

Abhandlungen
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung

Neue Folge. Heft 41

1937

Über den Bau der Peripyleen

II. Teil

mit 4 Tafeln

von

Richard Hertwig

Vorgetragen in der Sitzung vom 5. Dezember 1936

München 1937

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

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

INHALT.

A. Die Rhizosphaera-Gruppe	9
I. Arachnorhiza	9
II. Rhizosphaera	13
III. Rhizospongia	17
IV. Haliomma	19
B. Peripyleen ohne Zentralkörperchen	21
I. Arachnosphaera	21
II. Oktodendron	22
III. Die Spongospaeragruppe	22
Allgemeiner Teil	26
Tafelerklärung	31

Vor einigen Jahren habe ich in diesen Abhandlungen d. Bayer. Akademie, math.-naturw. Abt., NF. Heft 12 (1932) Untersuchungen über *Peripyleen* oder *Sphaeroideen*, eine Gruppe der Radiolarien, veröffentlicht. Ich beschränkte mich dabei auf die Familie der *Astrosphaeriden*, deren Skelette zwar wiederholt bearbeitet worden sind, so vor allem in der großen Challenger-Monographie Haeckels und der Monographie Masts in den Ergebnissen der deutschen Tiefsee-Expedition, deren Weichkörper dagegen sehr wenig Berücksichtigung erfahren hatte, so daß unsere Kenntnisse von seinem Bau im wesentlichen noch auf einer von mir im Jahre 1879 erschienenen Arbeit beruhen. Es ist daher begreiflich, daß meine Untersuchungen vielerlei Neues zutage förderten. Namentlich ergaben sich unerwarteterweise erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Gattungen der Familie, so daß ich zwei Untergruppen unterscheiden konnte: die *Rhizosphaera*-Gruppe und die *Spongosphaera*-Gruppe. In beiden fanden sich ähnliche Skelettformen wieder, regelmäßige Gitterkugeln und Gitterkugeln, die in ein spongiöses Gerüst aufgelöst sind. Unterscheidend war, daß bei der *Rhizosphaera*-Gruppe ein Zentralkörper vorhanden war, von dem wie bei den *Heliozoen* Axenfäden in die Pseudopodien ausstrahlten, während beide Strukturen bei der *Spongosphaera*-Gruppe vollkommen fehlten.

Ganz verschieden war die Beschaffenheit der Kerne. In jeder Gruppe fanden sich Kerne, die vorwiegend den Charakter von Bläschen hatten, in denen stark färbbare Körnchen, für die ich den Namen Chromidien einführte, vorhanden waren, stets zu traubenartigen Gruppen und Grüppchen vereint. Bei anderen Gattungen fanden sich massive Kerne oder Kerne mit mächtigen, fast die ganze Kernblase ausfüllenden, nukleolusartigen Körpern von kompliziertem Bau, der bei den einzelnen Gattungen nur untergeordnete Verschiedenheiten aufwies.

Gemeinsam war allen Gattungen die Beschaffenheit der intrakapsulären Sarkode. Es war ein vakuoliges Plasma mit mehr oder minder großen Körnern und Körnchen, die sich stark in Eisenhämatoxylin färbten und meist zu kleinen Haufen vereinigt waren. Ihre starke Färbbarkeit in Karmin- und Eisenhämatoxylinlösungen war Ursache, daß die Zentralkapseln tief dunkel gefärbt waren, so daß sowohl bei ganzen Tieren als auch auf Schnitten die Kerne als hellere Partien, oft sogar wie Blasen aussahen. Nur die Kerne mit großem Binnenkörper machten eine Ausnahme, da dieser sich stets intensiv färbte.

Ich nenne die Körnchen Kapselchromidien und bringe sie in Zusammenhang mit den Kernchromidien. Für diesen Zusammenhang spricht nicht nur das ähnliche Verhalten Farbstoffen gegenüber, sondern auch der Nachweis von Bildern der verschiedensten Art, die nur die gemeinsame Deutung gestatten, daß die Kernchromidien aus den Kernen auswandern und zu Kapselchromidien werden. Diese müssen sich im Plasma ernähren und vermehren. Denn ohne diese Annahme wäre es unverständlich, daß sie massenhaft in den extrakapsulären Weichkörper auswandern. Das Auswandern erzeugt bei manchen Arten ganz eigentümliche Bilder: daß die Oberfläche der Kapselmembran wie gespickt ist mit kleinen zugespitzten Kegeln, die mit ihrer Basis mehr oder minder tief in der Zentralkapsel eingepflanzt sind oder ihr breit aufsitzen. Bei anderen Arten erfolgt das Auswandern in anderer Weise, indem die rundlichen Chromidien in Massen aus der Zentralkapsel in den

extrakapsularen Weichkörper übertreten. – Auf eine weitere Erscheinung der Umbildung der intrakapsulären Chromidien zu Chromidialkugeln werde ich im Laufe der Darstellung zurückkommen, die ich in diesem Aufsatz von meinen neueren Untersuchungen geben werde.

Über das Schicksal der auswandernden Kapselchromidien kann ich mich mit sehr großer Wahrscheinlichkeit in dem Sinne äußern, daß sie zur Assimilation verwandt werden. Für die Assimilation sind für die Radiolarien durch ihren Bau ganz besondere Verhältnisse gegeben. Zwar scheinen ausnahmsweise, wie ich gefunden habe, Fremdkörper in das Innere der Zentralkapsel einzudringen, respektive aufgenommen zu werden. Die Regel ist das aber nicht; vielmehr verbleibt die Nahrung im Extrakapsularium und wird hier verdaut. Zu diesem Zweck dienen offenbar rundliche oder abgeplattete blasse Kugeln von verschiedener Größe, die meist massenhaft im Extrakapsularium gefunden werden. Übergänge sprechen für die Annahme, daß die auswandernden Kapselchromidien sich in derartige „Sekretkugeln“ umwandeln. Und so würde die Auffassung, daß der Zellkern bei der Ernährung der Zelle eine wichtige Rolle spielt, im Bau der Radiolarien eine weitere Stütze finden. Man kann die Beobachtungen in der Weise deuten, daß Kernteile – Kernchromidien – aus dem Kern auswandern, im Protoplasma heranwachsen – Kapselchromidien – und ins Extrakapsularium geraten, um hier sich zu Sekretkugeln umzuwandeln.

Mir war viel daran gelegen, genauere Beobachtungen über die Fortpflanzung der von mir beobachteten Radiolarien zu sammeln, schon um so Klarheit über die Rolle der in der *Rhizosphaera*-Gruppe vorhandenen Zentralkörper zu gewinnen. Sollten dieselben den Zentrosomen der tierischen und pflanzlichen Histologie vergleichbar sein, so mußte ihre Beteiligung an der Fortpflanzung in irgend welcher Weise erweisbar sein. Das Wenige, das ich hierbei bei den Gattungen *Rhizosphaera* und *Arachnorhiza* feststellen konnte, sprach dagegen, so daß ich das Bedürfnis empfand, weitere Untersuchungen nach dieser Richtung anzustellen. Diese haben nun mit großen äußeren Schwierigkeiten zu kämpfen. Die *Astrosphaeriden* gehören zu den kleineren Radiolarien, die nicht wie die Kolliden und Sphaerozoiden leicht in der pelagischen Ausbeute gefunden werden; sie finden sich auch nicht in großen Mengen im Auftrieb und sind für Kulturversuche unbrauchbar, da sie, wie auch ein erfahrener Protozoenzüchter wie M. Hartmann mir bestätigte, der Aufzucht große Schwierigkeiten bereiten. Dazu kommt, daß sie offenbar wie alle übrigen Radiolarien bei der Fortpflanzung in die Tiefe herabsteigen und nur langsam wieder heraufkommen, so daß Fortpflanzungsstadien, wie auch junge Tiere schwer erhältlich sind. Man muß daher versuchen, aus konserviertem Material mühsam geeignete Stadien herauszusuchen. Aus der Erkenntnis heraus, daß keinem Forscher diese Schwierigkeiten erspart bleiben werden, habe ich mich entschlossen, den mir noch zur Verfügung stehenden Teil des in Teneriffa gesammelten Materials noch weiter zu untersuchen, und zwar in der schon früher besprochenen Weise. Das teils in Formalin, teils in Pikrin-Essigsäure konservierte Material wurde in Boraxkarmin gefärbt und in Nelkenöl übertragen, um das Herausfinden zu erleichtern, was für kleinere Arten wie *Haliomma* und *Arachnorhiza* unerlässlich ist, aber auch für größere Arten wie *Rhizosphaera* und *Spongosphaera* wünschenswert ist.

Da trotz der Aufhellung in Nelkenöl die großen Exemplare, auf die ich naturgemäß meine Aufmerksamkeit richten mußte, undurchsichtig sind, blieb mir nichts anderes übrig,

als die Exemplare zu isolieren und zu mikrotomieren. Von einer vollkommenen Isolierung nahm ich bald Abstand, da die mit ihren Stacheln im Mulder verfilzten Tiere dabei erhebliche Schädigungen erfuhren. Etwas anhaftender Mulder erleichterte auch die Arbeit, da so die Gefahr verringert wird, die kleinen Objekte bei den verschiedenen Manipulationen des Einbettungsverfahrens zu verlieren. Für ein genaues Studium der Entwicklungsstadien und der feineren histologischen Struktur war die Untersuchung mäßig feiner Schnitte unerlässlich. Ich wandte zumeist eine Schnittdicke von $6\ \mu$ an.

Für Zoologen, welche die Absicht haben, meine Untersuchungen nachzuprüfen und denen lebendes Material zur Verfügung steht, möchte ich noch den Rat erteilen, daß es sich empfiehlt, eine andere Konservierung anzuwenden, als es seiner Zeit von mir geschehen ist. Ich würde die von mir bei meinen früheren Untersuchungen in Messina benutzte Konservierung in dünner Osmium-Essigsäure mit nachfolgender Färbung in Bealeschem Karmin vorschlagen. Werden die Präparate dann in Nelkenöl aufgehellt, so bleiben sie durchsichtiger und wird die Färbung differenzierter, so daß man vieles schon am Totalpräparat erkennen kann und entscheiden kann, welche Objekte es sich lohnt auf Schnitten genauer zu untersuchen.

Auch für eine genaue systematische Bestimmung der Objekte wird ein besseres Konservierungsverfahren, als ich es angewandt habe, wünschenswert sein. Die systematischen Unterscheidungen von Arten und Gattungen gründen sich vorwiegend auf die Beschaffenheit des Skeletts, namentlich bei den Monographien der letzten Jahrzehnte, die es mit dem konservierten Material mariner Expeditionen zu tun hatten. In der Regel wurden bei der Bearbeitung die Weichkörper in geeigneter Weise, meist wohl durch Behandlung mit Schwefelsäure, zerstört, so daß nur die Kieselskelette erhalten blieben und nunmehr an Totalpräparaten genau untersucht werden konnten. Diese Methode kommt für jeden Forscher, der beides, Skelett und Weichkörper, genauer untersuchen will, in Wegfall. Auch Beobachtungen an lebendem Material kommen nicht in Betracht, da viele Radiolarien stark gefärbt und daher undurchsichtige Zentralkapseln haben. Die Seltenheit der Tiere macht es ferner unwahrscheinlich, daß man ein umfangreiches Material, wie es zu Untersuchungen wie den vorliegenden notwendig ist, gewinnen kann, wenn man sich bemüht, aus dem frischen pelagischen Auftrieb lebende Tiere herauszufangen. Daher wird auch in Zukunft die Forschung auf konserviertes Material angewiesen sein, das zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Meerestiefen gesammelt wurde und aus dem man die geeigneten Tiere unter mäßiger, gelegentlich auch starker Vergrößerung heraussuchen kann. Es gilt dann möglichst weit in der Analyse des Weichkörpers und des für die systematische Bestimmung wichtigen Skeletts zu kommen, ehe man sich zur Anfertigung von Schnitten entschließt, die zur genauen Untersuchung des feineren Baues und der Entwicklungsgeschichte unumgänglich nötig sind. Bei meinem Untersuchungsmaterial ließ sich allerdings an größeren in der Entwicklung vorgeschritteneren Exemplaren nicht sehr viel erkennen, so daß ich mich nach einer vorläufigen Orientierung zum Schneiden entschließen mußte. Leider ist es an Schnittpräparaten äußerst schwierig, vielfach sogar unmöglich, sich ein erschöpfendes Bild von der Beschaffenheit des Skeletts zu machen, zumal als dasselbe beim Herauspräparieren und den beim Einbetten von Schnittmaterial nötigen Manipulationen mehr oder minder leidet. Die hervorgehobenen Übelstände kommen bei der Bestimmung von Familien und Gattungen nicht in Betracht, wohl aber bei

der Unterscheidung der einzelnen Arten, bei der naturgemäß Merkmale von mehr untergeordneter Bedeutung berücksichtigt werden. Ich habe daher die Speziesbezeichnung zu meist außer acht gelassen. Für meine Zwecke kommt sie auch kaum in Betracht, da in bezug auf die Grundzüge von Bau und Entwicklung keine Unterschiede zwischen nahe verwandten Arten zu erwarten sind.

Meine Untersuchungen hatten in erster Linie den Zweck, meine früheren Ergebnisse über die Fortpflanzung der *Astrosphaeriden* zu vervollständigen. Dieselben waren besonders erfolgreich bei der *Rhizosphaera*-Gruppe, so daß ich mit dieser beginnen werde. Aber auch in anatomischer Hinsicht haben sich dank dem reicheren Material manche Ergänzungen ergeben, so daß ich auch die übrigen früher von mir behandelten *Astrosphaeriden* berücksichtigen werde.

