Die Auxosporenbildung der Gattungen Cocconeïs, Surirella und Cymatopleura.

Von
G. Karsten.

Hierzu Tafel VIII, IX, X.

Um die früher mitgetheilten Auxosporenbeobachtungen [1]) zu vervollständigen, suchte ich Süsswasserdiatomeen in Cultur zu halten, welche den noch nicht von mir beobachteten Typus III [2]) der Auxosporenbildung, d. h. die Vereinigung von zwei Mutterzellen zu einer Auxospore, aufzuweisen versprachen. Der einzige günstige Standort in der Nähe von Bonn ist, soweit ich bisher zu berichten vermag, die Siegmündung mit ihren verschiedenen todten Armen, welche von Fabrikabwässern und dergleichen ziemlich frei bleiben. Von hier mitgebrachte Bodenproben enthielten von den gewünschten Formen: Cocconeïs placentula Ehr., Cymatopleura solea W. Sm., Cymatopleura elliptica W. Sm. und Surirella saxonica Auersw.

Von diesen Arten entsprach zunächst nur Cocconeïs placentula meinen Erwartungen.

I. Cocconeïs placentula Ehr.

Die ruhende Zelle besitzt eine elliptische flachgedrückte Form (Fig. 1 Taf. VIII). Die dem Substrat aufliegende „untere" Schale führt eine Raphe, mittelst der die Zelle sich fortzubewegen im Stande ist, die andere, „obere" Schale zeigt lediglich eine Pseudoraphe; ein Zwischenband mit Randseptum ist eingeschoben. Die Zeichnung der Oberschale ist in Fig. 5*o* und 8*o* Taf. VIII wiedergegeben, in allen übrigen Figuren sind nur die Unterschalen mit Raphe und Randsepten des Zwischenbandes ausgeführt, um die Uebersicht nicht zu erschweren.

Der völlig durchsichtige Plasmaleib zeigt als am meisten ins Auge fallende Theile ein flächenförmig ausgebreitetes Chromatophor mit meist nur einem mehr oder weniger tief eindringenden Einschnitt und gewellten, ein wenig umgeschlagenen Rändern, und den annähernd die Zellmitte einnehmenden Zellkern mit deutlichem Nucleolus.

1) G. Karsten, Untersuchungen über Diatomeen I—III, Flora 1896—97, und G. Karsten, Diatomeen der Kieler Bucht. Wissensch. Meeresuntersuchungen IV, Heft 2. Kiel 1899.

2) cf. Diatomeen der Kieler Bucht l. c. 171.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0257-7

Die Auxosporenbildung in der im Juli angesetzten Cultur trat im November und December auf den dicht mit Cocconeïs-Individuen besetzten Theilen der Objectträger[1]) ein und griff wie durch Ansteckung um sich, indem von der zunächst Auxosporen aufweisenden Stelle aus immer weitere Umkreise zu ihrer Entwickelung angeregt wurden. Diese Erscheinung war mir schon bei sonstigen Beobachtungen aufgefallen, trat aber hier besonders deutlich hervor. Die Grösse der copulirenden Zellen war sehr gleichmässig 18—19 : 12—13 μ.

Wenn ich die Resultate der Lebendbeobachtung und der Untersuchung gefärbten Materials (Fixirung mit verdünnter Pikrinosmium-essigsäureplatinchloridmischung, Färbung mit Eosin und Hämalaun) zusammenfassend wiedergebe, so würde der Vorgang folgendermaassen verlaufen: Zwei einander mit beliebigen Stellen ihrer Schalenränder fast oder völlig berührende Zellen zeigen eine bevorstehende Copulation durch eine geringe, aber deutlich bemerkbare Contraction des Plasmaleibes an (Fig. 2 Taf. VIII). Es finden sich dann stets zwei Kerne ungleicher Grösse in diesen Zellen vor; nur der „Grosskern" führt einen Nucleolus. Die Kerntheilung muss bereits einige Zeit vorher vollendet sein, da es mir nicht gelang, Theilungsstadien noch anzutreffen, und auch die Grössendifferenz sonst nicht so bedeutend sein könnte.

Während dieser Zusammenziehung umgibt sich jeder der beiden Plasmakörper mit einer sehr dünnen, zunächst nicht über die Schalen hinaustretenden Gallerthülle, die mit Hämalaun tief blau gefärbt wird. Darauf beginnt an der Berührungsstelle der beiden Zellen, resp. an den einander nächst gelegenen Orten, ein geringfügiges Auseinanderweichen der beiden Schalen, der Gallertmantel greift hier ein wenig über die Grenzlinie der Schalen hinaus.

Von diesem Zeitpunkte ab hört die gleichartige Weiterentwickelung der beiden Zellen auf; eine Zelle, wir können sie als männliche bezeichnen, gibt ihren gesammten Inhalt an die andere, die weibliche, ab. An der männlichen Zelle wird aus den von einander gehobenen Schalen eine Gallertpapille vorgestreckt, welche gerade auf die Oeffnungsstelle der weiblichen Zelle hinwächst. Die Gallerthüllen treten in Verbindung. Dann gleitet, von der dünnen Gallertschicht allseitig umhüllt, in ununterbrochenem Strome das gesammte Plasma der männlichen Zelle langsam in die weibliche hinüber. Die Kerne werden dabei zu lang ausgezogenen, spindelförmigen Körpern von ge-

1) Ueber die Objectträgerculturen cf. Diatomeen der Kieler Bucht, l. c. 20, und Flora 1896.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0258-3

ringem Querdurchmesser, das Chromatophor legt sich in vielfache Falten, um durch die enge Verbindungspforte hindurch schlüpfen zu können (Fig. 3 Taf. VIII). Endlich ist der ganze Inhalt in die weibliche Zelle übergetreten, nur die Gallerthülle bleibt in den leeren Schalen der männlichen Zelle zurück, so dass sie in gefärbten Präparaten tiefblau erscheinen.

Die trotz ihres verdoppelten Inhaltes bisher im Umfange unveränderte weibliche Zelle (Fig. 5 Taf. VIII) erfährt jetzt eine plötzliche, allseitige Dehnung, so dass sie auf ihrer unteren Schale liegend die obere auf dem Rücken weit emporträgt (Fig. 6 Taf. VIII). Dieses Wachsthum geht aufserordentlich schnell vorüber, sehr bald ist die definitive Grösse von 40—41 : 28—33 μ erreicht und gleichzeitig ist die Aussenhaut bereits verkieselt und gibt den Einwirkungen plasmolytisch wirkender Agentien nicht mehr nach; nur der plasmatische Inhalt schrumpft unter ihrer Einwirkung zusammen.

Die Auxosporenhaut (das Perizonium) zeigt keinerlei Zeichnung, sondern ist völlig glatt (Fig. 7 Taf. VIII); ihre Form ist bereits mehr oder weniger plattgedrückt, entsprechend derjenigen der Cocconeïszellen. Soweit meine Beobachtungen reichen, wird stets die obere, nur mit Pseudoraphe versehene Schale zuerst in der Auxospore ausgeschieden, dann erst die Unterschale. Eine Zusammenziehung des Plasmaleibes konnte ich hier niemals finden, vielmehr schien ähnlich wie bei Synedra und Melosira nummuloïdes die Auxosporenhaut den Schalen direct anzuliegen, und sie bleibt vielleicht auf den Primärschalen dauernd erhalten, wie es ja für Melosira nummuloïdes höchst wahrscheinlich auch der Fall ist.[1])

Mit beginnender Ausdehnung des Copulationsproduktes lässt sich der Plasmaleib in seinen Bestandtheilen wieder genau erkennen. Die zwei Chromatophoren bleiben einige Zeit deutlich: früher oder später aber ist nur ein einziges noch vorhanden. Von den vier Kernen sind meist schon zur Zeit der Copulation nur die Grosskerne nachweisbar, die Kleinkerne gehen regelmässig zu Grunde. Die beiden Grosskerne, jeder mit deutlichem Nucleolus ausgerüstet, liegen nahe bei einander in der Mitte der jungen Zelle; sie beginnen langsam mit einander zu verschmelzen und zur Zeit der vollendeten Schalenbildung und nach Reduction der zwei Chromatophoren auf die normale Einzahl ist die Vereinigung der Kerne vollendet (Fig. 8 Taf. VIII).

Die Auxosporenbildung von Cocconeïsarten ist schon häufiger

1) cf. Unters. über Diatomeen, III, 215.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0259-1

beobachtet worden, zuerst von Carter[1]), dann von W. Smith[2]), endlich von Lüders[3]) und von Pfitzer.[4]) Smith nahm die Entstehung aus einer Mutterzelle an, er hat vermuthlich die eine stets unter der Auxospore liegende „Unterschale" übersehen. Die drei übrigen Beobachter stimmen darin mit mir überein, dass zwei Mutterzellen durch Vereinigung ihrer Plasmakörper eine Auxospore geben. Man findet die sehr guten und bezeichnenden Figuren von Lüders in Diatomeen der Kieler Bucht l. c. 93 Fig. 114 wiedergegeben.

Die merkwürdige Angabe von Carter, dass die Auxospore in zwei Erstlingszellen zerfalle, welche nebeneinander auf dem Substrat liegen sollen, erklärt sich aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch, dass der Beobachter den ersten Theilungsschritt der neugebildeten Cocconeïszelle innerhalb der Auxospore und das Auseinanderweichen der beiden Tochterzellen gesehen hat. Auch scheinen mir seine Fig. 7—10 die Gürtelseiten wiederzugeben, wie diese Erklärung es voraussetzen muss. Jedenfalls ist es mir nicht möglich, eine andere Deutung zu finden, da ich an den in ihrer Lage auf den Objectträgern haftenden Auxosporen die Anlage der Schalen innerhalb des Perizonium parallel der Glasfläche verfolgen konnte.

2. Surirella saxonica Auersw.

Im November 1899 eingeholter Schlamm von den vorher genannten Orten der Siegmündung zeigte im geheizten Zimmer bald eine reiche Entwickelung von Surirella saxonica. Die Art steht der Surirella splendida Kütz. = nobilis W. Sm. nahe, unterscheidet sich gleich ihr von der elliptischen S. biseriata De Bréb. durch ovale Form der Schalenseite und ist durch einen beinahe rechteckigen Umriss der Gürtelseiten charakterisirt[5]).

1) Ann. and Mag. of nat. History. XVII. Pl. I. fig. 1—12. 1856.

2) W. Smith, Synopsis of British Diatoms. II. pag. XII B. 32.

3) Joh. E. Lüders, Beobachtungen über die Organisation, Theilung und Copulation der Diatomeen. Bot. Ztg. 1862. 59.

4) E. Pfitzer, Bau und Entwickelung der Bacillariaceen, 1871, pag. 87.

5) Surirella saxonica Auersw. findet man erwähnt in F. Cohn, Kryptogamenflora von Schlesien 1878, II, 201. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird die Art mit S. splendida Ktzg., deren gerade durch Auxosporenbildung vergrösserte Individuen von W. Smith als S. nobilis hervorgehoben wurden, zu vereinigen sein, da das mehr oder weniger weite Ausgreifen der Flügel an dem verschmälerten Schalenende kaum zur Kennzeichnung genügt. A. Grunow (Oesterr. Diatomeen I, 1862, Verh. der k. k. zool. botan. Ges. XII, 448) nennt die Form nicht. Ich habe hier den Namen S. saxonica hauptsächlich aus dem Grunde gewählt, weil meine Individuen mit so bezeichneten Schalenpräparaten von Möller-Wedel vortrefflich übereinstimmten.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0260-2

Die beiden Chromatophoren liegen den Schalenseiten an und sind durch einen sehr schmalen Streifen, welcher dicht unter dem genau den Mittelpunkt der Zelle einnehmenden Kern von Schale zu Schale hinüberreicht, der Regel nach verbunden. Ihre Form ist stets die eines schiefgestellten, vierarmigen Kreuzes (Fig. 27 Taf. X.) Die Arme sind von ungleicher Länge und am Rande sehr reich zertheilt. Jeder Zipfel führt ein oder einige nur in gefärbtem Material gut kenntliche Pyrenoide. Im normalen Zustand der Zelle sind feinste Zipfelchen der Chromatophoren in jedes einzelne Kanälchen vorgestreckt, welche die auf jedem der vier Flügel verlaufende Kanalraphe mit dem Zellraum verbinden. Die Zellgrösse schwankte in den zahlreichen von mir gemessenen Fällen zwischen 136—284: 42,5—52 μ. Die Verschiedenheiten des grösseren Durchmessers der Schale übertreffen demnach die des kleineren sehr erheblich; eine auch sonst schon beobachtete Thatsache [1]).

