

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Ein Überblick über die neuere Diatomeenlitteratur.

Von

H. Klebahn (Hamburg).

Hierzu 77 Textfiguren.

Kaum eine Klasse der niederen Organismen, deren Kenntnis das Mikroskop vermittelt, hat so lange und so dauernd das Interesse zahlreicher Beobachter in Anspruch genommen, wie die Diatomeen, oder wie sie richtiger genannt werden, die Bacillariaceen. War und ist noch heute bei vielen ihrer Liebhaber zunächst die Freude an der Zierlichkeit ihrer Gestalt und der Struktur ihrer Membran die Veranlassung zur Beschäftigung mit denselben, sodann auch das bereits wissenschaftliche Bestreben, der Mannigfaltigkeit der Formen Herr zu werden und sie übersichtlich im System zu ordnen; so haben daneben, und namentlich in neuerer Zeit, denkende Forscher versucht, zu einem Verständnis der auffälligen Formen zu gelangen und über die eigenartigen und wunderbaren Lebensvorgänge dieser Organismen und ihre Bedeutung im Naturganzen Licht zu verbreiten.

Die nachfolgende Darstellung bezweckt, einen Bericht über die wichtigsten neueren Erscheinungen auf diesem Gebiete und damit zugleich eine Übersicht des gegenwärtigen Standes der Kenntnis dieser Verhältnisse zu geben. Sollten hier und da Lücken geblieben sein, so möge das die Reichhaltigkeit des Stoffes und die Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit entschuldigen; eine absolute Vollständigkeit anzustreben, war von vorn herein nicht beabsichtigt¹⁾.

¹⁾ Die Arbeit ist ein in erweiterter Form auf Wunsch des Herrn Herausgebers für das Archiv für Protistenkunde bearbeiteter Bericht über einen im naturwissenschaftlichen Verein zu Hamburg im März 1902 gehaltenen Vortrag.

Bau der Membran.

Mit dem Bau der Membranen der Diatomeen hat sich in den letzten Jahren besonders O. MÜLLER beschäftigt. Da die in Betracht kommenden Strukturen zum großen Teile an der äußersten Grenze des Auflösungsvermögens der Mikroskope liegen, ist die richtige Deutung derselben sehr schwierig, und es muß damit gerechnet werden, daß die gewonnenen Deutungen nicht immer unbedingt richtig sind; doch sind gerade die Arbeiten MÜLLER's durch große Sorgfalt in der Beobachtung und strenge Kritik vorteilhaft ausgezeichnet.

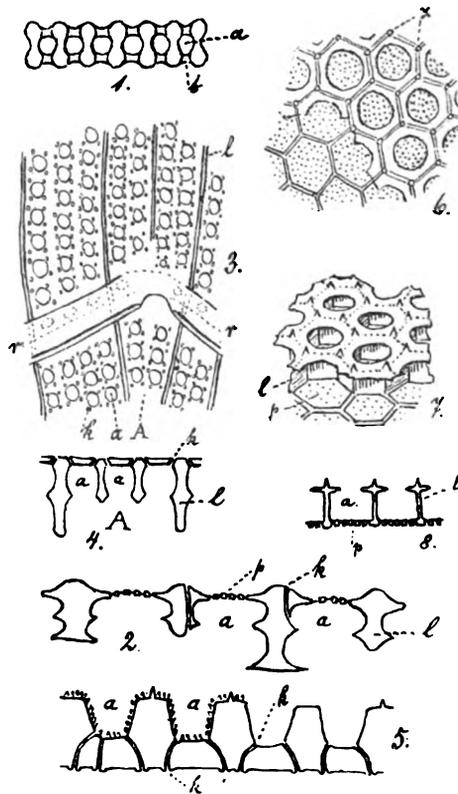


Fig. 1—8.¹⁾

Kammern und Poren. Nach MÜLLER's Auffassung sind verschiedenartig ausgebildete Kammern, sowie Poren, Porenkanäle und porenähnliche Tüpfel (Poroiden) in der Membran

¹⁾ Die Figurenerklärungen sind am Ende der Arbeit zusammengestellt.

mancher Diatomeen vorhanden. Die bekannte Perlenstruktur von *Pleurosigma* beruht auf dem Vorhandensein winziger rundlicher Hohlräume (Kammern, Fig. 1 a) innerhalb der Membran, die nach außen und nach innen durch etwas kleinere Öffnungen (b) mit der Außenwelt, bezugsweise dem Lumen der Zelle, kommunizieren. Bei *Isthmia nervosa* (Fig. 2) werden an der Innenseite der Membran durch in das Lumen der Zelle vorspringende Leisten (l) größere und in diesen kleinere Kammern (a) gebildet, die mit dem Lumen offen kommunizieren. In der dünnen Membran, welche diese Kammern nach außen abgrenzt, sind sehr feine Tüpfel (Poroiden, p) vorhanden; außerdem finden sich Porenkanäle (k), welche besonders in den vorspringenden Leisten die Membran durchsetzen. Ähnlich ist der Membranbau bei *Epithemia Hyndmanni* (Fig. 3 u. 4): größere Kammern (A), durch Querriefen der Schalen (l) gebildet, darin kleinere runde (a), die als Perlen erscheinen; endlich im Umkreise der letztgenannten je etwa vier Porenkanäle (k), die erst bei stärkster Vergrößerung sichtbar werden. Auch die bekannte Riefenstruktur von *Pinnularia* (Fig. 17 u. 18) beruht auf dem Vorhandensein von Kammern auf der Innenseite der Membran (a). Hier sind Poren bisher nicht beobachtet worden.

Seltener befinden sich die Kammern auf der Außenseite der Membran. So hat *Eupodiscus Argus* (Fig. 5) tassenförmig von außen eindringende Kammern (a), von deren Grunde aus einige Porenkanäle (k) in das Zelllumen eindringen. In ähnlicher Weise werden die sechseckigen Kammern von *Triceratium Favus* (Fig. 6–8) durch außen der Zellwand aufgesetzte Leisten (l) von T förmigem Querschnitte gebildet. Am Grunde der Kammern sind Poroiden (p) vorhanden. Porenkanäle finden sich in der Leiste, die wie ein Grat den Rand der Zelle umgibt. Neuerdings vermutet MÜLLER auch, wenigstens zur Zeit der Entstehung der Membran, einen Porenkanal in jeder der senkrecht zur Membran stehenden Kanten der sechseckig prismatischen Kammern dieser Species (bei x).

Es ist von vorn herein klar, wie MÜLLER hervorhebt, daß die Funktion dieser verschiedenartigen Einrichtungen eine mannigfaltige sein wird, wenngleich selbstverständlich alle diese Einrichtungen den letzten Endzweck haben, der betreffenden Art die möglichst günstigen Lebensbedingungen zu schaffen. Andererseits kann es nicht wunder nehmen, wenn bei so schwierig zu deutenden Strukturen die Ansichten der verschiedenen Beobachter über ihren Bau und namentlich über ihre Funktion nicht unbedeutend von einander abweichen. Es erscheint wünschenswert, auf die Anschauungen

über diese Funktionen näher einzugehen und im Zusammenhange damit noch einige Strukturen kennen zu lernen, die spezielleren Funktionen angepaßt sind.

Über die Bedeutung und die Verbreitung der durchgehenden Poren und der Poroiden, die nur tüpfelartige Membranverdünnungen sein sollen, besteht eine Meinungsverschiedenheit zwischen FR. SCHÜTT und O. MÜLLER. Der erstgenannte Forscher möchte auch die Poroiden für echte durchgehende Poren halten und ist geneigt, die Membran derjenigen Diatomeen, an denen eine sichtbare Struktur nicht vorhanden ist, so lange für porös zu halten, bis das Gegenteil erwiesen ist. MÜLLER dagegen hält an dem eben aufgestellten Unterschiede zwischen Poren und Poroiden fest; letztere lassen nach MÜLLER's Auffassung nur Diosmose zu, durch erstere tritt das Plasma an die äußere Oberfläche der Membran, um hier irgend eine Funktion auszuüben. Physikalische Gründe sprechen nach MÜLLER dafür, daß Poren, die dem Protoplasma den Durchtritt gestatten, oberhalb der Grenze des mikroskopischen Unterscheidungsvermögens liegen müssen. In zu engen Poren würde infolge der Molekularkräfte eine kapillare Plasmabewegung nicht mehr möglich sein; deshalb schätzt MÜLLER die untere Grenze für die Porenweite, da der Radius der molekularen Wirkungssphäre nach PLATEAU und QUINCKE $0,055 \mu$ beträgt, auf etwa $0,2 \mu$. Die obere Grenze ist schwieriger zu bestimmen. Entscheidend ist der Umstand, daß im Inneren des Protoplasmaschlauchs der Zellen, wie durch plasmolytische Versuche gezeigt worden ist, ein sehr starker Turgordruck herrscht. Durch zu weite Poren würde also, und namentlich, wenn die ganze Membran wie bei *Pleurosigma* siebartig durchbrochen ist, das Protoplasma nach außen getrieben werden und dadurch verloren gehen. Porenkanäle können indessen etwas weiter sein als „Nadelstichporen“; die Beobachtung ergibt eine obere Grenze ihrer Weite von $0,5$ bis $0,6 \mu$.

Darüber, daß durch die Poren und Porenkanäle das Protoplasma bis an die Außenfläche der Zellmembran gelangt, besteht Übereinstimmung zwischen MÜLLER und SCHÜTT. Unter den Funktionen, die dieses Plasma zu verrichten hat, werden Diffusion der Nährstoffe, Gallert- und Stielbildung, Beteiligung an der Membranbildung und Ortsbewegung besonders in Betracht kommen.

Gallertporen. Für *Melosira undulata* hat MÜLLER früher gezeigt, daß die Gallertstiele bald an dieser, bald an jener Stelle der Membran entstehen können, so daß also hier das durch die Porenkanäle dringende Protoplasma verschiedene Funktionen ausüben

kann, bald die Stielbildung, bald, wenn es dieser nicht dient, Diffusion im Dienste des Stoffwechsels.

Dagegen sind bei anderen Diatomeen ganz bestimmte Poren der Gallertauscheidung angepaßt. Diese „Gallertporen“ finden sich in geringer Zahl und an ganz charakteristischen Stellen, namentlich bei den in Zickzackbändern, Sternen oder ähnlichen Verbänden vorkommenden Diatomeen, und durch ihre Vermittelung werden die kleinen Gallertpolster ausgeschieden, welche die Zellen zu den erwähnten Verbänden vereinigen. So hat z. B. *Diatoma* (Fig. 9) zwei Gallertporen, je einen (g) auf jeder Schale an einem Ende gelegen, in der Regel in diagonaler Gegenüberstellung entsprechend

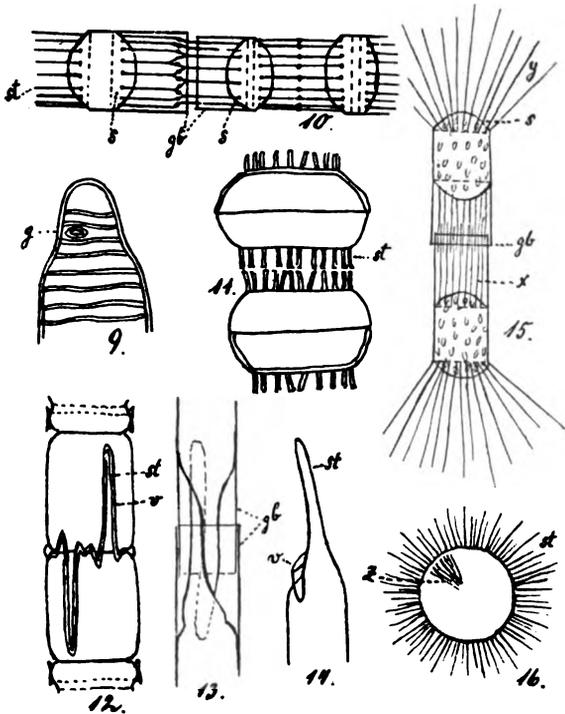


Fig. 9 - 16.

dem Zickzackverbände der Zellen in den Ketten, seltener so, daß beide Poren an demselben Zellenende liegen. Ähnlich verhält sich *Fragilaria virescens*. Dagegen hat *Licmophora* nur an einer Schale einen Porus, *Synedra* an beiden Polen beider Schalen, *Tabellaria* an einem oder beiden Polen beider Schalen und außer-

dem noch einen Porus in der Mitte der Schalen, der nach MÜLLER die Kittsubstanz absondert, welche benachbarte Zellen mit den Schalen zusammenhält. Bei *Grammatophora* findet sich an jedem Ende beider Schalen ein Porus und an dem einen Ende außerdem ein Dorn, der nur hier vorhandenen Gallerte zur Stütze dient.

„Extramembranöses“ Protoplasma. Die Beteiligung des durch die Durchbrechungen der Zellwand nach außen gelangenden Protoplasmas an der Membranbildung hat in letzter Zeit eine lebhafte Diskussion hervorgerufen. Für die centrifugalen Membranfortsätze gewisser Peridineen (Flügel von *Ornithocercus*) hat FR. SCHÜTT überzeugend nachgewiesen, daß sie durch Anfügen neuer Teile an ihrem Rande, also in centrifugaler Richtung, wachsen, und er findet die einfachste Erklärung für diese Art des Wachsens in der Annahme eines extramembranösen Plasmas, das er in einigen Fällen an fixierten und gefärbten Präparaten auch gesehen zu haben glaubt. Es lag gewiß nahe, diese Theorie des centrifugalen Membranwachstums durch extramembranöses Plasma auch auf die den Peridineen verwandten und mit mannigfaltigen Membrandurchbrechungen versehenen Diatomeen anzuwenden und die Entstehung der centrifugalen Wandverdickungen derselben in gleicher Weise zu erklären. O. MÜLLER hat aber, ohne das Vorkommen extramembranösen Plasmas bei den Diatomeen zu bestreiten, sich gegen das centrifugale Membranwachstum und gegen die Beteiligung des extramembranösen Plasmas beim Membranbau dieser Organismen ausgesprochen.

