Beiträge zur Cytologie der Florideen.

Von **L. Kurssanow.**

(Mit Tafel II und III.)

Die Fragen nach dem Baue der Sexualorgane und dem Gang des Sexualaktes bei den Florideen stellen nicht nur an und für sich ein ganz bestimmtes Interesse dar, sondern deren Lösung könnte vielleicht auch eine große Bedeutung für das Verstehen der Verhältnisse zwischen den anderen Gruppen des Pflanzenreiches haben. Aber, obgleich dieser Frage eine bedeutende Anzahl von Arbeiten gewidmet ist, kam sie doch noch nicht zur endgültigen Entscheidung, da die Angaben der einzelnen Autoren sehr stark von einander abweichen.

Nachdem durch die Arbeiten, hauptsächlich von Bornet et Thuret (1867, 1878 und 1880) und Janczewski (1876), die äußere Seite des Geschlechtsprozesses bei den Rotalgen in hinreichendem Grade aufgeklärt wurde, war Schmitz (1883) der erste, der seine Aufmerksamkeit auch auf die innere Seite lenkte.

Die männlichen Geschlechtselemente — die Spermatien — beschreibt er als kleine farblose Zellen, die geformter Chromatophoren entbehren und jede je einen großen Zellkern besitzen.

Das weibliche Sexualorgan — das Karpogonium — ist nach Schmitz eine Zelle, die „aus ihrer Spitze eine Ausstülpung hervortreten läßt und sich in einen mehr oder minder langen haarartig dünnen oder keulenförmig verdickten, zuweilen an seiner Basis ein oder mehrmals spiralig gedrehten oder kolbig erweiterten Fortsatz, das Trichogyn verlängert“ (pag. 11). „Zur Zeit der Befruchtungsreife umschließt das Karpogonium in seinem meist eiförmig gestaltetem Bauchteile sehr reichliches Protoplasma mit einem großen deutlichen Zellkern. Zuweilen sind auch in diesem Protoplasma wohl ausgebildete, mehr oder minder intensiv gefärbte Chromatophoren eingelagert (Nemalion, Helminthocladia, Batrachospermum), in anderen Fällen aber ist das Protoplasma des Karpogoniums vollständig hyalin. Das Trichogyn ist von farblosem Protoplasma erfüllt, das einzelne größere oder kleinere glänzende Körnchen, die sich Färbungsmitteln gegenüber analog, wie die Chromatinkörnchen, verhalten, in wechselnder Anzahl und Verteilung umschließt“ (pag. 12). Bezüglich der Natur dieser Körnchen spricht Schmitz die Voraussetzung aus, daß sie von dem Chromatin des Zellkerns abstammen. Er sagt, daß sie vielleicht mit dem Kern des Rich-

tungskörpers, der bei der Befruchtung im Tierreiche und, wie er dachte, auch im Pflanzenreiche zu beobachten ist, in naher Beziehung stehen.

Nachdem die Spermatien mit dem Trichogyn des befruchtungsreifen Karpogoniums in Berührung kommen und in bekannter Weise sich mit Membran umgeben, werden die Wände an der Berührungsstelle aufgelöst und so stellt sich eine offene Kommunikation zwischen beiden Organen fest. „In den nächsten Entwicklungsstadien ist dann der Zellkern des Spermatiums von seiner früheren Stelle verschwunden und nirgends mehr im Innern der Kopulationszelle aufzufinden, im Bauchteile des Karpogoniums aber liegt nach wie vor ein einzelner Zellkern“ (pag. 12). Der Moment der Befruchtung also — die Verschmelzung der Zellkerne — wurde von Schmitz nicht gesehen, aber nach der Analogie mit allem, was man betreffs des Sexualaktes überhaupt versteht, konnte man mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, „daß der Zellkern des Spermatiums durch das Trichogyn hindurch in den Bauchteil des Karpogoniums hinüber wandert und sich hier mit dem Zellkern des Karpogoniums verschmilzt“ (S. 13).

Ebenso wie Schmitz beschreibt und bildet auch Guignard 1898 in seiner Arbeit über den Bau der männlichen Sexualelemente bei verschiedenen Gruppen des Pflanzenreiches die Spermatien als kleine einkernige Zellen ab.

Im Jahre 1894 erschien die Arbeit Wille's über Nemalion multifidum I. Ag. Hier gelang es dem Autor zuerst den Weg des Spermatiumkerns durch das Trichogyn bis zum Bauchteil zu verfolgen und dort gerade den Moment des Sexualaktes — die Verschmelzung des weiblichen und des männlichen Kerns — zu beobachten. Was den Bau der Sexualorgane anbetrifft, bestätigt hier der Autor im allgemeinen die Angaben von Schmitz, nur von jenen Körnchen im Trichogyn, welche Schmitz für Chromatinkörnchen hielt, spricht er nicht. In jedem Falle hält Wille das Karpogonium für eine einkernige Bildung und das Trichogyn bloß für dessen Auswuchs.

Ganz anders denkt Davis. In seiner Arbeit über den Sexualprozeß bei Batrachospermum (1896) beschreibt er das Trichogyn und den Bauchteil des Karpogoniums wie zwei selbständige Zellen, jede mit einem eigenen Zellkern und Chromatophor versehen. Die Spermatien kleben sich an das Trichogyn an, aber die eigentliche Befruchtung — die Vereinigung des ♀ und des ♂ Zellkerns — findet nicht statt, obgleich die Wirkung des Spermatiums für die Entwicklung des Sporophyts durchaus nötig ist. Der Kern des Spermatiums geht sogar gewöhnlich nicht in das Trichogyn, selbstredend auch nicht in den

Bauchteil. „The exciting cause of the process of fertilisation is the cytoplasmic fusion of one autherozoid with the contents of trichogyne“ (pag. 70).

Nach solch einer „Befruchtung“ fängt der Bauchteil des Karpogoniums an sich weiter zu entwickeln und das Trichogyn stirbt nach und nach ab, wobei sein eigener Kern und die Kerne der Spermatien sich fragmentieren und zuletzt ganz verschwinden.

Die folgende Arbeit, in chronologischer Reihenfolge, welche unsere Frage anbetrifft, war die bekannte große Arbeit von Oltmanns (1898). In dieser, wie bekannt, ist hauptsächlich eine andere Frage diskutiert, die Frage über die sogenannte zweite Schmitz'sche Befruchtung; aber unterwegs gibt der Autor eine Reihe wertvoller Anzeigen auch über unsere Frage. Hier werden auf ganzer Formenreihe die Angaben Wille's über Nemalion bestätigt.

Das Karpogon enthält nur einen Zellkern, der im Bauchteile liegt (bei Dudresnaia purpurifera im befruchtungsreifen Karpogon erhebt sich der Kern bis zur Mitte des Trichogyns, später aber nach der Befruchtung sinkt er wieder bis zum Bauchteile herunter).

Das Spermatium ist auch einkernig. Der Sexualakt ist ganz normal, mit der Vereinigung der ♀ und ♂ Kerne. Bei Gloeosiphonia capillaris und Dasya elegans wurde auch die Kernverschmelzung im Bauchteile des Karpogons beobachtet.

Jene chromatinähnlichen Körnchen im Trichogyn, welche Schmitz beschreibt, wurden auch von Oltmanns bei Gloeosiphonia capillaris beobachtet, obwohl weit nicht immer. „In anderen gleichgestalteten Trichogynen fehlten diese Körperchen, und so muß ich sie vorläufig um so mehr für Gebilde aussprechen, die mit Kernen nichts wesentliches zu tun haben, da ich auch ihre Entstehung nicht verfolgen konnte (pag. 110).

Ein Jahr nach dem Oltmanns'schen Werke erschien die Arbeit von Schmidle (1899) über Batrachospermum Bohneri Schmidle. Hier wird das Karpogon im Gegenteil zu Davis wieder als eine einkernige Bildung beschrieben. Das Trichogyn enthält keinen eigenen Kern, obgleich es mit dem Chromatophor versehen ist; der Zellkern des Karpogons liegt im Bauchteile.

Besonders interessant sind nach der Beschreibung Schmidle's die Spermatien. Solange sie sich im Antheridium befinden, sind sie einkernig, aber nach außen gekommen werden sie zweikernig (die Teilung des Zellkerns des Spermatiums hat der Autor nicht beobachtet) und in solch einem Zustande kleben sie sich an das Trichogyn an. Auf solche

Art und Weise kann eine ganze Anzahl von Spermatien (bis zehn, auch mehr) mit dem Trichogyn in Berührung kommen und viele von ihnen können an der Kopulation teilnehmen, indem ihre Kerne in das Trichogyn übertreten; nur einer aber von ihnen dringt weiter in den Bauchteil des Karpogons durch und vereinigt sich dort mit dem weiblichen Zellkern.

Die folgende Arbeit von Osterhout (1900), auch über Batrachospermum (B. baryanum Sirodot), die mit sehr deutlichen, von Mikrotomschnitten aufgenommenen Zeichnungen versehen ist, bestätigt in allem Wille und Oltmanns. Nur der Bauchteil des Karpogons enthält einen Zellkern; das Trichogyn aber hat keinen. Die Spermatien sind einkernig. Es gibt einen normalen Sexualakt mit der Verschmelzung der ♀ und ♂ Kerne. Die Bilder von Osterhout sind so deutlich und überzeugend, daß sie entschieden keinen Zweifel erregen können, so daß man die Frage von dem Gang des Sexualaktes, wenigstens für B. baryanum Sirodot, für definitiv entschieden rechnen kann.

Diese oben erwähnten Angaben von Wille, Oltmanns und Osterhout konnte man für gemeingültig halten; sie stehen in Lehrbüchern, auch in dem bekannten Handbuch von Oltmanns. In der letzten Zeit aber erschienen die Arbeiten erst von Wolfe (1904) und dann von Yamanouchi (1906), welche zu ganz anderen Resultaten kamen.