Die erste Andeutung der Auxosporenbildung besteht darin, dass sich zwei Zellen in bestimmter Weise mit einander verbinden. Sie kehren sich die spitzen Schalenenden zu, scheiden an den Berührungsflächen eine gallertige Masse aus und haften nun fest aneinander; sie bewegen sich gemeinsam und sind kaum ohne Verletzung der gebrechlichen Schalen zu trennen. Die Zellen können so nebeneinander liegen, dass beide gleichnamige Seiten dem Beschauer zukehren (Fig. 9 Taf. VIII), oder es kann eine beliebige andere Lage statthaben; der Zusammenhang ist in allen Fällen gleich fest. Nicht ganz selten sah ich drei solcher Zellen zusammengelagert, statt der regelmässigen Zweizahl [2]).

Für die Gallertabscheidung verantwortlich mache ich Gallertporen, welche in Einzahl an jeder Schale dort auftreten, wo am schmäleren Schalenende die beiden Flügel aneinander stossen. Da die Schalenoberfläche an dieser Stelle gegen das Gürtelband hin

---

1) cf. P. Miquel, Recherches expérimentales sur la physiologie, la morphologie et la pathologie des Diatomées. Suite; citirt nach Just's Botan. Jahresber. 1893.

2) Als Material mag hier eine Anzahl von Messungen mitgetheilt sein, welche über die Grösse der zur Auxosporenbildung zusammentretenden Individuen Auskunft geben. Bei den in Gürtellage gemessenen Zellen ist nur die Schalenlänge angegeben: 170:45 und 200 μ; 136 und 160 μ; 162:50, 151 und 171 μ; 158:42 und 175 μ; 172 und 182:46 μ, 146 und 162:48 μ; 174 und 173 μ; 170 und 164 μ; 166 und 174 μ; 171 und 160 μ; 144 und 180 μ; 178 und 150 μ; 184 und 178 μ; ausserdem einige Messungen der leeren Schalen und der zugehörigen Auxospore: 180 und 172 μ, Auxospore 278 μ; 175 und 164 μ, Auxospore 274 μ; 176 und 148 μ, Auxospore 270 μ; 152 und 164 μ, Auxospore 230 μ.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0261-8

ziemlich stark gekrümmt ist, lässt sich eine Oberflächenansicht nicht ohne weiteres erhalten; auch an leeren, gut präparirten Schalen [1]), ist ein klarer Einblick schwer zu gewinnen. Am besten gelingt es an ziemlich stark mit Hämalaun, eventuell auch mit Bismarckbraun, gefärbten Zellen die Poren zur Anschauung zu bringen, da sich die Zellwand dann scharf vom dunkel gefärbten Inhalte abhebt. In dieser Weise ist die Fig. 10 Taf. VIII, gewonnen, welche einen ganz kurzen Fortsatz *p* an der betreffenden Stelle zeigt, der durch einen sehr feinen Porus durchsetzt wird. Am breiteren Schalenende fehlt eine solche Durchbrechung.

Dieser feste Zusammenhang der zur Auxosporenbildung vereinigten Zellen, der trotzdem dem Paare eine gewisse Beweglichkeit gestattet [2]), ist für solche auf veränderlichem Schlammboden lebende Formen von grosser Wichtigkeit. Es würde sich verlohnen, andere, den gleichen Lebensbedingungen unterworfene Arten daraufhin zu untersuchen. Ausser der verwandten und ähnlich gebauten Cymatopleura fand ich auch bei Nitzschia sigmoïdea eine bei dem erheblich abweichenden Bau wesentlich verschiedene Einrichtung, die Verbindung der beiden zur Auxosporenbildung bestimmten Zellen aufrecht zu erhalten, ohne ihre Beweglichkeit zu mindern.

Ist die äussere Verbindung so weit hergestellt, so beginnen die beiden Surirellazellen auf einander einzuwirken und Vorbereitungen zur Vereinigung ihrer Plasmakörper zu treffen. Dies findet in erster Linie in Veränderungen des Zellkernes Ausdruck und lässt sich bei seiner nicht ganz unbeträchtlichen Grösse (ca. 20 μ Durchmesser) hier besser verfolgen, als es mir bisher bei anderen Formen möglich gewesen war.

In der ruhenden Zelle von Surirella saxonica liegt der Kern fast genau im Mittelpunkt in ein mehr oder weniger breites Plasmaband eingebettet, das den Zellraum in zwei grosse Vacuolen zertheilt. Dicht

---

1) Herrn Prof. Reinke bin ich für die gütige Erlaubniss, die dem Kieler botan. Institut gehörenden Schalenpräparate von Surirella und Cymatopleura zu untersuchen und für ihre freundliche Zusendung zu vielem Danke verpflichtet.

2) Die erhebliche Zellgrösse und die lange erhalten bleibende Bewegung der Copulanten vereitelte die Versuche, die Auxosporenbildung nach der bisher angewandten Methode direct auf den Culturobjectträgern zu verfolgen. Es war hier nothwendig, mit einer Pipette Bodenproben aus den Culturen zu schöpfen und auf die verschiedenen Entwickelungszustände der Auxosporen zu durchsuchen. Fixirung und Färbung geschah dann wie vorher bei Cocconeïs, doch machte die unumgängliche stete Controllirung der winzigen Objecte mittels Mikroskop oder Lupe die ganze Bearbeitung ausserordentlich mühsam und zeitraubend.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0262-4

unterhalb [1]) dieses Plasmabandes, oder an seinem Rande selbst, befindet sich der Verbindungsstreif der beiden Chromatophoren (Fig. 11 *chr*). Meist füllt der Kern das mittlere Plasmaband vollkommen aus und schmiegt ihm sogar oft seine Form so weit an, dass er, in der Mitte eingeschnürt, einen biscuitförmigen Umriss erhält. Zahlreiche Nucleolen von sehr verschiedener Grösse sind im durchweg körnig erscheinenden Kernplasma unregelmässig vertheilt. Eine reihenweise Verbindung von Körnchen am oberen [1]) Rande des Kernes lenkt den Blick wohl hin und wieder auf ein winziges Pünktchen in der Mitte der Einbuchtung, gegen das die Linien sich richten. Es war mir nicht möglich zu entscheiden, ob dieses Pünktchen ausserhalb oder innerhalb des Kernes liegt, so genau fällt seine Lage mit der Kernmembran zusammen. In anderen Fällen war von einer derartigen Strahlung nichts zu sehen und in Folge dessen war auch ein vor allen anderen ausgezeichnetes Pünktchen nicht nachweisbar.

Sobald nun die oben geschilderte Verbindung zweier Surirellazellen eingetreten ist, findet eine Vermehrung der medianen Plasmamasse statt. In ihr zeigen sich die charakteristischen Doppelstäbchen[2]), deren Häufung gerade in den von den Seiten zuströmenden Theilen auffällt (Fig. 12 Taf. VIII). Der Kern hat in der vergrösserten Plasmaansammlung die nierenförmige Gestalt angenommen, welche Lauterborn[3]) als charakteristisch für ruhende Kerne von Surirella calcarata und biseriata angibt. Die Kernstruktur ist noch wenig verändert; nur vereinzelt wird der Beginn einer fädigen Ordnung der Körnchen bemerkbar. Das vorher an der Kerngrenze liegende Pünktchen ist vielleicht wiederzuerkennen in dem Körperchen, welches in der tiefen Einbuchtung von einer deutlichen Strahlung umgeben sichtbar ist; dieses entspricht vollkommen dem von Lauterborn[4]) beschriebenen Centrosom.

---

1) Die Bezeichnungen oben und unten sind im Folgenden stets so angewandt, dass das obere Zellende dem breiteren entspricht Die Orientierung aller Figuren von Surirella ist auf den Tafeln demgemäss getroffen und zwar auch dort, wo lediglich Kern und Plasma gezeichnet sind. Die Zeichnungen sind ausserdem sämmtlich von den Gürtelseiten aus gewonnen, wenn nicht ausdrücklich anderes bemerkt ist, da ja die Schalenseiten durch die Chromatophoren bedeckt werden und einen Einblick in die Zelle nicht so gut gestatten.

2) R. Lauterborn, Unters. über Bau, Kerntheilung und Bewegung der Diatomeen (Leipzig, W. Engelmann, 1896) pag. 22.

3) l. c. pag. 46 und 50.

4) l. c. pag. 54 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0263-9

Indessen geht die Formänderung des Kernes weiter. Der nierenförmige Umriss wird weniger ausgeprägt, die fädige Struktur im Innern nimmt zu, Zahl und Umfang der Nucleolen dagegen ab. Auch die Lage des Kernes beginnt sich zu ändern, er hat in Fig. 13 Taf. VIII eine Drehung um 45° ausgeführt, während die Plasmaansammlung durch weiteren Zustrom mehr und mehr heranwächst.

Das Centrosom liegt noch in der abgeflachten Kernbucht, seine Strahlen gehen einerseits überall bis an die Kernmembran, andererseits weit ins Plasma hinein, welches im Bereich der Strahlung erheblich durchsichtiger, ärmer an Mikrosomen und Doppelstäbchen erscheint, welch letztere sonst in grosser Zahl vorhanden sind. In beiden vereinigten Zellen geht diese Veränderung ziemlich gleichmässig vorwärts.

Früher oder später wird in der mehr und mehr anwachsenden centralen Plasmamasse eine völlige Abrundung des Kernes erreicht, seine Struktur ist gleichzeitig in eine sehr feinfadenförmige umgewandelt worden unter völligem Verbrauch der Körnchen und der Mehrzahl der Nucleolen, von denen meist ein einziger von mittlerer Grösse erhalten geblieben ist (Fig. 14 Taf. VIII, dichtes Knäuelstadium). Ausserdem finde ich aber auch im Plasma verschiedene Aenderungen. Die Doppelstäbchen sind verschwunden, während sie nach den Zeichnungen Lauterborn's bis nach Vollendung der Kerntheilung anwesend sein sollen. Statt ihrer ist eine mächtige Strahlung im ganzen Plasmabande vorhanden, welche von dem dem oberen Rande des Plasmabandes etwas mehr als dem oberen Kernrande genäherten Centrosom ausgeht, die gesammte zugewandte Kernoberfläche beherrscht und das Plasma an sich zieht, so dass die bisher stets von ihm bedeckte untere Kernoberfläche völlig entblösst wird (Fig. 14).

Auch im äusseren Ansehen der Zellen treten jetzt Veränderungen hervor. Die Chromatophoren, welche so lange noch ihre Lage in allen Einzelheiten beibehalten hatten, beginnen die feinen, in die Flügelkanäle ausgestreckten Zipfelchen einzuziehen und auch von den Gürtelseiten mehr und mehr zurückzuweichen; eine gelinde Contraction der ganzen Chromatophorenplatten scheint stattzufinden.

Gleichzeitig damit wird die bisher nur vorbereitete Lagenveränderung des Kernes weiter gefördert. Die dafür Zeugniss gebenden Präparate liessen erkennen, dass der Vorgang im Einzelnen sehr verschieden verlaufen kann. Bald drückt der Kern sich dicht an eine Schale und wandert an ihr entlang nach oben in die grösste Breite der Gürtelseite, bald bleibt er in der Mittellinie; immer aber ist eine

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0264-5

innige Verbindung mit dem Centrosom festzustellen, welches seine Strahlen der ganzen Kernoberfläche anheftet, soweit sie ihm zugekehrt ist, welches andererseits mit ihnen an weiter oben gelegenen Punkten ansetzt, als ob eine Zugwirkung auf den Kern ausgeübt werden sollte. Sehr deutlich kommt dieser Zustand in Fig. 15 und 16 Taf. IX zum Ausdruck. Man sieht, dass die Strahlung nur nach den Seiten kräftig entwickelt wird, wo entweder — um im Bilde zu bleiben — das Object, d. h. der Kern, oder aber die Stützpunkte zu finden sind, während sonst nur ganz kurze, im Zellraum verlaufende Strahllinien auftreten.