A. DIE RHIZOSPHAERA-GRUPPE.

I. ARACHNORHIZA.

Innerhalb der *Rhizosphaera*-Gruppe hatte ich der Gattung *Arachnorhiza* eine Sonderstellung angewiesen, weil ich bei ihr keine Individuen mit zentralem einheitlichem kugeligem Kern antraf, wie er bei allen übrigen *Astrosphaeriden* so sehr die Regel ist, daß ich bei manchen Arten nur derartige Formen auffinden konnte. Obwohl mir ein ziemlich umfangreiches Material vorlag, fand ich immer nur Formen vor, bei denen die Peripherie der Zentralkapsel von reichlich verästelten Kernaussläufern durchsetzt war. Im Zentrum befand sich ein vielfach stark modifizierter Zentralkörper mit Axenfäden vor, der innerhalb einer gleichförmigen Schicht lag, die ich früher dem Kapselplasma zurechnete. Das reiche Material, welches mir inzwischen zugänglich geworden ist, läßt erkennen, daß die der Gattung *Astrosphaera* angewiesene Sonderstellung nicht berechtigt ist, daß auf jungen Stadien auch hier nur ein zentraler kugelig Kern vorhanden ist, der sogar noch lange als solcher erkennbar bleibt, wenn sich der periphere verästelte Kern entwickelt hat. Nach ihrem genetischen Verhalten zueinander nenne ich den zentralen Kern den Primärkern, den peripheren Kern den Sekundärkern.

Figur 2 Tafel I stellt eine *Arachnorhiza* dar, welche nur den Primärkern besaß. Letzterer war wie bei *Rhizosphaera* kugelig, so daß der Unterschied von Jugendformen dieser beiden Gattungen nur durch das Skelett bedingt ist. Im Zentrum lag das tief schwarz-blau gefärbte Zentralkörperchen, von dem in großer Zahl die an ihrem Ende etwas kolbig angeschwollenen Axenfäden ausgingen und etwa halbwegs zur Oberfläche der Zentralkapsel aufhörten. Bei sehr starker Vergrößerung ergab sich ein Aufbau des Zentralkörperchens aus dichtgedrängten schwarz-blauen Körnchen. Der Kern zeigte bei starker Abblendung eine deutliche radiale Struktur, war aber frei von Einschlüssen, so daß er sich als eine helle Partie in dem dunkel gefärbten Plasma der Zentralkapsel ausnahm. Letzteres war alveolar, zum Unterschied von *Rhizosphaera* ohne Andeutung radialer Anordnung, dicht durchsetzt von Kapselchromidien, die an der Oberfläche in der Form von Chromidialkegeln auswanderten. Ähnliche Bilder ergaben einige weitere Exemplare. Die betreffenden *Arachnorhizen* besaßen einen Kapseldurchmesser von etwa 0,08 mm.

Von diesen Anfangsstadien konnte ich alle Übergänge bis zu Tieren, bei denen schon die Anlagen zu den Kernen der Zoosporen ziemlich weit entwickelt waren, nachweisen. Die ersten Anfänge dieses Entwicklungsganges erblicke ich in Individuen, von denen ich ein Exemplar in Figur 2 abgebildet habe. Der Kern ist hier trübkörnig und besitzt auf einer Seite – die hier nach links und unten gewandt ist – schwach ausgeprägte Aussackungen, die auch eine geringfügige Veränderung ihrer Struktur erfahren haben. Die Grundsubstanz ist schwach aufgelockert und demgemäß etwas lichter, was aber dadurch etwas aufgewogen wird, daß in ihr reichlichere Chromidien abgelagert sind. Daß ein Zentralkörperchen im vorliegenden Fall nicht sichtbar ist, hat nichts zu bedeuten. Es kommt ab und zu vor, daß infolge ungünstiger Konservierung die Zentralkörperchen sich nicht von ihrer Umgebung unterscheiden lassen. Auflockerung des Gefüges und Anreicherung mit Kernchromidien

sind charakteristische Merkmale des Sekundärkernes, die sich im Lauf der Entwicklung immer mehr ausprägen; sie haben in einem anschließenden Stadium, das bei stärkerer Vergrößerung (Okular 10) nur zum Teil dargestellt ist, Fortschritte gemacht (Fig. 4). Zugleich ist die Kernknospe größer geworden und ragt zungenförmig in das umgebende Protoplasma vor; sie hängt noch breit mit dem übrigen Kernplasma zusammen, welches sich aber von ihm durch seine radiale Struktur unterscheidet. Das Zentralkörperchen, welches den Ausgangspunkt der radialen Anordnung bildet, ist vergrößert, in gleichem Maße schwächer färbbar und von einer deutlichen Zentrosphäre umgeben.

In Figur 3, welche abermals bei schwächerer Vergrößerung (Ok. 7) gezeichnet ist, ist die Loslösung des Sekundärkerns vom Hauptkern vollzogen; er bildet eine ovale Masse, in deren lockere Struktur die Kernchromidien in kleinen Gruppen eingelagert sind. Das ungemein deutliche radiale Gefüge des Kerns ist noch dadurch ausgezeichnet, daß die Kernchromidien an den Enden der Radialstrukturen des Kerns angehäuft sind, wodurch seine Außenbegrenzung deutlich hervorgehoben wird, eine Erscheinung, die uns noch in einem weiteren Fall beschäftigen wird. Auffallend ist auch die Struktur des Zentralkörperchens. Dasselbe ist, wie die bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10) angefertigte Zeichnung erkennen läßt, zu einem Oval ausgezogen und eine helle Blase geworden. Ich deute diese Veränderung des Aussehens durch die Annahme, daß die bei jüngeren Tieren vorhandenen, die starke Färbbarkeit des Zentralkörperchens bedingenden Körnchen nach außen hervorgetreten sind. In der Tat findet man auch Gruppen von schwarzblau gefärbten Körnchen der Oberfläche des Zentralkörperchens aufgelagert, wie es die stärkere Vergrößerung in beistehender Figur erkennen läßt. Der große, dem Primärkern aufgelagerte ovale Sekundärkern der Figur 3 ließ sich noch in den nächstfolgenden Schnitt verfolgen, wo er sich in zwei Fortsätze gabelte. Sonst konnte ich keine weiteren zu ihm gehörigen Ausläufer nachweisen. Vielleicht ist aber auf ihn ein in Figur 3 b dargestelltes kernartiges Körperchen zurückzuführen. Dasselbe müßte durch Abschnürung von ihm entstanden sein.

Auffallend ist in den 4 besprochenen Figuren, wie auch in den ihnen zugrunde liegenden Präparaten, das ganz verschiedene Aussehen der Grundsubstanz des Primärkerns. Dieselbe ist in den Figuren 1 und 3 licht und zart radialstreifig, in den Figuren 2 und 4 trüb, massig und undeutlich radial strukturiert. Es handelt sich hier um Unterschiede, wie sie auch in den folgenden Figuren wiederkehren. Ich glaube, daß dieselben zum Teil auf Zufälligkeiten in der Konservierung zurückzuführen sind, womit man ja rechnen muß angesichts des Umstands, daß die Objekte einem Material entstammen, das durch Massenabtötung gewonnen worden ist. Zum Teil mögen aber die Unterschiede darauf zurückzuführen sein, daß die Beschaffenheit der Grundsubstanz des Kerns im Lauf der Entwicklung wechselt. Ich rechne auch mit der Möglichkeit, daß die zur Untersuchung gelangten Formen wenn auch der Gattung *Arachnorhiza* so doch verschiedenen Arten angehören. Wie ich schon früher hervorgehoben habe, genügen meine Präparate nicht zu einer genauen Artcharakteristik.

Unterschiede, die möglicherweise durch ungleiche Konservierung bedingt sind, kehren auch in den folgenden, nunmehr zu besprechenden Entwicklungsstadien wieder, äußern sich hier aber besonders in der Beschaffenheit des Sekundärkerns.

In Figur 5 ist der Primärkern noch in dem Zustand, wie ich ihn von den jüngsten *Arachnorhizen* beschrieben habe. Nur ist er in Lappen ausgezogen, deren an das Kapsel-

plasma grenzende Partie von Chromidialkörnern reich durchsetzt ist. Auf den nach beiden Seiten angrenzenden Schnitten, dem vorangehenden sowohl wie dem folgenden, fanden sich je zwei Sekundärkernanlagen als chromidienreiche, untereinander zusammenhängende Lappen, die ich hier nicht abgebildet habe. Sehr schön entwickelt war das Zentralkörperchen, das ich daher noch einmal daneben bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10) abgebildet habe. Das mäßig dunkel gefärbte Zentralkörperchen selbst bestand aus dichtgedrängten Körnern und war umgeben von einer lichterem Zentrosphäre, durch welche hindurch sich die Axenfäden bis zur Oberfläche des Zentralkörperchens verfolgen ließen. Die lichtere Färbung des Zentralkörperchens erklärt sich wohl daraus, daß es zahlreiche Chromidialkörner abgegeben hatte, welche außerhalb der Zentrosphäre lagerten und sich nach der Kernperipherie ausbreiteten.

Das andere Extrem der Kernbeschaffenheit, den Zustand des locker strukturierten Kerns fand ich bei mehreren Exemplaren, von denen eines in der Figur 7 mit den zugehörigen Begleitfiguren dargestellt ist. Der lichte Primärkern war gegen das angrenzende Protoplasma scharf durch dessen dunklere Färbung abgegrenzt und enthielt ein bläschenförmiges Zentralkörperchen mit schön gefärbten, von ihm ausstrahlenden Axenfäden. In ihm war der Sekundärkern eingefalzt, der sogar in das Zentralkörperchen mit einer Spitze eindrang; er ließ sich durch mehrere Schnitte verfolgen und hatte das Aussehen einer Blase, deren Inhalt von einer fein granulierten Grundsubstanz gebildet wurde. In ihr lagen Gruppen von deutlich gefärbten Chromidialkörnern, wie das besonders schön die beiden bei stärkerer Vergrößerung gezeichneten begleitenden Figuren zeigen. Einige dieser Chromidialhäufchen besaßen eine überraschende Ähnlichkeit mit Chromosomen, wie wir sie aus der tierischen und pflanzlichen Histologie kennen, indem die einzelnen Körner sich zu Fäden aneinanderreihen. Meist bildeten sie sogar Doppelreihen, die an die konjugierten Chromosomen der reifenden tierischen Geschlechtszellen erinnerten. Ich trage jedoch angesichts der Präparate von anderen *Arachnorhiza*-Exemplaren, die nichts Ähnliches zeigten, Bedenken, sie als Chromosomen zu deuten.

Ein mittlerer Grad der Auflockerung der Kernsubstanz der Sekundärkerne bildet die Regel bei den *Arachnorhizen*, wie bei den früher von mir gegebenen Abbildungen so auch bei dem der Figur 6 zugrunde liegenden Exemplar. In ihr habe ich den Hauptschnitt ganz dargestellt so wie die Kernverhältnisse des vorausgegangenen (*a*) und der zwei darauffolgenden Schnitte (*b* und *c*); in den weiteren Schnitten war von Kernen nichts mehr zu finden. In dem Hauptschnitt ragte der Sekundärkern noch mit einem Fädchen in den Primärkern hinein; er bestand aus einer zentralen grobgranulierten Masse, die nucleolusartige Körper enthielt und einer dichteren Rindenschicht, die sich nach beiden Seiten hin in Fortsätze verlängerte, die aus einem feinmaschigen Kerngerüst mit eingestreuten stärker gefärbten Körnern bestand. Der Primärkern ließ sich durch drei Schnitte verfolgen. Im Hauptschnitt war er gegen das umgebende Protoplasma scharf abgesetzt und enthielt ein merkwürdiges Zentralkörperchen, wie ich es auch sonst gelegentlich wiedergefunden habe. Für dasselbe war charakteristisch, daß es in Fortsätze ausgezogen war und infolgedessen sich von der trübkörnigen Masse des Primärkerns nur wenig absetzte. Axenfäden waren nicht zu erkennen. In den beiden angrenzenden Schnitten war der Primärkern nicht scharf abgegrenzt. In einem derselben entsandte er einen Fortsatz, der mit dem Sekundärkern in Verbindung trat.

Diese abermalige Verbindung des Primärkerns mit dem Sekundärkern ist noch auffälliger in dem in Figur 9 dargestellten Exemplar. Der Sekundärkern, der sich durch mehrere Schnitte verfolgen ließ, zeigte eine ähnliche Struktur wie in Figur 3 und 7; der Primärkern enthielt ein blauschwarz gefärbtes Zentralkörperchen ohne Axenfäden und war in vier Schnitten nachweisbar, von denen außer dem Hauptschnitt noch ein angrenzender Schnitt dargestellt ist. In allen Schnitten ist der Primärkern scharf abgesetzt, was durch Besonderheiten seiner Struktur bedingt ist. Er besteht aus radial um das Zentralkörperchen gruppierten Fasern, die an der Oberfläche verbreitert enden. Diese Enden sind zumeist ausgezeichnet durch kleinere und größere Körnchenhaufen. Auf der dem Sekundärkern zugewandten Seite verlängern sich die Fasern über die Oberfläche des Primärkern hinaus und treten an den Sekundärkern heran, der hier seine scharfe Abgrenzung verliert. Indem auch die Körnchenanhäufungen sich in gleicher Richtung verlängern und die Fasern des Primärkerns nach ihrem Ende konvergieren, entsteht ein Bild, welches einige Ähnlichkeit mit der Spindel eines karyokinetisch sich teilenden Kerns hat.