Die Arbeit Wolfe's, die zum Teil unter der Leitung von Davis ausgeführt wurde, betrifft Nemalion multifidum — die Form, die schon von Wille untersucht wurde, aber seine Angaben sind von denen Wille's sehr abweichend. Infolge der Teilung des einen ursprünglichen Kerns des Karpogons erscheinen in ihm auf einem ziemlich frühem Entwicklungsstadium zwei Zellkerne (den Teilungsvorgang hat Wolfe nicht beobachtet). Einer von diesen Kernen bleibt im Bauchteile des Karpogons liegen und funktioniert später wie der Eikern, der andere aber geht in das wachsende Trichogyn über, fängt da aber bald sich zu fragmentieren an und zur Zeit der Befruchtungsreife löst er sich vollständig auf. Also erweist es sich, daß das Trichogyn auf einem bestimmten Entwicklungsstadium mit seinem eigenen Kern versehen ist und man kann es vielleicht für eine ganze Zelle, die nur von der unter ihr liegenden nicht mit einer Schweidewand abgesondert ist, halten. Das ist ausdrücklich die Meinung Wolfe's; er sieht hier einen Übergang zu den Laboulbeniaceae, wo wirklich schon die echte Wand zwischen dem Trichogyn und der Eizelle gebildet ist.

Die Spermatien verlassen nach Wolfe Antheridien wie einkernige Zellen und in solcher Form kleben sie sich in Ein- oder Mehrzahl an

das Trichogyn an. Hier aber teilt sich der Kern des Spermatiums karyokinetisch in zwei, und nur einer von diesen dringt durch das Trichogyn hindurch in den Bauchteil und vereinigt sich dort mit dem weiblichen Kern. Die nachgebliebenen Spermakerne fragmentieren sich und verschwinden zuletzt entweder in den Spermatien oder auch schon in dem Trichogyn.

Die letzte Arbeit, welche unsere Frage anbetrifft, ist diejenige von Yamanouchi (1906) über Polysiphonia violacea. Ebenso wie Wolfe's Arbeit ist sie zum Teil unter Leitung von Davis ausgeführt. Mit den Hilfsmitteln der modernen Mikrotomtechnik gemacht und mit zahlreichen sehr deutlichen Bildern versehen kommt die Arbeit in bezug unserer Frage zu folgenden Resultaten. Auf einem frühen Entwicklungsstadium teilt sich der Karpogonkern karyokinetisch in zwei (der Teilungsvorgang wurde nicht mit voller Deutlichkeit beobachtet, s. Fig. 100, Yamanouchi's 1907). Ein Kern geht in das Trichogyn über und der andere bleibt in dem Bauchteile.

Die Spermatien sind einkernig und so bleiben sie die ganze Zeit. Der Sexualakt vollzieht sich in solcher Weise, daß der Kern des Spermatiums in das Trichogyn dringt, und dessen Kern vorübergehend, geht weiter in den Bauchteil und verschmilzt sich da mit dem Eikern.

Aus dieser Übersicht der Literatur sieht man, welche Meinungsdifferenzen hier bei verschiedenen Autoren, und zum Teil über verschiedene Objekte, herrschen. Man kann sagen, daß hier fast alle a priori mögliche Meinungen dargestellt sind. In Wirklichkeit behaupten die einigen, daß die Florideae keinen echten Sexualakt mit der Verschmelzung der Kerne haben (Davis); andere aber sagen, daß es hier einen normalen Sexualakt gibt (alle anderen Autoren); einige meinen, daß das Karpogon eine einkernige Bildung ist und das Trichogyn keinen eigenen Kern hat (Wille, Oltmanns, Schmidle, Osterhout und zum Teil auch Schmitz[1]); andere behaupten aber, daß das Trichogyn mit seinem eigenen Kern versehen, und daß das ganze Karpogon also eine zweikernige (ja sogar zweizellige) Bildung ist (Davis und seine Schüler, Wolfe und Yamanouchi). Zuletzt behaupten einige, die Spermatien seien einkernig (Schmitz, Wille, Davis, Oltmanns, Guignard, Osterhout, Yamanouchi), andere aber, daß sie zweikernig sind (Schmidle und Wolfe). Bei solchen Meinungsverschiedenheiten

1) Dies Chromatinkörnchen im Trichogyn hält Schmitz für Derivate des Kerns des Richtungskörpers, nicht aber des Trichogynkerns. Das ist gar nicht wesentlich, daß sie im Trichogyn liegen; dieses ist bloß ein Auswuchs des Bauchteils, aber keine ganze Zelle, mit einem eigenen Kern versehen.

denke ich, daß man das Erscheinen einer neuen Arbeit in diesem Gebiete in keinem Falle für überflüssig zählen kann. Obwohl die letzte Arbeit — Yamanouchi's — mit so deutlichen und ausführlichen Zeichnungen versehen ist, daß Oltmanns in seinem Referat darüber (Bot. Zt. 1907, II. Abt. Nr. 12), dessen Angaben über die Zweikernigkeit des Karpogons für unzweifelhaft und diese Seite der Frage also für gänzlich entschieden hält; doch ist hier, wie ich meine, auch eine andere Meinung möglich. Mir z. B. scheinen die Bilder Yamanouchi's ziemlich schematisiert zu sein. In jedem Falle, indem ich die Glaubwürdigkeit der Angaben von Yamanouchi über die Polyphonia violacea gar nicht bestreiten will, meine ich, die neue Nachforschung der Frage, besonders bei anderen Objekten, sei in keinem Falle überflüssig, schon um zu sehen, ob seine Angaben eine universale Bedeutung haben, oder bei anderen Gruppen der Rotalgen die Sache anders sich verhält.

Auf diese Weise untersuchte ich Helminthora divaricata und Nemalion lubricum, zwei Vertreter der Familie Helminthocladiaceae, der einfachsten nach der Entwicklungsgeschichte zwischen anderen Florideen-, und die erhaltenen Resultate stehen nicht ganz mit den Angaben von Yamanouchi in Übereinstimmung.

Das Material wurde von mir zum Teil auf Klippen von Helgoland (Helminthora und Helminthocladia) und zum Teil auf den Felsen beim Georgkloster in der Krim (Nemalion) gesammelt. Als Fixierungsmittel benutzte ich entweder Jodmeerwasser oder besonders von Rath'sche Lösung zehnmal mit Seewasser verdünnt. Das Material war entweder direkt aus dem Meere oder lebend von der Exkursion mitgebracht im Laboratorium fixiert. Als Färbungsmittel benutzte ich hauptsächlich Hämatoxylin, entweder Heidenhain's Eisenhämatoxylin oder auch Delafield'sche und Kleinberg'sche Lösung, die letzten in sehr starker Verdünnung (2—4 Tropfen auf 500 ccm Leitungswasser); dabei dauerte die Färbung bei Zimmertemperatur 24 Stunden und unter Umständen auch mehr. Zuweilen wurde auch Pikrokarmin benutzt. Das Material wurde in recht beträchtlichen Portionen gefärbt und nach Entfärbung — wenn Entfärbung überhaupt nötig war — in eine offene Schale mit 10 %iger Glyzerinlösung hineingelegt. Die Schale wurde auf den Thermostat (Temp. = 40°) gestellt, und nach einem Tage (zuweilen auch am dritten Tage) verdickte sich das Glyzerin bis zur Konsistenz des dickflüssigen Syrups. In dieser Flüssigkeit wurden auch die Präparate untersucht. Aus dem Material, das mit der verdünnten Kleinberg-schen oder Delafield'schen Hämatoxylinlösung gefärbt wurde, wurden einfach Quetschpräparate gemacht, wobei dank der Anwesenheit der

Gallerte die einzelnen Zweige sich sehr regelmäßig, gar nicht einander zudeckend, verteilten. Bei Benutzung der Eisenhämatoxylinmethode aber wurde die Gallerte ausgelöst, und dadurch gelangen keine guten Quetschpräparate. Solch ein Material war vorläufig nötig sorgfältig mit den Nadeln auseinander zu zupfen. Zur Untersuchung des Chromotophorbau wurden außerdem Mikrotomschnitte und die Färbung mit verschiedenen Anilinfarben benutzt.

Helminthora divaricata I. Ag.

Diese Form ist besonders bequem für das Untersuchen der Entwicklungsgeschichte der Karpogone. Die Karpogonäste entstehen hier in streng akropetaler Anordnung, — nämlich so, daß man in bestimmter Entfernung von der Spitze irgend welchen Zweiges des gallertigen Thallus gerade das gewünschte Entwicklungsstadium finden kann (ungefähr in der Entfernung 1—2 mm von der Spitze befinden sich befruchtungsreife Karpogone). Der junge Karpogonast fängt als eine kleine halbkugelige Zelle an, die seitlich auf einer gewöhnlichen vegetativen Zelle sitzt (Fig. 1). Das geschieht ganz bei der Spitze des Thallus, wo alle Zellen embryonalen Charakter haben und noch kein gut differenziertes Chromatophor besitzen, und obgleich die Zellen des Karpogonastes bei folgender Entwicklung stark wachsen, bleiben sie doch so ohne gut differenzierte Chromatophore. Die Initialzelle des Karpogonastes teilt sich in zwei Teile; später folgen noch zwei Teilungen, indem immer nur die obere Zelle sich teilt (Fig. 2, 3 und 4), wie das auch Wolfe bei Nemalion ganz richtig bemerkt. Das Resultat dieser Teilungen ist, daß sich ein vierzelliger, ja auch ein drei- oder fünfzelliger Karpogonast bildet; die zwei letzteren sind aber seltene Ausnahmen. Dann fängt die obere kuppelförmige Zelle an zu wachsen; ihre Wand wird auf dem oberen freien Ende dünner (Fig. 5) und dann bildet sich auf dieser Stelle eine Ausstülpung (Fig. 6), welche später zu einem langen Trichogyn wächst. Also formiert sich das Karpogon. Zu gleicher Zeit wachsen auch die anderen Zellen, besonders aber jene, die den ganzen Karpogonast trägt; sie verwandelt sich zuletzt in eine große blasenförmige Zelle mit großer Vakuole, die fast den ganzen Zellraum einnimmt, und dem Zellkern, der in der oberen Ecke der Zelle in dicker Anhäufung des wandständigen Protoplasmas liegt.