Die Struktur des Kernes zeigt eine Auflockerung des in Fig. 14 Taf. VIII in unentwirrbarem Zuge gebildeten Kernfadens (lockeres Knäuelstadium), seine Verdickung, die jedoch nicht überall gleichmässig erfolgt, so dass knotenförmige Anschwellungen mit dünneren Stellen abwechseln, und endlich den Beginn des Zerfalls in kürzere Stücke. Dann muss die Bewegung des Kerns sehr rasch von statten gehen, denn alle Präparate zeigen ihn von nun an dicht an der oberen Zellgrenze angelangt. Bisweilen glaubt man dabei den Anschein einer auf den Kern ausgeübten Zugwirkung auch an seiner eigenen Gestalt wahrzunehmen, da Bilder, wie die von Lauterborn gegebene Fig. 115 Taf. VII durchaus nicht selten sind (abgesehen von der l. c. vorhandenen Zentralspindelanlage). Andererseits kann jedoch auch nicht verkannt werden, dass die Nothwendigkeit, eine solche Zugwirkung anzunehmen, durch andere — vielleicht weniger zahlreiche — Präparate wieder beseitigt wird. Denn es finden sich darunter Zustände, welche den Kern weiter in der Zelle nach oben gewandert als das Centrosom zeigen. So ist z. B. in der später zu besprechenden Fig. 18 Taf. IX das Centrosom sicherlich dauernd unter dem dicht an der oberen Zellgrenze sichtbaren Kerne geblieben. Es scheinen mir auch so grob mechanische Vorstellungen über die Bewegungen der plasmatischen Gebilde innerhalb ihrer Zelle um so weniger angebracht, als die Bewegungsfähigkeit ja ganz allgemein zu den Eigenschaften des gesammten Plasma gehört.

Hat der Kern im oberen Zellende sein Ziel erreicht, so ist er nur noch von sehr geringer Plasmamenge umgeben, die nach allen Seiten hin feine Stränge durch den Zellraum aussendet (Fig. 17 u. 18 Taf. IX). Das Centrosom ist dem Kerne sehr genähert; es liegt in Fig. 17 dicht an der Kernmembran und führt nur schwache und geringe Strahlen; an seinem hinteren Ende aber ist ein länglicher Körper entwickelt, der sich bei genauerer Untersuchung und ver-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0265-1

schiedener Einstellung als obere Fläche eines schmalen cylindrischen Reifens zu erkennen gibt. Von den Ringöffnungen geht beiderseits eine ziemlich kräftige Strahlung aus, und das ganze Gebilde bohrt sich langsam in den Kern ein. Die breiter ringförmige Entwickelung in Fig. 18 Taf. IX lässt einen Rest des Centrosoms nicht mehr erkennen, zeigt aber deutliche Längsstreifen auf der Cylinderoberfläche und eine Zunahme der Strahlung. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass dieses merkwürdige Gebilde mit dem Centrosom in genetischem Zusammenhange steht und der von Lauterborn[1]) beschriebenen Centralspindelanlage entspricht, welche allerdings bei den vegetativen Kerntheilungen von Surirella calcarata erheblich früher auftritt und auch bei den vegetativen Theilungen unserer vorliegenden Art kräftiger entwickelt zu sein pflegt, als bei den hier zu untersuchenden, der Auxosporenbildung vorangehenden Karyokinesen.

Im übrigen Aussehen des Kernes sind gleichfalls sehr erhebliche Veränderungen zu verzeichnen. Die Chromosomen lassen sich (Fig. 17, 18) in dem völlig durchsichtigen kugelrunden Kern sehr deutlich wahrnehmen. Sie sind ganz kurz, dick, stabförmig oder zeigen doch den bevorstehenden Zerfall in ähnliche kurze Stäbe bereits an. Unter einander sind sie durch sehr feine Plasmafädchen reichlich verknüpft. Von Nucleolen ist nur in einem Präparate noch ein kleiner Rest zu bemerken. Die kurz stabförmige Gestalt der Chromosomen ist auch den vegetativen Kernen unserer Art eigen und trat z. B. in einem Fall, der die mitten zwischen den von der Kernmembran befreiten Chromosomen liegende, stark garbenförmige Centralspindel zeigte, auffällig hervor. Zu Chromosomenzählungen war die Form daher leider durchaus ungeeignet, besonders auch noch aus dem Grunde, weil grosse Verschiedenheiten in der Längenabmessung der Chromosomen dauernd vorhanden bleiben.

Die im Alter folgenden Präparate zeigen nun in kugeligen Hohlräumen rings von Plasma umgeben die fertig ausgebildete Centralspindel mit ihren ringförmig aufgereihten, zu einem unentwirrbaren und optisch undurchdringlichen Knäuel vereinigten Chromosomen im Stadium des Monaster. Die Polränder der Spindel sind stets sehr deutlich markirt; der Farbenspeicherung nach zu rechnen, bestehen sie aus einer dichteren Masse als die übrigen Theile der Spindel, sind auch ein wenig verdickt. Von der Bildung neuer Centrosomen ist aber nichts zu bemerken. Je nach der Orientirung der Spindel-

1) l. c. pag. 61 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0266-7

axe gewähren die Polöffnungen einen mehr oder weniger tiefen Einblick in die centrale Höhlung.

In der Regel bildet die Axe sowohl zur Oberfläche der Gürtel- wie der Schalenseite einen schiefen Winkel und ist daher schlecht zu beobachten, so lange die Zelle unversehrt bleibt. Die Tochterkerne weichen zunächst auf der Spindel entlang aus einander. Sie bleiben dann oft sehr nahe bei einander liegen, ebenso häufig aber trennen sie sich auf grössere Entfernung. Jedoch verharrt auch in diesem Falle stets ein Tochterkern etwa auf der Stelle der Theilung. Die Chromosomen verklumpen schnell und entziehen sich damit völlig der Beobachtung. Die Tochterkerne stellen dann formlose, oft etwas vacuolig aussehende Ringe dar, deren Hohlraum die Reste der Centralspindel birgt, welche nur in dem verdickten Rande der Pole bestehen dürften.

Sehr hübsch ist nun in Fig. 19 Taf. IX zu sehen, wie sich aus diesen Resten der alten Centralspindel in dem Hohlraume jedes der beiden hier ziemlich weit von einander entfernten Tochterringkerne eine neue Centralspindelanlage entwickelt hat, um welche die noch verklumpten Chromosomen sich alsbald zu der zweiten, unmittelbar auf die erste folgenden Theilung anordnen werden. In Fig. 20 Taf. IX ist der andere Fall in etwas weiter vorgeschrittenem Stadium dargestellt, dass nämlich die primären Tochterkerne nahe zusammen geblieben sind. Die beiden schon von den secundären Tochterringkernen umgebenen Centralspindeln stossen an einem Punkte im rechten Winkel an einander. Auch hier ist von der Formirung neuer Centrosomen an den Polen nichts zu sehen. Das Plasma bildet geschlossene Hohlkugeln um jede Theilungsfigur und lässt besonders an den Spindelpolen fädige Struktur in diesen Plasmawölbungen erkennen. Das Auseinanderweichen von derartigen vier Tochterkernen zeigt Fig. 21. Die continuirliche, von einem zum anderen Tochterkern reichende Strahlung wird in der Mitte unterbrochen, und der Spindelrest wird, wie nach dem ersten Theilungsschritte, in die Kerne eingezogen. Wir finden also jetzt vier gleiche Kerne in jeder der beiden Surirellazellen vor.

Dieser Zustand bleibt jedoch nur eine äusserst kuze Spanne Zeit erhalten. Ein Kern nach dem anderen schrumpft zusammen, meist direct nach dem Auseinandertreten der secundären Spindeln. An den Kleinkernen bleibt noch die centrale Oeffnung deutlich und beweist damit, dass es überhaupt nicht wieder zur Bildung eines normalen Kernes gekommen ist. Bisweilen zeigt sich ein Kern jeder Tochter-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0267-3

spindel resistenter als der andere, so dass längere Zeit hindurch zwei Kerne mit einander rivalisiren. Schliesslich pflegt aber auch hier der eine zu unterliegen, und in der Regel sind drei Kleinkerne neben einem Grosskern vorhanden. Diese vier Kerne liegen meist nahe bei einander; es würde sich das ja aus der Lage der beiden Tochterspindeln leicht erklären lassen. Doch ist es nicht ganz unwichtig, darauf hinzuweisen, dass das überaus rasche Wachsthum des Grosskernes durch die in seiner nächsten Umgebung sich auflösenden Kleinkerne wesentlich unterstützt wird. Fig. 22 Taf. IX stellt eine solche zusammenliegende Gruppe der vier Kerne in diesem Entwickelungsstadium dar. Von den drei Kleinkernen *k. k.* zeigt der mittlere die centrale Oeffnung sehr deutlich, der untere beginnt zu vacuolisiren. Der Grosskern *g. k.* ist mit fester Membran umhüllt; er erscheint arm an färbbarem Inhalt, doch sind bereits drei bis vier Nucleolen neu gebildet worden. Die grösste Plasmaansammlung liegt zwischen dem oberen und mittleren Kleinkern, von hier gehen auch die Verbindungsstränge zu dem Wandbelag, Chromatophoren etc. In der Mitte des Plasmaklumpens sind drei schärfer tingirte Ringe wahrzunehmen, welche vielleicht den Centralspindelresten der desorganisirten drei Kerne entsprechen dürften. Doch ist Sicherheit für diese Vermuthung nicht zu erlangen. Am Grosskern ist von Centrosom oder dergleichen nichts zu bemerken.

Kehren wir jetzt zur Betrachtung der verbundenen Zellpaare zurück, so würde Fig. 23 Taf. IX den erreichten Stand der Entwickelung an einer Zelle wiedergeben. Der ganze Zellinhalt, in dessen oberem Theile Grosskern und Kleinkerne liegen, steht im Anfange einer Contraction, welche nur erst die Abrundung an den beiden Zellpolen gerade erkennen lässt. Die Verbindungsbrücke zwischen den stark kontrahirten Chromatophoren ist noch erhalten (cf. Fig. 23) und wird auch wohl dauernd erhalten bleiben. In Fig. 24 Taf. IX ist die Contraction des Zellinhaltes erheblich vorgerückt; auch hier sind die vier verschiedenen Kerne noch deutlich. Die Schalen heben sich jedoch bereits von einander und die Plasmamasse ist in Bewegung nach dem unteren Zellende begriffen, d. h. gegen die andere daranstossende Surirellazelle hin, welche in etwa gleichem Entwickelungsstadium sich befindet.

Eine erhebliche Vermehrung der Gallertmasse ist von dem Augenblicke der Schalenöffnung an wahrzunehmen. In dieser schützenden Hülle drängen die Plasmakörper der beiden Zellen gegen einander hin, so dass die Schalen am unteren Ende weit aus einander klaffen,

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0268-8

am oberen sich übereinander schieben, wie die Skizze Fig. 25 Taf. IX es veranschaulichen soll.

Den Augenblick der Vereinigung habe ich nicht gesehen, doch kann ich aus den zahlreichen Zuständen kurz vorher und nachher schliessen, dass der ganze Akt hier erheblich langsamer vor sich geht als bei irgend einer sonst in Auxosporenbildung beobachteten Form.[1]) In der ersten Zeit nach der Vereinigung erkennt man noch die Verbindungsstelle der beiden Plasmakörper, dann tritt völlige Vermischung und lebhaftes Wachsthum[2]) an beiden Enden ein. Es entsteht ein spindelförmiger Körper, der mit beiden Polen in den oberen Winkel der abgeworfenen Schalenpaare eindringt und sie durch sein Wachsthum weiter aus einander drängt.

Chromatophoren und Kerne bilden in der Mitte der Auxospore lange Zeit einen dichten, unentwirrbaren Knäuel, während die nach den Polen zu liegenden Theile fast frei von geformten Plasmaorganen bleiben. Nach Erreichung der definitiven Länge wird erst auf einer Seite, von der das Plasma zurückgetreten ist, die erste Schale ausgeschieden, darnach ebenso die zweite Schale gebildet. Fig. 26 Taf. IX stellt einen Zustand dar, in welchem das Plasma sich vor Anlage der zweiten Schale von dem Perizonium zurückgezogen hat. Die Chromatophoren, die ja nach dem Vorhergesagten wahrscheinlich zellenweise in Zusammenhang geblieben sind, dürften vollständig zur Auskleidung der neuen grösseren Wandoberflächen Verwendung finden. Es ist jetzt immer nur ein Kern wahrzunehmen, dessen Entstehung aus der Vereinigung der beiden Grosskerne kaum einem Zweifel begegnen dürfte. Dass die Ueberreste der sechs Kleinkerne im Plasma der Auxospore aufgelöst sind, kann nach früheren Erfahrungen über diese Gebilde mit Sicherheit angenommen werden.