Ein durch vielerlei Besonderheiten von den bisher beschriebenen Formen abweichendes Bild liefert die in Figur 8 abgebildete *Arachnorhiza*. Schon das Protoplasma der Zentralkapsel hat seine Besonderheiten; es ist von großen Vakuolen durchsetzt. Eine weitere Eigentümlichkeit ist der gänzliche Mangel von Resten des Primärkerns, die sich sonst bis in spätere Stadien der Entwicklung hinein erhalten. Der Sekundärkern besitzt ein auffallend kompaktes Gefüge und ist schwach verästelt. Das Zentralkörperchen ist ähnlich dem Zentralkörperchen des in Figur 6 dargestellten Exemplars nicht wie in der Mehrzahl der Fälle kreisrund, sondern sternförmig in eine Anzahl Fortsätze ausgezogen. Von ihm aus entspringen besonders deutliche Axenfäden, die einen gewundenen Verlauf einhalten. Vielleicht handelt es sich um ein pathologisch verändertes Exemplar; doch muß man damit rechnen, daß ein weit vorgerücktes Entwicklungsstadium vorliegt, auf dem schon ein großer Teil der Kernsubstanz und des Protoplasmas zu Zoosporen, die schon ausgeschwärmt sind, aufgebraucht waren. Unter meinen geschnittenen Tieren finde ich ein Exemplar mit Resten eines von großen Blasen durchsetzten Kapselplasmas, in dem keine Spuren von Kernmaterial enthalten waren, von dem es mir allerdings am wahrscheinlichsten ist, daß es die letzten Reste eines abgestorbenen Tieres darstellt.

In meiner früheren Arbeit habe ich eine *Arachnorhiza* beschrieben, bei der der Sekundärkern in viele Stücke zerteilt war, die offenbar im Begriff waren, sich in die Kerne von Zoosporen zu verwandeln (1932, Tafel III Fig. 3). Etwas Ähnliches gilt von dem der Figur 10 zugrunde liegenden Exemplar. Bei ihm ist ebenfalls die Zentralkapsel durchsetzt von zahlreichen kleinen Sekundärkernen und Sekundärkerngruppen. Dazwischen fanden sich Kernstränge, die in der Entwicklung noch zurück waren. Ich habe sie in den beigefügten Figuren bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10) dargestellt. Bei ihnen waren die Kernchromidien noch nicht zusammengeballt, sondern gleichmäßig im Kernplasma verteilt. Bei diesem Exemplar konnte ich den Nachweis führen, daß ein Rest des Primärkerns und in ihm ein undeutliches weil schwach gefärbtes Zentralkörperchen noch erhalten war.

Um Mißverständnissen zu begegnen, welche dadurch entstehen könnten, daß aus der Größe der Figuren Schlüsse auf das Alter der dargestellten Tiere gemacht werden, bemerke ich noch, daß die Abbildungen bei verschiedenen Vergrößerungen angefertigt wurden. Zwar wurde allgemein Zeiß homogene Immersion 90 angewandt, aber mit verschiedenen

Okularen kombiniert. Bei den Figuren 1-3, 5 und 10 diente das alte Sucherokular 2, bei den Figuren 4, 6, mit den Beifiguren a, b, c, 7, 8, 9, 9 a das neue Okular 7. Die Beifiguren 3 a in 6, 5 a, 7 a und b sowie die Beifiguren von Figur 10 wurden bei Ok. 10 gezeichnet. Die absoluten Größen der abgebildeten Tiere sind in der Figurenklärung angegeben. Aus diesen Angaben ergibt sich nach der Größe der Zentralkapseln folgende Anordnung der Exemplare: Fig. 1: 0,084 mm, Fig. 4: 0,09, Fig. 6: 0,094, Fig. 2: 0,1, Fig. 8: 0,106, Fig. 3: 0,11, Fig. 9: 0,012, Fig. 7: 0,012, Fig. 10: 0,14. Dieselbe entspricht im großen und ganzen der Auffassung, daß die fortschreitende Entwicklung dem Wachstum der Tiere proportional ist. Nur Figur 5 fällt aus der Reihe heraus, insofern das ihrer Abbildung zugrunde liegende Exemplar trotz seiner geringen Größe schon mit der Bildung der Sekundärkerne begonnen hatte. Das gesamte Aussehen des Exemplars machte allerdings den Eindruck eines Tieres, das noch auf einer frühen Entwicklungsstufe verharrete.

II. RHIZOSPHAERA.

Trotz des sehr viel umfangreicheren mir zur Verfügung stehenden Materials war für die Gattung *Rhizosphaera* meine Ausbeute an Stadien, die analog den bei *Arachnorhiza* so deutlichen Verhältnissen eine Differenzierung des anfangs einheitlichen Kerns in einen Primär- und Sekundärkern erläutern würden, sehr spärlich. Ein deutliches Bild lieferte nur das Exemplar, das in Figur 1 Tafel II abgebildet ist. Der Primärkern hatte noch die trübkörnige Beschaffenheit, wie er ihm zumeist eigentümlich ist; er sandte zahlreiche verästelte Fortsätze aus, die in das Protoplasma der Zentralkapsel ausstrahlten und zum Teil Axenfäden umschlossen. Das Zentralkörperchen war nur undeutlich zu erkennen, da es durch einen darüberliegenden Fremdkörper etwas verdeckt war. Der Sekundärkern lag wie ein Quersack über dem Primärkern und zeigte die uns schon von *Arachnorhiza* bekannte aufgelockerte Struktur mit darin eingeschlossenen Chromidialbrocken; wie die daran anschließenden Schnitte erkennen ließen, hatte er schon zahlreiche Ausläufer ausgeschiedt (Fig. 1 a).

Der Mangel weiterer ähnlicher Bilder in meinem Material erklärt sich vielleicht daraus, daß sie eine besonders günstige Schnittrichtung voraussetzen, eine Schnittrichtung, die das Nebeneinander der beiden Kerne erkennen läßt. Schnitte, die unter einem Winkel oder senkrecht zu ihr geführt sind, müssen notwendigerweise undeutliche Bilder liefern. In dieser Weise erkläre ich mir die Bilder, welche in den Figuren 3 a und 3 b dargestellt sind und zwei aufeinanderfolgende Schnitte desselben Tiers darstellen. In der Figur 3 a ist hauptsächlich der Primärkern getroffen mit dem Zentralkörperchen und den ausstrahlenden Axenfäden. Aber es ragen in den Schnitt seitliche Lappen des Sekundärkerns hinein, die durch ihre Struktur ihre Zugehörigkeit zum Sekundärkern erkennen lassen; daß sie vom Primärkern nicht scharf abgegrenzt sind, ist ganz verständlich, wenn man bedenkt, daß die Lappen des Sekundärkerns auf ihrer inneren Seite allmählich sich verlieren müssen. Figur 3 b zeigt nur den gelappten Sekundärkern mit seinem aufgelockerten, Chromidialanhäufungen enthaltenden Gerüst.

Mir ist es übrigens zweifelhaft geworden, ob die Differenzierung in einen Primär- und Sekundärkern bei der Gattung *Rhizosphaera* so weit vorgeschritten ist, wie bei *Arach-*

norhiza. Bei der Bildung der Zoosporenkerne spielen, wie wir sogleich sehen werden, Ausläufer des Zentralkerns eine große Rolle, die in das Plasma der Zentralkapsel vorstoßen und sich hier verästeln. Der Figur 1 zufolge würden diese Ausläufer von der im Primärkern enthaltenen Komponente ausgehen. In den Figuren 4, 5, 6 und 9 habe ich einige der dabei entstehenden, äußerst mannigfaltigen Bilder dargestellt. In Fällen, in denen die Axenfäden gut gefärbt waren, ließ sich erkennen, daß dieselben bei dem Vordringen der Ausläufer eine gewisse Rolle spielen, indem die Kernsubstanz ihnen nachfolgt, sie umscheidend (Fig. 1, Fig. 3 a und Fig. 9). In vielen Fällen konnte ich an solchen Präparaten keine Sonderung des Materials des Sekundärkerns nachweisen. Im Gegenteil, die Chromidialkörnchen, die bei *Arachnorhiza* das Charakteristische des Sekundärkerns ausmachen, treten unmittelbar auf die Kernaussläufer über. Figur 4 und 5 zeigen das Übertreten an einigen Stellen der Kernoberfläche, Figur 6 allseitig. Die gleichen Erscheinungen habe ich schon in meiner früheren Arbeit beschrieben und mit vegetativen Vorgängen in Zusammenhang gebracht in dem Sinne, daß Kernchromidien in das Plasma der Zentralkapsel übertreten und Kapselchromidien liefern, die dann weiterhin in das Extrakapsularium auswandern und sich zu Sekretkugeln umwandeln. Vielleicht sind beiderlei Vorgänge, die Bildung von vegetativen und generativen Chromidien, nicht scharf auseinanderzuhalten.

Für die unmittelbare Beteiligung des Primärkerns an der Bildung der Zoosporenkerne sprechen noch einige weitere Beobachtungen, auf die ich nunmehr eingehe. In meiner vor vier Jahren in diesen Abhandlungen erschienenen Arbeit habe ich Schnittpräparate durch eine die Fortpflanzung vorbereitende *Rhizosphaera* beschrieben und durch die Abbildungen 8, 8 a-c erläutert. Die Präparate zeigten Stränge, die aus der mittleren Gegend der Zentralkapsel ausstrahlten und sich nach der Peripherie verästelten. An ihren Enden besaßen sie Anschwellungen, in denen die Chromidien sich zu kernartigen Körpern zusammenballten. Dazwischen lagen einzelne kernartige Körper. Einen zentral gelegenen Mutterkern und ein Zentralkörperchen konnte ich damals nicht nachweisen.

Diese früher gemachte Beobachtung kann ich nun auf Grund meiner neuen Untersuchungen ergänzen. Ich habe Gelegenheit gehabt, auf Querschnitten mehrere *Rhizosphaeren* zu untersuchen, die das Verständnis für die früheren Ergebnisse vermitteln. Bei ihnen war noch der Primärkern und in ihm ein Zentralkörperchen vorhanden (Fig. 2 und 2 a). Von dem Primärkern gingen die verästelten Ausläufer aus, in derselben Weise, wie ich es von Figur 4 geschildert und abgebildet habe; sie verbreiterten sich nach außen und bildeten zum Teil keulenförmige Anschwellungen. Von den in Figur 4 abgebildeten Ausläufern unterschieden sie sich dadurch, daß die dort nur auf die Basis beschränkten Chromidialkörnchen auf die peripheren Enden der Ausläufer übergetreten waren (Fig. 2 a). Hier waren sie diffus verbreitert oder zu einer Anzahl kernartiger Körper zusammengeballt, womit der Anschluß an früher gemachte Befunde erreicht ist. Anhäufungen von Chromidialkörnchen und Zusammenballungen zu kernartigen Körpern finden sich auch im Bereich des Primärkerns selbst; es können sogar kernartige Körper in Nischen des Primärkerns eingelagert sein. Aus diesen Befunden muß man den Schluß ziehen, daß die Anlagen von Zoosporenkernen direkt vom Primärkern ausgebildet werden können. Was nun die histologische Deutung der mitgeteilten Befunde anlangt, so will mir scheinen, daß man die „kernartigen Chromidialanhäufungen“ samt der sie umhüllenden Schicht als Kerne deuten muß.

Ich habe noch zwei weiter vorgeschrittene Entwicklungsstadien, die unzweifelhaft zur Zoosporenbildung führen, beobachtet. Ein früheres war durch eine *Rhizosphaera* gegeben, bei der die Zentralkapsel von gleichmäßig gebauten und gleich großen bläschenförmigen Kernen durchsetzt war (Fig. 7). Einen Rest des Primärkerns und des Zentralkörperchens konnte ich nicht mehr entdecken. Auf einem späteren Stadium, einem leider so stark zertrümmerten Exemplar, daß die systematische Bestimmung als *Rhizosphaera* nicht außer Zweifel gestellt werden konnte, war der Kapselinhalt in zahlreiche größere und kleinere Ballen aufgeteilt. Die Ballen enthielten Kerne, deren Größen derartig abgestuft waren, daß die einen durch Teilung aus den anderen hervorgegangen sein könnten (Fig. 8).

Was die Größe der in Fortpflanzung begriffenen Rhizosphaeren anlangt, so kann ich auf Grund einer größeren Zahl von Messungen feststellen, daß sie im Mittel 0,2 mm beträgt. Meinen entwicklungsgeschichtlichen Befunden schließe ich noch einige Bemerkungen an, die sich auf Bau und Systematik beziehen.