Centrifugale Membranfortsätze. Bei *Skeletonema costatum* (Fig. 10) werden die Schalen (s) der benachbarten Zellen eines Fadens durch Kränze paralleler Kieselstäbchen (st) verbunden. SCHÜTT glaubte anfangs für diese die Entstehung durch centrifugales Wachstum mittels extramembranösen Plasma annehmen zu müssen, das allerdings insofern nicht im strengsten Sinne extramembranös wäre, als es sich in dem von den Gürtelbändern (gb) der Mutterzellen nach außen abgeschlossenen Intercellularraume zwischen den beiden benachbarten Schwesterzellen befände. G. KARSTEN hatte sich, ohne Gründe anzugeben, für intercalares Wachstum ausgesprochen. Dies weist SCHÜTT zurück. Er kommt dann aber bei weiterer Erörterung der Verhältnisse selbst zu der Überzeugung, daß der Aufbau dieser Stäbchen nicht erst nach der Ausbildung der Schale und nicht centrifugal stattfindet, sondern simultan, und stellt sich damit im wesentlichen auf den Standpunkt, den O. MÜLLER nie verlassen hatte. SCHÜTT hält es für nötig, bei diesen Organismen

streng zu unterscheiden zwischen Zellteilung, Zelltrennung und Membranbildung. Bei *Skeletonema* sind die Zwischenstadien der Entwicklung noch nicht genügend bekannt. Bei anderen Diatomeen von ähnlichem Verhalten, die SCHÜTT inzwischen untersucht hat (*Guinardia*, *Leptocylindrus*, *Rhizosolenia*, Fig. 13, 14), findet nach der Zellteilung zunächst eine Trennung der Protoplasmen der Tochterzellen und eine Entfernung derselben von einander innerhalb der Gürtelbänder statt, dann wieder eine Annäherung, welche die Entstehung von Plasmaverbindungen zwischen den beiden Zellen zur Folge hat. Wenn darauf die Membranbildung beginnt, so entstehen die centrifugalen Membranfortsätze aus den Plasmaverbindungen, und zwar gleichzeitig mit der übrigen Membran oder sogar vor derselben. Daß Protoplasmaverbindungen zwischen den im übrigen getrennten Hauptmassen der Protoplasmen der Tochterzellen die Hauptrolle bei dem Aufbau der centrifugalen Membranfortsätze dieser Diatomeen spielen, wird ganz besonders durch neuere Beobachtungen von O. MÜLLER gestützt. MÜLLER untersuchte *Stephanopyxis Palmeriana* (Fig. 11), bei der die benachbarten Zellen in ähnlicher Weise durch Stäbchen oder Stacheln in Verbindung gehalten werden, wie bei *Skeletonema*, und fand, daß diese Stäbchen (st.) hohle und geflügelte Röhren sind. Auch bei *Skeletonema costatum* (Fig. 10) gelang es ihm dann, zu zeigen, daß die Stäbchen hohl seien. Endlich machte er auch die oben schon erwähnten Porenkanäle in den Wänden der Kammern von *Triceratium Favus* (Fig. 6) wahrscheinlich. Man wird MÜLLER zustimmen können, wenn er annimmt, daß diese Kanäle im Leben Protoplasma enthalten, und daß durch die Thätigkeit dieses Protoplasmas diese Membranfortsätze, die demnach kaum noch als centrifugale Membranverdickungen aufgefaßt werden können, entstanden sind. Auf Grund dieser Anschauungen giebt MÜLLER auch eine sehr plausible Theorie über die Entstehung der Kammern und des Grates von *Triceratium*. Den in diesen Röhren enthaltenen Protoplasmaverbindungen zwischen den benachbarten Zellen schreibt MÜLLER aber noch eine weitere Funktion zu. Indem sie die Protoplasmen der benachbarten Zellen in Verbindung setzen, vereinigen sie die Zellen eines Fadens gewissermaßen zu einem vielzelligen Organismus. Dadurch werden gewisse Funktionen, die der Faden als Ganzes ausübt, dem Verständnis etwas näher gerückt. Bei *Skeletonema* (Fig. 10) und *Stephanopyxis* (Fig. 11) lassen sich derartige Funktionen zwar einstweilen nicht angeben, wohl aber findet sich dergleichen bei einigen *Melosira*- und *Chaetoceros*-Arten (Fig. 12 u. 45), bei denen allerdings

wiederum die Protoplasmaverbindungen noch nicht nachgewiesen sind. Bei den in Betracht kommenden Arten sind nämlich die Endzellen der Fäden anders ausgebildet als die übrigen Zellen, und wenn sich ein Faden nach voraufgehendem Längenwachstum teilt, werden an der Bruchstelle durch Zellteilung Zellen vom Bau der Endzelle ausgebildet. Bei *Melosira granulata* z. B. (Fig. 12) sind die Endzellen durch den Besitz von Stacheln (st) ausgezeichnet, die bei der Entstehung der betreffenden Zellen in entsprechenden Rinnen (v) der Schwesterzelle liegen; die übrigen Zellen des Fadens entbehren dieser Gebilde.

Die Entstehung derartiger Membranfortsätze ist von SCHÜTT bei *Leptocylindrus danicus*, *Cerataulina Bergonii*, *Rhizosolenia Hensenii*, *setigera* und *alata* (Fig. 13 u. 14) genauer verfolgt worden, und gerade durch diese Untersuchungen ist SCHÜTT zu der Überzeugung gelangt, daß die Fortsätze nicht centrifugal entstehen, sondern simultan oder sogar so, daß zuerst die Membran der Fortsätze (st) sich ausbildet, dann erst die Scheide (v), mit welcher die Schwesterzelle die Fortsätze umschließt. Die Membran erhält also hier erst nach und nach ihre volle Ausbildung und Ausgestaltung, und man kann mit SCHÜTT von einem „stückweisen Ausbilden der Membran“ reden.

Alle diese Gebilde entstehen in dem Intercellularraume zwischen den beiden Tochterzellen und innerhalb der Gürtelbänder (gb) der Mutterzelle, und sie weisen auch nach ihrer Vollendung noch durch ihre Lage und Richtung auf diesen Ursprung hin. Eine besondere Stütze für die Meinung, daß derartige Bildungen durch centrifugales Membranwachstum entstünden, bildeten aber bisher diejenigen Diatomeen, bei denen die Fortsätze eine solche Richtung haben, daß sie nicht innerhalb der Gürtelbänder Platz finden. Für mehrere Arten, nämlich *Botellus marinus*, *Corethron hystrix* (Fig. 15) und *columna*, hat nun SCHÜTT aber gezeigt, daß die Stacheln gleichfalls im Schutze der Gürtelbänder (gb) der Mutterzelle entstehen, also zunächst eine mehr oder weniger parallele Richtung (x) haben, und daß sie sich erst später spreizen (y), wenn die neu gebildete Schale (s) durch das Wachsen der Zelle bis an den Rand des Gürtelbandes vorgerückt ist. Es ist anzunehmen, daß in diesen Fällen entweder die ganze Schale oder eine bestimmte Region derselben erst zuletzt ihre definitive Ausbildung erlangt; wenigstens ist dies wahrscheinlicher als die Annahme, daß die Stacheln mit einer gewissen Spannung angelegt werden, die nach dem Freiwerden derselben aus dem Gürtelbande sich ausgleicht und ihnen dadurch die

definitive Richtung verleiht. Auch der sternförmig strahlende Stachelkranz (st) von *Gossleriella tropica* (Fig. 16) scheint in völlig zurückgeklapptem Zustande (z) zu entstehen.

So bleiben zuletzt nur die *Chaetoceros*-Arten (Fig. 44 u. 45) übrig, bei denen die Hörner (h) nicht in der eben beschriebenen Weise innerhalb der Gürtelbänder entstehen, sondern frei in das umgebende Wasser hinein wachsen. Bei der Ausbildung dieser Hörner, die hohl und mit Protoplasma gefüllt sind, dürfte es sich wohl um ein Flächenwachstum der Membran handeln. Doch sind genauere Untersuchungen über die Entstehung dieser Gebilde noch anzustellen; namentlich die Membranfortsätze, die sich in einigen Fällen wieder auf den Hörnern befinden, bieten dem Verständnis noch einige Schwierigkeiten.

Was die Bedeutung dieser horn- oder stachelartigen Fortsätze betrifft, so dürften sie in einigen Fällen den Zellen einen gewissen Schutz gewähren. In erster Linie aber wird man in denselben Vorrichtungen zu sehen haben, welche durch erhebliche Vergrößerung der Zellenoberfläche im Verhältnis zum Volumen die Schwebefähigkeit der erwähnten, im Plankton lebenden Organismen erhöhen. Die der Erleichterung des Schwebens dienenden Gestalts- und Strukturverhältnisse sind von SCHÜTT im „Pflanzenleben der Hochsee“ eingehend besprochen worden, und es möge an dieser Stelle dieser Hinweis genügen.

Ortsbewegung.

An die oben erwähnten Poren und Porenkanäle sind auch diejenigen Membrandurchbrechungen anzureihen, die mit der Ortsbewegung der Diatomeen in Zusammenhang stehen, und vielleicht darf man sie als phylogenetisch aus einfachen Poren hervorgegangen ansehen. Sicher nachgewiesen ist die Ortsbewegung nur bei einem Teile der pennaten Diatomeen, denen, die eine „echte Raphe“ besitzen. Indessen ist einstweilen die Frage noch offen zu lassen, ob nicht vielleicht auch bei anderen, namentlich centrischen Formen, das durch die Poren vordringende Plasma in irgend einer Weise Ortsbewegung bewirken könnte.

Die wichtigsten und gründlichsten Arbeiten über die Raphe und über die Bewegungserscheinungen der Diatomeen verdanken wir ebenfalls O. MÜLLER. Außer MÜLLER haben HAUPTFLEISCH, BÜTSCHLI und LAUTERBORN Beiträge zur Kenntnisse dieser Verhältnisse geliefert, und namentlich der letztgenannte Autor hat von denen

MÜLLER's abweichende Ansichten vorgebracht und sie längere Zeit vertreten.

Der Bau der Raphe ist namentlich an großen *Pinnularia*-Arten (Fig. 17—19) studiert worden, wo er allerdings nicht gerade die am einfachsten zu verstehenden Verhältnisse bietet; aber die einfacheren Formen sind zum Studium weniger geeignet. Der wesentlichste Teil der Raphe (r) ist nach MÜLLER, dem sich in dieser Beziehung LAUTERBORN völlig anschließt, ein auf jeder Schalenhälfte

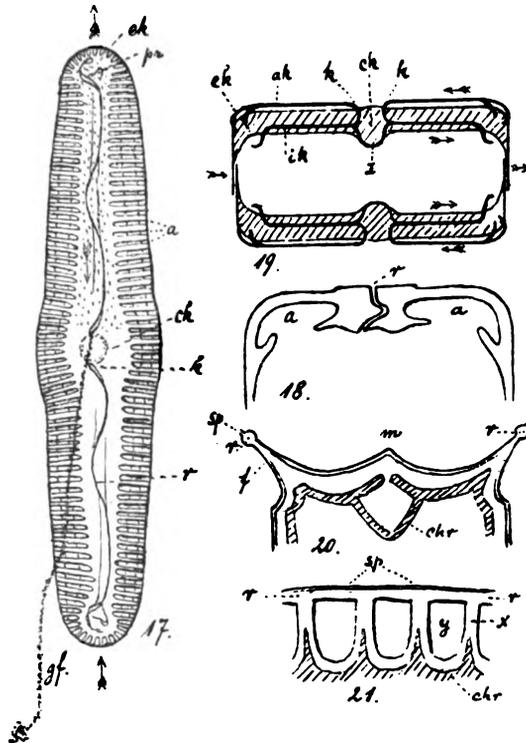


Fig. 17—21.

vom Endknoten (ek) zum Centralknoten (ck) in hin und her gewundener Richtung verlaufender Spalt, der die an dieser Stelle verdickte Membran durchsetzt, allerdings nicht in senkrechter Richtung, sondern in schräger und an den meisten Stellen in einmal, stellenweise sogar zweimal geknickter Weise (Fig. 18 r). Am Centralknoten geht die Raphe nach MÜLLER in die beiden Centralknotenkanäle (k) über, die durch den eine nach innen vorragende Membranverdickung

bildenden Knoten in das Innere der Zelle führen und in der Tiefe mit einander in Verbindung stehen (z); im Endknoten ist außer dem Endknotenkanal ein propellerähnliches Gebilde (pr) an der Innenseite der Wand entwickelt. Übersichtlicher ist der Bau der „Kanalarphe“ von SURIRELLA (Fig. 20 und 21), der namentlich von LAUTERBORN geschildert worden ist. Hier verläuft die Raphe (r) nicht in der Mittellinie (m) der Schale, sondern jede Schale hat zwei Raphen (r) am Rande der beiden zu ihren Seiten befindlichen Flügel (f). In diesem Rande befindet sich ein Kanal, der sich nach außen durch einen sehr feinen Spalt (sp) der Länge nach öffnet; nach innen steht der Kanal von Strecke zu Strecke durch einen rippenartigen Kanal (x) mit dem Zelllumen in Verbindung. Die rippenartigen Kanäle, die mit einfachen Membranplatten (y) abwechseln, geben dem Flügel-saume der Schale das zierliche gefensterte Aussehen. Eine Kanalarphe haben auch die Nitzschien, während sich die Naviculoiden und Achnanthoiden mehr oder weniger eng an *Pinnularia* anzuschließen scheinen.

