicollen* über die Vermehrung der Sekundärkerne angestellt hat und auf die ich noch zu sprechen kommen werde. Und so könnte das in Rede stehende Exemplar ein in der Entwicklung weiter vorgeschrittenes Stadium von *Arachnorhiza* sein. Dem würde jedoch widersprechen, daß die Größe nur 0,1 mm beträgt, also geringer ist als die der größten *Arachnorhizen* mit verästeltem Kern. Ferner habe ich an den aus der Zentralkapsel hervortretenden Radialstacheln keine Reste eines Netzwerkes erkennen können. Beide Bedenken verlieren jedoch an Bedeutung, da der Übergang der Einkernigkeit zur Vielkernigkeit bei Radiolarien an keinen bestimmten Ausbildungsgrad und keine bestimmte Größe gebunden zu sein scheint. Dies ergibt sich am schönsten aus den Untersuchungen Huths an *Thalassicollen*. Dieser konnte über ein umfangreiches Material verfügen, wie es wohl keinem Radiolarienforscher von einer bestimmten monozoen Radiolarienart zur Verfügung gestanden hat, etwa 900 *Thalassicollen*, die sich allerdings auf verschiedene Arten verteilen. An ihnen stellte er fest (S. 37), „daß die Entwicklung der Schwärmer mit ihrem Beginn an keinen bestimmten Zeitpunkt des Lebens, an keine Altersgrenze irgendwelcher Art gebunden ist“, vielmehr von „Milieubedingungen“ abhängt; „denn er fand junge Tiere, ja, das fast jüngste von ihm gefangene Individuum in voller Sekundärkernbildung begriffen“.

Huth unterscheidet bei der Entwicklung der *Thalassicollen* zwei Formen, „die Schlauchkernform“ und die „Spindelkernform“. Was ich hier für *Arachnorhiza* beschrieben und noch mehr meine Angaben über *Rhizosphaeren* erinnern an das, was Huth über die Schlauchkernform sagt. Für diese gibt Huth an, daß die Anlagen der Sekundärkerne in Schläuchen liegen, die aus dem Primärkern hervorgehen und nach der Peripherie der Zentralkapsel vordringen. Die Kernanlagen, bzw. ihre Teilungsfiguren, sollen in einer „homogenhyalinen (gallertigen) Grundsubstanz“ liegen, und zwar in Gruppen von 4 bis 8,

und frei werden, indem das während des Wachstums der Schläuche immer spärlicher werdende intrakapsuläre Protoplasma mit der Grundsubstanz sich vereinigt. Ein Unterschied zwischen meinen und Huths Angaben ist nur insofern gegeben, als die Schläuche bei *Thalassicolla* schon im Kern vorgebildet werden, während sie bei *Arachnorhiza* und sicherlich auch bei *Rhizosphaera* durch Verästelung des Kerns entstehen.

BESPRECHUNG DER MITGETEILTEN BEOBACHTUNGEN.

Als ein sicheres Ergebnis meiner Beobachtungen an *Peripyleen* betrachte ich es, daß aus dem Kern geformte Bestandteile in die intrakapsuläre Sarkode übertreten, von hier aus in den extrakapsulären Weichkörper gelangen und zur Bildung von Sekretkugeln beitragen. Ich habe diese unter den verschiedensten Formen auftretenden Teile „*Chromidien*“ genannt, zugleich aber hervorgehoben, daß die von mir angewandte Eisenhämatoxylinfärbung zur genaueren Charakteristik ihrer chemischen Beschaffenheit nicht ausreicht, da mit ihr die verschiedensten Materialien sich intensiv färben. Namentlich ist ihre Beziehung zum Chromatin unklar, wobei allerdings Beachtung verdient, daß die Haufen von Chromatinkügelchen die einzigen von mir nachgewiesenen geformten Elemente im Kern der *Spongosphæren* sind. Eine Ergänzung meiner Beobachtungen zur Beantwortung des hier aufgeworfenen Problems wäre dringend erwünscht, würde aber frischen Materials bedürfen, das im lebenden Zustand und nach methodischer Konservierung und Färbung untersucht werden müßte. Ich habe hierzu keine Gelegenheit gehabt und habe mit Rücksicht auf mein hohes Alter auch keine Aussicht für die Zukunft. Ich habe mich daher entschlossen, meine Beobachtungen in ihrem unvollständigen Zustand mitzuteilen und ihre Ergänzung jüngeren Kräften zu überlassen.