In meiner früheren Arbeit hatte ich erwähnt, daß auch bei der Gattung *Rhizosphaera* gelegentlich die Chromidialkugeln beobachtet werden, deren Entstehung aus Chromidien ich für *Arachnosphaera* genauer beschrieben habe. Ich hatte das Vorkommen in meiner früheren Arbeit erwähnt, aber auf eine genauere Besprechung und auf Abbildungen verzichtet, da ich vermutete, es möchte sich um pathologische Veränderungen handeln. Von dieser Auffassung bin ich zurückgekommen, einmal weil ich bei Erweiterung meiner Beobachtungen auf ein umfangreicheres Material die weite Verbreitung der Erscheinung habe feststellen können, zweitens weil ich die allmähliche Verdrängung der Chromidien durch Chromidialkugeln an vielen Exemplaren habe feststellen können. Ich habe mich daher entschlossen, von einem Quadranten eines Schnitts durch ein Tier, das die volle Umbildung in Chromidialkugeln zeigte, eine Abbildung (Tafel II Fig. 10) zu geben. Die Figur läßt eine vollkommene Veränderung des Zentralkapselplasmas erkennen. Die sonst so charakteristische radiale Anordnung des Kapselinhalts ist geschwunden und hat einer vollkommen gleichmäßigen, hie und da durch Vakuolen unterbrochenen Beschaffenheit Platz gemacht. Die an Eisenhämatoxylinpräparaten sonst so deutlichen, intensiv gefärbten Chromidialkörnchen sind ebenfalls geschwunden und durch die blauschwarzen Chromidialkugeln ersetzt, die namentlich an stark extrahierten Präparaten auffallen. Diese sind von sehr verschiedener Größe; die größten erreichen die Dimensionen kleiner Kerne und sind 0,004 mm groß, die kleinsten unterscheiden sich von Chromidialkörnchen nur durch ihre große Wahlverwandtschaft zu Eisenhämatoxylin. Wenn ihre Bildung sich noch in den Anfängen befindet, sind sie nur an stark extrahierten Präparaten gut zu sehen. Bei intensiver Färbung verschwinden sie unter den feinen Chromidialkörnchen und sind dann nur bei sehr genauer Untersuchung aufzufinden. Es läge nahe anzunehmen, daß sie sich entwickeln in gleichem Maße als die Tiere heranwachsen. Dafür spricht auch, daß sie bei kleineren Tieren (Zentralkapsel 0,13–0,15) noch fehlen und durch fein verteilte Chromidialkörnchen ersetzt sind, bei Tieren mittlerer Größe neben diesen vorkommen (Zentralkapseln 0,16–0,19) und bei großen Tieren die feinen Chromidien ganz oder fast ganz verdrängt haben (Fig. 10). Von dieser Regel ergeben sich jedoch Ausnahmen. Ich habe Schnittpräparate von mehreren *Rhizosphaeren*, deren Zentralkapseln die äußere Gitterkugel ganz erfüllten (0,23 mm) oder sogar umwachsen hatten und keine Spur von Chromidialkugeln besaßen. Ich glaube, daß hier Artunterschiede vorliegen, wenn ich auch diese Vermutung durch eine Analyse des

Skeletts nicht begründen kann. Bei einigen Exemplaren fiel mir die derbe Beschaffenheit der extrakapsularen Gitterkugel und die große Zahl der von ihr entspringenden Stacheln auf, was für die Haeckelsche Spezies *Rh. trigonacantha* sprechen würde. Bei diesen von Chromidialkugeln freien *Rhizosphaeren* erhält sich auch die so charakteristische radiale Anordnung des Protoplasma innerhalb der Zentralkapsel, die sich sonst in demselben Maße verwischt, als die Tiere heranwachsen und die Chromidialkörnchen schwinden. Für die Ansicht, daß das abweichende Verhalten der besonders großen *Rhizosphaeren* durch ihre Zugehörigkeit zu einer anderen Art bedingt ist, spricht auch der Umstand, daß der Übergang zur Fortpflanzung bei der Mehrzahl der *Rhizosphaeren*, die zur Untersuchung gekommen sind, sich bei einer Größe von 0,2 mm vollzieht, während die abweichenden *Rhizosphaeren* erheblich größer sind (Zentralkapsel 0,23 mm).

Nach dem, was ich über die Ausbildung der Chromidialkugeln mit wachsender Größe der *Rhizosphaeren* gesagt habe, sollte man annehmen, daß sie auch bei den Tieren, die in Ausbildung der Sporozoenkerne begriffen waren und auch im allgemeinen größere Dimensionen erreichten, vorhanden wären, zumal als bei ihnen ein anderes Merkmal, das die Größenzunahme begleitet, der Schwund der radialen Kapselstruktur, sich ebenfalls eingestellt hatte. Diese Vermutung trifft nicht zu. Nur selten habe ich bei diesen Fortpflanzungsstadien kleine Chromidialkugeln nachweisen können. Vielleicht ist das so zu erklären, daß es sich bei den Chromidialkugeln um eine Art Dotterbildung handelt, die bei der Fortpflanzung rückgängig gemacht wird; vielleicht handelt es sich auch um eine Alternative, daß die Individuen, die in ihrem Inneren Chromidialkugeln entwickeln, nicht zur Bildung der Sporozoenkerne schreiten. Dann wäre es freilich unverständlich, in welcher Richtung sich diese Individuen weiter entwickeln sollten.

Im Anschluß an die bei *Rhizosphaera* beobachteten normalen Zustände möchte ich noch kurz Veränderungen schildern, welche durch Parasitismus hervorgerufen werden. Es handelt sich um ein 0,19 mm großes Tier, in welches eine Amöbe eingedrungen war. Letztere lag in einem ansehnlichen Hohlraum, der sogar eine Strecke weit in den Kern vorgedrungen war. Der Kern war 0,06 mm groß, etwas atrophisch, was darin zum Ausdruck kam, daß die Ausstülpungen, die seine zentrale Hauptpartie durch die Maschen der Gitterkugel treibt, geschrumpft und infolgedessen durch weite Zwischenräume voneinander getrennt waren. Ihre Abgrenzung gegen die perinukleare Schicht war an den meisten Stellen aufgehoben, weil die an den Enden der Ausstülpungen zumeist vorhandenen und eine scharfe Abgrenzung verursachenden Chromidialanhäufungen zum großen Teil auf die perinukleare Schicht übergetreten waren (Tafel IV Fig. 7 b). Aus letzterer gingen radiale Stränge hervor, die bis in die äußersten Partien der Zentralkapsel vordrangen und am reichlichsten im Umkreis des Parasiten entwickelt waren; sie sind mattgrau an Eisenhämatoxylinpräparaten gefärbt und halten einen etwas gewundenen Verlauf ein. Am schönsten sind sie in der Decke des die Amöbe bergenden Hohlraums zu sehen (Fig. 7 a bei Ok. 2, stärker vergrößert bei Ok. 10 Fig. 7 b). Mit den früher besprochenen und mit der Fortpflanzung in Zusammenhang gebrachten Kernfortsätzen haben sie nichts zu tun; sie haben ein anderes Aussehen, sind gleichmäßig dick mit abgerundeten Enden, vor allem sind sie nicht verästelt. Ich vermute, daß die an Pilzfäden erinnernden Fäden aus Kernsubstanz bestehen. Denn wenn ich auch keinen Zusammenhang mit dem Kern selbst habe nachweisen können, so ist ein solcher doch mit der perinuklearen Schicht vorhanden, die wie wir wiederholt

kennen gelernt haben, in sehr enger Beziehung zum Kern steht. Über die physiologische Bedeutung der Struktur lassen sich nur Vermutungen aufstellen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die *Rhizosphaera* Abwehrstoffe gegen den eingedrungenen Parasiten abscheidet und daß bei der Bildung derselben der Kern mitwirkt. Es wäre denkbar, daß zu dem Zweck der Kern die merkwürdigen Ausläufer bildet.

III. RHIZOSPONGIA.

Von der Gattung *Rhizospongia* habe ich 15 weitere Tiere auf Querschnitten untersucht. Die Größen der Zentralkapseln schwankten zwischen 0,08 und 0,23 mm. Trotz dieser Mannigfaltigkeit der Größe fand ich keine auf Fortpflanzung hinweisenden Zustände. Die Unterschiede in der Struktur der Zentralkapsel beschränkten sich darauf, daß bei größeren Formen (Zk. 0,21) Chromidialkugeln in geringer Zahl beobachtet wurden und daß bei einer Anzahl Formen die gewöhnlich unter der Zentralkapselmembran liegende Alveolenschicht vermißt wurde. Erhebliche Unterschiede ergaben sich dagegen im Bau des Zentralkörperchens, welches eine Mannigfaltigkeit zeigte, wie bei keiner anderen Art; sie sind auch von besonderem Interesse, da sie zu Strukturveränderungen des Kerns in Korrelation zu stehen scheinen (Tafel III). Dieser zeigt vornehmlich zwei durch Übergänge verbundene Zustände. Seine Oberfläche kann scharf begrenzt sein (Fig. 1 und 2) und von polygonaler Gestalt (polygonaler Kern) oder sie ist in Spitzen ausgezogen, mit denen der Kern in das umhüllende Plasma eingefalzt ist (geflammter Kern Fig. 3 und 4). Im ersteren Fall besteht der Kern aus keilförmigen Stücken, deren spitzes Ende zentralwärts gerichtet ist, deren breite Basis an die Kernoberfläche grenzt. Der geflammte Kern besitzt einen ziemlich gleichförmigen, radialstreifigen Inhalt, dessen von Körnchen bedeckte Fäden vom Zentralkörperchen ausstrahlen und verschieden weit in das umgebende Protoplasma eindringen, was zur Folge hat, daß der Kern seine scharfe Abgrenzung verliert, wie es in seinen Anfängen schon in Figur 9 zu sehen ist.

In noch höherem Maße wird die Verschiedenheit im Aussehen des Kerns durch die Beschaffenheit des Zentralkörperchens und der Kernchromidien bedingt. Ich gehe von einem sehr primitiven Zustand aus, wie er bei kleinen Rhizospongien vorkommt (0,07 mm) und wie ich ihn in Figur 9 Tafel IV meiner ersten Peripyleenarbeit abgebildet habe. Das Zentralkörperchen ist hier gleichmäßig schwarz gefärbt, die keilförmigen Stücke des Kerns sind ebenfalls dunkel gefärbt, was ich darauf zurückführe, daß die chromidialen Bestandteile pulverförmig in ihnen, besonders nach der Peripherie zu, verteilt sind. Chromidialträubchen, wie ich sie sogleich beschreiben werde, scheinen noch zu fehlen; sie finden sich dagegen bei größeren Tieren und werden besonders deutlich, wenn man die in Eisenhämatoxylin gefärbten Präparate stark differenziert (Fig. 3 und 9). Sie bestehen aus intensiv schwarzen Körnchen und Kügelchen, die zu Haufen von verschiedener Größe und Gestalt sich gruppieren; sie liegen vorwiegend in den keilförmigen Stücken, die dann in ihren übrigen Teilen eine Einbuße an Färbbarkeit erfahren haben. Es liegt nahe anzunehmen, daß sie durch Zusammenballen der feinen Chromidialkörnchen entstanden sind, die anfänglich diffus in den keilförmigen Stücken verbreitet waren. Diese Entwicklungsweise gilt allerdings nur von einem Teil der Träubchen; andere, die mehr in den zentralen Partien

des Kerns liegen, scheinen mir aus dem Zentralkörperchen zu stammen. Für diese Ansicht sprechen folgende Bilder (Tafel III). Das Zentralkörperchen verlängert sich an seiner Oberfläche längs den von ihm ausstrahlenden Radien in schwarze Fortsätze, so daß es wie ein Stechapfel aussieht (Fig. 1); oder es sind nur einige Fortsätze vorhanden; der Inhalt des Zentralkörperchens ist zum großen Teil leer bis auf Reste, die im Zentrum einen nukleolusartigen Körper bilden oder in einzelnen Brocken unter der Oberfläche liegen (Fig. 3 und 9). Mit diesen nach meiner Ansicht aus dem Zentralkörperchen auswandernden Chromidien bringe ich eine andere Struktur in Zusammenhang, die ich sehr häufig aufgefunden habe. In der Gegend der inneren Gitterkugel und daher leicht durch deren stark Licht brechende Kieselbrücken verdeckt, namentlich wenn man bei der Untersuchung ein enges Diaphragma anwendet, findet man feinste, tief schwarz gefärbte Fäden, die durch ihren gewundenen Verlauf und ihre gleichmäßige Größe an Chromosomen erinnern. Mit Chromosomen haben sie sicherlich nichts zu tun; ihre Gestalt verdanken sie wohl dem Umstand, daß sie vom Zentralkörperchen hervorgegangen und längs den von ihm ausstrahlenden Radien gewandert sind. Manche dieser Fäden sind zu Klümpchen zusammengeknäult; und so ergeben sich Übergänge zu den oben beschriebenen Chromidialträubchen. Diese Deutung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Wahrnehmung, daß sehr häufig Chromidialträubchen sich in den inneren Partien des Kerns vorfinden und mit ihrem zentralen Ende in der Region der Chromidialfäden eingepflanzt sind.

Die beschriebenen Bilder und die ihnen von mir gegebene Deutung würden dazu führen, dem Zentralkörperchen eine trophische Funktion zuzuschreiben: daß seine Grundsubstanz wie ein Enzym wirkt, aus der Umgebung Chromidialsubstanz abspaltet, organisiert und dann an den Kern weitergibt. Diese Funktion würde ihm auch auf vorgerückteren Stadien der Entwicklung gewahrt bleiben. In Figur 4 Tafel IV meiner früheren Arbeit habe ich einen Schnitt durch ein besonders großes Exemplar von *Rhizospongia* abgebildet. Dasselbe besaß einen typischen geflammten Kern, der mit zahlreichen spitzen Ausläufern in das umgebende Protoplasma ausstrahlte. Chromidialträubchen waren nicht vorhanden. Die Kernsubstanz ist aber in zwei Zonen gesondert, eine äußere lichtere und eine innere dunklere, offenbar eine Zone, die an Chromidialkörnern reicher war. Diese innere Zone habe ich noch einmal in Figur 4 Tafel III bei stärkerer Vergrößerung gezeichnet. Ihr waren abgesehen von der diffusen dunkleren Färbung kleine Chromidialkörner eingelagert. Im Zentrum lag ein typisches stechapfelartiges Zentralkörperchen von tief schwarzer Farbe. Es scheint somit der eigentümliche Zustand des Zentralkörperchens sich mehrfach zu wiederholen, demnach sein Einfluß auf die Chromidialproduktion auch auf spätere Stadien sich fortzusetzen.

Der Übergang des polygonalen Kerns in den geflammten Kern wird übrigens frühzeitig vorbereitet, indem die keilförmigen Stücke des ersteren sich über die Oberfläche hervorwölben und in das umgebende Protoplasma vordringen. Damit verschwindet an den betreffenden Stellen die anfänglich vorhandene scharfe Abgrenzung des Kerns und wird eine Brücke geschaffen, auf der Chromidialkörner in das Protoplasma übertreten können. Auf späteren Stadien ist diese Abgabe von Chromidien an die Zentralkapsel noch lebhafter und führt zu einem Schwund der Chromidialtrauben, so daß nur noch feine gefärbte Körner im Kern verbleiben.

IV. HALIOMMA.

Von den mit einem Zentralkörperchen versehenen Peripyleen haben wir schließlich noch die Gattung *Haliomma* zu besprechen. Die meisten der von mir neuerdings untersuchten Exemplare zeigten das von mir in meiner früheren Arbeit beschriebene Bild. Im Zentrum liegt ein kleines, glattkonturiertes, tiefschwarz in Eisenaun gefärbtes Zentralkörperchen mit schönen ausstrahlenden Axenfäden. Der umhüllende Kern ist kugelig, nach außen scharf konturiert und deutlich in eine äußere breite, dunkler gefärbte Rindenschicht und eine innere lichte Zentralmasse differenziert. Das Protoplasma der Zentralkapsel hat eine typisch alveolare Struktur mit in radialer Anordnung eingestreuten feinen Chromidialkörnchen, die sich an der Oberfläche zu zahlreichen in das Extrakapsularium vorragenden Chromidialkegeln gruppieren.