Als Ursache der Bewegung nahm bereits M. SCHULTZE durch die Raphe aus der Schale hervortretendes Protoplasma an, das vielleicht in Gestalt von Geißeln, die nachzuweisen allerdings nicht gelang, die Fortbewegung bewirke. Diese „protoplasmatische“ Theorie, an der gegenüber der 1849 von NÄGELI aufgestellten „osmotischen“ auch PFITZER festhielt, ist in neuerer Zeit besonders von O. MÜLLER vertreten und wissenschaftlich weiter begründet worden. Allerdings handelt es sich nicht um Geißeln; der Versuch, solche nachzuweisen, den neuerdings noch HAUPTFLEISCH unternahm, dürfte, wie MÜLLER gezeigt hat, als mißlungen und auf falscher Deutung der Beobachtungen beruhend anzusehen sein. MÜLLER nimmt vielmehr an, daß bei *Pinnularia* durch den Endknotenkanal, wobei die erwähnte Propellereinrichtung eine Rolle mitspielt, Protoplasma an die Oberfläche der Zellmembran gelangt und dann im äußeren Teile des Raphenspaltes und an der Außenfläche der Membran zu beiden Seiten neben demselben nach dem Centralknoten hinströmt, wo es durch den Centralknotenkanal in das Innere der Zelle zurückgelangt. Wenn dies so der Fall ist, so muß durch die Reibung des Protoplasmas an dem angrenzenden Medium, das in der Regel Wasser ist, wie MÜLLER, sich auf die FROUDE'sche Formel über den Reibungswiderstand stützend, gezeigt hat, eine Bewegung der Diatomeenzelle zu stande kommen, deren Geschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Protoplasmaströmung abhängig ist. Es ist dabei prinzipiell gleichgültig, ob das aus der Raphe hervortretende

Protoplasma direkt auf das angrenzende Medium (Wasser) einwirkt, oder ob es ihm etwa anhaftende Gallertteilchen in Bewegung setzt und durch diese indirekt auf das Wasser wirkt. Das Vorhandensein eines Stromes, der vom Endknoten nach dem Centralknoten längs der Raphe verläuft, ist aber durch Anwendung von Tuscheemulsion oder dergleichen leicht zu erweisen und wird auch von den Gegnern der MÜLLER'schen Anschauung zugegeben. (Der Strom der Tuschekörnchen und seine Richtung ist in Fig. 17 angegeben. Die Pfeile an den Enden bezeichnen die Bewegungsrichtung der Zelle.) Bei den mit Kanalraphe versehenen Diatomeen würde in ähnlicher Weise das in der Raphe strömende durch den Spalt hervortretende Protoplasma die Bewegung vermitteln.

Diese von MÜLLER entwickelte Anschauung hat anfangs durch BÜTSCHLI und LAUTERBORN lebhaften Widerspruch erfahren. BÜTSCHLI glaubte bei Versuchen mit *Pinnularia* in Tuscheemulsion einen „Gallertfaden“ (Fig. 17gf) bemerkt zu haben, der, wie es schien, aus der vorderen Centralknotenöffnung mit einer großen Kraft nach rückwärts hervorgestoßen wurde und durch den Rückprall die Bewegung der Zelle bewirkte. MÜLLER bestritt, daß der in Tuscheemulsion thatsächlich zu stande kommende Faden eine gallertige oder andere aus dem Zellinneren stammende substantielle Grundlage habe, und suchte seine Entstehung durch Verklebung der an dem strömenden Plasma haftenden und beim Eintritt des letzteren in die Centralknotenöffnung sich loslösenden Tuscheteilchen zu erklären. LAUTERBORN verteidigte die Anschauungen seines Lehrers BÜTSCHLI gegen O. MÜLLER, sah sich aber in seiner letzten Publikation genötigt, die Möglichkeit der Bewegung der Diatomenzelle durch eine längs der Raphe strömende Substanz zuzugeben. Daneben versuchte er allerdings, auch dem „Gallertfaden“ noch eine Rolle zu retten, indem er auf das Prinzip der „hydraulischen Reaktion“ oder des „Wasserpralls“ hinwies, mit Hilfe dessen durch geeignete Maschinen selbst Panzerschiffe in Bewegung gesetzt werden können (Ruthven). MÜLLER hat auch diesen Einwand LAUTERBORN's durch rechnerische Verhältnisse auf Grund einer Formel aus der Mechanik zurückzuweisen versucht, indem er zeigte, daß eine aus dem Centralknotenkanal hervorgestoßener Gallertfaden oder eine entsprechende Flüssigkeit eine 18,5 mal so große Geschwindigkeit haben müßte wie die bewegte Diatomee, während die Plasmaströme auf der Raphe nur die 1,5fache Geschwindigkeit zu erreichen brauchen. Wenn es hiernach scheint, als ob die Anschauungen MÜLLER's der Wahrheit am nächsten kommen — auch G. KARSTEN und W. BENECKE haben sich im Sinne

der MÜLLER'schen Ansichten ausgesprochen —, so soll damit nicht behauptet sein, daß die bisher vorgetragene Anschauung den Stoff nach jeder Beziehung erschöpfen; jedenfalls ist eine Reihe von Punkten noch weiterer Erforschung bedürftig. Das durch die Raphe vordringende Protoplasma ist mikroskopisch noch nicht nachgewiesen. Ob wirklich Protoplasma in der Raphe strömt, ist zwar für MÜLLER's Theorie nebensächlich; es genügt, wenn eine in Bewegung befindliche Substanz vorhanden ist. Von dem Bau der Raphe eine klare Vorstellung zu gewinnen, ist selbst nach MÜLLER's eingehender Beschreibung sehr schwierig, und es ist mir nicht klar geworden, ob wirklich alle Einzelheiten mit genügender Sicherheit festgestellt sind. So läßt z. B. MÜLLER die Frage noch offen, ob die Raphe ganz oder teilweise durch das Zusammenschließen ihrer einander gegenüberliegenden Wände verschlossen wird. Ist sie ein durchweg durchgehender Spalt, so versteht man die Notwendigkeit besonderer Centralknotenkanäle und Endknotenkanäle nicht, da das Plasma direkt durch die Raphe vor und zurückfließen könnte. Ist sie durch das mittlere Blatt geschlossen und in zwei Teile, einen Außenkanal und einen Innenkanal, geteilt (Fig 19ak und ik), wie MÜLLER anzunehmen scheint, so steht das außen fließende Protoplasma auf der weiten Strecke zwischen End- und Centralknoten außer direktem Kontakt mit dem Innenplasma; zudem versteht man nicht, wozu der Spalt da ist, wenn er stellenweise durch Zusammenstoßen seiner Wände als geschlossen angesehen werden muß. Nach MÜLLER's Anschauung fließt das Protoplasma im Außenkanal vom Endknoten nach dem Centralknoten hin, im Innenkanal vom Centralknoten zum Endknoten zurück (Fig. 19). Der innere Strom ist zwar ein Postulat, das sich aus dem Vorhandensein des äußeren ergibt; doch könnte der Rückstrom einfach im Lumen der Zelle erfolgen; die enge innere Spalthälfte der Raphe erscheint keineswegs als ein dazu besonders geeigneter Weg. Das innen strömende Protoplasma ist natürlich noch viel schwieriger nachzuweisen als das außen strömende, und von irgend einer entsprechenden Bewegung im Innern der Zelle scheint noch nichts beobachtet worden zu sein. Endlich mag noch bemerkt sein, daß die für *Pinnularia* festgestellten Verhältnisse sich keineswegs unbedingt verallgemeinern lassen. Die Formen mit Kanalraphe, wie *Surirella*, entbehren der Knoten, das im Kanal fließende Plasma ist von Zeit zu Zeit mit dem Innenplasma in Verbindung gesetzt, und besondere Bahnen für den Rückfluß des Protoplasmas scheinen nicht ausgebildet zu sein. Ähnliches dürfte auch für die durch lebhaftere Bewegung ausgezeichneten Nitzschien gelten.

Protoplasma, Zellkern und Chromatophoren.

Unter den Arbeiten, welche die Kenntnis des protoplasmatischen Zelleibes der Diatomeen in den letzten Jahren gefördert haben, ist in erster Linie die schon mehrfach citierte Arbeit LAUTERBORN's zu nennen. Dieselbe ist mit zahlreichen sehr sorgfältig ausgeführten Tafeln ausgestattet, und in der Darstellung fällt die thunlichst durchgeführte Kontrolle der an fixiertem Material gewonnenen Bilder durch Vergleichung mit den an gleichartigen lebenden Objekten sichtbaren Strukturen angenehm auf.

Protoplasma. Im Protoplasma glaubt LAUTERBORN, gemäß dem BÜTSCHLI'schen Anschauungen, eine Wabenstruktur zu erkennen. Außerdem findet er eine fädige Differenzierung, die bisher nicht beschrieben wurde. Bei *Pinnularia* wurden mehr oder weniger parallele, im wesentlichen längs verlaufende, bei *Surirella* nach allen Richtungen geschlängelte Fasern beobachtet. Mit diesen Fasern stehen auch die schon von PFITZER erwähnten Stäbchenpaare in Zusammenhang.

Zellkerne. Mit besonderer Sorgfalt hat LAUTERBORN die Zellkerne und ihre Teilung untersucht. Bei *Surirella calcarata* (Fig. 22—23) liegt in der Bucht des nierenförmigen Kerns das von BÜTSCHLI entdeckte und schon im Leben deutlich sichtbare Centrosom (Fig. 22, 23), um das sich bei der Kernteilung eine ebenfalls im Leben deutlich sichtbare Strahlung ausbildet, deren Fasern bis an den Kern und die Zellwand zu verfolgen sind (Fig. 23). Die Struktur des ruhenden Kerns, die Ausbildung der Chromosomen, die gebogene Fäden vorstellen, und die Längsteilung derselben zeigen keine Eigentümlichkeiten, die wesentlich von dem entsprechenden Verhalten anderer Zellkerne abwichen. In hohem Grade eigentümlich aber ist die Entstehung und das Verhalten desjenigen Gebildes, welches der achromatischen Spindel anderer sich teilender Zellkerne mehr oder weniger entspricht, und das von LAUTERBORN als „Centralspindel“ bezeichnet wird. Dasselbe entsteht außerhalb des Kerns neben und vielleicht aus dem Centrosom, zunächst als winziges Pünktchen (Fig. 23), vergrößert sich aber bald zu einer flachen runden Scheibe (in Fig. 24 unter dem Centrosom, von der schmalen Seite gesehen) und streckt sich dann, indem die beiden Scheibenflächen sich von einander entfernen, zu einem Cylinder (Fig. 25), an dessen Mantelfläche eine schwache Längsstreifung sichtbar wird. Der Cylinder dringt in einem Anfangsstadium der Streckung von der Seite her in den Kern ein, in dem sich inzwischen die Chromosomen ausgebildet haben (Fig. 26);

er stellt sich in der Richtung der Pervalvarachse ein und streckt sich weiter bis an die Peripherie der Kernhöhle, während sich die Chromosomen um ihn herum orientieren (Fig. 27) und sich zuletzt als centraler Kranz um seine Mitte anordnen (Fig. 28). Während dieser Vorgänge ist das Centrosom abhanden gekommen; es treten aber zwei neue seitlich an den Endflächen der Centralspindel auf (Fig. 27, 28), die, wie LAUTERBORN meint, aus einer hier von Anfang an wahrnehmbaren Verdickung hervorgehen (vergl. Fig. 25). Der

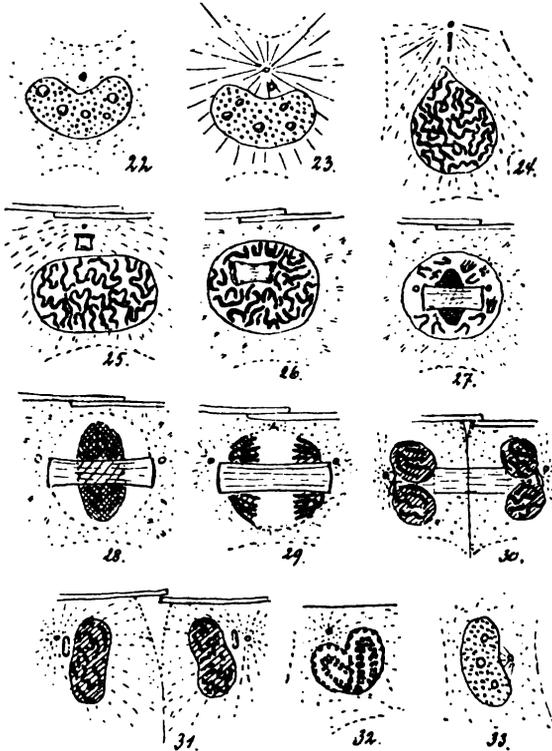


Fig. 22—33.

Chromosomenring bildet eine dichte unentwirrbare Masse, der eine Zählung der Chromosomen zur Unmöglichkeit macht (Fig. 28). Bei der Teilung des Ringes in der Metakinese und dem Fortrücken der Teile nach den Enden der Centralspindel gewahrt man keine an den Chromosomen ziehenden Fasern, wie sie bei der Teilung anderer Kerne beschrieben worden sind (Fig. 29). Vielmehr macht es den Eindruck, als ob die Chromosomenmasse zufolge einer ihr selbst inne-

wohnenden Kraft auf der Centralspindel weiter rücke. Diese von zoologischer Seite gemachte Beobachtung ist gegenüber den vielfach ausgesprochenen Anschauungen über ziehende in der Kernspindel zur Geltung kommende Kräfte sehr beachtenswert. Vor der Rekonstruktion der Tochterkerne wird durch die am Ende der Centralspindel angelangten Chromosomenmassen das letzte Ende der Centralspindel von dieser abgeschnürt, während der mittlere Teil immer undeutlicher wird (Fig. 30). Die abgeschnürten Teile sind zuletzt auch verschwunden; vielleicht werden sie, wie LAUTERBORN meint, vom Centrosoma eingezogen.

Bei den übrigen von LAUTERBORN untersuchten Diatomeen (*Nitzschia sigmoidea*, *Pleurosigma attenuatum*, *Pinnularia oblonga*, *P. viridis*) verlaufen die Kernteilungsvorgänge im wesentlichen ähnlich; doch finden sich allerhand kleine Abweichungen. Das Centrosom wurde nicht überall gesehen. Die Chromosomen verklumpen nur bei *Pinnularia viridis* in ähnlicher Weise zu einem dichten Ringe, bei den anderen Arten bleiben sie getrennt. Die Entstehung und das Verhalten der Centralspindel sind im wesentlichen ebenso, und das Eindringen der Spindel in den Kern wurde namentlich bei *Pleurosigma attenuatum* sehr schön beobachtet. Dagegen bildet sich, und das ist sehr auffällig, bei diesen Arten, und zwar wiederum mit Ausnahme von *Pinnularia viridis*, um die Centralspindel herum aus der Masse des Kerns noch eine zweite, tonnenförmige Spindel, an der nun die Chromosomen sich ansetzen, und deren Fasern in der Mitte unterbrochen sein sollen. Merkwürdig ist auch, daß bei diesen Arten die an der Spindel gruppierten Chromosomen keinen geschlossenen Ring bilden, sondern einen solchen, der an einer Seite oder gar an zwei gegenüberliegenden Seiten (*Nitzschia*) unterbrochen ist, was LAUTERBORN mit den Raumverhältnissen in der Zelle in Zusammenhang bringt.