Gemäß der von Goldschmidt vorgeschlagenen Nomenklatur hätten wir von „*Trophochromidien*“ zu reden, wie sie schon von manchen Forschern bei Protozoen und vielzelligen Tieren beschrieben, von anderen aber in Abrede gestellt worden sind. Daß sie bei *Peripyleen* in so außergewöhnlich deutlicher Weise uns entgentreten, bringe ich damit in Zusammenhang, daß die Assimilation der Nahrung bei den Radiolarien im allgemeinen und den *Peripyleen* im besonderen unter ganz eigenartigen Bedingungen erfolgt. Das Eindringen der zu assimilierenden Substanzen in die zentralen Partien des Körpers wird durch die Kapselmembran und bei den von mir untersuchten Arten noch weiter durch die sperrige Beschaffenheit des Skeletts verhindert. Diese Bedingungen machen es notwendig, daß die zum Zustandekommen der Sekretbildung erforderlichen Bestandteile des Kerns auf größere Entfernungen nach außen transportiert werden müssen.

Da analoge Verhältnisse bei allen Radiolarien mit großem zentralem Kern vorkommen, sollte man annehmen, daß ähnliche Beobachtungen wie die hier mitgeteilten auch von anderen Forschern schon gemacht worden sind. In der Tat spricht auch Huth in seiner Arbeit über die Fortpflanzung der *Thalassicollen* von Chromatinaustritt aus dem Kern, der bei der „Spindelkerngenese“ sich vollziehen soll; derselbe soll aber „in fein verteilter Verstäubung“ erfolgen und mit der Bildung der Sekundärkerne zusammenhängen, was

also etwas ganz anderes wäre als das von mir mitgeteilte. Freilich wird zugegeben, es möge mit diesem generativen Chromatin, dem „Idiochromatin“, auch Trophochromatin auswandern. Den Austritt von chromatischen Bestandteilen aus dem Kern der *Thalassicollen* beschreiben auch Hartmann und Hammer. Nach ihren Angaben handelt es sich aber um ganze Kerne (Sekundärkerne), die in dem großen Mutterkern sich entwickelt haben und in ihrer weiteren Entwicklung die Kerne der Gameten liefern, ein Vorgang, der mit der Bildung von Trophochromidien nichts zu tun haben würde. Auch Brandt berichtet vom Austritt ganzer Kerne.

Das Auswandern von Trophochromatin aus dem Kern setzt in ihm eine Organisation voraus, welche mit dem dadurch notwendig werdenden Ersatz und der entsprechenden Neubildung betraut ist. Dieser Forderung entspricht auch der Kern von *Arachnosphaera*, *Oktodendron* u. a. mit ihrem ansehnlichen Binnenkörper, der überreich an Chromidialmaterial ist. Um so mehr muß es überraschen, daß bei *Spongospaera* der Kern abgesehen von einer achromatischen Grundsubstanz nahezu leer erscheint, während doch gerade hier die Bilder sehr überzeugend sind, welche für ein lebhaftes und fortdauerndes Auswandern von Chromidien sprechen. Die Bilder machen es wahrscheinlich, daß die Chromidien in den zentralen Partien des Kerns entstehen und nach der Peripherie vorgeschoben werden. Ich habe aber keine Andeutung finden können, daß im Innern des Kerns eine Art Bildungszentrum für Chromidialmaterial gegeben ist. Unter allen Umständen ist der so auffällige Unterschied im Aufbau des Kerns zwischen den beiderlei Radiolarien eine Erscheinung, die der Erklärung bedarf. Vielleicht ist diese darin zu suchen, daß *Spongospaera* einen besonders lebhaften Stoffwechsel hat, welcher ein rasches Abwandern der Chromidien erfordert und demgemäß eine Ansammlung von Ersatzmaterial unmöglich macht.

Daß die Trophochromidien in der intrakapsularen Sarkode chemische Veränderungen und zugleich eine Zunahme an Masse erfahren, halte ich für sehr wahrscheinlich. Dafür spricht die Steigerung ihrer Färbbarkeit und ihr großer Reichtum im intrakapsularen Protoplasma, der bei *Arachnorhizen* und *Rhizospongien* besonders auffällig ist.