Ich habe einen primitiven Kern noch einmal in Figur 5 Tafel III abgebildet, um die Struktur der Kernrinde genauer zu illustrieren. Sie verdankt ihr dunkles Aussehen der Einlagerung intensiv in Eisenhämatoxylin gefärbter, gleichmäßig großer Körnchen. Am besten erkennt man dies auf einem Schnitt, in dem die Kalotte des Kernendes getroffen ist (Fig. 5 b). Hier liegen die gefärbten Körnchen wie Pflastersteine dicht nebeneinander.

Von dieser Schilderung machen unter den von mir neuerdings untersuchten Exemplaren nur wenige eine Ausnahme. In einem Fall waren die völlig fehlenden Chromidialkörnchen der Zentralkapsel durch ansehnliche Chromidialkugeln ersetzt, der gleichförmig gebaute Kern nach Art des geflammten Kerns der *Rhizospongien* in Fortsätze ausgezogen. Während sonst die Oberfläche der Zentralkapsel mit vielen ansehnlichen Chromidialkegeln wie gespickt erscheint, sind nunmehr nur noch Reste von ihnen zu erkennen (Tafel IV Fig. 9).

Im Lauf der Fortentwicklung erfährt der Kern eine analoge Umbildung, wie wir sie für *Rhizospongia* kennengelernt haben (Tafel III Fig. 6-8); er verliert seine scharfe Abgrenzung und ragt mit mehr oder minder spitzen Ausläufern in das umgebende Protoplasma hinein. Der Unterschied zwischen Rinde und Mark kann einige Zeit noch undeutlich sich erhalten, geht aber später verloren, indem die Chromidialkörnchen sich ziemlich gleichmäßig durch den Kernraum verteilen, höchstens daß die in das Protoplasma vorragenden Spitzen etwas reicher mit ihnen bedacht sind.

In der Beschaffenheit des Zentralkörperchens ergeben sich ebenfalls Analogien zu *Rhizospongia*. Das Zentralkörperchen kann von einem Hof von Chromidialkörnchen umlagert sein; diese können sich zu radialen Reihen gruppieren, so daß eine typische Stechapfelform resultiert. Um Platz zu sparen, habe ich in den Figuren 6-8 vom umgebenden Protoplasma nur die eine Seite dargestellt.

Das reiche von mir untersuchte Material hat mir ermöglicht, auch die ersten Kernveränderungen festzustellen, die offenbar die Fortpflanzung vorbereiten. Figur 12 stellt ein ganzes Tier dar mit Ausnahme des Extrakapsulariums nach Färbung mit Boraxkarmin. Der Kern ist vergrößert und nach allen Richtungen hin in breite verästelte Fortsätze ausgewachsen, so daß eine erhebliche Zunahme der Kernmasse auf Kosten des Protoplasmas eingetreten ist. Im Kern lagern kleine, ein wenig stärker gefärbte Körnchen. Ob auch ein Zentralkörperchen vorhanden ist, ließ sich bei der angewandten Untersuchungsmethode im vorliegenden Fall nicht entscheiden.

Hier greift nun ergänzend ein Schnittpreparat ein, das mit Eisenhämatoxylin gefärbt war. Figur 11 stellt einen Zentralschnitt dar. Im Mittelpunkt befindet sich das blasen-

förmige Zentralkörperchen mit der von ihm ausgehenden Strahlung; es ist daneben bei stärkerer Vergrößerung noch einmal besonders dargestellt. In den Verästelungen des Kerns liegen spärliche Körnchen nur an wenigen Stellen zu kleinen Häufchen vereint. Leider war das Eisenhämatoxylin-Präparat zu stark extrahiert und hatte sich bei der Behandlung zugleich mit den übrigen Schnitten, die dabei verlorengegangen sind, abgelöst, so daß eine erschöpfende Untersuchung durch erneute Färbung ausgeschlossen war.

In den Verlauf der Entwicklung gehören wahrscheinlich noch zwei weitere *Haliommen*, über deren Struktur ich nicht ganz ins Klare gekommen bin, so daß ich keine Abbildungen gebe. Ein zentraler Kern war nicht vorhanden, demgemäß auch kein Zentralkörperchen. Im Kapselinhalt zerstreut lagen einzelne in Eisenhämatoxylin dunkel gefärbte Stränge, von denen man annehmen könnte, daß sie durch Abschnürung aus einem verästelten Kern hervorgegangen sind; sie waren bei einem Exemplar verästelt und schienen auch zu anastomosieren, was jedoch nicht mit Sicherheit festzustellen war, da sie sich von dem netzförmig angeordneten protoplasmatischen Inhalt der Zentralkapsel fast gar nicht unterschieden. Nach dem Mittelpunkt der Zentralkapsel zu vereinigten sich die Stränge zu einer reicheren Anhäufung, die mir der Rest des im Zentrum zurückgebliebenen Hauptteils des Kerns zu sein schien. Leider war hier, wie mir schien, die Schnittserie unvollständig. Ich entnehme das daraus, daß die zentrale Gitterkugel des Skeletts fehlte. Gleichwohl mußte sie vorhanden gewesen sein; denn in den beiderseits angrenzenden Schnitten fanden sich die radialen Stäbe, die bei *Haliomma* von der zentralen Gitterkugel nach der extrakapsularen verlaufen; sie konvergierten nach der Mitte zu, ohne aber den Anschluß an einen Ausgangspunkt zu erreichen.

Bei dem zweiten der oben erwähnten Exemplare war die zentrale Gitterkugel vorhanden, die Schnittserie offenbar vollständig. Aber auch hier wurde ein typisches Zentralkörperchen vermißt, desgleichen der übliche Zentralkern. Dagegen verliefen durch den Inhalt der Zentralkapsel, auf mehrere Schnitte verteilt, drei kernartige Stränge, von denen einer verästelt war. Ich halte diese Stränge nach ihrem Aussehen für Abkömmlinge des Zentralkerns, dessen Substanz zu ihrem Aufbau verbraucht worden war.

Ich habe schließlich noch ein drittes vom gewöhnlichen Verhalten abweichendes *Haliomma* zu erwähnen, von dem ein Zentralkapselquerschnitt in Figur 10 Tafel III abgebildet ist. Hier war ein exzentrisch gelagerter, ansehnlicher, unzweifelhafter Kern vorhanden. Er bestand aus einer homogenen Grundsubstanz, in die eine größere Zahl stärker gefärbter Nukleoli eingelagert war. In den zwei beiderseits angrenzenden Schnitten fanden sich ähnlich gebaute kleinere Kernstücke, die mit dem zuerst erwähnten zusammenzuhängen schienen. Die Schnittserie war lückenlos, die zentrale Gitterkugel vorhanden. In ihr hätte das Zentralkörperchen, wenn es überhaupt vorhanden war, eingeschlossen sein müssen. Statt dessen war eine Struktur vorhanden, die in einer besonderen Figur neben der Zentralkapsel bei stärkerer Vergrößerung abgebildet ist; sie bestand aus feinen, im Raum der zentralen Gitterkugel ausgespannten Fädchen, von denen zwei die Verbindung zwischen zwei Körperchen darstellten, in denen man vielleicht die Teilprodukte eines Zentralkörperchens erblicken könnte.

Weitere Entwicklungszustände habe ich leider nicht auffinden können. Was ich beobachtet und hier mitgeteilt habe, deutet darauf hin, daß die Fortpflanzung von *Haliomma* ähnlich wie bei *Rhizosphaera* und *Arachnorhiza* durch eine Knospung des zentralen Kerns eingeleitet wird, ohne daß dabei das Zentralkörperchen eine Rolle spielt. Auch scheint die Sonderung in zweierlei Kerne zu fehlen.

B. PERIPYLEEN OHNE ZENTRALKÖRPERCHEN.

I. ARACHNOSPHERA.

Bei *Arachnosphaera* habe ich der früher von mir gegebenen Schilderung des Baues, obwohl ich gerade hier ein besonders reiches Material habe neu untersuchen können, nichts hinzuzufügen. Nur drei Exemplare zeigten Besonderheiten, die ich mit der Fortpflanzung in Zusammenhang bringe.

Bei dem ersten hier zu besprechenden Exemplar beobachtete ich eine nur wenig in die Augen fallende Veränderung der Kernstruktur. Der Kern der *Arachnosphaeren* wie die Kerne der *Heliosphaeriden* überhaupt hat, wie ich es in meiner früheren Arbeit geschildert habe, einen ziemlich komplizierten Bau. In einer von einer Kernmembran nach außen scharf abgegrenzten Blase, suspendiert in einer schwach gerinnbaren Flüssigkeit, liegt ein fast den ganzen Raum ausfüllender Binnenkörper, dessen Grundsubstanz sich nur mäßig in Karmin und Eisenhämatoxylin färbt. In diesen Körper sind zweierlei Strukturen eingebettet, einmal Material feinsten Chromidialkörnchen, die dichtgedrängt bei Hämatoxylinfärbung schwärzliche Züge und Anhäufungen von sehr mannigfaltiger Anordnung bilden. Zweitens findet man zahlreiche kleinere und größere Nukleoli, die sich besonders intensiv färben und in kleinen Buchten des Binnenkörpers liegen, öfters über die Oberfläche hervorragend oder ganz in den Kernraum hervortretend.

Diese komplizierte Struktur war in einem Exemplar von besonderer Größe in Umänderung begriffen (Fig. 13 Tafel III). Die Nukleoli waren zwar noch erhalten, der Binnenkörper und seine Chromidieneinschlüsse jedoch waren in Auflösung begriffen und verbreiteten sich gleichmäßig im Kernraum.

Bei dem zweiten Exemplar war der Kern enorm vergrößert (Tafel III Fig. 14) und war eine Umgruppierung seiner Bestandteile eingetreten. Die Masse des Binnenkörpers, in welchem Grundsubstanz und Chromidialeinschlüsse zu einer einheitlichen Masse vereinigt waren, bildete nunmehr eine dicke sich intensiv färbende Rindenschicht, die einen Binnenraum umhüllte. Von der ehemaligen Kernstruktur waren nur noch einige Nukleoli erhalten. Ich hielt das in Frage stehende Exemplar zunächst für pathologisch, bis die nun folgenden Beobachtungen Verständnis der Veränderungen ermöglichten.

Das dritte neu zu besprechende Exemplar besaß einen Kern, der in vieler Hinsicht an den in Knospung begriffenen Kern von *Haliomma* erinnerte; er war enorm vergrößert und bestand noch wie der soeben beschriebene Kern aus einem lichten Hohlraum und einer nunmehr gewaltig vergrößerten Rindenschicht (Tafel III Fig. 15). Letztere war auf ihrer Oberfläche dicht bedeckt mit größeren und kleineren Ausläufern, die zumeist mit einer schmalen Partie begannen und sich nach außen keulenförmig verdickten. Nukleoli waren nicht mehr vorhanden, wie die Untersuchung der lückenlosen Schnittserie ergab. Die Rindenschicht und die ihr aufsitzenden Ausläufer bestanden aus einer mäßig grobkörnigen Substanz, in die gelegentlich größere stärker gefärbte Brocken eingelagert waren. Diese Struktur war am deutlichsten auf Schnitten, die durch das Ende des Kerns gelegt waren

(Fig. 15 b). Hier fand man auch in der Umgebung scheinbar abgelöste Kernbrocken, was so zu erklären ist, daß die Verbindungen mit der Kernrindenschicht vom Schnitt nicht getroffen waren. Die durch die Mitte des Kerns geführten Schnitte zeigten noch eine Besonderheit. Die Rindenschicht verdickte sich hier und bildete einen ansehnlichen Wulst, der in den zentralen Hohlraum hineinragte, sein Lumen bis auf einen kleinen Spalt einschränkend. Innerhalb des Wulsts war die Kernstruktur aufgelockert. Es ist in hohem Maße wahrscheinlich, daß im weiteren Verlauf der Entwicklung die Kernaussläufer sich nach der Peripherie verästelt haben und aus ihren Enden Anlagen von Tochterkernen abgeschnürt haben würden in analoger Weise, wie ich es für *Arachnorhiza* und *Rhizosphaera* geschildert habe. Da *Arachnosphaera* kein Zentralkörperchen besitzt, haben wir einen neuen Beweis vor uns, daß das Zentralkörperchen bei der Fortpflanzung der Peripyleen keine Rolle spielt.

Weitere Entwicklungsstadien habe ich leider nicht auffinden können; wir sind somit zunächst noch auf das zerfetzte Präparat angewiesen, das ich in meiner ersten Arbeit beschrieben habe, bei dem der Kapselinhalt aus vielen Ballen bestand, in denen größere und kleinere Kerne eingelagert waren.

II. OKTODENDRON.

Auch von *Oktodendron* habe ich eine größere Anzahl Exemplare neuerdings geschnitten, die aber zu keinen weiteren Ergebnissen geführt haben, als die schon früher mitgeteilten.