Nur erwähnt sei noch eine von LAUTERBORN erörterte Theorie, wonach sowohl das Centrosom nebst Centralspindel wie der Mikronucleus der Infusorien als reduzierte Zellkerne aufgefaßt und die mit Kern und Centrosom versehenen Zellen auf einen ursprünglichen zweikernigen Zustand, wie er sich nach SCHAUDINN bei *Amoeba binucleata* findet, zurückgeführt werden.

Gelegentlich seiner Untersuchungen über die Auxosporen hat auch KARSTEN einige Beobachtungen über die Kernteilung der Diatomeen mitgeteilt. KARSTEN bestätigt das Verhalten der Centrosomen, der Strahlung im Protoplasma, sowie das der Centralspindel und der Chromosomen in den wesentlichsten Punkten; seine Figuren erreichen

aber nicht die schematische Klarheit derjenigen LAUTERBORNS, und so wird der vergleichende Leser vor die Frage gestellt, ob nicht vielleicht LAUTERBORN etwas zu sehr schematisiert hat, oder ob KARSTEN'S Abbildungen, die sich übrigens auch auf eine andere Art beziehen (*S. saxonica*), unter weniger günstigen Umständen entstanden sind.

Von KARSTEN liegen außerdem noch einige Beobachtungen über die Kernteilung von *Brebissonia Boeckii* vor, ebenso von mir über die von *Rhopalodia gibba*. Es wurden dabei zum Teil sehr eigenartige Bilder erhalten, die noch kaum eine befriedigende Deutung zulassen, und jedenfalls zeigt es sich, daß durchaus nicht in allen Fällen und namentlich nicht bei den kleineren Arten die Kernteilungsvorgänge sich genau so abspielen, wie sie LAUTERBORN dargestellt hat. Auch hier bleibt späterer Forschung noch ein weites Feld offen.

Chromatophoren. Von den übrigen Bestandteilen des Protoplasmas nehmen besonders die Chromatophoren das Interesse in Anspruch. Die Gestalt der Chromatophoren ist sehr mannigfaltig und für viele Arten in den neueren Arbeiten genau beschrieben, z. B. von MÜLLER für *Pleurosigma*, von LAUTERBORN für *Cymbella* und *Surirella* (Fig. 20, chr.) u. s. w.; es würde an dieser Stelle zu weit führen, darauf näher einzugehen. Bemerket sei noch, daß die Gestalt der Chromatophoren bis zu einem gewissen Grade für die Systematik mit verwertet werden kann. Die centrischen Diatomeen und die einfacheren Formen unter den pennaten haben in der Regel zahlreiche kleine körnchenartige Chromatophoren (PFITZERS *Cocchochromaticae*), die höheren pennaten Formen haben meist eine oder zwei große Chromatophorenplatten, die mitunter (*Pleurosigma*, *Surirella*) einen sehr komplizierten Bau haben. Mitunter finden sich Pyrenoide in den Chromatophoren; in einigen Fällen (*Rhopalodia*) liegen pyrenoidartige Gebilde mehr oder weniger außerhalb der Chromatophoren.

Von anderen Inhaltsbestandteilen der Diatomeenzelle mögen die BÜTSCHLI'Schen Kugeln genannt sein, mit denen sich LAUTERBORN eingehender beschäftigt hat, ohne zu einem abschließenden Urteil zu gelangen. Sie sind unlöslich in Alkohol und Äther; sie speichern Farbstoffe; MILLON'S Reagenz gab kein bestimmtes Resultat, u. s. w. Bei *Pinnularia oblonga* sind sie besonders groß, in der Zweifzahl vorhanden und liegen zu beiden Seiten der den Zellkern enthaltenden Protoplasmaabücke je in einer runden Vakuole, der ein kappenförmiger Protoplasmakörper ansitzt.

Farblose Diatomeen. Von großem Interesse ist die Erfahrung, daß es Diatomeen giebt, die der Chromatophoren entbehren, also saprophytisch sich ernähren müssen, und daß bei anderen Formen durch Veränderung der Ernährungsweise die Chromatophoren fast zum völligen Schwinden gebracht werden können. Schon F. COHN hatte farblose Diatomeen beobachtet; später sind dieselben aber nur selten erwähnt worden. W. BENECKE hat durch eine größere Arbeit neuerdings wieder das Interesse auf dieselben gelenkt. Er fand in der Kieler Förde zwei Arten, *Nitzschia putrida* und *N. leucosigma*, die völlig der Chromatophoren entbehren, im übrigen aber dieselben Zellenbestandteile haben, wie gefärbte Diatomeen, sich ebenso lebhaft bewegen und sich in organischer Nährlösung (BENECKE legte faulende Schlangensterne in das Kulturwasser) monatelang im Lichte wie im Dunkeln kultivieren ließen und sich dabei reichlich vermehrten. Nachdem die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt war, lag es nahe, auch nach Übergängen zwischen den farblosen, heterotroph sich ernährenden und den gefärbten autotrophen Diatomeen zu suchen. Schon aus MIQUEL's Arbeit geht hervor, daß manche Diatomeen sich leichter bei Anwesenheit organischer Nahrung kultivieren lassen, also mixotroph sind. Auch KARSTEN war es aufgefallen, daß die Diatomeen über Schlick besser wuchsen als über reinem Sande. Auf diese Verhältnisse macht BENECKE in der genannten Arbeit aufmerksam. KARSTEN ist es nun kürzlich gelungen, durch Änderung der Kulturflüssigkeit gewisse gefärbte Diatomeen in fast völlig farblose umzuzüchten. Es handelt sich um eine *Nitzschia*, und zwar *N. palea*. KARSTEN verwendete Nährlösungen, die Glycerin, oder Glycocoll mit Traubenzucker, oder Asparagin mit Traubenzucker enthielten, und hielt die Kulturen teils im Lichte, teils im Dunkeln. Die Chromatophoren verkleinerten sich bei fortgesetzter Vermehrung der Diatomeen sehr bald, und zwar schneller in der Lichtkultur, in der die Zellteilungen häufiger erfolgten. Nach einigen Wochen waren sie bis auf kaum wahrnehmbare Pünktchen reduciert, indessen gelang es nicht, sie völlig zum Schwinden zu bringen. Diese fast farblosen Individuen waren ebenso lebhaft beweglich wie die normal gefärbten.

Eine andere Art der Entfärbung beobachtete KARSTEN in Kulturen, in denen durch faulende Blätter und dergl. Cellulosegärung hervorgerufen wurde. Hier trat die Entfärbung weniger durch Verminderung der Chromatophorengröße ein, als vielmehr durch ein Abblassen derselben. Wurden die auf die eine oder die andere Weise entfärbten Diatomeen in eine von organischen Stoffes freie Nährlösung

zurückgebracht, so bildeten sie im Lichte nach einiger Zeit wieder normal große und normal gefärbte Chromatophoren aus.

Auxosporenbildung.

Ein ganz besonderes Interesse nimmt unter den Lebenserscheinungen der Diatomeen die Auxosporenbildung in Anspruch. Durch den eingeschachtelten Bau der Diatomeenmembran (vgl. Fig. 10, 13, 15, 19) wird bekanntlich bei jeder Zellteilung eine gewisse Verkleinerung der einen Tochterzelle gegenüber der Mutterzelle veranlaßt, und dadurch tritt im Laufe einer Reihe von Generationen eine erhebliche Größenverminderung der Mehrzahl der Individuen ein. Durch die Auxosporenbildung wird, wie MAC DONALD und namentlich PFITZER gezeigt haben, von Zeit zu Zeit das Normalmaß wieder hergestellt. Wir verdanken MIQUEL experimentelle Untersuchungen, durch die gezeigt wurde, wie *Melosira* und *Nitzschia* sich bei fortgesetzter Kultur (Reinkultur) verkleinerten und dann schließlich Auxosporen bildeten. *Nitzschia* sank z. B. in 200 Tagen bei 10 Überimpfungen in der Größe von 115 auf 98 μ . MIQUEL fand aber unter anderem auch, daß die kleinsten Individuen nicht mehr zur Auxosporenbildung schreiten; indessen kann man zweifeln, ob dieser Beobachtung Wert beizulegen ist, da sich die in der Reinkultur im engen Kulturgefäß gefundenen Verhältnisse nicht unbedingt auf das freie Leben übertragen lassen. Bei den auf asexuellem Wege ihre Auxosporen bildenden Diatomeen mag in erster Linie die Zellenverkleinerung auf die Auxosporenbildung hindrängen. Bei denjenigen Diatomeen aber, die in Verbindung mit der Auxosporenbildung sexuelle Vorgänge zeigen, sind unzweifelhaft noch andere Verhältnisse, wahrscheinlich Ernährungsverhältnisse und sonstige äußere Umstände auf Zustandekommen der Auxosporenbildung von Einfluß. Dies zeigen namentlich die von mir und auch von KARSTEN ausgeführten Messungen, welche ergaben, daß es keineswegs die kleinsten, oft sogar sehr verschieden große (Fig. 57) und manchmal der oberen Grenze der Zellengröße näher als der unteren stehende Individuen sind, die zur Konjugation und Auxosporenbildung schreiten.

Obwohl man kaum daran zweifeln kann, daß Auxosporenbildung bei sämtlichen Diatomeen vorkommt, ist dieselbe doch bisher nur bei einem Teil der Gattungen bekannt geworden, und nur in einer verhältnismäßig beschränkten Zahl von Fällen ist sie genau untersucht worden. Unter diesen kann man einen asexuellen Typus unterscheiden, in welchem es sich in der Regel nur um die Vergrößerungs-

erscheinungen der Zellen handelt, und einen sexuellen, in welchem die Vorgänge durch eine gleichzeitig stattfindende Befruchtung kompliziert werden.

Asexuelle Typen der Auxosporenbildung.

Der asexuelle Typus findet sich namentlich bei den centriscen Diatomeen und außerdem bei einer geringen Zahl von pennaten Formen, und zwar solchen, die eine Pseudoraphe haben. Diese Formen entbehren, soweit wir wissen, sämtlich der Eigenbewegung, und das Vorkommen im Plankton, das für viele von ihnen die Regel ist, erschwert ihnen außerdem die Annäherung der Individuen, so daß das Fehlen der Sexualität durchaus verständlich wird. Auf diese Verhältnisse hat FR. SCHÜTT (1893) zuerst aufmerksam gemacht. Unter den centriscen Formen sucht SCHÜTT, und ich glaube, daß man ihm darin Recht geben muß, auch die ursprünglichsten Formen der Diatomeen. Als Grundtypus sieht er die „einfache cylindrische Büchsenform“ an, den von anderen sogenannten „Trommeltypus“, wie ihn *Cyclotella* (Fig. 34–36) in einfachen Zellen, *Melosira* (Fig. 37) in zu Fäden angeordneten Zellen noch ziemlich rein vorstellen. Und gerade diese Formen zeigen auch in Bezug auf die Auxosporenbildung die einfachsten Verhältnisse; hier ist der ganze Vorgang im wesentlichen eine „Verjüngung“, bei der das Protoplasma der Zelle, seine alte Membran abwerfend, sich eine neue, größere ausbildet.

Auxosporenbildung mit einfacher Verjüngung. Bei *Cyclotella* ist der Vorgang nicht genau untersucht. Wir besitzen nur Abbildungen von THWAITES und von SMITH (Fig. 34–36), welche zeigen, daß das Protoplasma die beiden Membranhälften von einander entfernt hat und zwischen ihnen zu einer größeren Zelle, der Auxospore (Fig. 34), angeschwollen ist, aus der dann, ähnlich wie es alle übrigen Fälle zeigen, die neue, größere Zelle (Fig. 36) hervorgeht. Genauer sind die Vorgänge bei *Melosira* (Fig. 37) bekannt. Hier wurden die Auxosporen 1833 von KÜTZING zuerst gesehen, und sie sind leicht zu beobachten, weil sie wie „Sporen“ am Ende oder im Zusammenhange der Fäden auftreten. Die beiden Membranhälften (s) schieben sich aus einander, das Protoplasma quillt zwischen ihnen hervor (x), schwillt zu einer Kugel (y) an, deren Durchmesser doppelt so groß wie der der Zelle oder noch größer wird, und umgibt sich mit einer schwach verkieselten Membran, dem Perizonium, bleibt aber mit einem Fortsatze in der einen, der älteren, Schale oder mit

Kontakt mit dem Perizonium, ausgeschieden werden. Diese erste Melosirazelle weicht durch ihre Kugelgestalt von der normalen Form ab. Bei der ersten Zellteilung entstehen zwei anfangs halbkugelige Zellen und erst bei den folgenden Zellteilungen werden normale Zellen gebildet; die beiden Zellen, welche die halbkugeligen Schalen geerbt haben, verschwinden bei weiterer Vermehrung bald in der Masse der regelmäßigen. Der Zellkern der Auxosporenmutterzelle wandert während der Auxosporenbildung von seinem festen Platze am Mittelpunkte der älteren Schale nach dem gegenüberliegenden Punkte der Auxospore (k), wie G. KARSTEN feststellte, und hier entsteht die erste Schale der neuen Zelle. Während der Wanderung sah KARSTEN eine geringe Gestaltsveränderung und mitunter zwei Nukleolen in dem Zellkern; weitere Veränderungen wurden nicht bemerkt, so daß also keinerlei Hindeutung auf Sexualität vorhanden ist.