Für die Ansicht, daß die Trophochromidien im intrakapsulären Protoplasma eine Umwandlung erfahren, sprechen weiterhin die Beobachtungen über die sehr in die Augen fallenden Veränderungen ihres Aussehens bei *Spongospaeren* und *Arachnosphaeren*, bei den ersteren, indem sie sich zu Kristallen umwandeln, bei den letzteren, indem sie sich zu kleinen Kugeln kondensieren, die in besonderen Blasen eingeschlossen sind. Letztere beiden Umwandlungen gehören wohl in die Reihe der Speicherungen von Reservestoffen, wie sie bei Radiolarien, besonders bei Kolliden eine so weite Verbreitung besitzen und zur Zeit der Zoosporenbildung wieder rückgängig gemacht werden. Damit würde es sich auch erklären, daß sie erst auf vorgerückteren Entwicklungsstadien sich ausbilden.

Die an letzter Stelle erwähnte Umwandlung des Kapselinhalts in einzelne, voneinander getrennte kleine Blasen, die ein Chromidialkügelchen enthalten, und in homogene radiale Fäden, die zwischen ihnen übrigbleiben, eine Art Stützgewebe bildend, veranlaßt mich, auf eine Erscheinung einzugehen, die bei den meisten der von mir untersuchten Radiolarien wiederkehrt und darin besteht, daß der Kapselinhalt in einzelne voneinander unabhängige Teile zerlegt wird. Wie bei älteren *Arachnosphaeren* die Chromidialblasen, so sind es bei jungen *Spongospaeren* und jungen Exemplaren von *Arachnosphaera* die keil-

förmigen Stücke, die vom Kern zur Kapselmembran reichen. Ins Extrem gesteigert ist diese Individualisierung von Protoplasmateilen bei *Oktodendron*, bei dem die radialen Plasmastränge der Rindenschicht zwar in der gemeinsamen Marksubstanz wurzeln, in ihrem Verlauf nach der Peripherie aber voneinander so scharf getrennt sind, daß sie sich überkreuzen können. Auch bei der Gattung *Heliosphaera* habe ich mich, wie auch früher schon so auch neuerdings, davon überzeugen können, daß der Kapselinhalt aus einzelnen radialen Keilen besteht. Diese Umwandlung einer in der Regel auf einheitliche Funktion abgestimmten Masse in unabhängige Teile ist eine physiologisch merkwürdige Erscheinung. Ich möchte sie damit in Zusammenhang bringen, daß die Einheitlichkeit der physiologischen Funktionen, der Assimilation, der Fortbewegung usw. einerseits durch den Kern, andererseits durch den extrakapsulären Weichkörper gewährleistet wird. Dem Kapselinhalt kommt somit, wenn wir von der Fortpflanzung absehen, nur die Aufgabe zu, zwischen dem zentral gelegenen Kern und dem extrakapsulären Weichkörper zu vermitteln. Da diese Vorgänge in radialer Richtung verlaufen, so ist es begreiflich, daß sie Radialstrukturen begünstigen. Wir finden sie abgesehen von den in dieser Arbeit beschriebenen Fällen auch bei den Kolliden, bei denen nach meinen und Huths Untersuchungen wenigstens der periphere Abschnitt des Kapselinhalts radiale Struktur zeigt. Es handelt sich hier offenbar um eine vorteilhafte, aber nicht um eine notwendige Erscheinung. Daher ihr Fehlen bei *Rhizosphaera* und den sich ihnen anschließenden Formen. Unverständlich bleibt dabei allerdings die Tatsache, daß die Zusammensetzung aus radialen Teilen bei *Spongospaeren* und *Arachnosphaeren* bei jüngeren Tieren vorhanden ist, auf späteren Stadien sich verwischt. Vielleicht ist diese Umwandlung mit der Vorbereitung der Fortpflanzung in Zusammenhang zu bringen.

Ich bin mir bewußt, daß wir uns mit den hier ausgesprochenen Vermutungen auf sehr unsicherem Boden bewegen. Das gleiche gilt von einer weiteren Frage, der Frage nach der physiologischen Bedeutung der Zentralkörperchen. Feststehend ist nur das Eine, daß sie ein Ausstrahlungszentrum für die Axenfäden der Axopodien bilden, somit eine Art Stützapparat. Dabei bleibt es aber unverständlich, warum sie nur bei einem Teil der *Peripyleen*, und zwar offenbar nur bei einer Minderheit derselben vorkommen; sie finden sich bei den *Rhizosphaeren*, *Haliommen*, *Rhizospongien* und *Arachnorhizen*, fehlen dagegen bei den *Spongospaeren*, *Arachnosphaeren*, *Heliosphaeriden* und, wie ich hinzusetzen kann, den *Disciden*, ja sogar bei den *Oktodendriden*, deren ausgesprochen nach einem Zentrum orientierte Organisation ihre Anwesenheit vermuten lassen sollte. Man könnte an eine Korrelation der Einrichtung mit dem Skelett denken. Dem widerspricht aber die Tatsache, daß von Tieren von ganz übereinstimmendem Skelettbau wie den *Spongospaeren* einerseits, den *Rhizospongien* andererseits die ersteren keine Zentralkörperchen besitzen, die letzteren mit ihnen ausgerüstet sind.