III. DIE SPONGOSPHAERAGRUPPE.

Aus ihr kommen in erster Linie die Arten der Gattung *Spongosphaera* in Betracht. In früheren Publikationen wurden von Radiolarienforschern eine größere Anzahl Arten unterschieden, wie ich glaube mit zweifelhaftem Recht. In meinem ziemlich umfangreichen Material schienen nur zwei Arten vorhanden zu sein, die sich voneinander durch den Bau der kleinen Gitterkugel unterschieden, von denen die radialen Stacheln ausstrahlen. Bei der einen ließen sich, wie es auch Haeckels Abbildungen zeigen, deutlich zwei ineinander geschachtelte Gitterkugeln unterscheiden, von denen die äußere, von der die Stacheln ihren Ursprung nehmen, einen Durchmesser von 0,036 mm hat. Bei der zweiten Art war die Markschale ein unregelmäßiges Gitterwerk, in dem eine Unterscheidung zwischen zwei Schalen sich nicht durchführen ließ. Wie sich diese beiden Formen zu den von Haeckel und Anderen aufgestellten Arten verhalten, läßt sich schwer entscheiden; man müßte zu dem Zweck gleichartig behandeltes Material, d. h. mit Schwefelsäure gereinigte Skelette, zu seiner Verfügung haben. Für mich kommt die Artunterscheidung auch nicht in Betracht, da die anatomischen Verhältnisse bei allen von mir untersuchten Exemplaren von Spongosphaeren die gleichen sind.

Trotz dem mir zu Gebote stehenden umfangreichen Material von 0,04 bis 0,3 mm Größe habe ich keine mit der Entwicklung zusammenhängenden Veränderungen mit Sicherheit nachweisen können. Vielleicht sind die in Figur 1 Tafel IV dargestellten Bilder auf eine solche zu beziehen.

Das diesen Abbildungen zugrunde liegende Tier hatte einen Kapseldurchmesser von 0,22 mm, einen Kern, der auffallend reich an Chromidialträubchen war und 0,06 mm maß. Seine Abgrenzung gegen den Kapselinhalt war undeutlich, wie ich das schon früher für andere Exemplare geschildert und mit Auswandern von Chromidien in Zusammenhang gebracht habe. Das Protoplasma der Zentralkapsel zeigte nicht mehr die oft so deutliche Anordnung zu radialen Strängen mit Ausnahme einer gleich näher zu besprechenden Partie; im übrigen war es reich an Kristallen, von denen viele eine sehr bedeutende Größe (0,008 mm) erreichten. Unter dem von radialen Plasmasträngen durchsetzten Extrakapsularium lag eine schmale Schicht lockeren Protoplasmas und in derselben Kerne von verschiedener Größe, was man so deuten kann, daß die kleineren aus den größeren durch Teilung entstanden sind. An manchen Stellen fanden sich Strukturen, die auf eine Entstehung der Kernschicht aus dem übrigen Kapselinhalt hindeuten. Hier wölbte sich nämlich die Oberfläche des normalen, die Hauptmasse darstellenden Kapselinhalts in die unter der Kapselmembran befindliche Lage hervor zu Ballen, die mit ihrem Ausgangsmaterial durch einen Stiel verbunden waren. Auch sie enthielten chromidienreiche Ansammlungen, wie ich sie oft als Anlagen junger Kerne beobachtet habe. Ähnliche Körper beobachtete ich auch in dem Plasma der Zentralkapsel, gegen dasselbe abgegrenzt bis auf das eine Ende, wo eine Verbindung beider Bestandteile bestand. Es läge nahe, die Befunde in genetischen Zusammenhang zu bringen und durch die Annahme zu deuten, daß sich in der Zentralkapsel Kernanlagen bilden, um die herum sich Protoplasma sammelt und gegen die Umgebung abgrenzt. Solche Anlagen wandern nach der Oberfläche des Kapselinhalts und treten hervor, um die besprochene, Kerne enthaltende lockere Plasmaschicht zu erzeugen.

Dieser Deutung steht nur eine Schwierigkeit entgegen. Bei allen bisher untersuchten Radiolarien geht die Fortpflanzung von dem im Zentrum gelegenen Kern aus. Dieser ist im vorliegenden Fall ganz unbeteiligt; er ist, seinem Aussehen nach zu urteilen, in vollkommen leistungsfähigem Zustand, im Vergleich zu den meisten daraufhin untersuchten *Spongospaeren* sogar auffallend reich an Kernsubstanzen. Es fehlen alle Hinweise, daß die besprochenen Kernanlagen mit dem zentralen Hauptkern irgendwie in Verbindung stehen.

Die *Spongospaera*, die der voranstehenden Beschreibung zugrunde liegt, ist noch aus einem anderen Grund von Interesse. In meiner früheren Arbeit habe ich eine merkwürdige Einrichtung des Zentralkapselinhalts geschildert, die darin bestand, daß sich einige Radialstränge des Kapselinhalts erhalten und weiter entwickeln, während sonst die Stränge undeutlich werden und zusammenfließen. Diese erhaltenen Stränge erstrecken sich vom Kern zur Zentralkapseloberfläche und bilden, indem sie sich zusammenfügen, einen Körper, der eine überraschende Ähnlichkeit hat mit den Geschmacksknospen der Säugetiere. Ich habe damals nur wenige derartige Fälle beobachtet. Die jetzt untersuchte *Spongospaera* zeigt die betreffende Struktur in ganz besonders schöner Weise, was zum Teil damit zusammenhängt, daß die Schnittrichtung eine besonders günstige war und daß das umgebende Protoplasma eine völlig andere Anordnung besaß. Die einzelnen Stränge, aus denen sich die Bildung zusammensetzt, verlaufen einander genau parallel und verjüngen sich nach beiden Enden. Das zentrale Ende dringt in den Kern ein, das periphere Ende dringt mit dunkler gefärbten Spitzen in die merkwürdige Lage, von deren Betrachtung ich ausgegangen bin. In ihr liegt dem knospenförmigen Körper entsprechend eine gegen die Umgebung abgesetzte verquollene Masse, vielleicht eine Sekretmasse.

Den gleichen „knospenförmigen“ Körper fand ich in gleich schöner Ausbildung bei einer jungen *Spongospaera*, deren Kapseldurchmesser nur 0,11 mm betrug. Auch hier bestand er aus parallelen Strängen, deren Anschwellungen auf verschiedenen Höhen lagen, so daß sie sich ineinanderfügten, wie es bei den zellenfadenförmigen Epithelien beobachtet wird. Das eine Ende des Körpers wurzelte im Kern, das andere Ende im Extrakapsularium an einer besonders modifizierten Partie. Die scharfe Abgrenzung gegen die Umgebung war ebenfalls vorhanden, diesmal aber anders bedingt, nämlich dadurch, daß das Kapselplasma, wie es bei jungen *Spongospaeren* die Regel ist, noch aus einzelnen Brocken bestand, die zum Teil schon radial orientiert waren, was der strangförmigen Anordnung vorangeht.

Die beiden Fälle sind nicht die einzigen, die ich in meinem neu untersuchten Material vorgefunden habe. Die anderen waren zur Abbildung und Schilderung weniger geeignet, da die Schnittrichtung eine ungünstige war und den Körper unter einem spitzen Winkel getroffen hatte. Vielleicht handelt es sich um eine weit verbreitete, vielleicht sogar um eine ständige Einrichtung, die aber leicht zu übersehen ist, wenn die Schnittrichtung eine ungünstige ist und das umgebende Protoplasma die gleiche radiale Anordnung besitzt. Unter allen Umständen ist es eine sehr auffällige Erscheinung, daß die gleiche Struktur bei Tieren von so verschiedener Größe und so verschiedenem Alter vorkommt.

Die Spongospaeridenstruktur, das spongiöse Skelett, kommt noch bei anderen Radiolarien vor, die nach dem Bau ihres Weichkörpers sich von der Gattung *Spongospaera* unterscheiden, ihr aber sehr nahe stehen im Gegensatz zu *Rhizospongia*, die ich wegen ihres ganz anders geordneten Weichkörpers, besonders wegen der Anwesenheit eines Zentralkörperchens den *Rhizospaeren* angeschlossen habe. Mit Rücksicht auf erhebliche Unterschiede im Bau des Skeletts haben schon Haeckel und andere Forscher verschiedene Gattungen aufgestellt, die ich zum Teil auch habe beobachten können. Ich bilde aus meinem Material drei Exemplare ab, die die Beschaffenheit des Skeletts zeigen, die von Haeckel und Mast als charakteristisch für die Gattung *Spongiomma* angegeben wird. Das Skelett ist ein feines spongiöses Gerüst, welches den ganzen Körper des Tiers durchsetzt. Es dringt, wie die Figuren 3–5 auf Tafel IV erkennen lassen, auch in den Kern ein, ohne daß es aber zur Bildung einer Markschele kommt, vielmehr machte es mir den Eindruck, als ob die Bälkchen des Gerüsts innerhalb des Kerns spärlicher wären. In allen drei Fällen fehlten die charakteristischen Radialstacheln der *Spongospaeren*, doch gewann ich bei dem in Figur 3 dargestellten Exemplar den Eindruck, als ob durch stärkere Entwicklung eines Balkens der Versuch zur Bildung eines Radialstachels gemacht sei.

Während das Skelett der in Rede stehenden *Spongospaeriden* im wesentlichen übereinstimmt, sind im Bau des Weichkörpers nicht unerhebliche Unterschiede vorhanden. Besonders hat der Kern des in Figur 4 dargestellten Tiers seine Besonderheiten. Er ist vollgepfropft von stark gefärbten Nukleoli der verschiedensten Form und Größe. Es finden sich darunter auch tief schwarz gefärbte Kügelchen. Kügelchen der gleichen Beschaffenheit kehren auch im umgebenden Protoplasma wieder, so daß es naheliegt auch hier anzunehmen, daß Kernmaterial in das Protoplasma übertritt.

In gleichem Sinn läßt sich die Kernstruktur der Figur 3 deuten. Bei der Konservierung hat sich in diesem Fall die Kernmasse vom Protoplasma zurückgezogen. Nur an wenigen Stellen hat sich die Verbindung von Kern- und Plasmamaterial erhalten, und zwar durch

Brücken, die den Zwischenraum durchsetzen, deren Reichtum an Chromidialkugeln sich daraus erklären läßt, daß sie aus dem Kern in das Protoplasma übertreten.

Das in Figur 5 dargestellte Exemplar erinnert an eine *Spongospaeride*, von der ich in Figur 13 Tafel I meiner früheren Arbeit den Kern abgebildet habe; beidesmal war der Kernraum von einem diffusen Retikulum durchsetzt, in dem stärker gefärbte Chromidialkörner eingebettet sind. Beidesmal handelte es sich um Tiere von besonderer Größe (Durchmesser der Zentralkapsel 0,26 mm), beidesmal war das Extrakapsularium von außergewöhnlich großen Mengen von gelben Zellen durchsetzt.

Wenn ich die drei besprochenen *Spongospaeriden* der Gattung *Spongiomma* zurechne, so bin ich gleichwohl der Ansicht, daß sie verschiedenen Arten angehören. Ich trage aber Bedenken, besondere Artnamen einzuführen, da bei der Unterscheidung der Arten der Radiolarien, wie ich schon mehrfach hervorgehoben habe, hauptsächlich Verschiedenheiten des Skeletts verwandt werden, von dessen Beschaffenheit Querschnittsbilder nur eine unvollständige Vorstellung geben.

ALLGEMEINER TEIL

An die mitgeteilten Beobachtungen seien noch einige allgemeine Bemerkungen angeschlossen.

Zunächst komme ich auf das Wechselverhältnis von Kern und Protoplasma zu sprechen. In meiner vor vier Jahren erschienenen Arbeit habe ich die Ansicht vertreten und durch Beobachtungen gestützt, daß der Kern Materialien, die „Chromidien“, an das Plasma abgibt, daß diese Chromidien im Plasma heranwachsen, durch die Kapselmembran auswandern und im Extrakapsularium die zur Verdauung dienenden Sekretballen liefern. Zu dieser Auffassung wurde ich, abgesehen von den Beobachtungen, durch die Erwägung geführt, daß bei den Radiolarien für die Assimilation ganz besondere Vorbedingungen gegeben sind. Der größte Teil ihres Weichkörpers ist von einer festen Kapselmembran umschlossen, durch die die aufgenommenen Nahrungskörper gar nicht oder nur ausnahmsweise eindringen können. Die Verdauung findet daher im Extrakapsularium statt. Nun wissen wir, daß der Kern bei der Verdauung eine große Rolle spielt, was am leichtesten zu verstehen ist, wenn wir annehmen, daß er Bestandteile an das verdauende Protoplasma abgibt. Daß diese Substanzabgabe besonders sinnfällig werden muß, wenn der Kern durch einen weiten Zwischenraum vom Ort der Verdauung getrennt ist, ist von vornherein zu erwarten. Meine Ansicht hat durch meine in dieser Arbeit enthaltenen Untersuchungen neue Stützen gewonnen. Ich will dabei nicht früher Gesagtes wiederholen, sondern nur einige Angaben in meiner früheren Arbeit ergänzen und neue Gesichtspunkte geltend machen.

In erster Hinsicht verweise ich auf die Umbildungsreihen der Kerne, die ich für die *Haliommen* und *Rhizospongien* dargestellt habe; sie ergeben im Prinzip die gleichen Bilder: bei jungen Formen ist der Kern stark gefärbt und gegen das umgebende Protoplasma scharf abgesetzt. Bei älteren Tieren verwischt sich diese deutliche Begrenzung; der Kern sendet Ausläufer in das Protoplasma und nimmt die Form an, die ich den „geflamnten Kern“ genannt habe. Zugleich sammeln sich die Chromidien bei *Rhizospongien* zu den Chromidialträubchen, die ich früher schon für *Spongosphaera* geschildert habe.

Eine zweite früher schon gelegentlich erwähnte Erscheinung von theoretischem Interesse ist die merkwürdige Verbindung, die sich bei *Spongosphaera* zwischen Kern und Extrakapsularium entwickelt. Ich habe sie bei meinen neueren Untersuchungen so oft gesehen, daß man sie wohl auf einen normalen Vorgang zurückführen muß. Wie meine Abbildungen zeigen, findet sie sich bei kleinen und andererseits bei sehr großen *Spongosphaeren*, bei denen schon die Bildung von Kristallen in vollem Gang ist. Nach meiner Ansicht ist diese Differenzierung des Kapselinhalts eine sehr verbreitete Erscheinung. Vielleicht handelt es sich sogar um ein konstantes Vorkommen. Denn wie ich schon oben betont habe, muß man beachten, daß die betreffenden Strukturen nur dann gut zu erkennen sind, wenn der Schnitt das Bündel der vom Kern ins Extrakapsularium ziehenden Stränge der Länge nach getroffen hat. Auf Schnitten, die in schräger Richtung oder gar senkrecht zu den Strängen geführt sind, wird man sie kaum erkennen können, so daß man sie meistens übersehen wird.