Auf sehr jungen Stadien scheint das Protoplasma des Karpogons (wie auch der übrigen Zellen des Karpogonastes) sehr dick und homogen zu sein; bei weiterer Entwicklung aber wird es dünner, und auf dem Stadium, das ungefähr der Fig. 6 entspricht, erscheint drinnen ein

ziemlich großes rundes Körperchen, das gewöhnlich über dem Zellkern liegt. Zuerst ist es schwer zu bemerken, später aber wird es deutlicher, und man kann es während des ganzen folgenden Lebens des Karpogons leicht beobachten. Zuweilen, besonders auf älteren Stadien, scheint dieses Körperchen nicht als eine solide Bildung, sondern leer oder ringförmig zu sein (Fig. 9a). In bezug zu den Reagentien ist dieses Körperchen wegen seiner Unempfindlichkeit gekennzeichnet. J und ClZnJ färben sie in eine gelbliche Farbe nur etwas stärker als das Protoplasma. 5 % KOH wirkt auf sie sehr schwach, so daß, wenn Nukleoli schon ganz aufgelöst und das Protoplasma ganz abgeklärt ist, sie sich nur sehr schwach verändern usw. Hämatoxylin von Delafield oder Kleinberger färbt sie sehr schwach; Eisenhämatoxylin dagegen färbt sie ebenso wie auch Nukleoli sehr intensiv. Diese Körperchen stellen nichts anderes, als stark reduzierte Chromotophoren dar. Auf den allerjüngsten Stadien sind sie nicht im Karpogon bemerkbar, hauptsächlich dadurch, daß sie noch nicht eine genügend dichte Konsistenz haben (auch nach ihrem Erscheinen werden sie zuerst nur allmählich deutlicher). Gewöhnlich sieht man nur ein solches Chromatophor im Karpogon, zuweilen aber zwei und auch mehr (Fig. 8).

Der Zellkern des Karpogons nimmt die ganze Zeit bis zur vollen Reife dessen untersten Teil ein. Er ist verhältnismäßig groß mit einem großen Kernkörperchen. Die Kernhöhle selbst scheint fast ganz leer zu sein, da das Kerngerüst ungemein schwach ausgebildet ist. Das ganze Chromatin scheint in den Kernkörperchen konzentriert zu sein.

Das größte Interesse stellt natürlich die Frage von der Zahl der Kerne im Karpogon dar und auf diese muß ich antworten, daß auf keinem Entwicklungsstadium des Karpogons das Trichogyn seinen eigenen Kern hat und das ganze Karpogon also immer einkernig ist. In dieser Beziehung stimmen meine Angaben mit denen von Davis und seiner Schüler Wolfe und Yamanouchi nicht überein. Ich sehe vollkommen ein, daß die negativen Angaben caeteris paribus eine viel weniger beweisende Kraft als die positiven haben. Aber ich habe Tausende von Karpogonen durchgesehen, ihre Entwicklungsgeschichte in ausführlichster Weise Schritt für Schritt verfolgt, wobei aber kein einziges Mal, weder eine Zweikernigkeit noch eine Spur der Teilung des ursprünglichen Karpogonkernes beobachtet wurde. Stets konnte man die Einkernigkeit der Karpogone konstatieren. Obwohl zuweilen sich die Karpogone trafen, die beim ersten Blicke zweikernig zu sein schienen, aber die sorgfältigere Untersuchung zeigte, daß hier überall

die Sache unzweifelhaft bloß von einer Verwechslung mit dem Chromatophor abhängt.

Wie gesagt sind die Chromatophore bei mäßiger Entfärbung ebenso wie Nukleoli mit Eisenhämatoxylin gefärbt, und aus diesem Grunde sind Mißverständnisse möglich. Diesem kann noch jener Umstand zugunsten sein, daß dabei (bei Eisenhämatoxylinfärbung) die Kernwand sich gar nicht färbt und schwer zu unterscheiden ist; die Chromatophoren aber ihrerseits sind von hellerem Protoplasma umgeben, so daß sich ein heller Hof bildet, der an die Kernhöhle erinnert. In Fig. 8 kann man auch drei solche quasi-Kerne im Karpogon sehen, aber eine sorgfältige Untersuchung zeigt unzweifelhaft, daß nur der untere Körper der eigentliche Kern ist. Die zwei oberen sind Chromatophoren. Indem man Quetschpräparate macht, ereignet es sich zuweilen, daß einige Karpogone sich zu stark drücken, so daß ein Teil des Inhaltes in das Trichogyn hineingequetscht erscheint. Dieses (Trichogyn) bläst sich dabei am Ende, wo die Membran dünner ist, etwas auf. In solcher Weise wird zuweilen auch der Zellkern selbst in das Trichogyn hineingequetscht, dabei deformiert er sich stark. Das kann auch mit dem Chromatophor geschehen, das dabei als ein Zellkern im Trichogyn zu sein scheinen kann. Wenn im Karpogon, das auf Fig. 9 abgebildet ist, nur das obere Chromatophor in das Trichogyn hineingedrückt wäre (ungefähr solch ein Fall wurde in Wirklichkeit beobachtet), so würde der Eindruck eines Kerns im Trichogyn (Chromatophor) und des zweiten großen Kerns im Bauchteile erhalten worden sein (wirklicher Zellkern). Was das unten liegende Chromatophor anbetrifft, so könnte man es, da es an einer weiten Stelle des Karpogons ganz unverändert liegt, ohne Mühe als das Chromatophor erkennen. In solcher Weise könnte das Bild erhalten sein, das an einige Figuren Wolfe's bei Nemalion multifidum (Fig. 4 und 5 Wolfe) erinnert.

Also liegt hier, wie es scheint, die mögliche Quelle der Fehler; sie sind hier übrigens nicht schwer zu offenbaren, weil alle Elemente bei Helminthora verhältnismäßig groß und gut ausgebildet sind, in anderen Fällen aber könnten solche Fehler sehr leicht vorkommen.

Beim Erreichen der völligen Reife des Karpogons wechseln gewöhnlich sein Kern und das Chromatophor ihre Plätze: der Kern hebt sich etwas nach oben und das Chromatophor senkt sich nach unten. Also hat zur Zeit der Befruchtung das Karpogon folgendes Aussehen (Fig. 10): unten im Bauchteile liegt ein rundes Körperchen (reduziertes Chromatophor); höher befindet sich ein recht großer (8 μ im Durch-

messer) Zellkern mit einem großen Kernkörperchen und ohne deutliches Kerngerüst. Das Trichogyn ist gerade[1]) und durch eine Länge gekennzeichnet (150—250 μ lang). Da seine Wände bei der Basis ziemlich verdickt sind, so ist dadurch die Höhlung hier viel enger. Auf der obersten Spitze des Trichogyns ist die Wand aber im Gegenteil sehr dünn, und es ist an dieser Stelle zuweilen etwas keulenförmig angeschwollen. Das Protoplasma des Trichogyns ist gewöhnlich stark vakuolisiert, indem die Vakuolen sich sehr oft nacheinander wie in der Jamin'schen Kette ordnen. Wenn in solchem Falle die Protoplasmaschichten zwischen den einzelnen Vakuolen nicht dick sind, so koagulieren sie beim Fixieren in ziemlich dichte Massen und das ganze Trichogyn nimmt dabei ein gliederartiges Aussehen an (vgl. Fig. 1, T. v. Oltmanns 1898 Gloeosiphonia). Bisweilen bemerkt man im Trichogyn einige Körnchen, die sich intensiv mit Eisenhämatoxylin färben (Fig. 11) und an die Schmitz'schen chromatinähnlichen Körperchen erinnern. Ich konnte nicht die Natur dieser Körperchen bestimmen. In jedem Falle stehen sie in keiner Beziehung zu dem Zellkern. Sie sind überhaupt keine beständige Bildung; in anderen gleichgestalteten Trichogynen ist keine Spur von diesen Körperchen zu finden, und solche sind in weit überwiegender Mehrzahl; weiter gibt es keine Spur vom Übergang von diesen Körperchen zu etwas mehr bestimmt organisiertem, das, wenn auch in entfernter Weise, dem Bau nach dem Zellkerne ähnlich wäre. Es bleibt also nur die Fähigkeit, mit Eisenhämatoxylin zu färben übrig; aber das ist ein zu schwacher Beweis. Ganz ähnlich färben sich auch die Poren zwischen den Zellen wie auch die Körnchen, die gewöhnlich bei der Basis des Karpogons an die Poren anliegen; diese Körperchen aber haben gewiß nichts mit dem Chromatin zu tun; wie es scheint, sind sie bloß Reservestoffe.

Die männlichen Sexualelemente sind in meinem Material bei Helminthora divaricata ständig auf spezielle männliche Exemplare beschränkt. Von der Möglichkeit solcher Diözie spricht auch Thuret (Etudes phycologiques, 1878), aber wie von einer Ausnahme. In meinem Materiale, das auf Klippen von Helgoland gesammelt war, ist das die Regel. Das äußere Aussehen der Antheridienstände ist vorzüglich bei Thuret (1878) dargestellt. Betreffs der Details des Baues gibt meine Fig. 12 einige Belege. Hier sieht man, wie mehrere Antheridien an einer

1) Thuret (Études phycologiques, Tome XXII, Fig. 7) bildet das Karpegon mit einem spiralig gedrehtem Trichogyn. In meinem Material war dieses aber kein einziges Mal zu beobachten. Augenscheinlich ist dieses eine sehr seltene Erscheinung.

Fußzelle sitzen. Die Spermatien selbst sind ziemlich klein (ungefähr 4 μ im Durchmesser); ihr Protoplasma ist ganz klar und ich konnte nicht in ihnen irgend welche Spur des Chromatophors konstatieren. Der Zellkern des Spermatiums hat ungefähr 1,5—2 μ im Durchmesser; er färbt sich ganz mit Hämatoxylin sehr intensiv, aber bei gut gelungener Färbung kann man in ihm auch ein Kernkörperchen unterscheiden.

Nach dem Austritt aus den Antheridien entbehren die Spermatien die Membran, sind aber mit einem gallertigen Juvolucrum umgeben, das bei kleinem Diaphragma deutlich wie ein abstehender Umriß zu bemerken ist. In solcher Form klebt sich das Spermatium an das Trichogyn an (Fig. 11) und hier bekleidet es sich in bekannter Weise mit einer Wand, indem das gallertige Juvolucrum unverändert bleibt (Fig. 14).

In meinem Material fand eine sehr reichliche „Bestäubung" des Trichogyns mit den Spermatien statt, so daß man öfters 10 oder mehr Spermatien auf einem Trichogyn sitzend sehen kann. Die Spermatien bleiben auch auf dem Trichogyn einkernig, und in solchem Zustande findet die Kopulation statt. Überhaupt kann man sagen, daß alle ♂ Kerne die Neigung haben, in das Trichogyn überzugehen, aber nur eins erreicht den Bauchteil, die übrigen bleiben im Trichogyn, wo nach einiger Zeit sie ihre Fähigkeit zum Färben verlieren und schließlich gänzlich verschwinden.