Man könnte nun daran denken, daß die Zentralkörperchen für die Vermehrungsvorgänge von Bedeutung sind. Eine solche Vermutung wird uns nahe gelegt, wenn wir die große morphologische Ähnlichkeit mit den Zentrosomen der vielzelligen Tiere ins Auge fassen. Die Zentralkörperchen sind ja nicht nur Ausgangspunkt für die Axenfäden, sondern auch für eine strahlige Anordnung ihrer Umgebung, den Kerninhalt von *Rhizosphaera* und *Rhizospongia*, die Marksicht von *Arachnorhiza*. Die Ähnlichkeit kann noch dadurch gesteigert werden, daß es auch zu Bildungen kommen kann, welche an die Zen-

triolen und *Zentrosphaeren* der *Metazoen* erinnern. Diese Betrachtungen führen zu der Fragestellung: Sind die Zentralkörperchen den Zentrosomen vergleichbare Bildungen? Wir müssen uns mit ihr um so mehr auseinandersetzen, als von vielen Seiten die Ansicht vertreten wird, daß die Zentrosomen auch bei Protozoen eine allgemein verbreitete Einrichtung darstellen.

Die Zentralkörperchen der Rhizopoden wurden von Grenacher bei den *Heliozoen* entdeckt und ihr Zusammenhang mit den Axenfäden der Pseudopodien richtig erkannt. Das war schon zu einer Zeit, als man noch nichts von den Zentrosomen der Metazoen wußte. Daß sie ähnlich den Zentrosomen an der Teilung beteiligt sind, wurde sehr viel später von Sassaki bei *Gymnosphaera* erkannt, einer vielkernigen *Heliozoe*, deren Vermehrung durch eine Teilung des Zentralkörperchens eingeleitet wird. Die Deutung des Zentralkörperchens als Zentrosom stammt von Schaudinn und gelangte bald zu allgemeiner Anerkennung. Schaudinn untersuchte *Acanthocystis aculeata*. Die Einkernigkeit dieser *Heliozoe* ermöglichte ihm den Nachweis, daß auch der Anstoß zur Kernteilung vom Zentralkörperchen ausgeht. Nachdem dieses sich geteilt hat, rücken seine Teilprodukte an opponierte Enden des Kerns und liegen später, wenn der Kern sich zur Spindel umgewandelt hat, wie bei einer typischen karyokinetischen Teilung an den Spindelpolen. Die Berechtigung der von Schaudinn aus seinen Beobachtungen gewonnenen Auffassung wurde später von Stern in Zweifel gezogen. Stern untersuchte ebenfalls *Acanthocystis aculeata* und fand hier Zustände, auf denen schon viele Kernspindeln ohne Zentrosomen voranden waren, das Zentrosom sich noch im zweigeteilten Zustand befand. Aus diesen Beobachtungen wie aus den Beobachtungen Sassakis kann man schließen, daß der ursächliche Zusammenhang zwischen Teilung des Zentralkörperchens und Teilung des Kerns ein lockerer ist, daß ein notwendiger Zusammenhang noch nicht besteht. Man kann das auch so ausdrücken, daß man sagt, es sind bei den von Schaudinn beschriebenen Erscheinungen zwei von Haus aus unabhängige Vorgänge zusammengefloßen, weil die äußeren Bedingungen es begünstigten.

Wie steht es nun mit den Zentralkörperchen der Radiolarien? Für sie ist nur das Eine sicher, daß sie Zentren für die Axenfäden sind und einen beschränkten Einfluß auf die radiale Anordnung ihrer nächsten Umgebung ausüben, bei *Rhizosphaera* und *Rhizospongia* auf die Substanz des Kerns, in dem sie eingeschlossen sind, bei *Arachnorhiza* auf die Markschicht der Zentralkapsel. Dagegen fehlen alle Anhaltspunkte für die Vermutung, daß sie bei der Teilung des ganzen Tiers oder bei der Kernteilung irgendeine Rolle spielen. Teilungen des ganzen Tiers sind bei den *Sphaeroideen* ganz unbekannt. Für die meisten Arten halte ich sie für unmöglich, so für die *Spongospaeren*, *Rhizospongien*, *Rhizosphaeren*, *Arachnorhizen*, alles Formen, deren Weichkörper nach allen Richtungen so sehr von Teilen des Skelettes durchsetzt ist, daß ohne Auflösung desselben seine Durchschneidung unmöglich ist.