An die Auxosporenbildung von *Melosira* und *Cyclotella* schließt sich die der übrigen centrischen Diatomeen, soweit sie bekannt ist, mehr oder weniger eng an. Bei *Terpsinoë musica* entsteht nach MÜLLER wie bei *Cyclotella* die Auxospore zwischen den beiden von einander entfernten Schalen der Mutterzelle, und sie bleibt mit einem Fortsatze, wie bei *Melosira*, in der älteren Schale stecken. Bei *Rhizosolenia alata* (Fig. 38—42) trennen sich nach SCHÜTT gleichfalls die beiden Membranhälften völlig von einander, anscheinend so, daß das gesamte Plasma sich aus der einen Membranhälfte zurückzieht und in der anderen bleibt, also keine Zellteilung eintritt. Das darauf an dem offenen Ende blasenförmig hervorquellende Plasma (Fig. 39 x) umgibt sich mit einer Haut, die man dem Perizonium vergleichen kann, die aber nicht, wie bei *Melosira*, das gesamte Protoplasma, also auch den in der einen Membranhälfte bleibenden Teil des Protoplasmas umgibt, sondern sich unmittelbar an den Rand der Membranhälfte ansetzt und mit dieser ein Ganzes bildet. Indem der neugebildete Teil zugleich in die Dicke und in die Länge wächst, entsteht ein Gebilde, das aus einem dünnen cylindrischen Teile, der alten Membranhälfte (a. Fig. 40 u. 41) und aus einem zwei bis dreimal so dicken gleichfalls cylindrischen Teile, der Neubildung (b, Fig. 40 u. 41) zusammengesetzt ist, und das man zwar als Auxospore bezeichnen kann, doch nicht völlig mit demselben Rechte, wie die sich ganz mit einer neuen Membran umkleidenden Auxosporen von *Melosira* oder anderen Diatomeen. Diese Auxospore geht in eine „Vergrößerungszelle“ (SCHÜTT) über, indem sich in dem weiteren Teile eine mit dem charakteristischen Dorn, aber noch nicht mit Scheide versehene Schale (s) bildet und der außer-

halb dieser Schale gelegene Teil des Perizoniums abgestoßen wird. Die Vergrößerungszelle teilt sich; die beiden hierbei neugebildeten Schalen haben Dorn und Scheide (s'); so entsteht eine „Erstlingszelle“ mit ungleicher Schale (Fig. 42, s u. s') und eine sekundäre Vergrößerungszelle. Erstere zerfällt bei der nächsten Teilung in eine sekundäre Erstlingszelle und eine normale vergrößerte Zelle. Letztere stößt durch eine neue Schale mit Dorn, aber ohne Scheide den engen Teil ab und wird so auch zu einer Erstlingszelle, die sich weiter verhält, wie eben beschrieben wurde.

Wesentlich abweichend ist der Vorgang bei *Rhizosolenia Bergonii* (Fig. 43). Hier bleiben die beiden Membranhälften in Zusammenhang, aber die Membran wird seitlich „an der Gürtelbandnaht“ (SCHÜTT) von einer kleinen Öffnung durchbrochen, und hier tritt das Protoplasma in Gestalt einer kleinen Blase aus, die aber sehr bald zu einem weiteren Cylinder (aux) auswächst, der mit der Mutterzelle durch einen engen Kanal kommuniziert, und dessen Achse senkrecht zu der der Mutterzelle steht. In dieser cylindrischen „Auxospore“ werden dann Schalen gebildet, so daß Erstlingszellen entstehen u. s. w. Sehr ähnlich verhalten sich nach SCHÜTT die *Chaetoceros*-Arten (Fig. 44 u. 45), bei denen das Protoplasma gleichfalls durch eine kleine Öffnung an der Gürtelbandseite austritt, sich dann aber zu einer kugeligen Auxospore (Fig. 44, aux) gestaltet. Nachdem innerhalb derselben die Schalen gebildet und Zellteilungen eingetreten sind, entsteht ein Faden mit vergrößerten Zellen, dessen Längsachse (Pervalvarachse MÜLLER) senkrecht zu der der Mutterzellen steht (Fig. 45).

Noch sei *Skeletonema* erwähnt, bei der die Vorgänge ähnlich wie bei *Melosira* sind, nur daß die Auxospore so ungleichmäßig wächst, daß die beiden Schalen der Mutterzelle, aus der die Auxospore entsteht, mit samt den damit verbundenen übrigen Fadenzellen auf die eine Seite der Auxospore gedrängt werden (SCHÜTT).

Auxosporenbildung mit Zellteilung und Verjüngung. Auch bei einer kleinen Zahl von Diatomeen aus der Gruppe der Fragilarioiden ist asexuelle Auxosporenbildung bekannt geworden. Der Vorgang ist aber hier dadurch etwas kompliziert, daß gleichzeitig eine Zellteilung eintritt, so daß aus einer Mutterzelle zwei Auxosporen hervorgehen. Die Auxosporenbildung von *Rhabdonema arcuatum*, von der sich in SMITH'S Synopsis bereits richtige Abbildungen (Fig. 46 u. 47) finden, wurde neuerdings von KARSTEN nachuntersucht. Zellkern und Protoplasma teilen sich, die beiden mit zahlreichen Zwischenbändern versehenen Membran-

hälften rücken aus einander und die beiden Protoplasmen treten, von einer gemeinsamen, sich zwischen den Membranhälften ausspannenden Gallertblase umgeben, aus diesen hervor (Fig. 46); von einem Perizonium (pz) umgeben, wächst darauf jedes zu einer Auxospore (aux, Fig. 47) heran. Weitere Veränderungen an den Zellkernen hat KARSTEN nicht beobachtet.

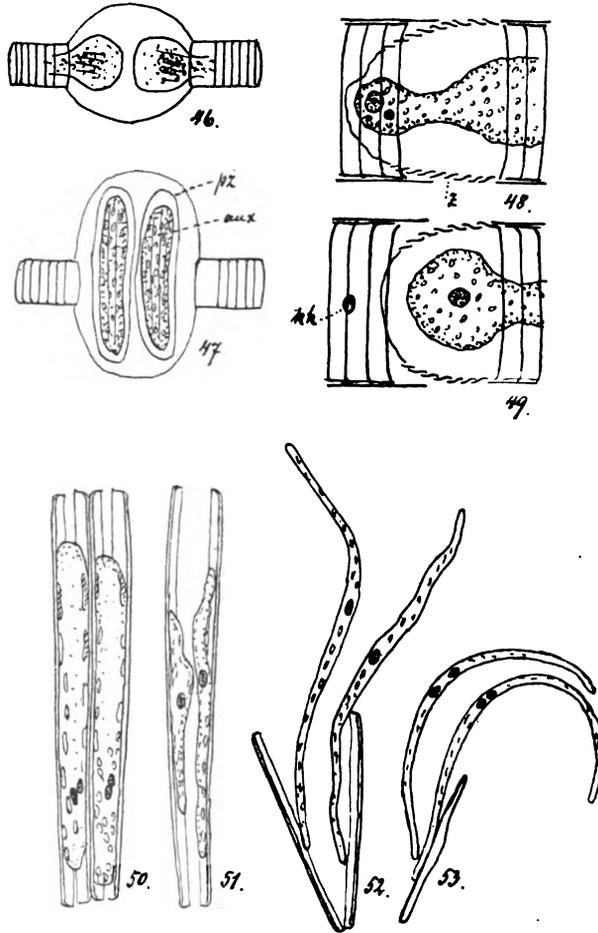


Fig. 46–53.

Eine andere Rhabdonema-Art, *Rh. adriaticum* (Fig. 48 u. 49), zeigt nach KARSTEN eine sehr interessante Abweichung von dem eben geschilderten Verhalten. Auch hier findet Kernteilung statt, aber es folgt keine Zellteilung; vielmehr bleibt das gesamte

Protoplasma in der jüngeren Membranhälfte, die zahlreiche Zwischenbänder (z) ausbildet, von Gallerte umgeben, stecken. Der eine Zellkern, der kleiner ist, als der andere, wird dann nach KARSTEN aus dem Protoplasma ausgeschieden (kk, Fig. 49). Über den näheren Mechanismus dieses Vorganges hat KARSTEN leider keine Angaben gemacht; dieser Vorgang ist aber ohne Analogie, denn z. B. bei der Bildung der tierischen „Richtungskörper“, der hiermit noch die größte Ähnlichkeit hat, erfolgt die Ausstoßung der Kerne innerhalb einer Protoplasmamasse, und der ganze Vorgang entspricht einer Zellteilung mit sehr ungleich großen Teilprodukten. Bei *Rhabdonema adriaticum* ist es nach KARSTEN'S Abbildungen anscheinend nur der Zellkern, der von dem Protoplasma abgeschieden wird. Übrigens faßt KARSTEN, wie es ja nahe liegt, den Vorgang als reduzierte Zellteilung auf und leitet ihn von dem vorher erwähnten Verhalten von *Rhabdonema arcuatum* ab.

Das zweite Beispiel von Auxosporenbildung mit Zellteilung der Mutterzelle bietet *Synedra affinis* (Fig. 50—53). Nachdem sich der Zellkern geteilt hat (Fig. 50), teilt sich das Protoplasma nach KARSTEN der Länge nach, so daß sich in jeder Membranhälfte ein länglicher, in der Mitte etwas angeschwollener Protoplasmakörper befindet (Fig. 51), und dann beginnen die Protoplasmen, während die Membranhälften aus einander klaffen, sich in die Länge zu strecken und, indem sie sich mit einem Perizonium umgeben, zu den in der Regel etwas unregelmäßig gekrümmten Auxosporen heranzuwachsen (Fig. 52). Irgend welche Kopulationserscheinungen zwischen den Tochterzellen der häufig gesellig (Fig. 50) ihre Auxosporen bildenden Individuen konnte KARSTEN nicht nachweisen. Dagegen hatte sich in einigen der jungen Auxosporen der Kern in zwei Teile geteilt (Fig. 53), die dann, wie KARSTEN annimmt, wieder mit einander verschmelzen. Die Ansicht, hierin einen primitiven Sexualakt zu erblicken, hat KARSTEN später wieder aufgegeben; er faßt die Vorgänge jetzt als Rückbildungserscheinung auf (s. unten). Bemerkt sei noch, daß es KARSTEN nicht gelang, bei den Kernteilungen in *Synedra* karyokinetische Figuren zu erkennen, so daß er die Möglichkeit offen läßt, daß hier nur direkte Kernteilungen vorliegen. Da aber bei einer Reihe von Diatomeen deutliche karyokinetische Kernteilungen nachgewiesen sind und bisher noch kein Fall bekannt geworden ist, daß in Zellen, die sich weiter vermehren, der Zellkern sich direkt teilt, so glaube ich, daß die Ursache der Nichtbeobachtung der Kernfäden in der Kleinheit des Objekts, in

ungenügender Fixierung oder im Übersehen der richtigen Stadien zu suchen sein dürfte.

In Vorgängen, wie er sie bei *Rhabdonema arcuatum* und *Synedra affinis* beobachtet hat, glaubt KARSTEN die ursprüngliche Form der Auxosporenbildung sehen zu müssen. „Das allen Auxosporenbildungsarten gemeinsame Merkmal liegt darin, daß eine Zellteilung jeder Form des Vorganges ursprünglich zu Grunde liegt“. Bei der Auxosporenbildung von *Melosira* und den anderen oben erwähnten centrischen Formen ist nach KARSTEN's Meinung die Zellteilung rückgebildet, und nur in der Trennung der beiden Membranhälften, in der Wanderung des Zellkerns und dem zeitweiligen Auftreten zweier Nukleolen in demselben, die KARSTEN als eine rudimentäre Karyokinese ansehen möchte, sind noch Reste dieser Teilung erhalten. Ich muß gestehen, daß ich große Bedenken habe, mich diesem Gedanken anzuschließen. Bei den noch zu besprechenden höheren Formen der Auxosporenbildung treten allerdings Zellteilungen und vielleicht auch reduzierte Zellteilungen auf. Aber für *Melosira* scheint mir doch die Hypothese einer reduzierten Zellteilung zu wenig begründet zu sein. Eine Trennung der Membranhälften muß auch eintreten, wenn eine bloße „Verjüngung“ der Zelle vor sich geht (vgl. *Oedogonium*), und aus dem vorübergehenden Auftreten zweier Nukleolen im Zellkern auf eine reduzierte Kernteilung zu schließen, ist deshalb mißlich, weil der Nucleolus keineswegs ein unbedingt in der Einzahl vorhandenes Organ des Zellkerns ist, und weil die wesentlichen Vorgänge der Kernteilung sich gar nicht am Nucleolus abspielen. Es kommt dazu, daß wohl kaum „reduzierte Kernteilungen“ bisher beschrieben worden sind, und daß KARSTEN auch nicht die Angabe macht, er habe jene Teilung des Nucleolus regelmäßig an einer großen Zahl von Auxosporen nachgewiesen. Am wenigsten liegt für die bereits erwähnte *Rhizosolenia Bergonii* (Fig. 43) ein Grund vor, eine reduzierte Zellteilung anzunehmen, denn hier bleiben sogar, wie oben bereits erwähnt wurde, die beiden Membranhälften in Zusammenhang; über das Verhalten der Zellkerne sind allerdings bisher keine Beobachtungen gemacht. Zu beachten ist auch, daß die Fragilarioiden, bei denen sich diese nach KARSTEN älteste Form der Auxosporenbildung findet, wahrscheinlich keineswegs die phylogenetisch ältesten Diatomeenformen sind. Vielmehr sind die ältesten Formen nach SCHÜTT unter den centrischen Diatomeen zu suchen, und zwar unter solchen Formen, die den einfachen Trommeltypus zeigen; diese können verhältnismäßig leicht sowohl mit einfach organisierten Peridineen und

Konjugaten in Zusammenhang gebracht werden, wie auch mit den höher organisierten, namentlich den pennaten Diatomeen. Gerade die centriscen Diatomeen zeigen aber, soweit sie bisher untersucht sind, die Auxosporenbildung nur in Gestalt einer einfachen Verjüngung, ohne Zellteilung.

Sexuelle Typen der Auxosporenbildung.

In der Gruppe der mit echter Raphe versehenen Euraphideen, die man in gewissem Sinne als die höchst entwickelten Diatomeen ansehen kann, scheint die Auxosporenbildung stets mit einem Befruchtungsvorgange und in der Regel auch mit einer allerdings manchmal reduzierten Zellteilung verbunden zu sein. Es ist THWAITES gewesen, der im Jahre 1847 diese Vorgänge bei *Epithemia turgida* zuerst sah, sie richtig als Konjugation deutete und damit zugleich der erste wirkliche Beobachter der Auxosporenbildung wurde, wengleich er die andere Aufgabe des Vorganges, die Individuen zu vergrößern, noch nicht erkannte.