Die Einkernigkeit der Spermatien bei Helminthora divaricata halte ich für ganz unzweifelhaft. Abgesehen davon, daß niemals eine Teilung des Kerns, auch nicht zwei Kerne im Spermatium beobachtet wurden, obwohl eine große Menge von Karpogonen auf entsprechenden Stadien, namentlich mit Spermatien auf dem Trichogyn, beobachtet wurde, folgt das noch mit voller Sicherheit aus den Zahlverhältnissen der Kerne, die im Trichogyn übrig bleiben. Auf Fig. 15 ist das Trichogyn eines noch nicht befruchteten Karpogons gebildet; man bemerkt zwei Kerne und zwei Spermatien. Auf Fig. 16 ist aber das Trichogyn eines schon befruchteten Karpogons, bei dem der Bauchteil sich vom Trichogyn schon abgesondert hat; man sieht drei Spermatien und zwei Kerne — der dritte ist in den Bauchteil übergegangen und hat sich dort mit dem Eikern verschmolzen. Fig. 17 zeigt dasselbe.

Der Weg des befruchtenden männlichen Kerns durch das Trichogyn und die Verschmelzung mit dem weiblichen Kern wurde nicht mit voller Ausführlichkeit verfolgt.

Dieser Prozeß vollzieht sich schnell und es ist nicht leicht ihn zu ertappen. Ich denke aber nicht, daß es der Mühe lohnt, hier alle Stadien sehen zu wollen, da auch ohnehin das Wesen des Prozesses kaum einen gründlichen Zweifel erregen kann. Übrigens wurden einige Stadien gesehen (Fig. 18, 19, 20). Wie man sieht, senkt sich der Eikern im allerletzten Moment wieder nach unten, so daß die Kernverschmelzung, wie es scheint, schon unten im Bauchteile stattfindet.

Gleich nach dem Durchgang des ♂-Kerns in den Bauchteil wird die protoplasmatische Kommunikation mit dem Trichogyn unterbrochen, indem der protoplasmierte Strang in der Basis des Trichogyns zerreißt; dabei erhält das Protoplasma an dieser Stelle einen unregelmäßig eckigen Umriß (Fig. 18), später aber nimmt es das Aussehen einer Papille an, die sich bald mit einer Wand bekleidet (Fig. 21), wie das ganz richtig von Wille abgebildet und ausführlicher von Wolfe für Nemalion multifidum dargestellt ist. Wahrscheinlich bekleidet diese Wand das befruchtete Ei ganz herum, obgleich es nicht gelingt, sie im unteren Teile zu verfolgen.

Die befruchtete Eizelle teilt sich, wie bekannt, in zwei aufeinander liegende Zellen und nur die obere erreicht die weitere Entwicklung. Die äußere Seite der Entwicklung des Sporophyts ist genügsam in den beiliegenden Figuren 22—27 illustriert und braucht keine weitere Besprechung; man muß nur erwähnen, daß man dabei noch recht lange die eigene Haut des Karpogons und die Reste des Trichogyns oben sehen kann (Fig. 27). Die befruchtete Eizelle fängt gleich an, eine bestimmte Wirkung auf die näher liegenden vegetativen Zellen auszuüben, die sich darin äußert, daß sie einige Auswüchse bilden, die bald zu stark verzweigten Hüllfaden wachsen und schließlich das Sporophyt gänzlich verdecken (Fig. 28). Gewöhnlich sind es jene zwei Zellen, welche am oberen distalen Ende der den blasenförmigen Karpogonast tragenden Zelle sitzen, die in solcher Weise Hüllfäden bilden; aber das ist nicht immer der Fall. Wenn auch irgendeine andere Zelle dem Karpogon so nahe liegt, auch solche, die von einer ganz anderen Zellenreihe entsteht, so können auch aus dieser sich Hüllfäden entwickeln. Wie es scheint, scheidet das befruchtete Karpogon „Etwas“ aus, das die benachbarten Zellen „reizt“ und dieses „Etwas“ pflanzt sich einfach durch das umgebende Medium fort.

Vom ersten Anfang der Entwicklung des Sporophyts überfüllen sich die unten liegenden Zellen des Karpogonastes mit Reservestoffen. Diese durchtränken zum Teil das Protoplasma, so daß es stark mit Hämatoxylin sich zu färben anfängt, zum Teil sind sie als geformte

Körperchen abgelagert. Im letzten Falle kommen in den Zellen zum Vorschein: zuerst die unregelmäßig verzweigten Stäbchen, die stark sich mit Hämatoxylin färben, danach fängt die Substanz dieser Stäbchen sich zuerst in leere und dann in solide Kugeln zu ziehen (Fig. 29.) Es ist interessant noch dabei ein starkes Erweitern der Poren zwischen den Zellen des Karpogonastes zu bezeichnen. Auf gelungenen Präparaten sieht man wie die Ströme des dunkleren, mit Reservestoffen überfüllten Protoplasmas von Pore zu Pore durch die Zellen fließen (Fig. 30). Wie es scheint, findet hier ein beträchtlicher Zufluß der Nährstoffe zu dem sich entwickelnden Sporophyt statt und geht hauptsächlich durch die Poren. Es ist interessant, daß in jener Zelle des Karpogonastes die unmittelbar unter dem Karpogon liegt — in der sog. Hypogyne — niemals eine große Ablagerung dieser Reservestoffe zu beobachten ist. Wahrscheinlich steht das damit in Zusammenhang, daß die Pore zwischen dieser Zelle und der oben vor ihr liegenden Tragzelle des Sporophyts sich besonders erweitert, dadurch werden die Reservestoffe hier nicht abgelagert gehen aber unmittelbar in die obenliegende Zelle über (Fig. 29 u. 30).

Um endlich mit Helminthora zu schließen, muß ich hier noch einige Abnormitäten erwähnen. Zuweilen bemerkt man die Verzweigung des Karpogonastes; die beiden Zweige können dabei vollkommen normale Karpogone tragen (Fig. 31). Solche Erscheinung ist bei Helminthora mit ihrem stark differierten Karpogonaste selten, viel öfters ist sie bei Nemalion (siehe darüber unten). Zuweilen ist auch die Verzweigung des Trichogyns zu beobachten (Fig. 32); dies wirkt nicht im geringsten auf die weitere Entwicklung des Karpogons ein.

Nemalion.

Bezglich des Baues der Sexualorgane kamen Wille und Wolfe bei dieser Gattung zu ganz verschiedenen Resultaten, deshalb wurde eine besondere Aufmerksamkeit darauf gerichtet. Leider stand das Material von derselben Art (Nemalion multifidum) nicht zu meiner Verfügung, dagegen hatte ich eine andere Art (Nemalion lubricum Duby). Aber das sind so nahestehende Formen, daß es kaum möglich ist, hier wesentliche Unterschiede zu erwarten.

Alle Elemente bei Nemalion lubricum sind kleiner und nicht so gut ausgebildet, überhaupt ist diese Art zum Untersuchen bei weitem nicht so günstig wie Helminthora. Im allgemeinen ist Nemalion im Vergleich mit Helminthora durch die Merkmale der niederen Organisation gekennzeichnet; dieses zeigt sich im Bau der Karpagonäste und

in der Reihenfolge ihres Erscheinens, auch in der Abwesenheit der Hüllfaden um das Sporophyt usw. Der Karpogonast stellt hier, ebenso wie auch bei Helminthora einen vierzelligen Zweig dar, dessen obere Zelle sich zu einem Karpogon umbildet. Die Zellen des Karpogonastes sind hier aber weniger hoch differenziert und haben nicht eine solch bestimmte Form, dabei sitzt der ganze Karpogonast auf der gewöhnlichen vegetativen Zelle, nicht aber auf solch einer blasenförmigen wie bei der vorhergehenden Art. Infolgedessen fällt die ganze Bildung hier nicht so in die Augen. Der niederen Differenzierung des Karpogonastes entsprechend, finden sich hier viel öfters auch solche Abnormitäten, von welchen oben bei Helminthora die Rede war und welche man durch einen vegetativen Wuchs und Verzweigung des Karpogonastes erklären kann (Fig. 33).

Die Entwicklung der Karpogonäste ist ganz derselben bei Helminthora ähnlich; sie kommen überhaupt ebenso in akropetaler Reihenfolge zum Vorschein, obgleich solch eine Regelmäßigkeit wie bei Helminthora nicht stattfindet. Nicht selten kann man auch recht weit (einige Millimeter) von der Spitze des Thallus, zwischen alten schon lange befruchteten, ja sogar zu Sporophyten entwickelten, ganz junge Karpogone finden. Solche Abweichung von der akropetalen Anordnung steht wahrscheinlich mit schwacher Verzweigung des ganzen Thallus bei Nemalion lubricum in Zusammenhang; infolgedessen gibt es zu wenig Spitzen, wo die Neubildung der Karpogone stattfinden könnte und sie „sind genötigt", auch ältere Stellen des Thallus zu benutzen.