Die einzige Art der Vermehrung, die ich für möglich halte und die nachgewiesen ist, ist die Vermehrung durch Sporen: daß die Zentralkapsel vielkernig wird und nach der Zahl der Kerne in Fortpflanzungskörper zerlegt wird. Aber auch bei diesem Vorgang halte ich trotz der Unvollständigkeit unserer Kenntnisse eine Beteiligung des Zentralkörperchens für ausgeschlossen, mindestens für äußerst unwahrscheinlich. Zwar habe ich bei *Rhizosphaera* über das Schicksal des Zentralkörperchens während der die Bildung der Sekundär-

kerne einleitenden Kernverästelung keine sicheren Nachweise; ich habe nur feststellen können, daß auf vorgerückten Stadien derselben es für mich nicht mehr auffindbar war. Aber die *Arachnorhizen* zeigen, daß Kernverästelungen bei ungeteilten Zentralkörperchen möglich sind, daß ferner die Aufteilung der Kernverästelungen in Anlagen von Sekundärkernen zu einer Zeit eintritt, in der die strahlige Anordnung des Protoplasma noch einheitlich und nach einem Punkt orientiert ist, in dem wahrscheinlich noch Reste der sich rückbildenden Zentralkörperchen erhalten sind. Alles in allem können wir nur den Schluß ziehen, daß das Zentralkörperchen der *Peripyleen* auch bei der Zoosporenbildung keine Rolle spielt.

Nun sind Zentrosomen bei den Kernteilungen der Radiolarien beschrieben worden, von Hartmann bei den koloniebildenden Radiolarien, von Huth bei den früher schon in diesem Aufsatz erwähnten *Thalassicollen*. Für uns kommen nur die letzteren in Betracht, weil sie mit den von mir besprochenen Formen darin übereinstimmen, daß lange Zeit über ein einheitlicher Kern vorhanden ist. Hier werden wir aber mit der Merkwürdigkeit bekannt, daß bei den Teilungen der Sekundärkerne zwar Zentrosomen auftreten, daß aber für den großen einheitlichen Mutterkern nichts dem Zentralkörperchen der *Peripyleen* Vergleichbares erwiesen ist. Ich halte sogar seine Existenz für ausgeschlossen und bin daher der Auffassung, daß bei der Vermehrung der Sekundärkerne die Zentrosomen neu entstehen. Und so wird es — ihre Existenz vorausgesetzt — wahrscheinlich auch bei den Sekundärkernen von *Rhizospongia* und *Rhizosphaera* sein. Ich komme daher zum Schluß, daß das Zentralkörperchen der Radiolarien mit Teilungsvorgängen nichts zu tun hat.

Wir stehen hier vor einer auffälligen Erscheinung, daß Strukturen, die eine überraschende Ähnlichkeit besitzen, offenbar unabhängig voneinander entstanden sind und ganz verschiedene physiologische Bedeutung haben. Den ersten Teil dieses Satzes halte ich für unanfechtbar. Denn das Auftreten von Zentralkörperchen einerseits bei einer Minderzahl von Radiolarien, anderseits bei den meisten Heliozoen widerspricht der Auffassung, daß es als eine gemeinsame Struktur beider einander allerdings nahe verwandter Gruppen angesehen werden kann. Noch weniger kann von einem genetischen Zusammenhang mit dem Zentrosom der Metazoen die Rede sein. Man kann die vorhandenen Übereinstimmungen nur als die Folge gleichartiger Organisationsbedingungen auffassen, wenn wir auch über die Natur derselben völlig im unklaren sind. Je mehr wir uns den Anfängen der Organisation, wie sie im Zellenleben gegeben sind, nähern, um so mehr müssen wir damit rechnen, daß die vorhandenen Einrichtungen unmittelbar funktionsbedingt sind, was uns verhindert, den vom Bereich der Organe abgeleiteten Begriff der Homologie anzuwenden.

TAFELERKLÄRUNG.

Alle Figuren stellen Querschnitte (Schnittdicke 6 μ) dar und sind mit Zeiß HJ. 90, Ap. 1.30 . 2 mm gezeichnet. Als Okulare wurden verwandt: Kompensationsokulare 2 und 4, ferner K 7 und K 10. Gefärbt wurde mit Eisenhämatoxylin und Eosin. Die Skelette wurden nur bei einem Teil der Figuren eingezeichnet. Bei der Reproduktion wurden alle Figuren ein wenig verkleinert.