Auxosporenbildung mit Zellteilung und Konjugation der Tochterzellen. Bei der mit *Epithemia turgida* nahe verwandten *Rhopalodia gibba* (Fig. 54—58) gelang es mir im Jahre 1895, zuerst das Verhalten der Zellkerne bei der Konjugation und Auxosporenbildung der Diatomeen festzustellen. Zwei Individuen von *Rhopalodia gibba* (Fig. 54), oft sehr verschieden lang, legen sich mit ihren konkaven Gürtelbandseiten der Länge nach neben einander und befestigen sich an den Zellenenden an einander durch eigentümliche Gallertpolster (*g*), die vielleicht durch besondere, hier allerdings noch nicht nachgewiesene Gallertporen (s. oben) ausgeschieden werden, anscheinend aber auch Beziehungen zur Raphe haben. Das Protoplasma zieht sich etwas zusammen, in den Raum zwischen Protoplasma und Membran wird Gallerte ausgeschieden, und die Membranhälften schieben sich nach und nach aus einander. Während dieser Vorgänge finden auf mitotischem Wege zwei rasch auf einander folgende Kernteilungen statt. Von den so entstehenden vier Kernen jeder Zelle, die anfangs gleich groß sind, schrumpfen alsbald zwei (*kk*, Fig. 55) zu kleinen, sich intensiv färbenden, nucleolusartigen Gebilden zusammen, während die beiden anderen (*gk*) die Beschaffenheit gewöhnlicher Zellkerne annehmen, allerdings anfangs noch keine Nukleolen zeigen. Ich habe diese Kerne, die in ihrem gesamten Verhalten die größte Ähnlichkeit mit den Großkernen und Kleinkernen der Keimlinge von

Closterium und Cosmarium zeigen, auch hier mit den gleichen Namen belegt. In dem so entstandenen vielkernigen Stadium teilt sich dann jeder Protoplasmakörper und zwar durch Einschnüren der Quere nach, wobei die Teile je einen Großkern und einen Kleinkern, außerdem ein Pyrenoid und ein Chromatophor erhalten (Fig. 55), und hierauf verschmilzt jede Tochterzelle der einen Mutterzelle mit der ihr gegenüber liegenden der anderen Mutterzelle in

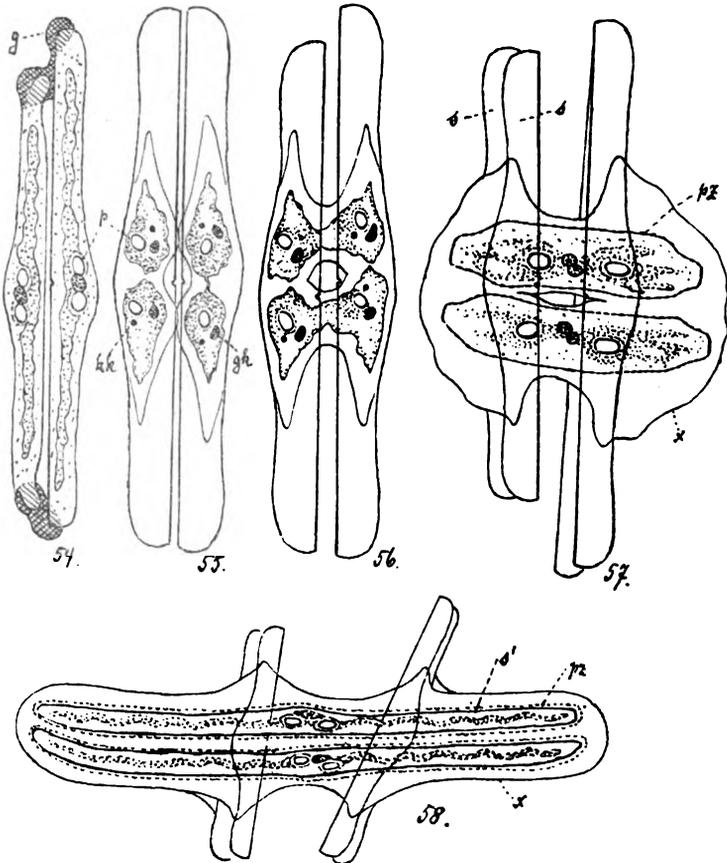


Fig. 54—58.

der Weise, daß von jeder Zelle aus zwischen den getrennten Membranhälften hindurch zunächst ein Gallertfortsatz sich vorwölbt und dann innerhalb dieses letztgenannten das Protoplasma nachfolgt (Fig. 56). Die Verschmelzungsprodukte, die zunächst hantelförmig sind, mit den verdickten Enden in den Membranhälften steckend,

nehmen bald darauf eine halbmondförmige Gestalt an, und während dieses Vorganges verschwinden die Kleinkerne, während die Großkerne sich einander nähern und nun längere Zeit getrennt neben einander zu beobachten sind (Fig. 57). Dann nehmen die Zygoten eine mehr oder weniger cylindrische Gestalt an, umkleiden sich mit dem Perizonium (pz) und werden nun, indem sie sich in der Richtung der Transapikalachsen der Mutterzellen, also senkrecht zur Längsachse derselben in die Länge strecken, zu Auxosporen. Sie sind während dieses Vorganges von einem eigentümlich gestalteten Gallertsacke (x), der aus den durch die zwischen ihnen liegenden Auxosporen völlig von einander getrennten Membranhälften (s, s) hervorquillt und dieselben mit den Auxosporen zu einem doppelkreuzförmigen (#) Ganzen vereinigt, umgeben. Nachdem inzwischen die beiden Großkerne bald früher, bald später mit einander verschmolzen sind und die Auxosporen ihre definitive Länge erreicht haben (Fig. 58), die reichlich das doppelte der Länge der Mutterzellen beträgt, werden innerhalb des Perizoniums (pz) die ersten beiden Schalen (s') angelegt, und bald darauf schlüpfen die neugebildeten vergrößerten Zellen aus den Auxosporenhüllen aus.

In den Gattungen *Epithemia* und *Amphora* verläuft die Auxosporenbildung in ganz ähnlicher Weise, wengleich hier die Einzelheiten des Vorganges noch nicht genauer untersucht sind. Charakteristisch für alle drei Gattungen ist die Streckung der Auxosporen in der Richtung der Transapikalachsen der Mutterzellen.

Ganz ähnliche Vorgänge, wie ich sie für *Rhopalodia gibba* zuerst genauer beschrieben habe (Lübeck 1895), hat bald darauf KARSTEN für eine große Zahl von Naviculoiden festgestellt. Diese Befunde KARSTEN'S bilden insofern einen wichtigen Fortschritt in der Kenntnis der Auxosporenbildung, als man nach den sehr bestimmt gehaltenen Angaben von PFITZER, SCHMITZ und HAUPTFLEISCH annehmen mußte, daß ein eigentlicher Sexualakt mit der Auxosporenbildung der Naviculoiden in der Regel nicht verknüpft sei. Abweichend von den eben erwähnten Gattungen findet bei den meisten Naviculoiden die Streckung der Auxosporen in der Richtung der Längsachse (Apikalachse) der Mutterzellen statt, und ebenso scheint auch die der Konjugation vorausgehende Teilung nach KARSTEN in der Regel eine Längsteilung zu sein, nicht eine Querteilung wie bei *Rhopalodia*.

Bei *Navicula peregrina* (Fig. 59—63) -- und ganz ähnlich verhalten sich *N. pygmaea*, *didyma*, *scopulorum*, *viridula* -- legen sich nach KARSTEN zwei Individuen mit den Gürtelseiten

an einander und verbinden sich durch etwas Gallert (g, Fig. 59). Die Chromatophoren vereinigen sich auf der gegenüberliegenden Gürtelbandseite zu einem einzigen. Nachdem der Zellkern sich geteilt hat, erfährt das Protoplasma eine Längsteilung; die Protoplasmen runden sich aber ab und ordnen sich in der Längsrichtung neben einander an, so daß das Resultat wie eine Querteilung aussieht (Fig. 60). Die Zellkerne teilen sich darauf noch einmal, also erst nach der Zellteilung, und zuletzt enthält jede Tochterzelle ein Chromatophor sowie wie bei *Rhopalodia* einen großen und einen

kleinen Kern (Fig. 60). Das Verschmelzen der gegenüberliegenden Tochterzellen aus verschiedenen Mutterzellen (Fig. 61), das Verschwinden der kleinen Kerne und die spätere Vereinigung der Großkerne (Fig. 63) vollzieht sich im wesentlichen wie bei *Rhopalodia*. Aus den Chromatophoren wird zunächst ein einziger, der sich später wieder teilt. Die Streckung der Zygoten zu Auxosporen erfolgt dann aber, wie schon erwähnt, in der Längsrichtung der Mutterzellen, wobei eine abermalige Lageveränderung eintreten muß. Zuletzt liegen die vergrößerten Zellen den Mutterzellen annähernd parallel neben einander.

An weiteren Arten, bei denen die Auxosporenbildung von KARSTEN im wesentlichen in derselben Weise beobachtet wurde, seien genannt die *Naviculeen* *Dickiea crucigera*, *Pleurosigma*

nubecula, *Amphiprora alata*, *Brebissonia Boeckii*. Die vorliegenden Angaben sind nicht alle gleich eingehend, so daß man nicht feststellen kann, ob alle Einzelheiten übereinstimmen. Bei *Pleurosigma nubecula* könnte man z. B. nach KARSTEN'S Angaben auch auf eine Querteilung der Mutterzellen vor der Konjugation schließen.

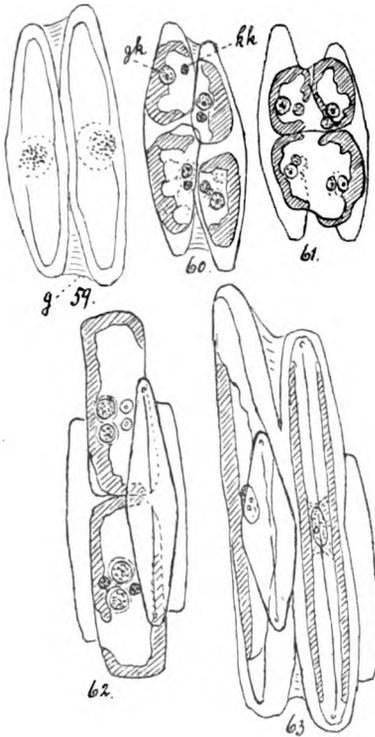


Fig. 59—63.

Von Vertretern anderer Diatomeengruppen zeigt *Achnanthes longipes*, vielleicht auch *A. brevipes*, im wesentlichen dasselbe Verhalten (Fig. 64—68); indessen erfolgt hier die Streckung der Auxosporen in der dritten Achsenrichtung, nämlich in der Richtung der Pervalvarachse (Fig. 67 u. 68). Endlich könnten, nach KARSTEN'S Befunden, noch die *Nitzschia*-Arten *N. longissima* und *N. hybrida* hierhergehören. Die Beobachtungen sind unvollständig, Kleinkerne wurden nicht bemerkt. Die Streckung der Auxosporen erfolgt in der Richtung der Apikalachse der Mutterzellen.

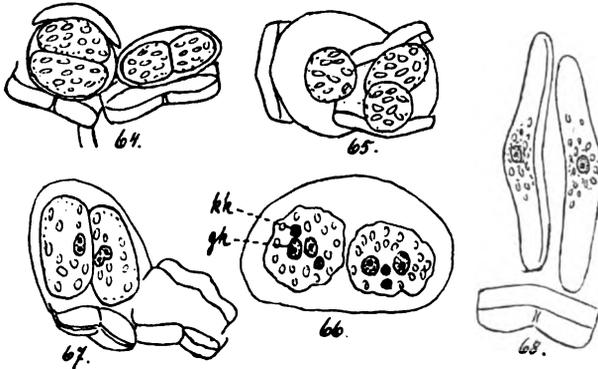


Fig. 64—68.

Rückgebildete Konjugation (?) und Abweichungen. Wenngleich durch die vorliegenden Beobachtungen für zahlreiche Fälle, in denen man bisher nach den Angaben von PFITZER, SCHMITZ und HAUPTFLEISCH die Bildung von zwei Auxosporen aus zwei Mutterzellen ohne Konjugation annehmen mußte, die Konjugation nachgewiesen ist, so steht es doch noch keineswegs fest, ob jene merkwürdige Art der Auxosporenbildung nicht doch in einigen Fällen vorkommt. PFITZER'S hauptsächlichstes Objekt, *Frustulia saxonica*, ist noch nicht wieder untersucht worden. Für *Brebissonia Boeckii*, HAUPTFLEISCH'S Objekt, hat allerdings KARSTEN die Konjugation nachgewiesen, und ebenso soll nach neueren Untersuchungen von CLEVE, wie KARSTEN angiebt, bei *Cymbella Cistula* Konjugation vorhanden sein. Dies würde auch den älteren Angaben von J. LÜDERS entsprechen. Ich selbst habe jedoch bei einer Reihe von Beobachtungen über *Cymbella*, die ich leider noch nicht weiter führen konnte, bisher auch keine Konjugation finden können, sah vielmehr nur folgende Stadien: Zusammenlagerung zweier Zellen, Kontraktion des Protoplasmas in beiden, Vorhandensein zweier Kerne

in den kontrahierten Plasmen innerhalb jeder Zellhaut, Streckung zur Auxospore und Wiedervorhandensein eines einzigen, oft langgestreckten und zwei Nukleolen enthaltenden Kerns. Eine zweifelhafte Querteilung in einer Zelle mit einigen Besonderheiten deutet allerdings darauf hin, daß möglicherweise schwer zu findende Stadien übersehen sind. Bei *Libellus constrictus*, wo gleichfalls aus zwei Mutterzellen zwei Auxosporen hervorgehen, hat auch KARSTEN keine Kopulation gefunden. Seine Angaben sind ähnlich, wie die soeben über *Cymbella* gemachten. Als Abweichung kam vor, daß mitunter aus einer Zelle zwei Auxosporen hervorgingen, indem dieselbe sich teilte. Vielleicht sind auch diese Beobachtungen noch unvollständig, und es empfiehlt sich wohl, einstweilen keine weitergehenden Schlüsse darauf zu gründen. Auf alle Fälle aber bleibt es gegenwärtig noch eine offene Frage, ob der dritte der SCHMITZschen Typen der Auxosporenbildung, in welchem zwei Mutterzellen ohne Konjugation zwei Auxosporen bilden, existiert oder nicht.