Die funktionelle Bedeutung der Stränge ergibt sich wohl aus ihrem Bau; sie wurzeln im Kern und dringen durch die bei *Spongospaera* sehr unansehnliche Kapselmembran in das Extrakapsularium ein. Offenbar dienen sie dem Transport von Substanzen. Da keine Nahrungskörper in die Zentralkapsel, geschweige denn in den Kern aufgenommen werden, kann nur an eine Überführung von Kernsubstanzen in das Extrakapsularium gedacht werden.

Was das Verhältnis von Kern zum Protoplasma bezüglich ihrer Masse anlangt, die Kernplasmarelation, so sind die meisten Radiolarien mit ihrem einzigen zentralen Kern und ihrer gegen Fremdkörper abgeschlossenen Zentralkapsel zu Untersuchungen besonders geeignet. Das extrakapsulare Protoplasma kann man unberücksichtigt lassen, da seine Masse im Vergleich zum Inhalt der Zentralkapsel unbedeutend ist. Gegen diese Auffassung könnte man das ansehnliche Phäodium, das die Makropyle der *Tripyleen* umhüllt, geltend machen. Ich glaube aber mit Unrecht. Gelegentlich habe ich auf meinen Präparaten auch durch *Tripyleen*, die ich bei meinen Untersuchungen aus früher erörterten Gründen nur beiläufig berücksichtigt habe, Querschnitte erhalten. Auf ihnen habe ich den Eindruck gewonnen, daß im Phäodium sehr wenig Protoplasma enthalten ist. Es besteht vielmehr zum größten Teil aus den die charakteristische Färbung bedingenden schmutzig gelbbraunen Körpern, die den Eindruck von zerfallenem, nicht mehr lebendem Material machen. Ich möchte sie für Zersetzungsprodukte halten, die vielleicht von relativ geringer Schwere sind und im Körper zurückbehalten werden, um sein spezifisches Gewicht zu erleichtern, das bei den meisten Arten durch das schwere Skelett sonst besonders erhöht werden würde.

Ich habe nun, von dem besprochenen Gesichtspunkt ausgehend, mein Schnittmaterial durchgesehen, muß aber zu den so gewonnenen Resultaten die Bemerkung machen, daß sie mit einer gewissen Reserve aufgenommen werden müssen, da die Abgrenzung der Kerne öfters auf Schwierigkeiten stößt, bei den *Rhizospaeren* vermöge der perinuklearen Schicht, die mit dem Kern bald mehr bald weniger verwachsen ist, bei *Spongospaera*, *Rhizospongia* und älteren *Haliommen* vermöge der in das Plasma ausstrahlenden Kernaussläufer, bei *Oktodendron* und *Arachnosphaera* vermöge der unregelmäßigen Gestalt des Binnenkörpers, der bei der Bestimmung der Kernplasmarelation allein in Betracht kommt. Die daraus sich ergebenden Ungenauigkeiten kann man jedoch außer acht lassen, wenn man eine größere Zahl Tiere untersucht.

Bei meinen Messungen hat sich das Resultat ergeben, daß bei allen berücksichtigten Formen die Masse der Plasmasubstanz im Vergleich zum Kern im Lauf des Wachstums zunimmt. Am auffälligsten ist diese Tatsache bei *Spongospaera*, von der ich besonders kleine Exemplare habe auffinden können. Ich verweise in dieser Hinsicht auf meine frühere Arbeit, in der ich auf Tafel I vier junge Tiere und ferner eine Anzahl größerer Exemplare abgebildet habe. Bei ersteren ist das Verhältnis von Kerndurchmesser zum Zentralkapseldurchmesser wie 1:1,3, 1:1,5, Maße, die bei der Art ihrer Bestimmung insofern nur relativen Wert haben, als ja bei der Bestimmung der Plasmamasse der Kern inbegriffen ist. Das Verhältnis ändert sich im Lauf der Entwicklung und kann bis zur Relation 1:3,5, bei einem besonders großen Exemplar sogar bis zu 1:4,7 steigen. Hierbei muß beachtet werden, daß bei jungen Tieren die Kerne viel mehr färbare Substanz enthalten, was bei der angewandten Bestimmung der Kernplasmarelation sich abermals zuungunsten des Kerns

älter Tiere auswirkt. Ähnliche Verschiebungen der Kernplasmarelation ergeben sich bei *Rhizospongia*, bei der mir auch kleine und sehr große Exemplare zur Verfügung standen, wenn auch die kleinsten Tiere schon eine mittlere Größe hatten. Bei letzteren war die Kernplasmarelation 1:2 und stieg bei den zwei größten Exemplaren, die ich in meinem Material vorfand, auf 1:3 und 1:3,6. Bei *Arachnosphaera* waren die Größenunterschiede der gemessenen Tiere nicht sehr bedeutend (0,096 und 0,26 mm). Die Kernplasmarelation stieg hier von 1:3 bis auf 1:5. Beim Kern habe ich dabei nur den Binnenkörper berücksichtigt, da der anderweitige Inhalt der Kernblase so gut wie keine festen Bestandteile enthält. Ähnlich verhält sich *Oktodendron*, bei dem ein ähnlicher Bau des Kerns vorliegt, insofern in einer hellen Blase ein massiver Binnenkörper lagert. Doch scheiden hier die größten Exemplare aus, da bei ihnen der Binnenkörper eine so unregelmäßige, gelappte Beschaffenheit annimmt, daß eine Bestimmung seiner Masse sich nicht gut durchführen läßt. Nach ihrer Ausschaltung ergeben sich für *Arachnosphaera* folgende Maße, einerseits 1:2 (Größe 0,07), andererseits 1:6 (Größe 0,27).

Mit dem Eintritt der Fortpflanzung tritt eine rückläufige Bewegung ein, eine Zunahme der Kernsubstanzen auf Kosten des Protoplasmas. Für *Rhizosphaera*, *Arachnorrhiza* und *Haliomma* läßt sich diese Erscheinung nicht zahlenmäßig ausdrücken, da der Kern eine verästelte Beschaffenheit annimmt. Die Zunahme ist aber so beträchtlich, daß ein Blick auf die entsprechenden Figuren genügt, um die Tatsache zu erhärten. Bei *Arachnosphaera* ist eine beweisende Messung möglich, da für sie ein frühes Stadium vorliegt, auf dem der Kern räumlich noch einigermaßen zusammengefaßt ist (Tafel III Fig. 15). Bei einer Zentralkapselgröße von 0,19 mm ergibt sich hier eine Kerngröße von 0,11 mm, wenn wir die Ausläufer einbeziehen, von 0,08 mm ohne dieselben.

Auf einen weiteren Punkt, der sich aus den Messungen ergibt, möchte ich noch aufmerksam machen, daß sich höhere Werte für das Protoplasma bei *Arachnosphaera* und *Oktodendron* ergeben, als bei *Haliomma* und *Rhizospongia*, oder gar bei *Spongosphaera*. Es erklärt sich diese Erscheinung aus der Beschaffenheit der Kerne. Die für die Kerne angegebenen Zahlen sind nicht gleichwertig. Die massiven Kerne der beiden erstgenannten Radiolarien enthalten in der Volumeneinheit mehr feste Substanz als bei den übrigen Arten.

Der Umstand, daß in dem von mir gesammelten pelagischen Material sich außer den *Astrosphaeriden* auch manche *Tripyleen* fanden, die in Karmin gefärbt und im ganzen oder auf Schnitten nach Färbung in Eisenhämatoxylin untersucht werden konnten, machte mich auf einen sehr auffälligen und durchgreifenden Unterschied beider Gruppen aufmerksam. Mag man das eine oder das andere Färbeverfahren angewandt haben, erscheint der *Astrosphaeriden*kern als eine lichtere Partie in dem von stark gefärbten Chromidien dunkel erscheinenden protoplasmatischen Inhalt der Zentralkapsel. Bei den *Tripyleen* ist es umgekehrt: der stark gefärbte Kern liegt in einem namentlich bei starker Differenzierung lichten Protoplasma. Bei Schnitten, die in Eisenhämatoxylin gefärbt waren (Fig. 6) findet man im Protoplasma keine Chromidien, höchstens spärliche Körnchen im Umkreis der Makropyle (Fig. 6 b). Dagegen ist der Kern dicht durchsetzt von einem reichlich verästelten Chromidialbaum und dazwischen eingestreuten einzelnen Chromidien.

Dazu gesellt sich ein zweiter Unterschied. Im Vergleich zum Kern ist außerordentlich wenig Protoplasma vorhanden. Die Kernplasmarelation gibt höchstens ein Verhältnis von 1:1,5.

Beide Erscheinungen zusammengekommen machen es wahrscheinlich, daß Kern und Protoplasma der *Tripyleen* einerseits und der *Astrosphaeriden* andererseits einander nicht gleichwertig sind, daß bei den *Tripyleen* manche Funktionen und demgemäß auch die entsprechenden Strukturen dem Kern vorbehalten sind, die bei den *Astrosphaeriden* frühzeitig auf das Protoplasma übergeleitet werden. Ich denke dabei im Anschluß an das, was ich früher gesagt habe, an die Assimilation, gebe allerdings zu, daß die aufgeworfene Frage nur durch Experimente gelöst werden kann. Ich fürchte nur, daß mit Rücksicht auf die Schwierigkeiten, die der Kultur der Radiolarien entgegenstehen, die betreffenden Experimente noch lange auf sich warten lassen werden.

Zur Deutung des Zentralkörperchens. In meiner früheren Arbeit habe ich schon hervorgehoben, daß das Zentralkörperchen der *Rhizosphaeriden* an das Zentralkorn vieler *Heliozoen* und das Zentrosom der *Metazoen* erinnert. Es kann damit nicht an eine „Homologie“ gedacht werden, ein Begriff, der überhaupt nur mit Vorsicht in der Zellenlehre verwandt werden kann. Im Leben der Zelle ist alles in erster Linie physiologisch bedingt, d. h. die Lebensbedingungen und die mit ihnen zusammenhängenden funktionellen Erfordernisse bestimmen in hohem Maß die Strukturen; im Vergleich zu ihnen treten die phylogenetischen Belange zurück. Und so kann man wohl sagen, daß die drei Strukturen in jeder der drei Gruppen unabhängig erworben worden sind. Es kann daher nur die Frage sein, inwieweit man von einer physiologischen Ähnlichkeit reden kann.

Zwischen *Rhizosphaeriden* und *Heliozoen* besteht eine weitgehende Übereinstimmung der in Rede stehenden Zellteile. Zentralkörperchen und Zentralkörner liegen im Zentrum des Tiers, sie sind Ausgangspunkt der Axenfäden der Pseudopodien und besitzen die gleiche Struktur und zum mindestens ähnliches chemisches Verhalten (Färbbarkeit in Eisenhämatoxylin). Die Zentralkörner der *Heliozoen* haben ferner manches Gemeinsame mit den Zentrosomen der Metazoen, indem sie sich teilen und auf die Teilung des Zellkörpers einen Einfluß ausüben; nach Schaudinn sollen sie sogar bei der Karyokinese des Kerns die gleiche Rolle spielen wie echte Zentrosomen. In letzter Hinsicht hat zwar L. Stern Bedenken erhoben. Er suchte zu beweisen, „daß das Zentralkorn bei der Kernteilung nicht als Zentrosom funktioniert“. Indessen sind auch nach Sterns Darstellung Beziehungen zur Karyokinese und Zellteilung sichergestellt, so daß an eine nähere Verwandtschaft Zentralkorn – Zentrosom nicht gezweifelt werden kann.

Letzteres ist nun für die *Rhizosphaeriden* nicht erwiesen, nach meiner Meinung ist es sogar ausgeschlossen. Nach den in dieser Arbeit dargestellten neueren Befunden haben die Zentralkörperchen sowohl bei *Rhizosphaera* als auch bei *Arachnorhiza* und *Haliomma* an der Kernknospung keinen Anteil. Sollten die aus der Knospung hervorgegangenen Sporozoenkerne sich karyokinetisch vermehren, und sollten dabei Zentrosomen auftreten, was erst noch bewiesen werden muß, so sind diese sicherlich Neubildungen, was wohl auch für die von Huth beschriebenen Zentrosomen bei den Karyokinesen der *Thalassicollen* gilt.

Wir sind somit vor die Frage gestellt, welche Funktion nun wohl den Zentralkörperchen der *Rhizosphaeriden* zukommt. Mit der Annahme, daß sie Stützpunkte der Axenfäden und damit auch der Pseudopodien sind, scheint mir die Frage nach ihrer Funktion nicht erschöpfend gelöst. Denn bei den meisten Radiolarien, vor allem bei den nahe verwandten *Spongospaeriden* und *Heliosphaeriden* (*Arachnosphaera*), fehlen sie, obwohl hier das Be-

dürfnis nach Stütze das gleiche, wenn nicht sogar ein größeres ist. Mir will es daher scheinen, als ob die physiologische Erklärung nach einer anderen Richtung gesucht werden müßte.