TAFEL I: SPONGOSPHAERA.

- Fig. 1—4: Junge *Spongospaeren*. Fig. 1. Ok. 10. Zentralkapsel 0,04 mm, Kern 0,03 mm groß. Fig. 2. Ok. 4. Zentralkapsel 0,044 mm, Kern 0,03 mm. Fig. 3. Ok. 4. Zentralkapsel 0,06 mm, Kern 0,03 mm; Fig. 4. Ok. 4. Zentralkapsel 0,08 mm, Kern 0,04 mm. Auswanderung der Chromidien aus dem Kern; Kapselinhalt aus keilförmigen Stücken gebildet, von denen einige herausgefallen sind.
- Fig. 5: Umwandlung der Chromidien zu Kristallen. Ok. 2. Zentralkapsel 0,21 mm.
- Fig. 6: Eindringen der Kapselradialkeile in den Kern. Ok. 10. Zentralkapsel 0,18 mm, Kern 0,07 mm.
- Fig. 7: Verschmelzung austretender Chromidien mit den Keilen der Zentralkapsel. Ok. 4. Zentralkapsel 0,14 mm, Kern 0,05 mm.
- Fig. 8: Austritt von Chromidienhaufen aus dem Kern und Verschmelzung mit den Radialkeilen der Zentralkapsel. Ok. 4. Zentralkapsel 0,1 mm, Kern 0,045 mm.
- Fig. 9: Teile eines Schnitts durch den Körper eines großen Tiers. Teile der oberflächlichsten Kapselschicht und das angrenzende Extrakapsularium; Fig. 9a beginnender Übertritt von Chromidienhaufen; Fig. 9b: Überwandern der Chromidien in die Schicht der Sekretblasen. Ok. 10.
- Fig. 10: Der Kern treibt chromidienhaltige Fortsätze in die Zentralkapsel. Zentralkapsel 0,07 mm, Kern 0,035 mm. Ok. 10.
- Fig. 11: Oberflächenschnitt durch eine große Zentralkapsel. Radialkeile quer getroffen. Ok. 10.
- Fig. 12: Kern einer *Spongospaeride* ohne zentrale Gitterkugel (*Spongiomma*?).
- Fig. 13: Umbildung von Chromidienhaufen zu Kristallen. Ok. 10.

TAFEL II.

- Fig. 1—8: *Arachnosphaera*. Fig. 9—15: *Oktodendron*.
- Fig. 1: Kernblase mit Binnenkörper und Nukleolen; der Binnenkörper verbindet sich mit dem Kapselinhalt, in dem schon die Bildung von Chromidialkugeln begonnen hat. Ok. 4. Zentralkapsel 0,17 mm, Kern 0,06 mm, Binnenkörper 0,05 mm.
- Fig. 2: Teil eines Schnitts durch ein 0,18 mm großes Tier. Differenzierung der Radialkeile in Radialfäden und Chromidialkugeln. Ok. 10. Kern 0,06 mm.
- Fig. 3: Querschnitt durch eine junge *Arachnosphaera*. Ok. 4. Zentralkapsel 0,1 mm, Kernblase 0,044 mm, Binnenkörper 0,03 mm.
- Fig. 4: Kern wie in Figur 1. Ok. 4. Zentralkapsel 0,18 mm, Kernblase 0,06 mm.
- Fig. 5: Oberflächenschnitt durch eine 0,26 mm große Zentralkapsel. Ausbildung von Chromidialkugeln in den quer getroffenen Radialkeilen. Ok. 10.
- Fig. 6: Flächenschnitt durch eine 0,3 mm große Zentralkapsel. Differenzierung von Chromidialkugeln und Fäden. Ok. 4.
- Fig. 7: Details zu dem in Figur 2 dargestellten Exemplar.
- Fig. 8: Stücke einer vielkernigen *Arachnosphaera*. Vorbereitung zur Bildung von Zoosporen.
- Fig. 9—15: *Oktodendron*.
- Fig. 9, 10, 12, 15: Details aus einer Schnittserie durch ein außergewöhnlich großes Tier (Zentralkapsel 0,3 mm). Fig. 15: Schnitt durch die Markschrift und den Anfang der Rindenschicht. Oktogon mit ausstrahlenden Skelettstacheln, zentrales Ende des Kerns. Ok. 4; Fig. 9 einer der sechs weiteren Kernschnitte. Ok. 4, etwas verkleinert. Fig. 10: radiale Stücke der Rindenschicht mit ihrem Anfang in der Markschrift. Fig. 12: wirre Anordnung der Radialstränge, ein Ausläufer des Kerns. Ok. 4.