Einer besonderen Erwähnung bedarf schliesslich noch der, wie schon hervorgehoben ist, nicht ganz seltene Fall eines Zusammentretens von drei Surirellazellen. In allen drei Zellen geht die vorher verfolgte Veränderung von Struktur und Lage der Kerne vor sich. Schliesslich kommt es wohl in der Regel auf eine geringe Differenz

1) Aus diesem Grunde ist hier die Vereinigung der beiden Plasmakörper so viel früher richtig erkannt worden als bei den Typus II folgenden Formen, welche nur weniger Minuten zur wechselseitigen Vereinigung bedürfen.

2) Am Scheitel selbst kann die Anlagerung neuer Perizoniumtheilchen nicht stattfinden, da die Membran zunächst weich zu sein pflegt, die Spitzen aber in der Regel den Druck der durch die Gallerte noch zusammenhaltenden Mutterschalen aushalten müssen. So ist nur an ein nach beiden Enden hin gleichmässig wirkendes intercalares Wachsthum zu denken.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0269-7

des Entwickelungsstadiums an, welche der drei Zellen zur Auxosporenbildung verschmelzen. Die dritte Zelle sieht man dann noch lange Zeit mit mehr oder weniger weit aus einander gedrängten Schalen der Auxospore anhaften, ohne dass ihr contrahirter Plasmakörper zunächst eine Veränderung zeigt. Schliesslich geht er aber zu Grunde. Nur in einem Falle fand ich aus solcher Gruppe von drei Zellen, deren Schalen noch deutlich erkennbar waren, zwei Auxosporen von gleicher Grösse gebildet. Den Vorgang kann ich nur so erklären, dass die Entwickelung aller drei Zellen genau gleichzeitig zu der Vereinigung innerhalb der Gallertmasse führte, und dass zugleich in einer der drei Zellen der vorher angeführte Fall eingetroffen war, der zwei längere Zeit rivalisirende Grosskerne aus den secundären Spindeln hervorgehen liess. Diese beiden Kerne hätten dann hier unter Theilung des Zellplasmas ihre Rolle bis zu Ende gespielt, so dass jede Auxospore aus $1^1/_2$ Surirellazellen entstanden wäre. Die Seltenheit des Vorkommens weist schon darauf hin, dass ganz besondere Umstände dafür zusammenwirken müssen.

Anhang:

Die Chromatophorenentwickelung bei Surirella saxonica.

Bei der fortgesetzten genauen Durchsuchung der Culturen nach den verschiedenen Auxosporenzuständen konnte es mir nicht entgehen, dass die zu völliger Entwickelung gelangten vergrösserten Surirellazellen eine sehr bedeutende Theilungsgeschwindigkeit besassen, während an den älteren Exemplaren der geringeren Grösse relativ weniger Theilungen bemerkbar waren. Diese Thatsache schien mir in doppelter Hinsicht von Interesse. Einmal nämlich wurde dadurch für Surirella eine von Miquel[1]) schon früher für Melosira nummuloïdes gemachte Beobachtung bestätigt, dass nach der Auxosporenbildung eine grosse Beschleunigung der Zellvermehrung stattfindet. Es ist das in biologischer Hinsicht von Wichtigkeit, da auf diese Weise alle einer Auxosporenbildung nicht unterworfenen Individuen des betr. Standortes schnell zu einer quantité négligeable für die Erhaltung und Grössenmaasse der Species herabgewürdigt werden. Andererseits bot sich damit die erwünschte Gelegenheit, die niemals bestätigte Behauptung Pfitzer's[2]) nachzuprüfen, ob die Surirellachromatophoren wirklich durch Spaltung parallel der Fläche in den Tochterindividuen verdop-

1) P. Miquel, Recherches expérimentales sur la physiologie, la morphologie et la pathologie des Diatomées. Ann. de micrographie, 1892, 542.

2) E. Pfitzer, Bau und Entwickelung l. c. pag. 116. (Lauterborn beschränkt sich auf eine Wiederholung der Angaben Pfitzer's.)

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0270-8

pelt werden. Es wäre das ja ein einzig dastehender Fall, der ein grosses Interesse beanspruchen könnte.

Pfitzer stellt die Thatsache nicht als sicher beobachtet hin, sondern schliesst nur aus dem Auftreten eines zweiten im durchfallenden Licht dunkleren Chromatophorenstreifens in der von der Gürtelseite betrachteten Tochterzelle auf eine solche Spaltung. Nun ist ja aber klar, dass, wenn auch nur irgendwo in der Zelle zwei der zahlreichen Zipfel mit ihren hohen Kanten über einander stehen, leicht dasselbe Aussehen erreicht werden kann.

Für Surirella saxonica verläuft der Vorgang in folgender Weise: In der ersten Zeit nach erfolgter Durchschnürung der Mutterzelle breiten die Chromatophoren, deren jede Tochterzelle eines erhielt, ihre Zipfel weit aus, ohne jedoch in die zur Kanalraphe führenden Kanälchen einzudringen, so dass sie vielfach auf die Innenseite hinüberreichen und thatsächlich den Eindruck einer solchen Spaltung hervorrufen können, wie Pfitzer sie voraussetzt. Kurze Zeit vor der Trennung der Tochterindividuen von einander bemerkt man jedoch häufig Zellpaare, welche eine wesentlich andere Gestaltung und Anordnung ihrer Chromatophoren erkennen lassen. In der Schalenansicht fällt auf, dass die untere Zellhälfte ohne Chromatophor ist, und alle Stadien lassen sich nach und nach zusammenfinden, welche eine langsame Wiederausbreitung der Chromatophoren vom Kern ab nach unten zeigen. Gleichzeitig damit sind alle oder fast alle Zipfel und Vorsprünge des Randes eingezogen. Diese Thatsache wird auch von Pfitzer erwähnt, aber nicht weiter beachtet.

Ein Verständniss der zunächst von mir als krankhaft angesehenen Erscheinung gewährt erst das Studium der Gürtelseite in den verschiedenen Zuständen. Fig. 28 Taf. X lässt an einem noch von den übergreifenden Gürtelbändern zusammengehaltenen Zellenpaar — welches erst durch den Druck des Deckgläschens in seine Bestandtheile zerfiel — deutlich beobachten, dass die untere Hälfte des von der Mutterzelle überkommenen Chromatophores in jeder Tochterzelle sich von der älteren (äusseren) Schale abgewandt hat, sich unter dem bereits die Zellmitte einnehmenden Kerne hindurch an der mit *u* bezeichneten Stelle umgebogen und sich der inneren (jüngeren) Schale angeschmiegt hat. Es wächst hier dem oberen Zellende entgegen, und aus dem Grunde ist in der unteren Hälfte zur Zeit kein Chromatophor zu finden. Die End- und Seitenlappen sind eingezogen, um mit der vorhandenen Chromatophorenmasse möglichst ökonomisch zu verfahren. Es handelt sich ja gleichzeitig auch darum, die unteren, jetzt entblössten Schalen-

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0271-4

hälften mit neuen Chromatophorentheilen zu versehen. Anfänge dazu sind in der linken, ein wenig weiter vorgeschrittenen Tochterzelle der Fig. 28 Taf. X auch bereits gemacht. Man sieht von der Umbiegungsstelle *u* des Chromatophores aus nach unten zwei Lappen hervorsprossen, die durch körnige Plasmastränge nach dem Zellende zu fortgesetzt werden. Diese beiden Lappen verlängern sich schnell und bilden die untere Hälfte der Chromatophoren. Die Umbiegungsstelle wird während dieser Wachsthumsvorgänge oft auf kurze Zeit stark verbreitert und bleibt auch nach der Vervollständigung der Chromatophoren, wie wir sahen, stets als eine dann meist nur schmale, organische Verbindungsbrücke zwischen den ursprünglich einem Chromatophoren angehörenden Theilen erhalten.

Darnach besteht jedes Chromatophor aus zwei Stücken verschiedenen Alters. Die beiden Untertheile sind jüngerer Nachwuchs zu den beiden durch Umlagerung aus dem ursprünglich einzigen, überkommenen Chromatophor gebildeten Obertheilen. Die weitere Verzweigung der Chromatophoren passt sich den Raumverhältnissen der Schalenoberfläche vollkommen an, und darnach erst werden die feinsten Endchen in die Kanäle vorgeschoben. Die ursprüngliche Umbiegungsstelle und zugleich bleibende Verbindungsstelle findet sich dicht unterhalb der Zellmitte und des Kernes; sie ist in der Flächenansicht eines Chromatophores Fig. 27 Taf. X durch etwas stärkere Contur und ein *u* bezeichnet. Diese bei genügendem Material leicht zu verfolgende hübsche Erneuerungsweise der Chromatophoren dürfte vermuthlich allgemein für die Gattung Surirella zutreffend sein.

3. Cymatopleura solea W. Sm. und elliptica W. Sm.

Die Gattung Cymatopleura hat die Form der Kanalraphe mit Surirella gemeinsam, doch fehlen ihr die Flügel, auf welchen die Raphe bei Surirella verläuft. Eigenthümlich ist der Gattung die mehrfache Wellung der Schalenfläche, welche sich nach dem Rande zu abflacht, so dass die Raphe nicht mit betroffen wird. Die beiden Zellenden sind gleich gestaltet.

Cymatopleura solea, eine langgedehnte, schmale Form mit zugespitzten Enden und ausgeschweifter Mitte (cf. die Schalen Fig. 34 Taf. X) war von Pfitzer[1]) in Auxosporenbildung beobachtet worden. Der Vorgang soll nach seiner Mittheilung genau wie bei Surirella verlaufen.

---

1) l. c. pag. 119.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0272-9

Mir standen Cymatopleura elliptica und solea zur Verfügung, und wenn auch meine Beobachtungen hier nicht so vollständig sind wie für Surirella, so haben sie mir doch ein klares Bild des Vorganges gegeben.

Der Beginn der Auxosporenbildung gleicht ganz den Anfangsstadien bei Surirella. Auch hier lagern sich je zwei — seltener drei — Zellen mit ihren Schalenenden aneinander und bilden durch Gallertabscheidung eine festverbundene, zu weiterer Ortsbewegung befähigt bleibende Gruppe. Ein Unterschied Surirella saxonica gegenüber besteht aber darin, dass jedes der beiden unter sich gleichen Schalenenden gleichmässig zur Herstellung der Verbindung geeignet erscheint. In der That ist an guten Schalenpräparaten in der Schalenansicht an beiden Zellenden bei tieferer Einstellung ein Porus deutlich, der gerade am Scheitel unter der ein wenig vorgezogenen Schalendecke in eine Art breiteren Vorhof mündet. An den vorher erwähnten Schalenpräparaten des Kieler botanischen Institutes zeigten besonders die als Cymatopleura solea var. apiculata und Cymatopleura nobilis Hantzsch bezeichneten Formen diesen Porus mit grosser Deutlichkeit. (Fig. 29 und 30 Taf. X.)

Die einzelnen Veränderungen der Kerne zu verfolgen, ist mir bei Cymatopleura nicht gelungen, da die Gürtelseiten sehr schmal sind, die Chromatophoren aber die Schalenseiten völlig verkleiden. Immerhin kann ich mit Sicherheit aussagen, dass eine geschlechtliche Vereinigung der beiden Zellen in den von mir beobachteten Fällen nicht stattfand, und dass ausnahmslos zwei Auxosporen, so weit meine Beobachtungen reichen, gebildet wurden. Hier befinde ich mich also in vollkommenem Widerspruch mit Pfitzer.