Beim Versuch eine andere physiologische Erklärung zu geben, gehe ich von Beobachtungen aus, die ich erst im Laufe meiner neuen Untersuchungen methodisch gemacht habe. Ich habe schon in meiner ersten Arbeit hervorgehoben, daß das Aussehen des Zentralkörperchens ein sehr wechselndes ist. Neuerdings bin ich darauf aufmerksam geworden, daß hier eine gewisse Gesetzmäßigkeit vorliegt. Bei ganz jungen Tieren sind die Zentralkörperchen stets tief schwarz gefärbt; später sehen sie mehr wie helle Blasen aus. Dazwischen liegen Zustände, in denen das Zentralkörperchen von Chromidien dicht umlagert ist, während einige noch im Innern liegen (Tafel III Fig. 3), was ich in dem Sinne deute, daß Chromidien im Zentralkörperchen gebildet werden und dann auswandern. Wenn dabei die Chromidialkörnchen den vom Zentralkörperchen ausstrahlenden Bahnen folgen, entsteht die charakteristische Stechapfelform, die ich so oft beobachtet habe (Tafel III Fig. 2, 4, 8, 11, Tafel I Fig. 6, 8, meine frühere Arbeit Tafel IV Fig. 6, 11, 13). Aus dieser Entstehungsweise erkläre ich auch die bei *Rhizospongia* so verbreitete Anordnung der ausgewanderten Chromidien zu Fäden, die eine große Ähnlichkeit mit Chromosomenfäden haben (Tafel III Fig. 1, 2, 9); sie ist offenbar dadurch bedingt, daß die Körnchen beim Heraustreten den Axenfäden entlang gleiten.

Die im Zentralkörperchen entstandenen Chromidien wandern nach meiner Ansicht nach der Oberfläche des Kerns und von hier in das Protoplasma über. Auf diesem Weg können sie zu den charakteristischen Chromidialträubchen zusammentreten, wie sie bei *Rhizospongia* von mir beschrieben wurden, wie sie aber auch bei *Spongosphaera* vorkommen, bei der keine Zentralkörperchen vorhanden sind.

Bei dieser funktionellen Deutung der Zentralkörperchen könnte es auffällig erscheinen, daß sie im Kern der übrigen *Astrosphaeriden*, dem ich die gleiche Rolle bei der Bildung der Chromidien zuschreibe, fehlen. Bei *Arachnosphaera* und *Oktodendron* sowie den sich ihnen im Bau anschließenden Formen (*Heliosphaera*, *Cladococcus* usw.) möchte dieser Mangel verständlich sein, da hier in dem mächtigen Binnenkörper ein vollwertiger Ersatz gegeben ist, nicht so bei *Spongosphaera*. Vielleicht kann hier eine oft gemachte Beobachtung Aussicht für eine Erklärung bieten. Die Anordnung der Chromidialträubchen von *Spongosphaera* machte auf mich immer den Eindruck, als ob sie aus dem Zentrum des Kerns hervorträten. Vielleicht sind hier Kräfte zentriert, die bei den *Rhizosphaeriden* zur Organisation eines Zentralkörperchens geführt haben und eine analoge Wirkung ausüben.

Ob es nicht möglich ist, von der hier vertretenen Auffassung der Funktion des Zentralkörperchens einen Anschluß an das Zentrosom der Metazoen zu finden, bei dem die *Heliozoen* einen Übergang bilden würden, will ich hier nicht weiter erörtern.

TAFELERKLÄRUNG.

Alle Figuren wurden mit Hilfe von Zeiß H. I. 90 gezeichnet; verwandt wurden Kompensationsokular 2, die neuen Okulare 7 und 10. Die meisten Präparate sind Schnittpräparate, Schnittdicke 0,06 mm, gefärbt mit Eisenhämatoxylin nach Vorfärbung mit Boraxkarmin. Bezeichnungen: ck Zentralkapsel, n Kern, n' Binnenkörper des Kerns, z Zentralkörperchen.

TAFEL I: *ARACHNORHIZA*.

Fig. 1, 2, 3, 5, 10: Ok. 2; Fig. 4, 6, 7, 8, 9, 9 a: Ok. 7.

Fig. 1: Kleine Arachnorhiza mit zentralem Primärkern; ck: 0,084 mm, n: 0,04 mm, z: 0,004 mm.

Fig. 2: Beginnende Kernknospung; ck: 0,1 mm, n: 0,04 mm; Zentralkörperchen nicht vom Schnitt getroffen.

Fig. 3: Sekundärkern aus dem Primärkern hervorgetreten; ck: 0,11 mm, n: 0,06, z: 0,008:0,003; daneben a bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10), b kernartiger Körper in einem folgenden Schnitt.

Fig. 4: Primärkern mit hervortretender Anlage des schon aufgelockerten Sekundärkerns, Ok. 10; ck: 0,09 mm, n: 0,04 mm, z: 0,008 mm. Zentralkapsel nur zum Teil dargestellt, Zentralkörperchen aus dem folgenden Schnitt eingezeichnet.

Fig. 5: Primärkern mit 2 Knospen, daneben Zentralkörperchen stärker vergrößert (Ok. 10).

Fig. 6: Ausgetretener Sekundärkern mit einem Fortsatz im Primärkern verankert, daneben Verhalten der beiden Kerne a in einem vorausgegangenen, b und c in zwei folgenden Schnitten; ck: 0,094 mm, n: 0,04 mm.

Fig. 7: Sekundärkern aufgelockert, mit einem Fortsatz im Primärkern verankert; Axenfäden sehr gut gefärbt, 2 Abkömmlinge des Sekundärkerns, 7 a und 7 b weitere Abkömmlinge aus den folgenden Schnitten bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10); ck: 0,094 mm, n: 0,04 mm.

Fig. 8: Eine abweichend gebaute, vielleicht pathologische *Arachnorhiza*. Zentralkapsel auffallend vakuoliert, Primärkern nicht mehr nachweisbar, massiver Sekundärkern mit Ausläufern, die sich in zwei angrenzende Schnitte verfolgen lassen, Axenfäden merkwürdig geschlängelt; ck: 0,106 mm.

Fig. 9: Sekundärkern verästelt und aus dem Primärkern ausgetreten, mit ihm in sekundäre Verbindung getreten; 9 a Verhalten im folgenden Schnitt. Beide Kerne lassen sich noch durch weitere Schnitte verfolgen; ck oval: 0,1:0,12 mm, Primärkern 0,02 mm.

Fig. 10: Sekundärkern in Umbildung zu Zoosporenkernen; ein Rest des Primärkerns und das Zentralkörperchen noch erhalten; daneben Anlagen der Zoosporenkerne bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10); ck: 0,14 mm.

TAFEL II: *RHIZOSPHAERA*.

Fig. 1 und 2 bei Ok. 2, alle übrigen Figuren bei Ok. 7.

Fig. 1: Trennung des Sekundärkerns vom Primärkern; 1 b Ausläufer des Sekundärkerns im folgenden Schnitt (ferner in 3 weiteren Schnitten); ck: 0,17 mm.

Fig. 2: Kern in Knospung und Bildung der Zoosporenkerne, Lage der intrakapsularen Gitterkugel durch eine unterbrochene Linie eingezeichnet. Fig. 2 a einige Ausläufer des Kerns mit Chromidialhaufen, die noch nicht zu Zoosporenkernen zusammengeballt sind, bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 7); ck: 0,2 mm, n (Rest): 0,06 mm.

Fig. 3: Sonderung von Sekundär- und Primärkern von oben gesehen. Fig. 3 a Primärkern mit ausstrahlenden Axenfäden und übergreifenden Aussackungen des Sekundärkerns. Fig. 3 b Sekundärkern; ck: 0,24 mm, z: 0,04 mm.

Fig. 4: Primärkern sendet verästelte Ausläufer in den Kapselinhalt, Chromidialkörnchen beginnen auf sie überzutreten, dazwischen die durch die Gitterkugel bedingten Lücken. Fig. 4 a Zentralkörperchen bei stärkerer Vergrößerung (Ok. 10). Vereinzelte Chromidialkugeln im Plasma.

Fig. 5 und 6: Verschiedene Stadien der Ausstrahlung der Kernchromidien in das umgebende Protoplasma. In beiden Figuren die Querschnitte der Balken der inneren Gitterkugel eingezeichnet; in Figur 5 das Zentralkörperchen selbst zu sehen, in Figur 6 die Fußpunkte der Axenfäden auf dem Zentralkörperchen.

Fig. 7: Teil eines Querschnitts einer vielkernigen *Rhizosphaera*; ck: 0,2 mm; Größe der Kerne 0,008 mm.

Fig. 8: Ballen mit verschieden großen Kernen aus einer zertrümmerten, in Fortpflanzung begriffenen *Rhizosphaera*.

Fig. 9: Quadrant eines Querschnitts durch den Kern und seine Umgebung; Stechapfelform des Zentralkörperchens; Axenfäden von Chromidien umscheidet.

Fig. 10: Quadrant eines Querschnitts durch eine *Rhizosphaera* mit vollentwickelten Chromidialkugeln; ck: 0,18 mm.

TAFEL III.

Fig. 1-4 und 9 *Rhizospongia*; Fig. 5-8, 10-12 *Haliomma*; Fig. 13-16 *Arachnosphaera*; Fig. 1-9, 13-16 bei Ok. 10; Fig. 10-12 bei Ok. 2.

Fig. 1-4 und 9 Umbildung des Kerns von *Rhizospongia*.

Fig. 1: Polygonaler Kern; ck: 0,08 mm, n: 0,018 mm.

Fig. 2: Polygonaler Kern mit beginnendem Übergang in das Protoplasma, Stechapfelform des Zentralkörperchens; ck: 0,08 mm, n: 0,032 mm.

Fig. 3: Geflammtter Kern, Zentralkörperchen mit z. T. ausgewanderten Chromidien.

Fig. 4: Geflammtter Kern in eine dunklere innere und lichte äußere Schicht differenziert, nur erstere dargestellt, Stechapfelform des Zentralkörperchens; ck: 0,22 mm, n: 0,05:0,06 mm.

Fig. 5-8: Umbildung des Kerns von *Haliomma*.

Fig. 5: Kern mit ansehnlicher scharf abgesetzter Rindenschicht; a Zentralschnitt, b Schnitt durch die Oberfläche des Kerns; ck: 0,114 mm, n: 0,03 mm, z: 0,0038 mm.

Fig. 6-8: Übergänge zum geflammten Kern, angrenzende Plasmaschicht nur im oberen Teil der Figur dargestellt.

Fig. 6: Zentralkörperchen mit ausgetretenen Chromidialkörnchen; ck: 0,11 mm, n: 0,044 mm.

Fig. 7: Stechapfelform des Zentralkörperchens; ck: 0,11 mm, n: 0,04 mm, z: 0,03 mm.

Fig. 8: Stechapfelform des Zentralkörperchens; ck: 0,12 mm, n: 0,056 mm, z: 0,08 mm.

Fig. 9: Kern von *Rhizospongia*, mit Chromidialträubchen; ck: 0,16 mm, n: 0,06 mm, z: 0,07 mm.

Fig. 10: Zentralkapsel mit sekundärem Kern, weitere Stücke desselben fanden sich in den angrenzenden Schnitten, daneben zentrale Gitterkugel mit Einschlüssen (Zentralkörperchen?); ck: 0,12 mm.

Fig. 11: Zentralkapsel mit verästelttem Zentralkörperchen in Stechapfelform, daneben Zentralkörperchen stärker vergrößert (Ok. 10); ck: 0,14 mm, z: 0,04 mm.

Fig. 12: *Haliomma*, ganze Zentralkapsel mit verästelttem Kern nach einem Karminpräparat; ck: 0,13 mm.

Fig. 13: Kern einer *Arachnosphaera* in beginnender Umwandlung.

Fig. 14: Zentralkapsel mit großem, in Umgruppierung begriffenem Kern; ck: 0,16 mm, n: 0,08 mm.

Fig. 15: Kern in Knospung begriffen; a Schnitt durch das Zentrum; b peripherer Schnitt, Kern allein dargestellt.

Fig. 16: Das zu Fig. 15 gehörige Protoplasma mit Resten von Chromidialkugeln.

TAFEL IV.

- Fig. 1: *Spongospaera*; ck: 0,22 mm, n: 0,06 mm, Kristalle: 0,004–0,008 mm; Ok. 7. Fig. 1 a: Teil eines Schnitts durch Kern, Radialstrangbündel, periphere Kapselschicht und Gallertschicht, Lage der inneren Gitterkugel durch einen Kreis bezeichnet. Fig. 1 b und 1 c: Teile desselben Schnitts. Fig. 1 b: Schnitt durch die Gallertschicht und die periphere kernhaltige Schicht der Zentralkapsel. Fig. 1 c: Anlagen von Kernen aus der Peripherie der Zentralkapsel.
- Fig. 2: Kleine *Spongospaera* mit Radialstrangbündel; ck: 0,11 mm, Kern mit eingezeichneter Gitterkugel: 0,054 mm, Ok. 2; daneben Radialstrangbündel stärker vergrößert (Ok. 7).
- Fig. 3–5: Verschiedene Formen von *Spongiomma*, Ok. 2. Fig. 3: ck: 0,16 mm, n: 0,05 mm (inklusive des hellen Zwischenraums: 0,07). Fig. 4: Kern mit vielen Nukleoli; ck: 0,18 mm, n: 0,1 mm. Fig. 5: ck: 0,26 mm, n: 0,12 mm.
- Fig. 6: Schnitte durch eine *Triphylee*. Extrakapsularium und Skelett abgestreift, daher genauere Bestimmung nicht möglich. a Schnitt durch Zentralkapsel (0,12 mm) und Kern (0,08 mm), Ok. 2; b Schnitt durch den Makropylapparat, Ok. 10.
- Fig. 7: Schnitte durch eine von einer Amöbe infizierte *Rhizospaera*; ck: 0,19 mm, n: 0,04 mm. a Schnitt durch die Decke der von der Amöbe bewohnten Vakuole. b ein Teil der Decke stärker vergrößert, Ok. 7. c Teil eines durch den Kern geführten Schnitts, Ok. 7.
- Fig. 8: Die zugehörige Amöbe, Ok. 2; Tier 0,05 mm, Kern 0,02 mm.
- Fig. 9: *Haliomma* mit Chromidialkugeln. Lage der Gitterkugel und des Zentrosoms angedeutet, Ok. 7.