- Fig. 11: Zentralschnitt durch ein Tier mittlerer Größe 0,15 mm. Ok. 2. Kern, Zentralkapsel und extrakapsularer Weichkörper.
 Fig. 13: Radialstränge eines kleinen Exemplars im Zusammenhang mit dem Netz der Markschicht.
 Fig. 14 u. 15: Teile von Schnitten durch ein sehr großes Tier, dessen Zugehörigkeit zu *Oktodendron* zweifelhaft ist. Fig. 14: Marksubstanz auf einen kleinen Haufen reduziert, die zwei Lagen der Rindensubstanz.
 Fig. 15: Einer der durch den gelappten Kern geführten Schnitte mit Teilen des zertrümmerten Skeletts. Chromidien des Kerns zu Klumpen zusammengeballt.

TAFEL III.

- Fig. 1—6: *Arachnorhiza*. Alle Figuren bei Ok. 4 gezeichnet mit Ausnahme von 3 a und 3 b, welche bei Ok. 10 gezeichnet wurden. Die Figuren zeigen verschiedene Zustände des Zentralkörperchens mit seiner Strahlung und den dasselbe umgebenden in Eisenhämatoxylin stark gefärbten Körnchen. Fig. 5: Die Strahlung allseitig ausgebildet. Fig. 1 und 2: die Strahlung auf einer Seite unterbrochen. Fig. 6: die schwarzen Körnchen gruppieren sich auf der einen Seite des Zentralkörperchens zu einer gebogenen Reihe. Fig. 4: die Körnchenreihe ist aus der Mitte herausgerückt. (Das Zentralkörperchen war nicht mehr zu finden.) Die Axenfäden waren nur in den in den Figuren 1 und 4 dargestellten Tieren gut zu erkennen. In allen Tieren der aus der Mitte herausgetretene Kern reichlich verästelt. Fig. 3: Vorbereitung zur Zoosporenbildung; die abgeschnürten Kernenden scheinen sich karyokinetisch zu vermehren. Fig. 3 und 6: Teilungszustände der Sekundärkerne stärker vergrößert.
 Fig. 7—9: *Halionmma*. Fig. 7: Kern eines jungen Tiers, Zentralkapsel 0,1 mm, Kern 0,04, Zentralkörper mit Zentrionle. Ok. 7. Fig. 8: Kern eines älteren Tiers mit einem Stück der angrenzenden Zentralkapsel. Ok. 10. Zentralkapsel 1,12 mm, Kern 0,04. Fig. 9: Zentralkapsel reich an Chromidienhaufen, die auf ihrer ganzen Oberfläche in das Extrakapsularium auswandern. Vom Skelett die zentrale Gitterkugel und die von ihr ausgehenden Radialstäbe dargestellt. Ok. 4. Zentralkapsel 0,12 mm, Kern 0,05 mm.
 Fig. 10: Schnitt durch die Zentralkapsel einer *Heliosphaera*. Ok. 4. Zentralkapsel 0,04 mm, Kern 0,02 mm.
 Fig. 11: *Oktodendron*; Enden der Radialstränge mit angrenzendem Extrakapsularium. Ok. 7.

TAFEL IV.

- Fig. 1—4: *Rhizospongia ovalis*.
 Fig. 1: Zentrale Partie des Skeletts genauer dargestellt. Ok. 10.
 Fig. 2: Zentrosom und zentrale Skelettkugel. Ok. 10.
 Fig. 3: Ein ganzes Tier; Querschnitt durch die Mitte. Ok. 2.
 Fig. 4: Ein Teil der Figur 3; stärker vergrößert.
 Fig. 5—9: *Rhizospongia sphaeroidea*.
 Fig. 5: Zentrale Partie eines 0,2 mm großen Tiers mit strahligem Kern. Ok. 7.
 Fig. 6: Zentralkörper desselben Tiers stärker vergrößert. Ok. 10.
 Fig. 7: Schnitt durch ein 0,16 mm großes Tier. Ok. 4.
 Fig. 8: Das zugehörige Zentrosom stärker vergrößert. Ok. 10.
 Fig. 9: Junge *Rhizospongia*. Ok. 7. Zentralkapsel 0,07 mm, Kern 0,03 mm.
 Fig. 10—13. Verschiedene Formen des Zentrosoms von *Rhizosphaera*; Ok. 10.

TAFEL V.