Fig. 31 Taf. X stellt einen kurz nach der Oeffnung der Schalen fixirten Fall dar. An den einander zugekehrten Zellenden klaffen die Schalen weit auseinander, während sie am anderen Ende der Zellen übereinander geschoben bleiben. Im Winkel der beiden Schalen haftet die Auxospore, welche hier bereits ein festes Perizonium besitzt. Die beiden austretenden Plasmamassen treffen in der Mitte aufeinander — sie sind bei der Fixirung ein wenig contrahirt und dadurch von einander getrennt — ohne zu verschmelzen, und schieben die Schalen immer weiter aus einander. In dem bei der Bewegung des austretenden Plasma vorausgehenden dichten Knäuel werden die eng verschlungenen Chromatophoren mitgeführt; sie bedingen dunkle Färbung der aufeinander treffenden Plasmakappen. Im hinteren Ende findet sich in der einen Auxospore ein Kern vor. Eine genauere Analyse des Inhaltes war der Chromatophoren wegen unmöglich.

Universitätsbibliothek Regensburg urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0273-5

Eine ungefähr ausgewachsene Auxospore von Cymatopleura elliptica ist mit ihren äusserst zahlreichen Chromatophorenlappen und -Verästelungen, aus denen die Abgrenzung der zwei betheiligten Chromatophoren nicht erkennbar wird, in Fig. 32 Taf. X wiedergegeben; ich füge hinzu, dass auch hier beide Auxosporen mit den die Enden krönenden Mutterzellschalen vorhanden waren.

Ebenso verhält sich Cymatopleura solea. Die Fig. 33 u. 34 Taf. X stellen Theile von Auxosporenpräparaten dar. Zunächst lässt Fig. 34 die Zweizahl der Auxosporen erkennen. Auf die auffallende Endkappe, welche mit scharfer Linie am einen Ende einer Auxospore sich abhebt, möchte ich dabei aufmerksam machen; es dürfte, darnach zu urtheilen, ein bei der Oeffnung abfallender Deckel gebildet werden. Fig. 33 zeigt die gewellte Umrissform eines der beiden Chromatophoren, welche hier, abweichend von allen früheren Befunden, gleichzeitig mit dem Perizonium ihr Längenwachsthum beginnen und abschliessen. Beide Zeichnungen geben die Zahl der Kerne auf zwei für jede Auxospore an. Die Kerne liegen übereinstimmend im älteren, innerhalb der Mutterschale steckenden Ende der Auxosporen.

Ein etwas abweichendes Verhalten zeigte ein anderes Präparat. In der einen Auxospore lagen in der Zellmitte ein Grosskern und ein Kleinkern; die Chromatophoren hatten die nöthige Länge bereits erreicht. In der zugehörigen Auxospore vermochte ich zunächst keinen Kern zu entdecken. Bei Anwendung stärkerer Vergrösserung fand sich im jüngeren Zellende, also der anderen Auxospore zugekehrt, ein Dyasterstadium in schönster Ausbildung. Es war demnach die Kerntheilung erst nachträglich erfolgt.[1])

Suchen wir uns nach diesen Angaben den Entwickelungsgang bei Cymatopleura klar zu machen, so ergibt sich folgendes Bild. Zwei mit beliebigen Enden aneinander haftende Individuen theilen ihren Kern karyokinetisch; einer der Kerne wird Kleinkern und löst sich im Plasma auf, der andere, der Grosskern, bleibt erhalten. Gleichzeitig mit der Kerntheilung, ja bisweilen schon vorher, öffnen sich an den einander zugekehrten Enden die Schalen uud unter Ausscheidung von Gallerte geht aus jedem Zellinhalte eine Auxospore hervor. Das Perizonium bildet sich an den in den Schalen stecken bleibenden äusseren, abgekehrten Enden gleich fertig aus, hier findet man meist einen oder beide Kerne gelagert. An den

1) Gemessen wurden folgende Längen der Mutter- und Tochterzellen:
Cymatopleura solea 108 und 110 µ, Auxosporen 206 und 234 µ,
105 und 112 µ, Auxosporen 220 und 260 µ.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0274-1

einander zugekehrten Enden erfolgt das weitere Wachsthum der Auxosporen, indem die beiden aufeinander stossenden Plasmaballen die Schalen etc. immer weiter aus einander drängen, ohne irgendwie eine Vereinigung ihrer Plasmakörper eintreten zu lassen. Auch das einseitige Wachsthum der Auxosporen ist ein Ausnahmefall, der freilich bei Bacillaria paradoxa[1]) in ähnlicher Weise vorliegen wird.

Wie verhält sich Cymatopleura zu Surirella?

Das ist jetzt die nächste Frage. Legt man meine eben wiedergegebenen Beobachtungen zu Grunde und vergegenwärtigt sich dabei, dass Pfitzer zu abweichenden Resultaten gelangt war, so ist eine Möglichkeit für die Erklärung der Differenz darin zu finden, dass etwa ähnliche, aber gerade im Punkte der Auxosporenbildung abweichende Formen uns vorgelegen hätten. In diesem Falle wäre jede weitere Diskussion überflüssig.

Sieht man von dieser nicht sehr wahrscheinlichen Möglichkeit ab, so ergibt sich, dass wirkliche geschlechtliche Vereinigung und eine apogame Form der Auxosporenbildung an einer Gattung und Species zur Beobachtung gelangt sind. Da die beschriebene typische Zusammenlagerung zweier Individuen hier auch für die ungeschlechtlich gebildeten Auxosporen ausnahmslos zutrifft, so ist der Rückschluss auf einen früheren geschlechtlichen Verlauf dieser Auxosporenbildung zwingend. Weitere Untersuchungen an Cymatopleura würden die Frage entscheiden können, ob thatsächlich in den seit Pfitzer's Beobachtungen verstrichenen 30 Jahren ein völliger Verlust der Sexualität in einer Diatomeengattung eingetreten ist, oder aber ob eine in Rückbildung begriffene Sexualität vorliegt, die je nach den äusseren Lebensbedingungen aus zwei Mutterzellen eine geschlechtlich gebildete oder zwei Auxosporen auf ungeschlechtlichem Wege hervorgehen lässt.

Voraussichtlich wird man eher geneigt sein, die letztere Möglichkeit als wahrscheinlich zu betrachten, als die erstere zugeben wollen. So mag als eine nicht ganz zu vernachlässigende Thatsache hinzugefügt sein, dass die ungeschlechtliche Cymatopleuraentwickelung in demselben Culturbehälter von statten ging, der die Hauptmasse der geschlechtlich gebildeten Surirellaauxosporen ergeben hatte, und dass die Entwickelung beider Formen gleichzeitig, also unter gleichen Bedingungen erfolgte.

1) cf. Diatomeen d. Kieler Bucht, 1899, pag. 125.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0275-7

Die Theilung der Diatomeenkerne.

Bei Surirella saxonica gelang es zuerst vermöge der relativ grossen Kerne etwas genaueren Einblick in die Kerntheilungen zu gewinnen, welche der Auxosporenbildung voraufgehen, so dass jetzt ein Vergleich dieser Vorgänge mit den von Lauterborn[1]) dargestellten vegetativen Kerntheilungen von Surirella calcarata ermöglicht ist. Da mag denn vorausgeschickt sein, dass im grossen und ganzen unsere Resultate gut zu einander stimmen, obwohl in zahlreichen Einzelheiten mehr oder minder grosse Differenzen vorliegen, die meist in der Verschiedenheit des Materials und der untersuchten Vorgänge begründet sein werden.

Die Centrosomen[2]) der beiden untersuchten Surirellaarten verhalten sich etwas verschieden. Während Lauterborn[3]) auch während völliger „Kern- und Zellruhe" das Centrosom in der Kernbucht wahrnahm, konnte ich einen so sehr vor den kleinen Mikrosomen des Plasma durch Grösse und Consistenz ausgezeichneten Körper, wie z. B. Lauterborn's Fig. 20, 64, 111 aufweisen, nicht unterscheiden. Erst der Beginn der Strahlung lässt meiner Auffassung nach das Centrosom zweifellos erkennen. Ob der Ort seines Vorkommens stets das Zellplasma ist, möchte ich daher für Surirella saxonica nicht so bestimmt behaupten, doch kann dieser Frage kaum grosse Wichtigkeit beigemessen werden.

Grössere Differenzen bestehen zwischen uns in den Angaben über das Auftreten der Centralspindelanlage. Nach Lauterborn[4]) ist die erste Anlage der Spindel bereits vorhanden, bevor in der Struktur des Kernes oder in seiner Lage inmitten der Zelle die geringste Aenderung erkannt werden kann. Sie sondert sich als blasses Kügelchen von dem aus der Mitte der Kernbucht ein wenig

---

1) R. Lauterborn, Unters. über Bau, Kerntheilung und Bewegung der Diatomeen. Leipzig, W. Engelmann. 1896.

2) Der in der Botanik herrschenden Terminologie folge ich, indem ich den von Strahlung umgebenen Centralkörper als „Centrosom" bezeichne (cf. dazu Fr. Meves, Zelltheilung, 496, aus Merkel u. Bonnet, Ergebnisse d. Anatomie u. Entw.-Gesch. 1898). Eine Sphäre oder eine hellere Zone um diesen Körper habe ich ebenso wenig wie Lauterborn bei Surirella jemals auffinden können. Ueberhaupt dürfen, für pflanzliche Objecte wenigstens, die Ausführungen von A. Fischer über das Zustandekommen der Sphären mit Centralkörpern durch Spiegelfärbung als völlig zutreffend und sehr glücklich bezeichnet werden (cf. A. Fischer, Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasma, Jena 1899, 228 u. ff.).

3) Lauterborn, l. c. 85—88.

4) l. c. 88—93. cf. auch die Figurenerklärungen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0276-2

verschobenen Centrosom ab und verändert unter fortwährendem Wachsthum ihre Form parallel mit den im Kern vorgehenden Struktur- und Lageänderungen, bis sie als mehr oder weniger garbenförmiges Gebilde in den Kern selbst eindringt.

Dagegen ist nach meinen Beobachtungen die Struktur- und Lagenänderung des Kernes von statten gegangen, ohne dass die „Anlage der Centralspindel" in Erscheinung getreten wäre. Erst dann, wenn der Kern im oberen Zellende angekommen ist und die kurz stabförmigen Chromosomen in ihm deutlich zu erkennen sind, tritt als ein unmittelbar ans Centrosom anschliessendes Gebilde die Centralspindelanlage auf (Fig. 17, 18 Taf. IX). Nicht ganz unbegründet könnte mir hier eingewendet werden, dass die ersten Zustände mir eben entgangen seien. Trotzdem bleibt eine grosse Differenz für den Zeitpunkt ihrer Trennung vom Centrosom übrig, da in meinen Fig. 14 und 15 Taf. IX, die etwa dem dichten und lockeren Knäuelstadium entsprechen, eine vom Centrosom bereits abgeschiedene Centralspindelanlage nicht hätte unbemerkt bleiben können.

Hervorzuheben ist dagegen unsere Uebereinstimmung über die Abstammung vom Centrosom und über die das Dyasterstadium freilich nicht ganz erreichende Garbenform, welche an vegetativen Kernen allerdings mehr ins Auge fällt.

Die verschiedenen Befunde über das Auftreten der Doppelstäbchen im mittleren Plasmabande wurden bereits bei der Darstellung der Entwickelung berührt. Ich hatte die Ansicht gewonnen, dass diese Doppelstäbchen eine besondere Form des „Kinoplasma" Strasburger's[1]) sein möchten und zur Entwickelung der Strahlung verbraucht würden. Dem widersprechen jedoch die Zeichnungen Lauterborn's, welche die Doppelstäbchen bis zur völligen Beendigung der Theilung aufweisen. Eine nähere Aufklärung über die Bedeutung bleibt also abzuwarten.

In Uebereinstimmung mit Lauterborn[2]) befinde ich mich wieder hinsichtlich der Anschauung der membranartig festen Umgrenzung der Centralspindelanlage, der Längsstreifung ihrer Oberfläche und Verdickung des ringförmigen Randes. Ich halte dabei die Centralspindel für einen Hohlcylinder, während Lauterborn nur eine concave Aushöhlung ihrer Polflächen zuzugeben scheint.

---

1) E. Strasburger, Ueber Cytoplasmastrukturen etc. Pringsh. Jahrb. f. w. B. XXX. 375. 1897.