In einigen Fällen kommen bei nahe verwandten Formen merkwürdige Abweichungen vor. So giebt z. B. KARSTEN für die von *Achnanthes brevipes* kaum zu unterscheidende Art *A. subsessilis* in Übereinstimmung mit J. LÜDERS an, daß nur eine einzige Zelle zur Auxosporenbildung schreite, deren Inhalt sich teile, dann aber wahrscheinlich wieder verschmelze. Auch eine Darstellung der verschmelzenden Kerne giebt KARSTEN; er ist der Ansicht, daß dabei Sexualität im Spiele sei, und sieht in diesem Vorgange einen Übergang von den einfacheren Vorgängen (*Rhabdonema*) zu den komplizierteren (*Rhopalodia*, *Navicula*). Dagegen faßt KARSTEN das Verhalten von *Synedra*, das oben besprochen wurde, und das von *Bacillaria paradoxa* und *Nitzschia palea*, wo aus jeder Zelle nur eine Auxospore auf ungeschlechtlichem Wege entsteht, als Rückbildungserscheinungen auf. Bei *Synedra* möchte er den Verlust der Sexualität mit dem allerdings auch nicht bewiesenen „Verlust“ der Bewegungsfähigkeit (Pseudoraphe) oder mit saprophytischer Lebensweise, bei der lebhaft beweglichen *Bacillaria paradoxa* und bei *Nitzschia palea* mit saprophytischer Lebensweise, bei ersterer vielleicht auch mit dem Vorkommen im Plankton in Verbindung bringen. Es mag ja nützlich sein, einstweilen Vermutungen über die abweichenden Fälle aufzustellen; im allgemeinen aber scheint es mir, als ob mehr Thatsachen nötig wären, um Anschauungen wie die erwähnten genügend zu begründen.

Auxosporenbildung mit Konjugation der Mutterzellen. Noch einen weiteren Typus der Auxosporenbildung repräsen-

tieren die wenigen Gattungen, bei denen aus zwei Mutterzellen durch Konjugation eine einzige Auxospore hervorgeht. Hinsichtlich der feineren Vorgänge können noch zwei Untertypen unterschieden werden. Bei *Surirella* (Fig. 69—72) befestigen sich, wie zuerst G. W. Focke bei *S. splendida*, später PFITZER bei *S. calcarata* fand, zwei Individuen mit den Schalenenden an einander (Fig. 69),

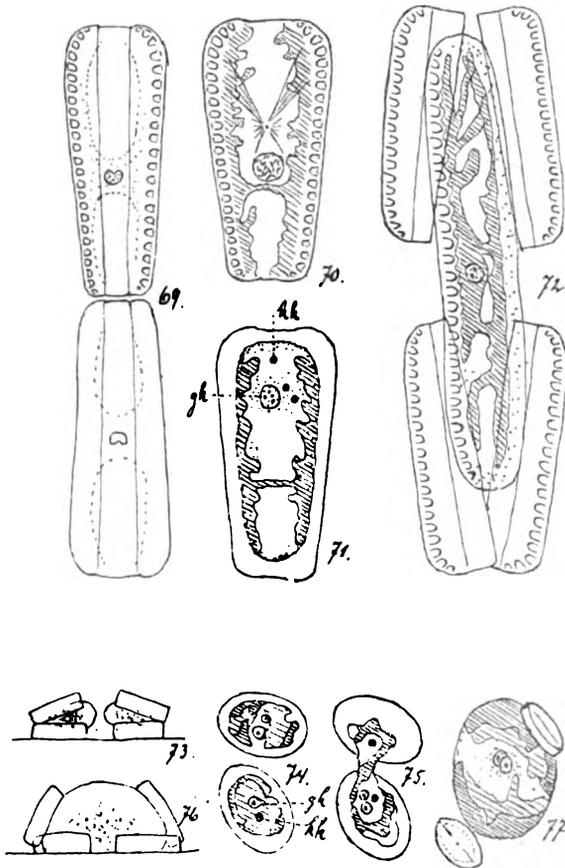


Fig. 69—77.

dann klaffen die Membranen an den vereinigten Enden auf und die Protoplasmen fließen zu einem einzigen Zellkörper zusammen, der zwischen den vier Membranhälften liegt und sich nun zur Auxospore zu strecken beginnt (Fig. 72). Vor der Kopulation erleidet der Zellkern jeder Mutterzelle, wie KARSTEN kürzlich bei *Surirella saxonica* (Fig. 70 u. 71) festgestellt hat, eine zweimalige Mitose,

ähnlich wie bei *Rhopalodia*; eine Zellteilung tritt aber nicht ein. Die Vorgänge bei der Kernteilung stimmen mit den von LAUTERBORN beobachteten Verhältnissen im wesentlichen überein. Von den vier Kernen jeder Mutterzelle, die auf diese Weise entstehen, ist später einer groß (gk, Fig. 70), während die drei anderen zu kleinen nukleolusartigen Gebilden zusammenschrumpfen (kk). Nach der Kopulation verschwinden die sechs Kleinkerne, während sich die beiden Großkerne zu dem Zellkerne der Auxospore vereinigen. Man kann die Vorgänge bei *Surirella* leicht mit denen von *Rhopalodia* etc. in Beziehung bringen; man braucht sich nur vorzustellen, daß die Zellteilung, die dort der zweimaligen Kernteilung folgt, verloren gegangen und daß der infolgedessen als generativer Kern entbehrlich gewordene zweite Großkern gleichfalls zum Kleinkern degeneriert ist.

Etwas einfacher verläuft die Auxosporenbildung bei *Cocconeis placentula* (Fig. 73—77), aber gerade deswegen ist dieselbe weniger leicht mit derjenigen von *Rhopalodia* etc. in Verbindung zu bringen. Zwei Zellen setzen sich neben einander auf dem Substrate fest (Fig. 73 u. 74), die Membranhälften klaffen auf und die Protoplasmen vereinigen sich (Fig. 75) zur Zygote und Auxospore (Fig. 76 u. 77), wie schon JOH. LÜDERS und andere beobachteten. Im Gegensatze zu *Surirella* tritt aber hier nach KARSTEN nur eine einzige Kernteilung ein, aus der je ein Großkern und ein Kleinkern (gk und kk) hervorgehen. Die Großkerne verschmelzen auch hier nach der Kopulation, während die Kleinkerne verschwinden. Man könnte das Verhalten von *Cocconeis* aus dem von *Surirella* durch eine weitere Reduktion in Bezug auf die Teilungen, durch das Ausbleiben einer der beiden Kernteilungen herleiten; indessen liegt kein genügender Grund dazu vor, namentlich da *Cocconeis* zu *Surirella* in keinem engeren verwandtschaftlichen Verhältnis stehen dürfte. SCHÜTT stellt *Cocconeis* zu den Achnanthoiden, während KARSTEN die Gattung bei den Naviculoiden unterbringen möchte; aber weder die eine noch die andere Auffassung giebt für die Vorgänge bei der Auxosporenbildung eine nähere Anknüpfung.

Im Anschluß an diese beiden Gattungen mag noch *Cymatopleura* genannt sein, die *Surirella* verwandt ist und nach PFITZER ihre Auxosporen auch in derselben Weise bildet wie diese Gattung. Indessen konnte KARSTEN PFITZER'S Angaben nicht bestätigen; vielmehr bilden sich nach seinen Angaben, nachdem allerdings zwei Individuen sich an einander befestigt haben, die Protoplasmen beider Zellen auf ungeschlechtlichem Wege zu je einer Auxospore um. Der Zellkern scheint dabei aber auch einer Teilung

zu unterliegen und einen Großkern und einen später verschwindenden Kleinkern zu bilden. Wie die Angaben von KARSTEN und PFITZER zu vereinigen sind, läßt sich noch nicht übersehen. Der Gedanke KARSTEN'S, daß *Cymatopleura* im Laufe der 30 dazwischen liegenden Jahre die Sexualität eingeübt habe, scheint mir etwas zu gewagt. Eher möchte ich einen Einfluß äußerer Verhältnisse auf die Ausbildung der Sexualität annehmen, wie derselbe nach KLEBS mehrfach vorkommt. Daß selbst unter denselben äußeren Bedingungen Sexualität und Apogamie neben einander vorkommen können, zeigen die von mir in demselben Kulturgefäße neben normalen Zygoten gefundenen Azygosporen von *Cosmarium*. Es mag darauf hingewiesen sein, daß auch in den Keimlingen dieser Azygosporen eine Abscheidung von Kleinkernen (drei infolge zweimaliger Mitose) stattfand; vielleicht stehen also diese Vorgänge mit der Verjüngung in irgend einem Zusammenhange.

Sollten in der angegebenen Weise äußere Verhältnisse auf die Art und Weise der Auxosporenbildung einen Einfluß ausüben, so würde damit vielleicht auch in einigen Fällen eine Erklärung dafür gegeben sein, warum von verschiedenen Beobachtern die Vorgänge bei derselben Art manchmal verschieden beschrieben worden sind.

Bedeutung der Kernvorgänge. Auf die Ähnlichkeiten im Verhalten der Zellkerne bei *Rhopalodia*, *Navicula* u. s. w. mit denen von *Closterium* und *Cosmarium* wurde oben bereits kurz hingewiesen. Ein wesentlicher Unterschied besteht zwar darin, daß bei *Rhopalodia* u. s. w. die Vorgänge vor der Kopulation und Kernverschmelzung, bei *Closterium* und *Cosmarium* nach derselben eintreten; im übrigen aber ist die Übereinstimmung so groß, daß man trotzdem eine ähnliche Bedeutung annehmen muß. Worin diese Bedeutung bestehen mag, ist noch ziemlich rätselhaft, trotz der Deutungen, welche die Vorgänge von verschiedenen Autoren erfahren haben.

Ich habe seinerzeit eine morphologische Deutung zu geben versucht, indem ich die Vierteilung des Kerns als Rest einer ursprünglichen Vierteilung der Zelle ansah. Die Vorgänge bei *Surirella* könnten dafür sprechen, indem hier auch die bei *Rhopalodia* noch vorhandene einmalige Zellteilung unterdrückt und nur die Vierteilung des Kerns erhalten wäre. Sonstige Anhaltspunkte fehlen aber; für die Desmidiaceen könnte man allenfalls auf die manchmal vorkommende Bildung von vier Keimlingen in den Zygoten von *Cylindrocystis* hinweisen. Die Erhaltung der Kernteilungen, einerlei ob die Zellteilungen als verloren oder nie vorhanden gewesen

anzusehen sind, spricht aber dafür, daß denselben noch eine besondere Rolle zufällt, und es liegt am nächsten, wie es HERTWIG und STRASBURGER gethan haben, dabei an Reduktionserscheinungen zu denken. Nach einigen Präparaten, die ich seinerzeit untersucht und beschrieben habe, ist es mir nicht unwahrscheinlich, daß in der Mitose, aus der die Kleinkerne hervorgehen, eine geringere Chromosomenzahl vorhanden ist, als in den vegetativen Kernteilungen. Weitere Beobachtungen liegen bisher nicht vor; auch ist das Objekt für derartige Untersuchungen reichlich klein. KARSTEN hat an die Erscheinungen bei den Desmidiaceen noch eine Hypothese geknüpft. Er meint, da hier die Reduktionsteilung der Kernverschmelzung erst nachfolge, seien die verschmelzenden Kerne noch nicht reduziert, also nicht ergänzungsbedürftig, und dies erkläre die geringe Neigung derselben, zu verschmelzen, die späte Verschmelzung, wie sie nach meinen Beobachtungen nicht nur bei *Closterium* und *Cosmarium*, sondern auch mitunter bei den Zygnemaceen vorhanden ist, und die Leichtigkeit, mit welcher Azygosporen gebildet werden. Hierzu ist aber zu bemerken, daß auch bei den Diatomeen, wo also eine Reduktionsteilung vorhanden wäre, die Kerne nach der Konjugation noch ziemlich lange unverschmolzen neben einander liegen bleiben. Außerdem bilden aber gerade die Vorgänge in den Azygosporen der Desmidiaceen, wie ich schon früher hervorgehoben habe, einen gewichtigen Einwand gegen die Anschauung, daß die Bildung der Kleinkerne mit einer Reduktion in Verbindung stehe; denn wenn die Zellkerne in den Zygoten durch die Verschmelzung reduktionsbedürftig geworden sind, können es die nicht verschmolzenen Kerne der Azygosporen nicht sein. Es müßten sonst in den Azygosporen Vorgänge angenommen werden, welche nach dieser Hinsicht zu einer ähnlichen Wirkung führen, wie die Kernverschmelzung. Aus dem Gesagten geht hervor, daß eine befriedigende Erklärung dieser Vorgänge vor der Hand nicht zu geben ist. Erst wenn es gelungen sein wird, das Verhalten der Chromosomen bei den betreffenden Kernteilungen genauer festzustellen, wird man ein besseres Urteil über diese Dinge erhalten. Es erscheint vor allen Dingen wünschenswert, die Untersuchungen über diese Gegenstände mit spezieller Rücksicht auf die in den Mitosen vorhandenen Chromosomen, deren Zahl und Beschaffenheit u. s. w. wiederholen zu können.

Es ist das Schicksal jeder Forschung, daß die neu gefundenen Resultate stets zu einer Reihe neuer Fragestellungen Veranlassung geben. So bieten auch die Lebenserscheinungen der Diatomeen, je genauer sie im Laufe der Zeit bekannt geworden sind, um so mehr

Probleme, die der Lösung harren, und wie ihre zierlichen Schalen immer wieder die Liebhaber anziehen, so wird auch ihre Physiologie und Biologie noch lange das Interesse der Forscher in Anspruch nehmen.

Litteraturverzeichnis (Auswahl).