Alle Figuren beziehen sich auf *Rhizosphaera*, zumeist auf *R. trigonacantha*. Bei den meisten Figuren wurde auf die Darstellung des Skeletts verzichtet.

- Fig. 1: Junge *Rhizosphaera* mit scharf umschriebenem Kern. Extrakapsulare Gitterschale noch nicht entwickelt. Zentralkapsel noch nicht vakuolisiert. Ok. 4. Zentralkapsel 0,09 mm, Kern 0,05 mm.
 Fig. 2: Junge *Rhizosphaera* mit geflammtem Kern. Zentralkapsel noch nicht vakuolisiert. Ok. 4. Zentralkapsel 0,1 mm, Kern 0,05 mm.
 Fig. 3: *Rhizosphaera* mit geflammtem Kern. Ok. 4. Zentralkapsel 0,14 mm. Kern im äußeren Umfang 0,066, im Lichten 0,055 mm.

- Fig. 4 und 5: Kern mit perikaryotischer Schicht, in welche Kernchromidien vordringen. Fig. 4: *Rh. arachnoides*. Ok. 10. Zentralkapsel 0,13 mm, Kern 0,05 mm. Fig. 5: *Rh. erinaceus*. Ok. 4. Zentralkapsel 0,22 mm, Kern 0,09 mm.
- Fig. 6: *Rhizosphaera* mit konzentrisch angeordneten Lagen von Kapselchromidien. Ok. 2. Zentralkapsel 0,22 mm, Kern 0,06 (0,08) mm.
- Fig. 7: *Rhizosphaera*-Kern mit perikaryotischer Schicht. Ok. 4. Zentralkapsel 0,2 mm, Kern 0,075 mm.
- Fig. 8: Zentralkapsel einer in Bildung von Sekundärkernen begriffenen *Rhizosphaera*. Ok. 2. Zentralkapsel 0,16 mm. Fig. 8 a: ein Teil des betreffenden Schnitts bei stärkerer Vergrößerung. Ok. 10. Fig. 8 b: Teil eines anderen Schnitts von demselben Tier. Ok. 4. Fig. 8 c: Teile des in Fig. 8 b dargestellten Schnitts in stärkerer Vergrößerung. Ok. 10.

LITERATUR.

- Goldschmidt, R. (1905): Die Chromidien der Protozoen. Arch. f. Protistenk. Bd. 5.
- Grenacher, H. (1869): Bemerkungen über *Acanthocystis viridis*. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 19.
- Haeckel, E. (1862): Die Radiolarien (Rhizopoda Radiolaria). Eine Monographie. Berlin 1862.
- (1887): Report on the Radiolaria. The voyage of H. M. S. Challenger. Zool. Bd. 18.
- Haecker (1908): Tiefsee-Radiolarien. Wissensch. Ergebn. d. deutschen Tiefsee-Expedition Bd. 19.
- Hartmann, M. u. Hammer (1909): Untersuchungen über die Fortpflanzung der Radiolarien. Sitzungsber. d. Gesellsch. Naturf. Freunde in Berlin Jahr 1909 Heft 4.
- Hertwig, R. (1879): Der Organismus der Radiolarien. Jen. Denkschr. Bd. 2.
- Huth, W. (1911): Über die Fortpflanzung von Thalassicollen. Sitzungsber. d. Gesellsch. Naturf. Freunde in Berlin Jahr 1911 Heft 1.
- Zur Entwicklungsgeschichte der Thalassicollen. Arch. f. Protistenk. Bd. 30.
- Mast, H. (1910): Die Astrosphaeriden. Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition Bd. XIX Heft 4.
- Popofsky, A. (1908): Die Radiolarien der Antarktis. Ergebnisse der Deutschen Südpolar-Expedition Bd. 10. Zool. II.
- Die Sphaerellarien des Warmwassergebiets der deutschen Südpolar-Expedition. Deutsche Südpolar-expedition Bd. XIII. Zool. 5.
- Schaudinn, F. (1896): Über das Zentralkorn der Heliozoen. Ein Beitrag zur Zentrosomenfrage. Verh. d. Deutschen Zool. Gesellsch. Bd. 6.
- Schroeder, O. (1906): Neue Radiolarien der Deutschen Südpolar-Expedition. Deutsche Südpolar-Expedition Zool. Bd. 9.
- Die nordischen Spumellarien in: Brandt K. und Apstein C., Nordisches Plankton XVII. Kiel 1909.
- Stern, C. (1924): Untersuchungen über Acanthocystideen. Arch. f. Protistenk. Bd. 48.