Die Zellen des Karpogonastes haben je ein ziemlich reduziertes Chromatophor, das aber weit mehr als bei Heminthora entwickelt ist. Eigentlich gibt es hier nur den zentralen Teil des sternartigen Chromatophors mit dem Pyrenoid (s. darüber unten). Mit Eisenhämatoxylin färben sich diese Pyrenoiden sehr intensiv (Fig. 34). Ganz ebenso färben sich auch Nukleoli, und nur diese sind damit in den Kernen gefärbt, da sich hier kein deutliches Kerngerüst findet. Deshalb kann man hier beim ersten Anblick die Kerne mit Chromatophoren verwechseln und die Zellen des Karpogonastes für zweikernig halten. Aber bei einer sorgfältigeren Untersuchung ist es nicht sehr schwer, den Unterschied zu bemerken, da die Umrisse des Chromatophors nicht so scharf begrenzt sind, weil es hier nichts einer Kernwand ähnliches gibt; weiter, nur bei der Bearbeitung mit Eisenhämatoxylin färben sich die Pyrenoiden so intensiv mit Hämatoxylin, nach Delafield aber oder Kleinberg färben sie sich viel schwächer; dann ist jede Verwechslung mit dem Kern unmöglich. Eben solch ein Chromatophor, vielleicht noch

mehr reduziertes, befindet sich im Karpogon. Es liegt im Bauchteil über dem Zellkern und bei der Färbung mit Eisenhämatoxylin gleicht es ihm zuweilen so, daß bestimmt nicht wenig Sorgfältigkeit nötig ist, um hier den Unterschied zu bemerken (Fig. 34, 35, 39). Indem man Quetschpräparate macht, kommt zuweilen hier wie auch bei Helminthora vor, daß ein Teil des Inhaltes des Bauchteils sich in das Trichogyn hinüberdrückt; wenn das auch mit dem Chromatophor stattfindet, so kann man das Bild wie auf Fig. 36 erhalten, das den Eindruck macht, als ob im Trichogyn sich ein eigener Kern befindet. Bei solchem Hinüberquetschen deformiert sich das Chromatophor so, daß es unmöglich ist, seine echte Natur unmittelbar zu bestimmen, nur einige Übergänge und Vergleichen mit den anderen Fällen erlauben die Sache zu erklären und diesen Körper im Trichogyn für das, was er in Wirklichkeit ist — für das Chromatophor zu erkennen. Aber solche Fälle des Hindurchdrückens des Chromatophors sind natürlich sehr selten, gewöhnlich ist das Trichogyn mit farblosem Protoplasma ohne jegliche Einschlüsse erfüllt. Bisweilen beobachtet man übrigens auch hier, wie auch bei Helminthora Körperchen, die an Schmitz'sche chromatinähnliche Körperchen erinnern (Fig. 34). Die Natur dieser Körperchen konnte ich auch hier nicht bestimmen; in jedem Falle sind sie kein wesentlicher Teil des Karpogons. Zuweilen fließt diese färbbare Substanz zu größeren unregelmäßigen Klumpen zusammen und dann bleibt kein Zweifel mehr, daß dieselbe nichts mit den Kernen zu tun hat.

Was die Kerngeschichte im Karpogon anbetrifft, so muß ich auch hier, wie auch bei Helminthora, seine Einkernigkeit konstatieren. Auf allen Entwicklungsstadien von den allerjüngsten bis zur völligen Reife ist das Karpogon einkernig; von Tausenden durchgesehenen Karpogonen wurde kein einziges Mal weder eine Teilung des ursprünglichen Kernes des Karpogons noch dessen Zweikernigkeit beobachtet. Wenn es zuweilen auch auf den ersten Blick etwas ähnlich erscheint, so hängt dieses ganz von den oben besprochenen Beschaffenheiten des Chromatophors, von seiner Ähnlichkeit mit dem Zellkern bei der Eisenhämatoxylinfärbung ab. Die abweichenden Angaben Wolfe's erkläre ich einerseits damit, daß er dem Färbungsvermögen zu viel Bedeutung gab, indem er jene Körperchen im Trichogyn fast nur dadurch für Kernderivate deutet, daß sie sich mit Eisenhämatoxylin färben; andererseits meine ich, daß er mit pathologisch verändertem Material arbeitete (s. darüber unten).

Das befruchtungsreife Karpogon bei Nemalion lubricum ist im allgemeinen sehr solchem bei Helminthora ähnlich, nur ist es beträcht-

lich kleiner. Das gerade Trichogyn ist mit farblosem Protoplasma, gewöhnlich ohne stark entwickelte Vakuolen, erfüllt. Solch ein gegliedertes Trichogyn, wie es auf Fig. 10 und 11 bei Helminthora abgebildet ist, wurde hier niemals beobachtet. Die Länge des Trichogyns ist gewöhnlich viel kürzer (60—80 μ), aber als Ausnahme begegnen sich so lange wie auch bei Helminthora (150 μ und mehr [Fig. 39]). Die Höhlung des Trichogyns ist bei der Basis infolge der Verdickung der Wände verengt. Der Bauchteil hat dieselbe Form wie auch bei Helminthora. aber in beträchtlich kleineren Dimensionen. In dessen unterem Teile liegt der Zellkern (ungefähr 4 μ im Durchmesser) mit dem Kernkörperchen und ohne merklich ausgebildetem Kerngerüst. Über dem Kern liegt das oben beschriebene Chromatophor. Jenes Steigen des Eikerns im reifen Karpogon, welche sich bei Helminthora findet, wird hier nicht beobachtet. Er bleibt also fast bis zum Moment der Vereinigung mit dem ♂ Kern unter dem Chromatophor liegen.

Die Anteridien sind, wie auch bei Helminthora, in eben solche Anteridienstände eingesammelt und sitzen entweder auf speziellen männlichen Pflanzen, oder auf denselben, die die Karpogone tragen. Die Lage der Anteridien und der Spermatien in ihnen ist genügend mit Fig. 41 illustriert. Man muß hier auf eine beträchtliche Neubildung der Spermatien an Stelle der nach außen getretenen aufmerksam machen, wodurch man ein ganzes System leerer ineinander eingelegter Wände beobachten kann. Die Spermatien selbst unterscheiden sich in nichts von solchen bei Helminthora; in ihnen sieht man ebenso einen intensiv sich färbenden Kern, in welchem man bei gelungener Färbung auch ein kleines Kernkörperchen wahrnehmen kann. Ich konnte keine anderen Einschlüsse im farblosen Protoplasma des Spermatiums bemerken, sowie auch keine Reste von Chromatophoren, von welchen Wolfe spricht.

An das Trichogyn des reifen Karpogons klebt das einkernige Spermatium öfters in der Einzahl an. So auch einkernig bleibend, tritt es in bekannter Weise die Kopulation an. Keine Teilung des Spermatiumkernes, wie das Wolfe bildet (Wolfe Fig. 49 und 50), auch kein zweikerniges Spermatium wurde beobachtet. Der einzige Kern des Spermatiums geht in das Trichogyn über, drängt weiter in den Bauchteil hinunter und vereinigt sich da mit dem Eikern (Fig. 37 bis 40). Die Verschmelzung selbst der ♂ und ♀ Kerne wurde nicht mit aller Ausführlichkeit gesehen. Dieser Prozeß, wie auch bei Helminthora, geht schnell vorüber und es ist schwer, ihn abzupassen, aber wie ich meine, nach den oben angeführten Gründen, ist es kaum unentbehrlich, dies in allen Details zu verfolgen.

Nach der Befruchtung teilt sich der Bauchteil vom Trichogyn ab, indem, wie dieses Wille und Wolfe bezeichnen, sich die eigene Wand um die befruchtete Eizelle ausscheidet (Fig. 42). Nachher findet, wie bekannt, die Teilung der Zygote in zwei Zellen statt, von welcher nur die obere sich weiter in Sporenhaufen entwickelt; die untere aber bleibt wie eine Trag- oder Stielzelle ungeteilt. Die Entwicklungsgeschichte des Sporophyts wird genügend mit den beiliegenden Figuren illustriert (Fig. 42—45). Es wird in den Zellen des Karpogonastes, sowie auch bei Helminthora, ebensolch eine Anhäufung der nährenden Stoffe, nur in etwas kleinerer Quantität, beobachtet. Auch hier findet eine starke Erweiterung der Poren zwischen den Zellen statt; wie auch bei Helminthora wird die Pore zwischen der Tragzelle (Stielzelle) und der unten liegenden Hypogyne besonders stark erweitert. Es geht oft so weit, daß durch die Öffnung der Zellkern der Tragzelle in die Hypogyne durchgeht, so daß man eine zweikernige Zelle enthält (Fig. 43).

Der Chromatophorenbau bei Nemalion und Verwandten.

1. Nemalion.

In der Arbeit Wolfe's ist ein besonderes Kapitel der Frage nach der Struktur der Chromatophoren bei Nemalion multifidum gewidmet. Zum Schluß der ausführlichen Behandlung kommt der Autor zur Ansicht, daß das Pyrenoid, das die früheren Autoren (Schmitz 1882) bei dieser Form beschrieben haben, in Wirklichkeit nicht existiert; daß der Zentralteil des Chromatophors bloß mit einer Vakuole besetzt ist. „Material . . . stained in safranine and gentianaviolett shows that this central body in not a homogenous solid. Section reveal more clearly a wall layer of the same material as the rest of the chromatophore, surrounding what appears to be a mere vacuolar cavity. This vacuole represents the socalled pyrenoid, which earlier writers have described as characteristic of the vegetative cells of this plaut.“ (Wolfe 1904, pag. 610, 611). Die sorgfältigste Untersuchung auf den dünnsten Mikrotomschnitten konnte nicht „the presence of any organized material in this central region“ offenbaren. Und wirklich stellen alle zahlreichen Bilder Wolfe's, wie von ganzen Zellen sowie auch von Mikrotomschnitten aufgenommen, deutlich die Höhle im zentralen Teil des Chromatophors und keine Spur des Pyrenoids dar. Diese Angaben Wolfe's stehen in Widerspruch mit denen von Schmitz, der das Pyrenoid bei Nemalion multifidum beschrieb. Obwohl er kein Bild da gegeben hat; bei nahe stehender Form aber — Helminthocladia — bildet er das Pyrenoid mit voller Deutlichkeit als rundes Körperchen, welches das Zentrum des

sternförmigen Chromatophors einnimmt. Dasselbe findet sich nach der Beschreibung von Schmitz auch bei Nemalion. In meinem Material von N. lubricum Duby, welches zuerst zur Untersuchung genommen war, wurden ebenso die Bilder erhalten, die mit den Angaben Wolfe's gänzlich nicht übereinstimmen. Fast alle Zellen, sowohl die vegetativen wie auch die Zellen des Karpogonastes und das Karpogon selbst, wie das schon oben beschrieben wurde, hatten im Zentrum des Chromatophors je ein deutlich ausgebildetes Pyrenoid. Mit Eisenhämatoxylin färben sich diese Pyrenoide sehr intensiv und treten auf den Präparaten so scharf hervor, daß es durchaus unmöglich ist, sie zu übersehen. Also blieb es nur übrig anzunehmen, daß zwei so nahe stehende Formen, wie N. multifidum und N. lubricum, sich in bezug des Chromatophorenbaues sehr wesentlich voneinander unterscheiden; aber das war schon a priori kaum wahrscheinlich.