2) l. c. 93—95.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0277-8

Die wesentlichste Differenz besteht aber in dem weiteren Verhalten des Randes der Polflächen. Aus ihm gehen nach Lauterborn[1]) neue Centrosomen hervor, indem einseitige kugelige Ansammlungen sich bilden, welche, nach kurzer Zeit losgelöst, als sehr blasse Kugeln an den Polen auftreten, auch eine Strahlung im umliegenden Plasma hervorrufen. Von diesem Verhalten habe ich mich weder bei der ersten, noch der gleich darauf folgenden zweiten Theilung überzeugen können. Vielmehr schien mir in den nach der ersten Theilung auseinander weichenden Ringkernen lediglich der allseitig gleichmässig dicke Rand der Centralspindel enthalten zu sein. Dieser Rest der Spindel lässt die ringförmigen Kerne nicht zur Schliessung der centralen Oeffnung kommen, sondern wächst seinerseits sofort zu einer neuen Centralspindelanlage aus, deren Orientirung, wie Fig. 19 Taf. IX zeigt, nicht an diejenige der ersten Spindel gebunden ist. Dass auch bei der zweiten Theilung keine Centrosomen in der von Lauterborn beschriebenen Weise neu angelegt werden, glaube ich mit Sicherheit behaupten zu können. In dem umgefallenen Ringkern Fig. 21 Taf. IX schien mir noch der ringförmige Rest der Spindel enthalten zu sein. Und eben darum glaubte ich auch in Fig. 22 in den drei ringförmigen Körpern etwa die Reste der Centralspindel für die drei zu Grunde gehenden Kleinkerne annehmen zu sollen.

Die Verschiedenheit der Resultate, zu denen Lauterborn und ich in diesem Punkte gelangt sind, dürfte durch die Verhältnisse erklärt sein. Besonders bei der ersten Theilung wäre eine Neubildung von Centrosomen höchst überflüssig, ja unvortheilhaft, weil das Wesentliche des ganzen Vorganges aller Wahrscheinlichkeit nach gerade in der unmittelbaren Folge der beiden Theilungsschritte besteht, die durch Zwischenschiebung einer Centrosomneubildung kaum gefördert werden könnte. „Aller Wahrscheinlichkeit nach", kann ich nur sagen, denn leider geht die Uebereinstimmung der untersuchten Surirellen auch in einer unangenehmen Eigenschaft sehr weit. Darin nämlich, dass die um ihre Centralspindel angesammelten Chromosomen im Monaster- wie im Dyasterstadium nur eine einzige, undurchsichtige Masse bilden, welche zwar hier und da ein Chromosomendstück herausschauen lässt, aber jede Verfolgung intimerer Veränderungen oder gar Zählungen vollständig vereiteln muss.[2]) Wenn daher bei Surirella eine Fesstellung der Chromosomenzahl erlangt werden soll,

1) Lauterborn l. c. 64—67.

2) Genau so aussichtslos schildert bereits Lauterborn dies Unternehmen (l. c. 69).

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0278-4

so ist dies nur dort nicht ganz aussichtslos, wo man die im Kernraum liegende Centralspindelanlage gerade in dem Augenblicke antrifft, der der Monasterbildung eben voraufgeht. Erheblich grössere Chancen für die zu weiterer Klarstellung wohl nothwendigen Zähloperationen dürfte, nach den Figuren und Angaben Lauterborn's zu urtheilen, Nitzschia sigmoïdea bieten. So ist ein endgültiges Urtheil darüber, ob die Doppeltheilungen vor der geschlechtlich erfolgenden Auxosporenbildung zur Reduction der Chromosomenzahl führen oder nicht, auch jetzt noch nicht abzugeben.

Wie zu dem schliesslich übrig bleibenden Grosskern das zugehörige, aus den Centralspindelresten sich zweifellos reconstituirende Centrosom gelagert ist, und was bei der Kernverschmelzung aus den Centrosomen wird, das konnte ich an meinem Material leider nicht feststellen.

Die vier Typen der Auxosporenbildung, ihre Beziehungen zu einander und ihre Abhängigkeit von der Lebensweise.

In einer früheren, die bis dahin erhaltenen Resultate abschliessenden Arbeit [1]) hatte ich versucht, den Zusammenhang der verschiedenen Bildungsweisen der Auxosporen darzustellen, wie er mir damals vorschwebte. An der Hand der hier gegebenen neuen Beobachtungen glaube ich eine Vervollständigung in einzelnen Punkten bringen zu können.

Den Ausgangspunkt finde ich nach wie vor bei Rhabdonema arcuatum. Aeltere, mit zahlreichen Zwischenschalen versehene Zellen treten in eine Theilung ein. Die Gürtelbänder weichen aus einander und nach Abscheidung einer reichlichen Gallertmasse tritt das in zwei Tochterzellen zerfallene Plasma in Form zweier stets getrennten Klumpen aus den Schalen aus. Jeder Plasmaklumpen führt einen Zellkern und bildet von dem schnell ausgeschiedenen Perizonium umhüllt eine Auxospore. Dieser als Typus I bezeichnete Vorgang zeigt auf das deutlichste zwei Dinge: einmal den genetischen Zusammenhang der Auxosporenentwickelung mit der Zelltheilung. Das in seine ihm zu eng werdenden Schalen eingeschlossene Plasma benutzt ihre bei der Zelltheilung eintretende Oeffnung dazu, diese Fessel völlig abzuwerfen und sich eine bequemere Haut zu bauen. Der zweite wichtige Punkt ist das Fehlen jeder Andeutung von Sexualität. Beides berechtigt

1) G. Karsten, Diatomeen der Kieler Bucht l. c. pag. 171 ff.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0279-2

dazu, in Rhabdonema den Ausgangspunkt für alle jetzt bekannten Fälle von Auxosporenbildung zu suchen und in diesen ältesten Diatomeen nur durch Zelltheilungen sich vermehrende Organismen zu sehen, welche lediglich durch die eigenartige Beschaffenheit ihrer Kieselschalen gezwungen werden, mit ihren Zelltheilungen von Zeit zu Zeit die Erneuerung der zu klein gewordenen alten Schalen zu verbinden, d. h. die Entwickelung von Auxosporen. Direct ableitbar aus diesem Typus I ist Typus IV, der sich z. B. bei Rhabdonema adriaticum[1]) findet und nur dadurch unterschieden ist, dass nach der Theilung der Mutterzelle einer der Tochterkerne nicht weiter ernährt wird, zum Kleinkern degenerirt und aus der in ihrer Gesammtheit eine Auxospore bildenden Mutterzelle entfernt wird. Hier reihen sich die gesammten centrischen Diatomeen an.

Den Uebergang zu complicirteren Erscheinungen vermittelt Achnanthes subsessilis[2]), welche die in einer Mutterzelle durch Theilung entstehenden beiden Tochterzellen mit einander verschmelzen lässt. Da die Vereinigung der beiden Kerne verfolgt werden konnte, so ist in Achnanthes subsessilis unzweifelhaft Sexualität bei der Auxosporenbildung mit im Spiele, obschon noch auf niedriger Stufe stehend.

Völlig ausgebildete Sexualität ist zu beobachten als Begleiterscheinung der Auxosporenentwickelung bei der Mehrzahl der beweglichen Grunddiatomeen. Als Typus II habe ich diejenige Form bezeichnet[3]), welche durch paarweise und wechselseitige Vereinigung der eben entstandenen Theilungsprodukte zweier sich zusammenlagernden Mutterzellen zwei Auxosporen hervorbringt. Die meisten Naviculeen, Cymbelleen, Nitzschieen gehören hierher. In jeder der beiden Mutterzellen treten infolge der gegenseitigen Beeinflussung zwei schnell aufeinander folgende Kerntheilungen auf, deren erste von einer Zelltheilung begleitet wird. So sind vier Tochterzellen und acht Kerne vorhanden, vier Grosskerne oder Sexualkerne, vier zu Grunde gehende Kleinkerne.

Hier sind nun einige Formen mit reducirter Sexualität einzufügen, welche dem Schema nach zu anderen Typen gehören würden. Von Navicula constricta und Frustulia saxonica will ich absehen,

1) Diatomeen der Kieler Bucht l. c. pag. 33 und 179.
2) J. Lüders, l. c. Bot. Ztg. 1862, 60, und G. Karsten, Diatomeen II 48.
3) Diatomeen der Kieler Bucht l. c. pag. 171.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0280-3

da möglicher Weise die Vereinigung der Tochterzellen übersehen sein könnte. Sehr wichtig ist dagegen Synedra affinis.[1]) In den mit Hilfe kleiner Gallertpolster an einem Zellende auf beliebigem Substrate festgehefteten Zellen tritt die Auxosporenbildung in der Weise ein, dass jede Zelle sich theilt, die Schalen öffnet und jede Tochterzelle sich zu einer lang pfeilförmigen Auxospore streckt. Es würde demnach genau der Fall von Rhabdonema arcuatum vorliegen, wenn nicht noch in jeder Auxospore nachträglich eine zweite Kerntheilung in mehr oder minder ausgeprägter Weise stattfände. Diese weitere Theilung des Kernes wird zwar sehr bald durch Vereinigung der beiden Tochterkerne oder Unterdrückung eines von ihnen wieder rückgängig gemacht und hat keinerlei Folgen. Sie ist uns aber von erheblichem Interesse, weil damit angedeutet ist, dass früher einmal weitere Kerntheilungen auch bei Synedra regelmässig vorkamen. Daraus, dass sie jetzt mehr oder weniger vollständig zurückgebildet sind, kann man nur folgern, dass sie offenbar keine wirkliche Bedeutung für den Vorgang mehr besitzen. Eine sehr nahe liegende Vermuthung — die freilich nicht direct bewiesen werden kann — ist es nun, dass Synedra früher die Auxosporen nach Typus II entwickelte, dass also je zwei Mutterzellen zu geschlechtlicher Vereinigung ihrer Tochterzellpaare sich zusammenfanden. Mit dem Verlust der Sexualität wurde die zweite der für Typus II charakteristischen, schnell auf einander folgenden Kerntheilungen überflüssig und erlitt eine starke Rückbildung. Die Synedrazellen ergeben jetzt auf ungeschlechtlichem Wege zwei Auxosporen. An anderer Stelle habe ich bereits darauf aufmerksam gemacht[2]), dass Verlust der Bewegungsfähigkeit damit Hand in Hand gegangen ist.

Einen noch weiteren Schritt der Rückbildung finden wir bei Bacillaria (Nitzschia) paradoxa.[3]) Bacillaria und Nitzschia palea[4]) folgen völlig dem Typus IV, so dass, wie vorher ausgeführt wurde, aus jeder Zelle nur eine Auxospore auf ungeschlechtlichem Wege entsteht. Nur an gewissen Kennzeichen der Chromatophoren liess sich hier der Theilungsschritt noch nachweisen. Da nun aber andere und zwar zahlreiche Nitzschiaarten völlig dem Typus II angehören, wird man diesen als den normalen für die Nitzschien ansehen müssen, und so ist die Annahme berechtigt, dass die Rückbildung bei Bacillaria

1) G. Karsten, Diatomeen II. 33.
2) Diatomeen der Kieler Bucht l. c. 178.
3) Diatomeen der Kieler Bucht l. c. 125.
4) Miquel, Recherches expérimentales etc. 1892. l. c. 556.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0281-9

und Nitzschia palea nicht nur bis zur Unterdrückung der Sexualität, also der zweiten Kerntheilung, sondern sogar bis zum fast vollständigen Verschwinden auch der ersten Kern- und Zelltheilung gediehen ist.

Ebenso wie bei Typus II ist bei Typus III Sexualität in hervorragendem Maasse betheiligt. Wenn wir uns aber die wenig zahlreichen Vertreter des Typus, wie sie im ersten Theil dieser Arbeit behandelt sind, genauer ansehen, so fällt eine gewisse Ungleichwertigkeit ins Auge. Während alle Vertreter des Typus II mit schematischer Regelmässigkeit alle Vorbereitungen zur Auxosporenbildung in gleicher Weise treffen, ist der Sexualkern bei Cocconeïs das Resultat einer einmaligen, bei Surirella einer doppelten Kerntheilung. Es ist also nur das rein äusserliche gröbere Kennzeichen, dass aus zwei Mutterzellen durch sexuelle Vereinigung eine Auxospore gebildet wird, welches den Typus III charakterisirt. Da Cocconeïs und Surirella systematisch weit von einander entfernt sind, ist die ungleiche Entwickelungsweise nicht weiter zu verwundern. Kann demnach an nähere Beziehungen der bei Cocconeïs und Surirella zu beobachtenden Vorgänge zu einander nicht gedacht werden, so ist ein gewisser Zusammenhang der Auxosporenbildung von Surirella mit dem Typus II doch unverkennbar. Die angeführten Beobachtungen von längerer Rivalität zwischen zweien der aus den secundären Spindeln hervorgehenden vier Kerne deuten auf frühere Gleichberechtigung dieser beiden Kerne hin. Und die Thatsache, dass aus der nicht gerade seltenen Aneinanderlagerung von drei Surirellaindividuen bisweilen zwei Auxosporen entstehen, ist, wie mir scheint, nur auf diesem Wege zu erklären und bildet damit eine sehr wesentliche Stütze für die Anlehnung des Typus III an Typus II.