1. BENECKE, W.: Über farblose Diatomeen der Kieler Föhrde. Jahrb. f. wiss. Botanik **35**, 535, 1900.
2. BÜTSCHLI, O.: Über die sogenannten Centalkörper der Zelle und ihre Bedeutung. Verhandl. naturh. med. Verein. Heidelberg. N. F. **4**, 535, 1891.
3. Derselbe: Mitteilungen über die Bewegung der Diatomeen. Verhandl. naturh. med. Verein. Heidelberg. N. F. **4**, 580, 1892.
4. FOCKE, G. W.: Physiologische Studien. 2. Heft. 1854.
5. HAUPTFLEISCH, P.: Die Auxosporenbildung von *Breibissonia Boeckii* Grunow. Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. Mitteil. d. naturw. Vereins für Neuvorpommern und Rügen. 27. Jahrg. 1895.
6. KARSTEN, G.: Untersuchungen über Diatomeen. I. Flora **82**, 286, 1896. II. Flora **83**, 33, 1897. III. Flora **83**, 203, 1897.
7. Derselbe: Neuere Untersuchungen über die Auxosporenbildung der Diatomeen. Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg. 2. Suppl. **47**, 1898.
8. Derselbe: Botan. Zeitung 1899, 329. (Referat über SCHÜTT, Centrifugales Dickenwachstum der Membran und extramembranöses Plasma. Jahrb. f. wiss. Bot. **32**, 594, 1899.)
9. Derselbe: Die Auxosporenbildung der Diatomeen. Biol. Centralbl. **20**, 257, 1900.
10. Derselbe: Die Diatomeen der Kieler Bucht. Wissensch. Meeresuntersuchungen. K. Kommission Kiel. Bd. **4**.
11. Derselbe: Die Auxosporenbildung der Gattungen *Cocconeis*, *Surirella* und *Cymatopleura*. Flora **87**, 253, 1900.
12. Derselbe: Über farblose Diatomeen. Flora **89**, Ergänzungsband, 404, 1901.
13. KLEBAHN, H.: Studien über Zygoten I. Die Keimung von *Closterium* und *Cosmarium*. Jahrb. f. wiss. Botan. **32**, 415, 1891.
14. Derselbe: Verhandl. d. Gesellsch. deutsch. Naturf. u. Ärzte 1895, **2**, 1, 102. Botan. Centralbl. **64**.
15. Derselbe: Beiträge zur Kenntnis der Auxosporenbildung. I. *Rhopalodia gibba* (EHRENB.) O. MÜLL. Jahrb. f. wissensch. Botanik **29**, 595, 1896.
16. KÜTZING, F. T.: Über die Gattungen *Melosira* und *Fragilaria*. Linnaea **8**, 67, 1833.
17. Derselbe: Synopsis Diatomearum. Dasselbst **8**, 529, 1833.
18. LAUTERBORN, R.: Über Bau und Kernteilung der Diatomeen. Verh. naturh.-med. Verein. Heidelberg. N. F. **5**, 179, 1893.
19. Derselbe: Zur Frage nach der Ortsbewegung der Diatomeen. Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch. **12**, 73, 1894.
20. Derselbe: Untersuchungen über Bau, Kernteilung und Bewegung der Diatomeen. Leipzig 1896.

21. LÜDERS, J. E.: Beobachtungen über die Organisation, Teilung und Kopulation der Diatomeen. *Botan. Zeitung* 1862, 41.
22. MAC DONALD: On the Structure of the Diatomaceous frustule and its genetic cycle. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 4 ser. 3, 1 1869.
23. MIQUEL, P.: Recherches expérimentales sur la physiologie, la morphologie et la pathologie des Diatomées. *Annales de micrographie*, 1892—1895. War mir nicht zugänglich.
24. MÜLLER, O.: Durchbrechungen der Zellwand in ihren Beziehungen zur Ortsbewegung der Bacillariaceen. *Berichte d. Deutsch. Botan. Gesellsch.* 7, 169, 1889.
25. Derselbe: Auxosporen von *Terpsinoë musica* EHR. Dasselbst 7, 181, 1889.
26. Derselbe: Die Ortsbewegung der Bacillariaceen betreffend. Dasselbst 11, 571, 1893.
27. Derselbe: Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. II. Dasselbst 12, 136, 1894.
28. Derselbe: Über Achsen, Orientierungs- und Symmetrieebenen bei den Bacillariaceen. Dasselbst 13, 222, 1895.
29. Derselbe: Die Ortsbewegung der Bacillariaceen. III. Dasselbst 14, 54, 1896. IV. Dasselbst 14, 111, 1896. V. Dasselbst 15, 70, 1897.
30. Derselbe: Kammern und Poren in der Zellwand der Bacillariaceen. I. Dasselbst 16, 386, 1898. II. Dasselbst 17, 423, 1899. III. Dasselbst 18, 480, 1900. IV. Dasselbst 19, 195, 1901.
31. NÄGELI, C.: Gattungen einzelliger Algen 1849 (p. 20).
32. PFITZER, E.: Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen. *Botan. Abhandl. aus d. Gebiet der Morph. u. Physiol.*, herausgeg. von J. Hanstein. 2. Heft. 1871.
33. SCHMITZ, F.: Die Bildung der Auxosporen von *Cocconema Cistula* EHRH. *Botan. Zeitung* 1872, 217.
34. Derselbe: Über die Auxosporenbildung der Bacillariaceen. *Sitzungsber. d. naturf. Gesellsch. Halle.* 1877.
35. SCHULTZE, M.: Die Bewegung der Diatomeen. *Arch. f. mikr. Anatomie* 1, 374, 1865.
36. SCHÜTT, F.: Über Auxosporenbildung der Gattung *Chaetoceros*. *Berichte der Deutsch. Bot. Gesellsch.* 7, 361, 1889.
37. Derselbe: Das Pflanzenleben der Hochsee. Kiel u. Leipzig 1893.
38. Derselbe: Wechselbeziehungen zwischen Morphologie, Biologie, Entwicklungsgeschichte und Systematik der Diatomeen. Dasselbst 11, 563, 1893.
39. Derselbe: Bacillariales (Diatomeae) in ENGLER und PRANTL, die natürlichen Pflanzenfamilien. 1896.
40. Derselbe: Die Erklärung des centrifugalen Dickenwachstums der Membran. *Botan. Zeitung* 1900, No. 16/17.
41. Derselbe: Zur Porenfrage bei Diatomeen. *Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch.* 18, 202, 1900.
42. Derselbe: Centrifugale und simultane Membranverdickungen. *Jahrb. f. wiss. Botanik* 35, 470, 1900.
43. Derselbe: Auxosporenbildung von *Rhizosolenia alata*. *Berichte der Deutsch. Botan. Gesellsch.* 4, 8, 1886.
44. SMITH, W.: A Synopsis of the British Diatomaceae. London 1853—56. Mit Tafeln von Tuffen West.
45. THWAITES: On Conjugation in the Diatomaceae. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 1. ser. 20, 9, 1847.

Zinkographien.**I. Gruppe. Membranstruktur.**

1. *Pleurosigma angulatum*, idealer Membranquerschnitt.
2. *Isthmia nervosa*, idealer Membranquerschnitt.
3. *Epithemia Hyndmanni*, Schalenteil von der Fläche gesehen. rr Raphe.
4. desgl. idealer Membranquerschnitt.
5. *Eupodiscus Argus*, idealer Membranquerschnitt.
6. *Triceratium Favus*, Schalenteil von der Fläche gesehen; links unten die Kammern weggebrochen.
7. desgl. in perspektivischer Ansicht; vorn die Kammern weggebrochen.
8. desgl. idealer Membranquerschnitt. Alles nach O. MÜLLER.

II. Gruppe. Membranbau.

9. *Diatoma vulgare*, Schalenende mit Gallertporus. Nach O. MÜLLER.
10. *Skeletonema costatum*, drei Zellen einer Kette, durch Kieselstäbchen verbunden. Nach FR. SCHÜTT.
11. *Stephanopyxis Palmeriana*, zwei Zellen einer Kette, durch hohle Stäbchen verbunden. Nach O. MÜLLER.
12. *Melosira granulata*, durch Zellteilung entstandene, mit Stacheln (st) und Rinnen (v) versehene Schalen, zwischen denen der Faden durchbrechen wird. Nach O. MÜLLER.
13. *Rhizosolenia alata*, die innerhalb der Gürtelbänder (gb) gebildeten Schalenfortsätze.
14. desgl. Schale mit Fortsatz und Scheide.
15. *Corethron hystrix*, zwei durch Teilung entstandene Zellen, die Stacheln der jüngeren Schalen noch von den Gürtelbändern eingeschlossen.
16. *Gossleriella tropica*, bei z die zurückgeklappte Lage, in welcher die Stacheln entstehen. 13—16 nach FR. SCHÜTT.

III. Gruppe. Ortsbewegung.

17. *Pinnularia viridis*, von der Schalseite, mit dem in Tuscheemulsion sichtbaren Körnchenstrom und dem BÜTSCHLI'schen „Gallertfaden“.
18. desgl., Membranquerschnitt mit Kammern (a) und Raphe r.
19. desgl., Schema der Bahnen, in denen nach MÜLLER das Protoplasma strömt.
20. *Surirella calcarata*, Schalenquerschnitt mit Kanalaraphe am Rande der Flügel f; chr Chromatophoren.
21. desgl., Teil eines Flügels in Flächenansicht. — Nach LAUTERBORN, 19 nach O. MÜLLER.

IV. Gruppe. Kernteilung von *Surirella calcarata*, nach LAUTERBORN.

22. Ruhender Kern mit Nukleolen. Außen das Centrosom.
23. Beginn der Teilung. Strahlung um das Centrosom; neben demselben die Centralspindelanlage.
24. Letztere vergrößert, scheibenförmig. Chromosomen ausgebildet.
25. Centralspindelanlage cylindrisch geworden,
26. in den Kern eingedrungen,
27. 28. die Chromosomen sich um dieselbe gruppierend; neue Centrosomen gebildet.

- 29. Dyasterstadium.
- 30. Halbierung der Centralspindel.
- 31. Verschwinden der Reste derselben, Zerklüftung des Protoplasmas.
- 32. 33. Rekonstruktion der Tochterkerne.

V. Gruppe. Auxosporenbildung centrischer Diatomeen.

- 34—36. *Cyclotella Kützingiana*. Nach W. SMITH.
- 37. *Melosira varians*. Nach PFITZER.
- 38—42. *Rhizosolenia alata*. Nach FR. SCHÜTT.
 - 38. Gewöhnliche Zelle mittlerer Dicke. 39. Teil der einen Membranhälfte einer Zelle geringster Dicke, die bei x das Protoplasma hervortreten läßt. 40. Auxospore; innerhalb des Perizoniums ist bereits die Schale s gebildet, deren Fortsatz das Perizonium durchbricht. 41. Der dickere Teil verlängert, das Perizonium abgestoßen. 42. Erstlingszelle mit ungleichen Schalen s und s'.
- 43. *Rhizosolenia Bergonii* mit Auxospore aux. Nach F. SCHÜTT.
- 44. *Chaetoceros* sp., leere Membran mit seitlich daran sitzender Auxospore (aux); in dieser die erste Schale gebildet, deren Hörner (h) das Perizonium durchbrechen. Nach F. SCHÜTT.
- 45. *Chaetoceros* sp., eine Zelle eines Fadens hat eine Auxospore gebildet, aus der bereits ein neuer vergrößerter Faden hervorgegangen ist. Nach F. SCHÜTT.

VI. Gruppe. Auxosporenbildung.

- 46. 47. *Rhabdonema arcuatum*. Nach W. SMITH.
- 48. 49. *Rhabdonema adriaticum*, Ausstoßung des kleinen Kerns vor der Auxosporenbildung. Nach KARSTEN.
- 50—53. *Synedra affinis*. Nach KARSTEN.

VII. Gruppe. Auxosporenbildung bei *Rhopalodia gibba*. Die Membranstruktur ist nicht dargestellt. Nach KLEBAHN.

- 54. Aneinanderlagerung; Befestigung durch Gallertpolster (g); p Pyrenoide.
- 55. Querteilung der Mutterzellen. Aus den beiden Zellkernen der Mutterzellen sind vier Großkerne (gk) und vier Kleinkerne (kk) entstanden.
- 56. Konjugation der gegenüberliegenden Tochterzellen. Ein Kleinkern verschwunden.
- 57. Beginnende Streckung der Auxosporen, alle Kleinkerne verschwunden.
- 58. Endstadium; Großkerne verschmolzen; im Perizonium die Schalen (s') der Erstlingszellen gebildet.

VIII. Gruppe. Auxosporenbildung bei *Navicula peregrina*. Nach KARSTEN.

- 59. Aneinanderlagerung.
- 60. Teilung der Mutterzellen.
- 61. Verschmelzung der Tochterzellen.
- 62. 63. Streckung der Auxosporen.

IX. Gruppe. Auxosporenbildung bei *Achnanthes longipes*. Nach KARSTEN.

- 64. Teilung der Mutterzellen.
- 65. Zwei Tochterzellen verschmolzen, zwei noch getrennt.
- 66. Großkerne und Kleinkerne in den Zygoten.
- 67. 68. Verschmelzung der Großkerne, Streckung der Auxosporen.

X. Gruppe. Auxosporenbildung.

- 69—72. *Surirella saxonica*. Nach KARSTEN.
69. Aneinanderlagerung. Membranstruktur und Protoplasma angedeutet.
70. Eine der konjugierenden Zellen; beginnende Kernteilung. Chromatophor schraffiert. Vgl. Fig. 23.
71. Ein Großkern und drei Kleinkerne sind gebildet.
72. Fertige Auxospore zwischen den alten Membranhälften. Eine Schale bereits angelegt.
73—77. *Cocconeis Pediculus*.
73. Nebeneinanderlagerung und Beginn der Plasmaverschmelzung. Nach J. LÜDERS. Seitenansicht.
74. 75. desgl. von oben. Nach KARSTEN. Großkern und Kleinkern.
76. Die Verschmelzung vollendet. Nach J. LÜDERS.
77. desgl. nach KARSTEN. Verschmelzen der Großkerne.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1902

Band/Volume: [1_1902](#)

Autor(en)/Author(s): Klebahn Heinrich

Artikel/Article: [Ein Überblick über die neuere Diatomeenliteratur. 421-461](#)