Die andere Portion des Materials hat die Sache aufgeklärt. Hier waren, mit Wolfe übereinstimmend, wirklich keine Pyrenoide zu sehen; an dessen Stelle fanden sich im Zentrum des Chromatophors bloß die Vakuolen. Da sowohl die erste wie auch diese Portion des Materials an ein und demselben Orte, zu derselben Zeit gesammelt, und in der gleichen Art mit der vom Rath'schen Lösung fixiert waren, so könnte solch ein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen sich unverständlich zeigen, wenn sich die Sache nicht in der folgenden Weise erklärt hätte. Die erste Portion (Nr. 1) wurde direkt aus dem Meere in die fixierende Flüssigkeit hineingelegt, die zweite aber (Nr. 2) wurde anfangs in einem Zinkeimer mit Seewasser untergebracht und erst nach 2 Stunden fixiert. Gerade in dieser zweiten Portion (Nr. 2) fehlten die Pyrenoide. Schon Schmitz weist auf die besondere Empfindlichkeit der Pyrenoide bei den Helmintocladiaceae hin, die „bei Einwirkung von süßem Wasser, Spiritus, verdünnter Essigsäure usw. aufquellen und sich schließlich vollständig in dem umgebenen Medium verteilen". Sichtbar bringen auch die schwächeren Agentien bei einer mehr oder weniger langen Wirkung denselben Effekt hervor. Eine obgleich nicht bedeutende Veränderung der Temperatur, Mangel an Sauerstoff, vielleicht oligodynamische Wirkung des Zinkeimers oder irgendwelche andere ungünstige Bedingungen erzeugten hier im Material Nr. 2 diesen Prozeß der Auflösung, oder vielleicht besser zu sagen, der Autolyse des Pyrenoids. In allem anderen haben die Zellen dieser Portion (Nr. 2) ein gänzlich normales Aussehen, so daß die ungünstigen Wirkungen anscheinend zu schwach waren, um auch auf andere Organe der Zelle merklich einzuwirken.

Also hat der normale, nicht beschädigte Chromatophor aus Material Nr. 1 folgenden Bau: vom gerundeten zentralen Teil gehen nach allen Seiten Strahlen aus, welche die Zellenwand erreichend sich platt drücken und also eine innere wandständige Schicht bilden (Fig. 46—49). Der mittlere zentrale Teil ist von dem Pyrenoid eingenommen; das letzte stellt keinen homogenen Körper (wie dieses Schmitz bei Helminthocladia darstellt) vor, aber bei einer guten Färbung kann man deutlich bei ihm zwei Teile unterscheiden: den zentralen Körper und die umgebende Zone (Fig. 46). Der zentrale Körper ist gewöhnlich kugelig; er färbt sich sehr intensiv mit Eisenhämatoxylin und Anilinfarben (bei der Flemming'schen Dreifärbung rot). Die umgebende Zone ist mit einem scharfen Umriß vom eigentlichen Chromatophor abgegrenzt, aber nach ihrer Konsistenz unterscheidet sie sich wenig von ihm. Zuweilen kann man bei einer gelungenen Färbung und nicht in allen Pyrenoiden hier eine schwache Granulierung bemerken, welche sich violett bei der Flemming'schen Dreifärbung färbt (Fig. 50). Die umgebende Zone ist kein Kunstprodukt — kein leerer Platz, der infolge des Zusammenziehens des Pyrenoids entsteht, was man, wie bekannt, sehr oft beim Einbetten in Balsam beobachtet; — sie ist eine wirklich existierende Bildung, die eine organisierte Substanz enthält, was ohne jeden Zweifel aus ihrer Struktur wie auch aus den Beziehungen zu den Farben folgt.

Eine große Mehrzahl der Zellen aus Material Nr. 1 haben Pyrenoid von beschriebenem Bau, aber zuweilen kommen auch hier pyrenoidlose Zellen vor, sogar auch ganze Teile des Thallus sind zuweilen aus selchen Zellen zusammengestellt. Schon am Orte waren diese Teile, wie es scheint, irgendwelcher ungünstigen Wirkung ausgesetzt, das die Lösung des Pyrenoids erzeugte[1]). Auf passenden Stellen kann man in einer Reihe der benachbarten Zellen alle Übergänge vom intakten Pyrenoide bis zu dessen vollständiger Auflösung verfolgen. Dabei kann ein folgendes Bild beobachtet werden: Zuerst quillt der Zentralkörper des Pyrenoids auf; er vergrößert sich ein wenig im Umfange und nimmt ein Aussehen an, das für die aufgequollenen Körper charakteristisch ist, indem seine Peripherie stärker als das Zentrum zu färben anfängt (Fig. 47). Die Aufquellung geht weiter, indem die umgebende Zone

1) Indem man die Bedingungen, unter welchen Nemalion lubricum wohnt, kennt, kann man sich leicht eine ganze Reihe von solchen Wirkungen vorstellen. Wie bekannt wächst N. lubricum auf Felsen ganz an der Grenze des Wassers, sogar auch ein wenig höher und darum setzt es sich leicht einer gewissen Austrocknung, einer übermäßigen Insolation und Erwärmung, der Wirkung des Regenwassers usw., aus.

allmählich hinausgedrängt wird (Fig. 48); zuletzt bleibt nichts mehr von der umgebenden Zone übrig (Fig. 49); die ganze Mitte des Chromatophors erscheint von einer stark aufgequollenen Masse eingenommen, die sich noch mit Hämatoxylin (oder Safranin nach Flemming) ziemlich stark färbt (Fig. 49).

Auf diesem Stadium im Material Nr. 1 stellt sich der Prozeß gewöhnlich ein, aber zuweilen geht er auch weiter, in dem die aufquellende Masse allmählich die Fähigkeit zur Färbung verliert, sichtbar infolge vollständiger Auflösung und Diffundieren nach außen (Fig. 51); zuletzt zeigt sich in der Mitte des Chromatophors eine Höhle, die nicht mit einer organisierten Substanz ausgefüllt ist. Solch ein Zustand im Material Nr. 1 ist, wie gesagt, eine Ausnahme, aber in Nr. 2 ist das eine Regel; da ist im Gegenteil eine Zelle mit intaktem Pyrenoid nicht zu finden; nur sehr selten findet man die Zellen mit den Resten der stark aufgequollenen Masse des Pyrenoids in der Mitte des Chromatophors (wie in Fig. 49), gewöhnlich aber befindet sich an Stelle des Pyrenoids einfach eine Vakuole, die frei von organisierter Substanz ist (Fig. 52 bis 53).

In solcher Art und Weise beschreibt und bildet Wolfe das Chromatophor bei seiner Form — N. multifidum. Aber alle Überlegungen und Angaben Schmitz's gerade in bezug auf diese Form und völlige Unwahrscheinlichkeit dessen, daß zwei so nahestehende Formen, wie Nemalion multifidum und N. lubricum sich so gründlich voneinander in dieser Hinsicht unterscheiden — alles dieses zwingt anzunehmen, daß auch bei N. multifidum in den normalen Zellen sich ein Pyrenoid befindet. Ich meine, daß Wolfe gerade eben solch ein unnormales Material hatte, wie auch meine Nr. 2. Und dafür waren bei ihm scheinbar die passenden Bedingungen realisiert. Sein Material wurde die ganze Zeit in lebendigem Zustande in Aquarien des Laboratoriums erhalten und einzelne Portionen daraus wurden von Zeit zu Zeit herausgenommen und fixiert. Im allgemeinen waren die Lebensbedingungen in den Aquarien Wolfe's wie es scheint erträglich, so daß ein direktes Absterben nicht beobachtet wurde, aber dennoch waren es keine normalen Bedingungen und zum Schluß litt dadurch in bekannter Weise der empfindlichste Teil der Zelle — das Pyrenoid. Übrigens liegt die Vermutung nahe, daß auch die anderen Teile der Zelle einige pathologische Veränderungen dabei erhalten konnten. Obgleich die Zellen direkt auch nicht abstarben (so fuhren sogar die Zellkerne sich zu teilen fort), aber eine solche Vermutung ist nicht ausgeschlossen. Vielleicht z. B. sind jene nicht ganz deutlichen Figuren in dem Spermatium, welche

Wolfe als die Teilung des Spermatiumkerns erklärt, das Resultat pathologischer Veränderungen (s. Wolfe 1904, Fig. 49 u. 50). So stellt auch Wolfe's Fig. 13, wo drei „Kerne" im Bauchteile des Karpogons abgebildet sind, wahrscheinlich pathologische Fragmentierung des Kerns dar. Ich bin überhaupt geneigt, in solcher Weise jene Figuren Wolfe's zu erklären, wo ein oder mehrere überflüssige gefärbte Körperchen im Karpogon dargestellt sind, die seiner Meinung nach die Anwesenheit des zweiten Kerns (des Trichogynkerns) demonstrieren sollen.

2. Helminthocladia.

Von allen Helminthocladiaceen bildet Schmitz nur bei Helminthocladia Chromatophor mit seinem Pyrenoid zusammen ab. Auf seiner Fig. 12 (Schmitz 1882), die einen optischen Längsschnitt durch die Rindenzelle (Assimilationszelle) darstellt, bildet er im Zentrum des sternförmigen Chromatophors ein Pyrenoid in Form eines homogenen rundlichen Körperchens ab, das intensiv mit Hämatoxylin gefärbt ist. Dieses ist, soviel ich weiß, die einzige Abbildung der Pyrenoiden bei Helminthocladiaceae: aber zugleich ist sie nicht ganz richtig.

Solch ein Bild wird man auf übergefärbten Präparaten erhalten; dann erscheint das Pyrenoid wirklich wie ein homogener Körper; aber bei gelungener Färbung, besonders bei der Untersuchung dünner Mikrotomschnitte, die nach Flemming gefärbt sind, kann man hier ohne Mühe eine kompliziertere Struktur bemerken. Nämlich, bei solcher Färbung tritt in das Zentrum des Pyrenoids ein rotes (von Safranin) Körperchen hervor, das runde oder etwas eckigere Umrisse hat (Fig. 54 u. 56). Das ist eben solch ein Zentralkörper des Pyrenoids wie auch bei Nemalion. Er ist mit einer Zone umgeben, welche mit Körnchen und Stäbchen, die sich bei der Färbung nach Flemming violett färben, erfüllt ist. Diese Körperchen haben im allgemeinen die Neigung, sich in radialer Anordnung zu lagern, jedoch strenge Regelmäßigkeit wird hier nicht bemerkt. Von der Oberfläche gesehen hat diese Zone den Bau, der auf Fig. 55 dargestellt ist; dabei sieht man einen Teil der Stäbchen mit der Spitze zum Beobachter zugekehrt (radial gehende Stäbchen) und einen anderen Teil von der Seite. Diese Zone, mit „violetten" Körperchen gefüllt, entspricht meiner Meinung nach derselben bei Nemalion. Nur die Körnigkeit, welche da sehr schwach ausgebildet ist oder auch ganz fehlt, ist hier im Gegenteil außerordentlich stark entwickelt.