Das Verhältniss von Cymatopleura zu Surirella wurde schon vorher aus einander gesetzt. Es mag unter Hinweis auf Synedra und Typus II hier nur angefügt sein, dass bei Cymatopleura der Abstand von der Norm noch nicht so gross geworden ist, wie bei Synedra. Die äusserliche Vereinigung zweier Zellen ist bei Cymatopleura anscheinend stets noch Vorbedingung der Auxosporenbildung, und aus diesem Grunde ist es auch mir, trotz der vorgebrachten Einwände, wahrscheinlich, dass unter bestimmten unbekannten Bedingungen die von mir beobachtete Apogamie und Bildung zweier Auxosporen wieder gegen eine geschlechtliche Erzeugung einer Auxospore vertauscht werden kann. Für diesen Fall vermuthe ich, dass in den beiden Cymatopleurazellen eine doppelte Kerntheilung eintreten würde, wie

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0282-5

sie bei Surirella nachgewiesen wurde. Ob die zweite Kerntheilung bei der apogamen Auxosporenbildung völlig unterdrückt oder in Andeutungen vorhanden geblieben ist, vermag ich aus Mangel an genügendem Material nicht zu sagen.

Ziehen wir nun die Summe aus allen bisher vorliegenden Beobachtungen über Auxosporenbildung, so bleibt als Hauptresultat bestehen, dass sich in jedem Falle eine Zelltheilung als Ausgangspunkt nachweisen lässt. Die vier verschiedenen Typen sind sehr klar vorgezeichnet und leicht verständlich. Der erste führt die Theilung vollständig aus und verbindet damit nur die Erwerbung neuer grösserer Schalen. Die möglichst kräftige Ausgestaltung der neuen vergrösserten Generation oder vielleicht die ausserordentliche Grössendifferenz der beiden Extreme, welche die gleichzeitige Produktion von zwei Auxosporen nicht gestatten würde, führt zu Typus IV. Es liegt, soweit ich bisher sehe, kein Anzeichen vor, das auf frühere geschlechtliche Bildung der Auxosporen bei diesen beiden Typen hinwiese, wenn solche Formen wie Bacillaria ihren nächsten Verwandten angereiht bleiben und als Rückbildungen von Typus II betrachtet werden. Man kann also in den Tabellarien und in der ganzen Masse centrischer Arten Formen anerkennen, die mit dem Ausgangspunkte der ganzen Diatomeenreihe noch in geraden Linien verbunden sind. Immerhin wird man auch hier schon biologische Gesichtspunkte zu Hilfe nehmen müssen, um das „Nichtzurausbildunggelangtsein" der Sexualität erklärlich zu machen. Das ist für die (meist centrischen) Planktonformen z. B. durch Schütt[1]) geschehen, der zu dem Resultate kam: „Für Planktondiatomeen müssen wir also die rein ungeschlechtliche Auxosporenbildung theoretisch fordern."

Wenn wir nun die beiden Typen mit geschlechtlicher Auxosporenentwickelung betrachten, so braucht zwar das Auftreten der Sexualität nicht begründet zu werden, denn in jeder Organismenreihe tritt mit Erreichung einer gewissen höheren Ausbildungsstufe die Geschlechtlichkeit mit zwingender Nothwendigkeit ein. Aber für den so häufig wiederkehrenden Verlust dieser Eigenschaft sollte man meinen, eine Ursache ausfindig machen zu können. Schon in den „Diatomeen der Kieler Bucht"[2]) sagte ich: „Ob nicht vielleicht überhaupt noch eine

1) Fr. Schütt, Wechselbeziehungen zwischen Morphologie, Biologie, Entwickelungsgeschichte und Systematik der Diatomeen. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1893, 566.

2) l. c. pag. 191.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0283-1

weitere ernährungs-physiologische Frage in dem vorzugsweisen Vorkommen der Diatomeen auf in Zersetzung begriffenem Schlick — in extremen Fällen sogar in der Beggiatoa-Vegetation — verborgen liegt, — das zu entscheiden muss weiteren Untersuchungen überlassen bleiben." — Mir scheint nun gerade bei einigen sexuell abgeschwächten Formen die Möglichkeit mindestens theilweise saprophytischer Ernährung nahe zu liegen, obschon eine exacte Beweisführung bisher nicht geliefert ist. Z. B. Cymatopleura solea wie elliptica sind durch einen ihnen eigenthümlichen schleimigen Ueberzug, der die Zellen völlig überzieht, stets mit Massen von festgehaltenen Humustheilchen bedeckt, welche sie oft vollständig sogar dem suchenden Auge entziehen, demnach auch nur geringe Mengen von Licht zu den Chromatophoren gelangen lassen. Wirklich reine Schalen findet man bei ihnen niemals. Nitzschiaarten treten ebenfalls an entsprechenden Standorten häufig auf, und es ist mir für Bacillaria (Nitzschia) paradoxa sehr zweifelhaft, ob nicht eher eine saprophytische Lebensweise als ihre immerhin nur für Küstengegenden zutreffende Zugehörigkeit zum Plankton für den Verlust der Sexualität verantwortlich gemacht werden sollte. Denn die Form ist der ständige Bewohner aller Schlickboden führenden Orte an den Küsten der Ostsee, von wo sie sich zu Zeiten erhebt und nach ausgiebiger Vermehrung in grossen Massen im Plankton gefunden wird.

Endlich wäre der Verlust der Bewegungsfähigkeit ein unter den gegebenen Bedingungen mit Nothwendigkeit zur Einbüssung geschlechtlicher Auxosporenbildung führender Umstand. Es ist allerdings fraglich, ob die grosse Zahl von Formen, welche durch Stielbildung ausgezeichnet sind, wie Achnanthes, Rhoicosphenia, Gomphonema, Brebissonia, sich in einem Uebergange zur Bewegungslosigkeit befinden, wie Schütt[1]) andeutet. Denn alle diese Arten sind nach Lösung von ihren Stielen zu lebhafter Bewegung befähigt und haben auch ausnahmslos eine geschlechtliche Auxosporenbildung aufzuweisen. Auch wäre eine Ursache für die Aufgabe der Bewegungsfähigkeit kaum ausfindig zu machen. Jedenfalls aber scheint Synedra affinis, sei es durch Uebergang zu saprophytischer Ernährung, sei es durch andere Vorzüge bewogen, zu sesshafter Lebensweise vor mehr oder weniger langer Zeit erst übergegangen zu sein. Die Einbusse der Sexualität, deren Spuren wir in ihrer Auxosporenentwickelung ja noch deutlich erkennen konnten, war die unausbleibliche Folge. Für andere

1) Schütt, l. c. 566.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0284-7

Synedraarten käme die Zugehörigkeit zum Plankton als ein in gleichsinniger Richtung wirkender Factor in Betracht.

Hier möchte ich auch die Tabellarien anknüpfen. Nicht dass ich glaubte, diese Formen hätten früher einmal Bewegungsvermögen besessen. Ihre Schalen sind zu schwer, ihr ganzer Aufbau zu massig, als dass dieser Gedanke wahrscheinlich sein könnte. Aber dass in diesen hoch entwickelten und complicirt aufgebauten Formen eine Sexualität nicht zur Ausbildung gelangt ist, das scheint mir auf das von jeher fehlende Bewegungsvermögen zurückgeführt werden zu müssen.

Derartige Wechselbeziehungen zwischen der Lebensweise, der Formenausgestaltung und der Entwickelungsgeschichte, wie Schütt sie für Planktondiatomeen einerseits, Grunddiatomeen andererseits bekannt gemacht hat, sind jetzt, nachdem die Grundlagen für die genauere Erkenntniss der Entwickelungsgeschichte für die Mehrzahl von Diatomeengattungen oder -Unterfamilien gegeben sind, sehr geeignet, uns tiefer in das Verständniss des Lebens und der gegenseitigen Beziehungen innerhalb dieser eigenartigen und interessanten Pflanzenreihe einzuführen.

Bonn, April 1900.

Figurenerklärung.

Tafel VIII und IX.

Fig. 1—8. Cocconeïs Placentula. 1000 : 1. Zeiss Apochromat 2 mm, oc. 8. *chr.* Chromatophor, *g. k.* Grosskern, *k. k.* Kleinkern.

„ 9—28. Surirella saxonica. Sämmtliche Figuren (bis auf 27) sind von der Gürtelseite aus aufgenommen und mit dem breiteren Zellende nach oben gerichtet orientirt.

„ 9. Zwei zur Auxosporenbildung vereinigte Zellen. Es ist nur der Zellkern und die ihn enthaltende mediane Plasmamasse angedeutet, ausserdem die Grenzen der Schalen gegen Flügel und Gürtelband. 195 : 1.

„ 10. Die unteren an einander haftenden Theile der beiden Zellen stärker vergrössert. *p.* von Gallertporen durchsetzte kleine Hervorragungen. 1000 : 1.

„ 11—15. Veränderungen des Kernes. 1000 : 1.

„ 11. Ruhender Kern in geringer Plasmamasse, die seitlich von den dunkler gehaltenen Chromatophoren begrenzt wird. Kernstruktur feinkörnig, zahlreiche Nucleolen.

„ 12. Nierenförmiger Kern aus dem Beginn der gegenseitigen Beeinflussung zweier verbundenen Zellen. Centrosom mit kleiner Strahlung in der Kernbucht, Doppelstäbchen in den vier Ecken der Plasmaansammlung. Kernstruktur körnig, Beginn fädiger Anreihungen; mehrere Nucleolen.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0285-2

Fig. 13. Wendung um 45°. Zunahme der Strahlung um das in der abgeflachten Kernbucht gelagerte Centrosom. Zunahme der fädigen Kernstruktur und der in den vier Ecken der Plasmamasse liegenden Doppelstäbchen ausserhalb des Bereiches der Strahlung.

„ 14. Fast vollendete Abrundung des Kernes am alten Platze. Das nach oben hin etwas entfernte Centrosom mit grosser Strahlung in der ansehnlich vermehrten Plasmaansammlung. Feinfädige Kernstruktur (dichtes Knäuelstadium) fast durchgeführt, Nucleolen bis auf einen aufgelöst. Doppelstäbchen im Plasma verschwunden.

„ 15. Lockerung des Kernfadens (lockeres Knäuelstadium). Zunahme seines Querdurchmessers und Beginn der Zerlegung in Chromosomen. Strahlung des Centrosomes nach dem Kern und nach den oberen Winkeln der Zelle von grosser Deutlichkeit, während die nur im Plasma verlaufenden Strahlen von weit geringerer Deutlichkeit sind.

„ 16. Die Zelle, der Fig. 15 entnommen war, um die obere Ansatzstelle der Strahlung und die Contraction der Chromatophoren zu zeigen. 320 : 1.

„ 17. Der in das obere Ende der Zelle gewanderte Kern, in welchen das Centrosom *c.* und die hinten daran hängende Anlage der Centralspindel *a. csp.* einzudringen beginnen. Das Centrosom hat fast keine, das ringförmige Anhangsgebilde eine schwache, von der Ringöffnung ausgehende Strahlung mit scharf markirter Grenze. Die Chromosomen sind sehr kurz und dick, stabförmig; feine Plasmastränge sind zwischen ihnen ausgespannt. 1 Nucleolus. 1500 : 1.

„ 18. Der dem vorigen ungefähr gleichende Kern zeigt die Chromosomen noch ein wenig zurückgeblieben in der Zertheilung. Dagegen ist die Anlage der Centralspindel *a. csp.*, welche auf dem Kerne liegt, etwas weiter entwickelt und zu einem breiteren Ring geworden, dessen Oberfläche Längsstreifen führt. Das Centrosom ist verschwunden. 1500 : 1.