In überfärbten Präparaten sind diese „violetten" Körperchen nicht mehr gesondert zu unterscheiden und die ganze Zone scheint ununter-

brochen und so intensiv gefärbt zu sein, daß durch sie der Zentralkörper selbst nicht mehr wahrgenommen wird. So erhält man Bilder, die Pyrenoide als dunkel gefärbte homogene Kugeln darstellen, ganz ebenso wie das Schmitz abbildet.

Der oben beschriebene Bau des Pyrenoids ist besonders gut in den Rindenzellen (Assimilationszellen) ausgebildet; in den inneren Zellen verändert es sich etwas, indem der Zentralkörper des Pyrenoids zuerst sich reduziert (Fig. 57) und dann gänzlich verschwindet. Also erscheint zuletzt das Pyrenoid nur mit obenbeschriebenen „violetten" Körperchen erfüllt. Diese sind zuweilen mit einer gewissen Regelmäßigkeit reihenweise geordnet, was dem Pyrenoid ein gestrichenes Aussehen wie bei einigen grünen Algen gibt (Fig. 58). Übrigens ist es bei weitem nicht immer der Fall; zuweilen gelingt es, keine Regelmäßigkeit in der Anordnung der „violetten" Körperchen zu finden und dann hat das ganze Pyrenoid das Aussehen, das an den Zellkern mit einem groben Kerngerüst außerordentlich erinnert.

Das beschriebene Verschwinden des zentralen Körpers des Pyrenoids steht hier, wie es scheint, ganz mit dem Alter und der Lage der Zellen in Verbindung: in der Endzelle der Zellenreihe (Rindenzelle) ist in dem Pyrenoid immer ein deutlich ausgebildeter Zentralkörper vorhanden; in der folgenden Zelle ist aber der Zentralkörper reduziert oder zuweilen auch ganz abwesend; in den noch weiter vom Ende liegenden Zellen kann man nur sehr selten einen Zentralkörper des Pyrenoids finden, und in noch älteren Zellen ist er stets nicht mehr vorhanden. Also hängt diese Erscheinung hier, wie ich meine, von „inneren Ursachen" ab und scheint nicht eine direkte Folge der äußeren Wirkungen zu sein, wie das bei Nemalion der Fall ist.

Übrigens geht auch hier die äußere Seite der Erscheinung etwas anders vor: nämlich, es wird keine solche Aufquellung des Zentralkörpers des Pyrenoids beobachtet, welche so charakteristisch bei Nemalion ist.

Also kann man auch bei Helminthocladia im allgemeinen denselben Bauplan des Pyrenoids wie bei Nemalion annehmen; und wenn es auch irgend einen Unterschied gibt, so ist er nur quantitativ.

3. **Helminthora.**

Was diese Form anbetrifft, so blieb hier für mich einiges in dem Bau des Pyrenoids unklar, aber im allgemeinen kann man sagen, daß auch hier derselbe Bauplan wie bei den vorigen Formen vorliegt. In älteren Zellen mit recht reduzierten Zentralkörpern sind die „violetten"

Körperchen in der umgebenen Zone fast immer in Stäbchenform und merkwürdig regelmäßig angeordnet, so daß die Pyrenoide ein gestrichenes Aussehen haben (Fig. 60, 61).

Schluß.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit können in folgenden Sätzen resümiert sein.

1. Auf keinem Entwicklungsstadium des Karpogons bei Nemalion und Helminthora ist das Trichogyn mit seinem eigenen Kern versehen. Das Karpogon ist stets einkernig; und das Trichogyn muß man bloß für dessen Auswuchs, nicht aber für eine ganze Zelle halten. Also, indem man die Angaben Yamanouchi's über Polysiphonia in Betracht zieht, hat man unter den Florideen eine Reihe von Formen von den einfachsten bis zu den höher differenzierten zu unterscheiden, die einen gewissen Übergang verfolgen läßt. Die ersten (einfacheren), ebenso wie die anderen Gruppen der Algen, haben ein streng einzelliges (und einkerniges) weibliches Geschlechtsorgan, die zweiten aber besitzen ein zweikerniges Karpogon. Obgleich das Trichogyn bei den letzteren nicht von dem Bauchteil mit einer Wand abgesondert ist, hat es dennoch seinen eigenen Kern. Es kann als Vorläufer solch eines Trichogyns, das wie bei Laboulbeniaceae und typischen Ascomyceten eine ganze selbständige Zelle, ja sogar eine mehrzellige Bildung ist, betrachtet werden.

2. Die Spermatien bei den genannten Formen sind einkernige Zellen, welche in normalen Fällen niemals zweikernig werden. Solche Spermatien, mit den Angaben Yamanouchi's übereinstimmend, sind wahrscheinlich auch überall bei den Rotalgen vorhanden.

3. Nemalion hat entgegen Wolfe im Zentrum des Chromatophors ein gut ausgebildetes Pyrenoid, welches einen recht komplizierten Bau hat, indem es aus dem Zentralkörper und der umgebenen Zone besteht. Das Pyrenoid ist hier durch seine besondere Empfindlichkeit für äußere Wirkungen gekennzeichnet, indem es leicht aufquillt und zuletzt sich ganz auflöst, an seiner Stelle bloß eine Vakuole hinterlassend.

4. Eben solch ein Pyrenoid gibt es im allgemeinen auch bei Helminthocladia (wahrscheinlich auch bei Helminthora). In ihm unterscheiden sich ebenso Zentralkörper und die umgebende Zone; die letztere ist mit einer großen Menge von stark färbbaren Körperchen angefüllt, die öfters von Stäbchenform und radial angeordnet sind. Die Zeichnung von Schmitz, wo das Pyrenoid als ein homogener Körper dargestellt ist, erklärt sich damit, daß seine Präparate übergefärbt und die Körperchen in der umgebenden Zone nicht mehr gesondert zu unterscheiden waren, so daß die ganze Bildung als eine homogene Kugel erschien.

Moskau, Botanisches Institut der Universität,
September 1908.

Zitierte Literatur.

1. Bornet et Thuret, Recherches sur la fécondation des Floridees. Ann. des Sc. nat. bot. 1867.
2. Janczewski, Notes sur le développement de cyctocarpe dans les Floridées. Mém. de la soc. d. Sc. nat. de Cherburg 1876.
3. Thuret et Bornet, Études phycologiques 1878.
4. Dies., Notes algologiques 1876 et 1880.
5. Schmitz, Fr., Die Chromatophoren der Algen, 1882.
6. Ders., Untersuchungen über die Befruchtung der Florideen. Sitzungsber. der Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1883.
7. Guignard, Z., Développement et constitution des Anthérozoides. Revue gén. de botanique 1889.
8. Wille, N., Über die Befruchtung bei Nemalion multifidum. Berichte der Bot. Gesellsch. 1894.
9. Davis, B., The fertilization of Batrachospermum. Ann. of Bot. 1896.
10. Oltmanns, Fr., Zur Entwicklungsgeschichte der Florideen. Bot. Ztg. 1898.
11. Schmidle, W., Einiges über Befruchtung, Keimung und Haarinsertion von Batrachospermum. Bot. Ztg. 1899.
12. Osterhout, W., Befruchtung bei Batrachospermum. Flora 1900.
13. Wolfe, J., Cylologial Studies on Nemalion. Ann. of Bot. 1904.
14. Yamanouchi, The Life History of Polysiphonia. The bot. Gazette 1906, Vol. XLII. (Vorläufige Mitteilung 1906, Vol. XLI.)

Erklärung der Figuren.

Sämtliche Figuren sind mit dem Abbe'schen Zeichenapparat bei Anwendung von Zeiss Apochrom. 2 mm Apert. 1, 3 aufgenommen. Die Figuren 28, 31, 32 und 33 sind 375 vergr. (Apochr. 2,0 Comp. oc. 6; zur Hälfte verkleinert); Fig. 17 750 vergr. (Apochr. 2,0 Comp. oc. 12; zur Hälfte verkleinert); Figuren 1—7, 10, 22—27, 29, 30, 43—45 750 vergr. (Apochr. 2,0 Comp. oc. 6); Figuren 16, 18 und 36 2250 vergr. (Apochr. 2,0 oc. 18); alle anderen sind unter Vergr. 1500 gezeichnet (Apochr. 2,0 Comp. oc. 12). Die Figuren 50—57, 60 und 61 sind von Mikrotomschnitten, alle anderen von ganzen Zellen aufgenommen.

Helminthora divaricata. I. Ag.

Fig. 1. Ganz junges einzelliges Stadium des Karpogonastes. Vergr. 750.

Fig. 2—4. Folgende Stadien. Man sieht wie aus einer Initialzelle sich ein vierzelliger Karpogonast entwickelt. Vergr. 750.

Fig. 5. Noch älteres Stadium; die obere Zelle des Karpogonastes fängt an sich zu einem Karpogon zu entwickeln. Vergr. 750.

Fig. 6 u. 7. Folgende Stadien. Oberhalb vom Zellkerne des Karpogons sieht man das Chromatophor ganz schwach mit Hämatoxylin nach Kleinberg gefärbt. Vergr. 750.

Fig. 8. Junges Karpogon, in welchem oberhalb des Zellkerns zwei Chromatophorstücke liegen. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

Fig. 9. Dasselbe, aber ein Chromatophor liegt unter dem Zellkern. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

Fig. 9a. Dasselbe. Chromatophor scheint ringförmig zu sein. Hämatoxylin nach Kleinberg. Vergr. 1500.