„ 19. Die aus der ersten Kerntheilung hervorgegangenen Tochterringkerne, deren jeder aus den überkommenen Resten der Centralspindel eine neue Centralspindelanlage entwickelt hat, welche die verklumpten Chromosomen alsbald zu einer neuen Sonderung veranlassen dürfte. *chr.* die Chromatophorenzipfel. 1000 : 1.

„ 20. Die secundären Tochterkerne ringförmig an ihren Centralspindeln aufgereiht. Die Centralspindeln lassen eine zarte Längsstreifung und stärkere Ringconturen, an den Enden aber keine abgesonderten Körperchen erkennen, welche Centrosomen entsprechen könnten. Das von den Spindelpolen ausgehende, um die Theilungen hohlkugelig geordnete Plasma zeigt fädige Struktur. 1500 : 1.

„ 21. Die aus einander weichenden secundären Tochterringkerne mit verbindender Strahlung, welche in der Mitte durchgetheilt ist — ein Ringkern ist umgefallen und zeigt die centrale Oeffnung und undeutliche Reste des Centralspindelpoles. Die Chromosomen sind vollständig verklumpt. 1000 : 1.

„ 22. Der Grosskern *g.k.* und drei Kleinkerne *k.k.* als Produkte der zweiten Kerntheilung. 1500 : 1.

„ 23, 24. Allmähliche Abrundung und Contraction der Plasmakörper als Vorbereitung zur Vereinigung der beiden am unteren Ende verbundenen

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0286-8

Zellen an je einer Zelle wiedergegeben. In Fig. 24 sind die Schalen bereits voneinander gehoben; sie werden durch die nach unten hinzielende Bewegung der Plasmamasse am unteren Ende noch weiter aus einander gedrängt, am oberen über einander geschoben werden, wie es die in den Mutterschalen liegende Auxospore Fig. 26 zeigt. 320 : 1.

Fig. 25. Skizze einer jungen Auxospore zwischen ihren Mutterschalen in der umhüllenden Gallertmasse. 130 : 1.

„ 26. Auxospore, welche innerhalb der Mutterschalen liegt. Innerhalb des glatten Perizonium ist die eine Schale bereits ausgeschieden; auf der anderen Seite ist der Plasmakörper weit ins Innere zurückgewichen, um Raum für die Abscheidung der zweiten Schale zu geben. Die Vereinigung der beiden Grosskerne ist erfolgt, von den Kleinkernen ist nichts wahrzunehmen. 320 : 1.

Tafel X.

„ 27. Schalenansicht eines Chromatophoren, nach fixirtem Material gezeichnet. An der mit *u.* bezeichneten, stärker hervorgehobenen Stelle geht die Verbindungsbrücke zum anderen Chromatophoren ab. 320 : 1.

„ 28. Zwei kurz vor der Trennung stehende Schwesterzellen, welche im Präparat durch den Druck des Deckglases aus einander gewichen sind. In beiden Zellen ist bei *u.* das bis dahin der Aussenschale anliegende Chromatophor umgebogen und wächst an der einen Schale entlang nach oben hin, während aus der Umbiegungsstelle die Chromatophorenunterhälften ergänzt werden. 320 : 1.

„ 29—34. Cymatopleura.

„ 29. Die Schalenenden einer Zelle von Cymatopleura solea var. apiculata. Gerade am Scheitel ist ein bei tiefer Einstellung deutlicher Gallertporus vorhanden, welcher in einen vom Schalendeckel überwölbten Vorhof mündet. 1500 : 1.

„ 30. Ein Schalenende von Cymatopleura nobilis Hantzsch, das an der gleichen Stelle einen Gallertporus besitzt. 1000 : 1.

„ 31. Cymatopleura elliptica. Zwei zusammengelagerte Zellen an der Berührungsstelle geöffnet. Das hervorquellende Plasma jeder Zelle bleibt gesondert, durch die Schalen hindurch bemerkt man das in ihrem Winkel schon gebildete Perizonium, und in einer Auxospore ist hier ein Kern sichtbar. 320 : 1.

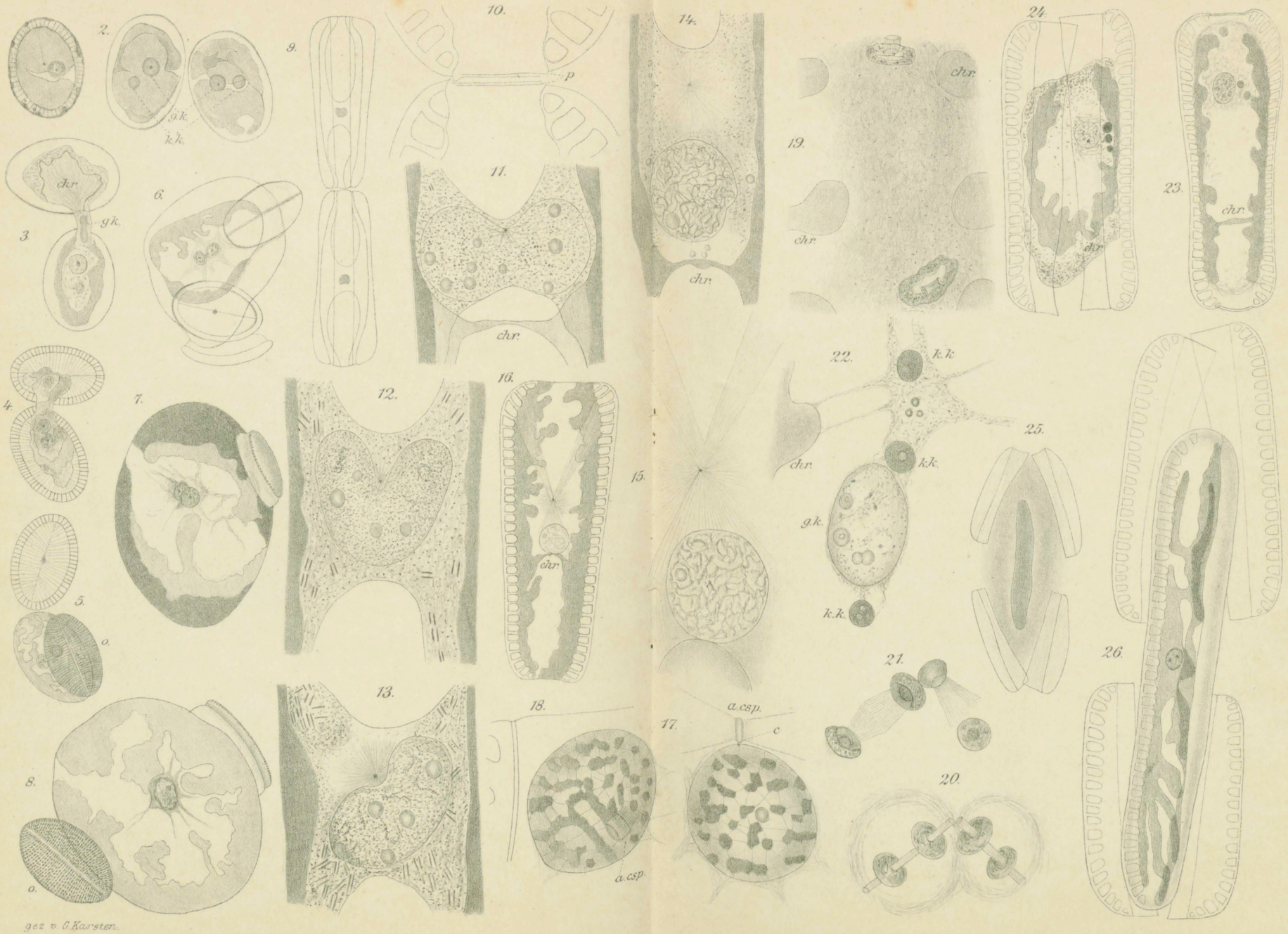
„ 32. Eine etwa ausgewachsene Auxospore derselben Art (die Mutterschalen und die zweite Auxospore sind fortgelassen), welche die Chromatophorenverzweigung und ihre Vertheilung an der Oberfläche zeigt. 320 : 1.

„ 33, 34. Cymatopleura solea.

„ 33. Das im Winkel zweier Mutterschalen steckende Auxosporenende mit der häufig zu beobachtenden knopfigen Anschwellung. Die welligen Umrisse eines Chromatophoren und zwei Kerne sind kenntlich. 500 : 1.

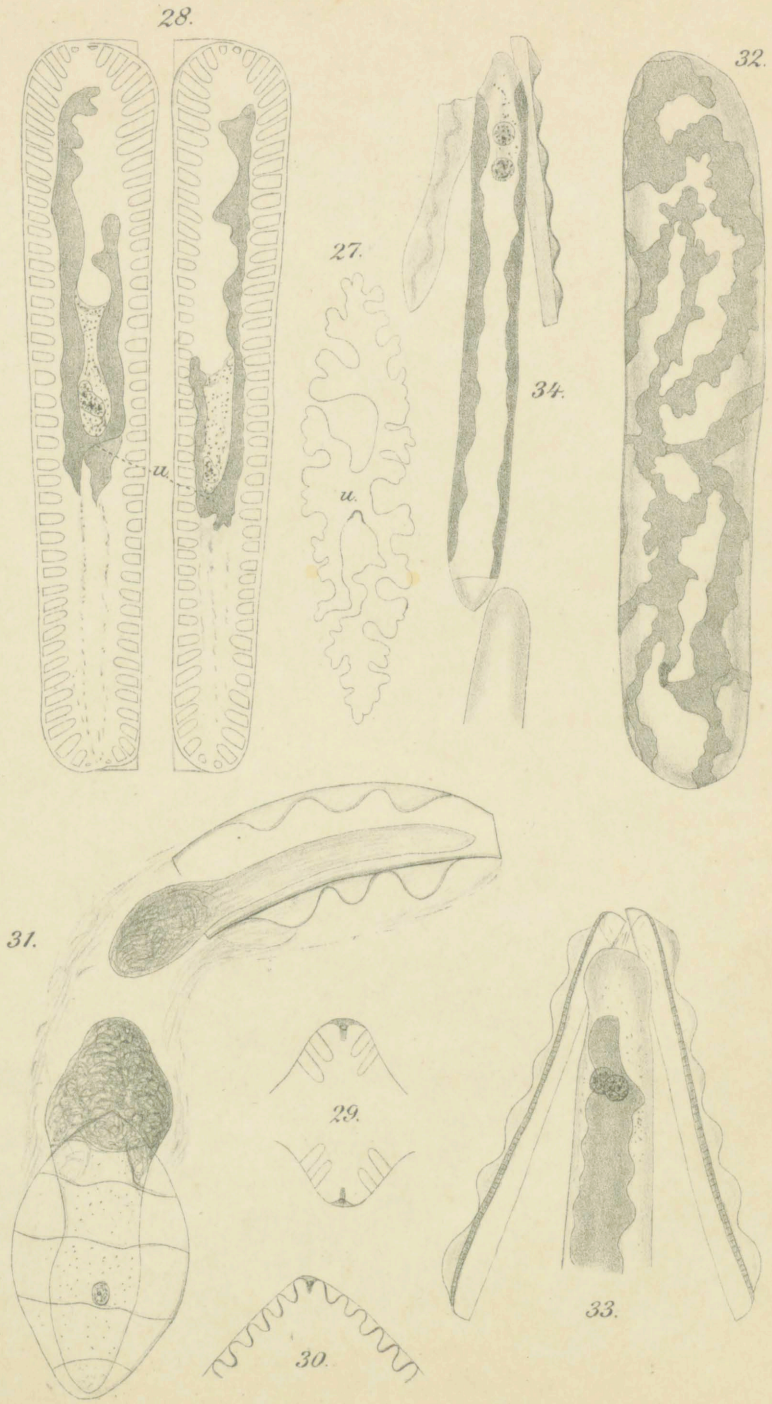
„ 34. Die zweite, zugehörige Auxospore mit ebenfalls zwei Kernen und das anstossende Ende der ersteren. 320 : 1.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0287-4



gez. v. C. Karsten.

L. J. Thomas, Lith. Inst., Berlin S. 53



gez v. G. Karsten.

L. J. Thomas, Lith. Inst, Berlin S. 53.

Universitätsbibliothek Regensburg
urn:nbn:de:bvb:355-ubr05156-0517-1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: 87

Autor(en)/Author(s): Karsten George

Artikel/Article: Die Auxosporenbildung der Gattungen Cocconeis, Surirella und Cymatopleura. 253-283