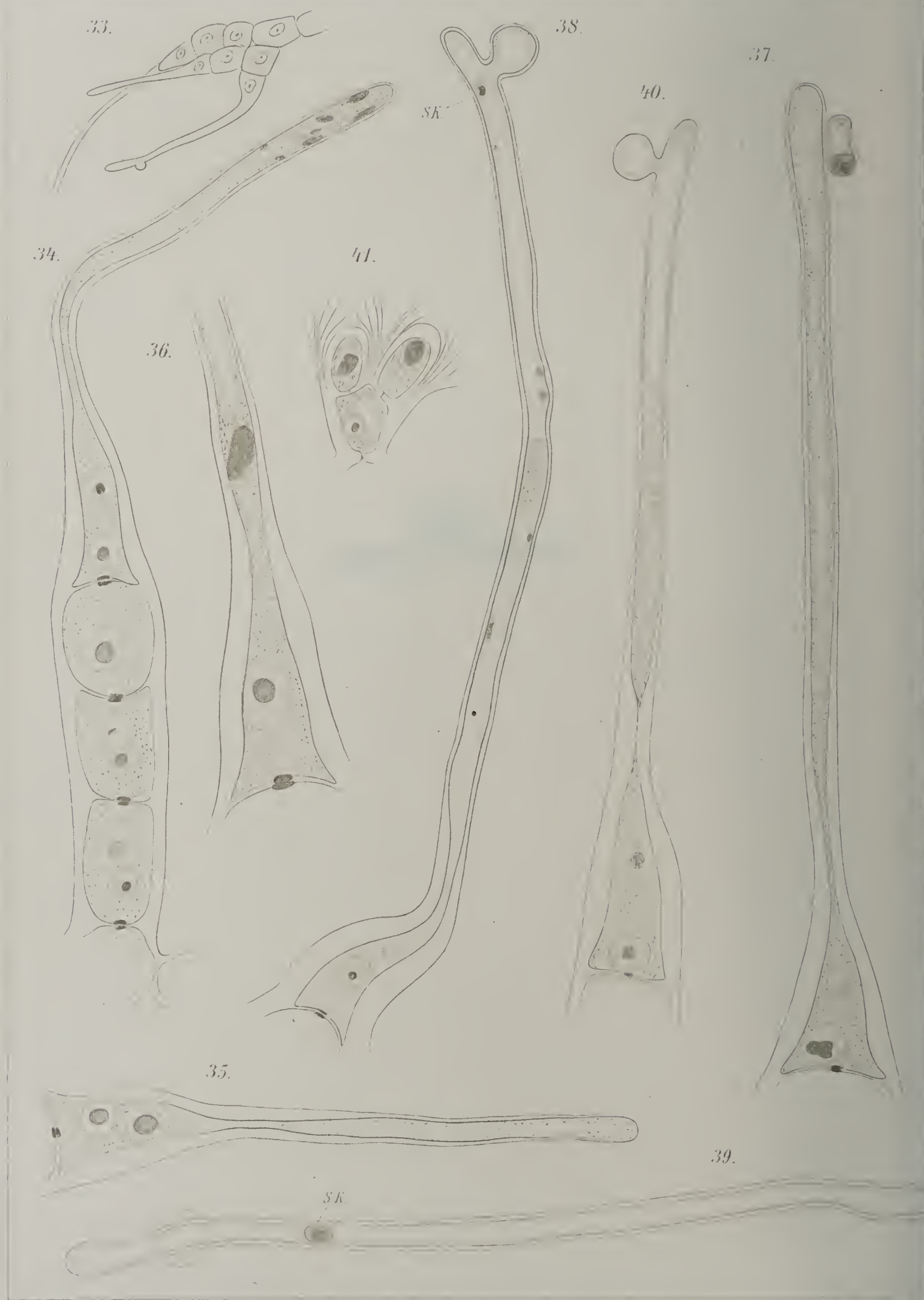
Fig. 10. Ganz normales befruchtungsreifes Karpogon. Der Zellkern liegt höher als das Chromatophor. Hämatoxylin nach Kleinberg. Vergr. 750.

Fig. 11. Dasselbe. Am Ende des Trichogyns ist ein einkerniges Spermatium, mit Gallerthülle umgeben, angeklebt. Im Trichogyne sieht man „chromatinähnliche“ Körperchen von Eisenhämatoxylin gefärbt. Vergr. 1500.

Fig. 12. Antheridien. Vergr. 1500.

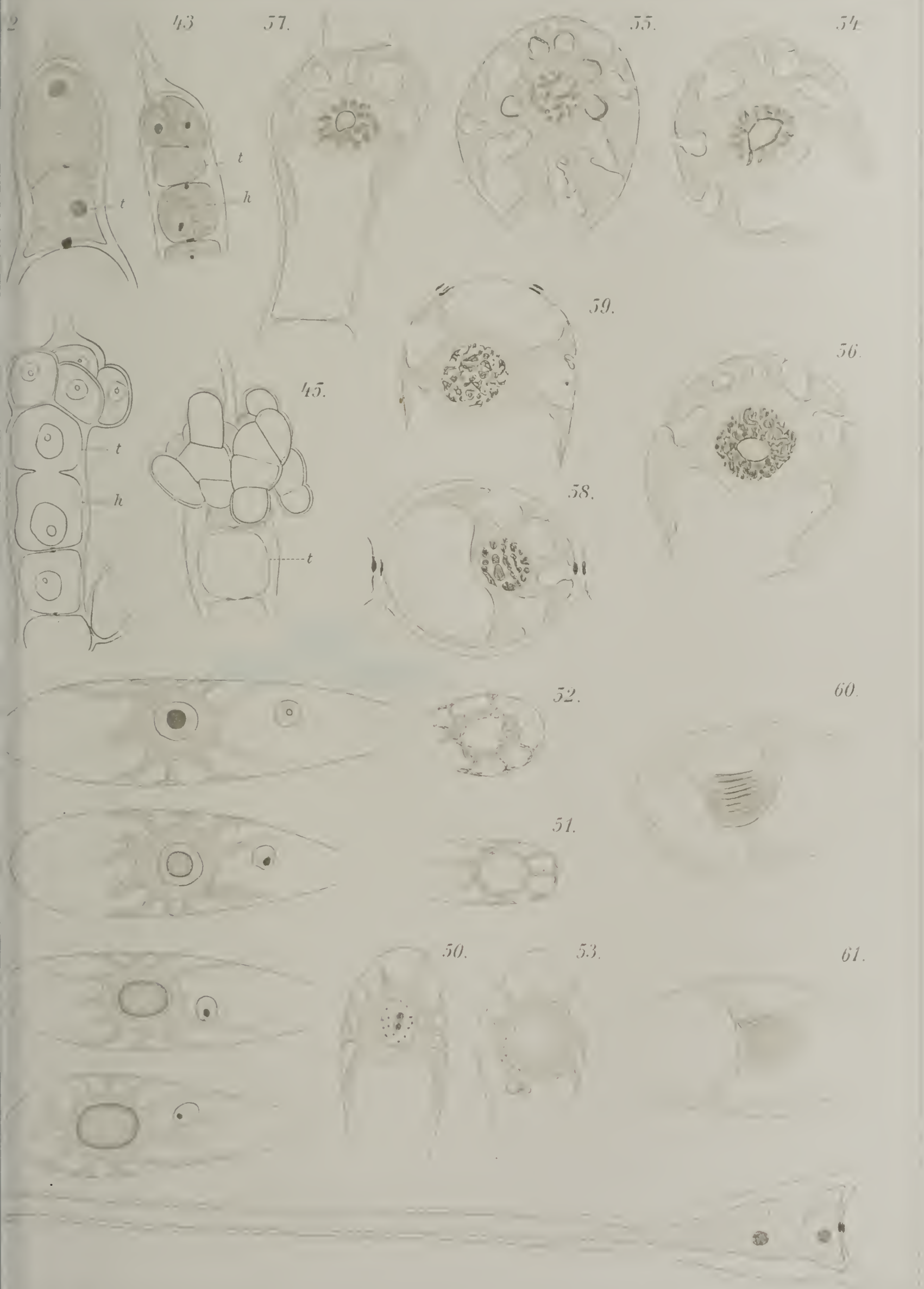
Fig. 13. Freiliegende Spermatien, mit ihrer Gallerthülle umgeben. Vergr. 1500.

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY of ILLINOIS



Kurasanow ges.

Verlag von Gusta



...cher in Jena
Lith. Anst. v. ... Arndt, Jena

Fig. 14. 11 Spermatien, auf dem Trichogyn sitzend. Aus 3 (oder 4) sind die Zellkerne schon in das Trichogyn eingewandert. Die Gallerthülle ist noch zu sehen. Vergr. 1500.

Fig. 15. Das Trichogyn eines noch unbefruchteten Karpogons. Man sieht zwei Kerne und zwei Spermatien. Vergr. 1500.

Fig. 16. Das Trichogyn eines Karpogons, das sich im Befruchtungsstadium befindet. Man sieht zwei Kerne und drei Spermatien; der dritte Kern ist schon in den Bauchteil eingewandert (s. Fig. 18). Vergr. 2250.

Fig. 17. Ein befruchtetes Karpogon. Der Bauchteil ist schon von dem Trichogyn abgesondert und mit seiner eigenen Haut umgeben. Man sieht fünf Spermatien und vier Kerne; der fünfte ♂ Kern ist schon mit dem Eikern eingeschmolzen. Vergr. 750.

Fig. 18. Bauchteil eines Karpogons, dessen Trichogyn auf der Fig. 16 abgebildet ist. Der männliche Zellkern ist noch nicht mit dem Eikern verschmolzen. Die protoplasmatische Verbindung mit dem Trichogyn ist sogleich nach dem Durchtritt des ♂ Kerns zerrissen. Chromatophor ist schwer zu sehen. Hämatoxylin n. Kleinberg. Vergr. 2250.

Fig. 19 u. 20. Verschmelzung (?) des ♂ Kerns mit dem Eikern. Hämatoxylin n. Kleinberg. Vergr. 1500.

Fig. 21. Befruchteter Bauchteil eines Karpogons. Man sieht eigene Haut, welche die „Zygote" umgibt. Vergr. 1500.

Fig. 22—27. Entwicklung des Sporophyts. *t* Tragzelle, die untere Zelle von zwei, in welche die Zygote sich teilt. Sie entwickelt sich nicht weiter. Vergr. 750.

Fig. 28. Die Hüllfäden, welche das Sporophyt umgeben. Der Karpogonast scheint durch. Vergr. 375.

Fig. 29. Karpogonast zur Zeit der Entwicklung des Sporophyts. Man sieht Reservestoffe in den Zellen desselben. Vergr. 750.

Fig. 30. Dasselbe. Man sieht einen Strom des dunklen (an Nährmaterial reichen) Protoplasmas von einer Pore zur andern gehend. *H* Hypogyne; sie ist arm an Reservestoffen. Vergr. 750.

Fig. 31. Abnormaler verzweigter Karpogonast. Vergr. 375.

Fig. 32. Abnormales Karpogon mit verzweigtem Trichogyn. Vergr. 375.

Nemalion lubricum. Duby.

Fig. 33. Abnormaler verzweigter Karpogonast. Vergr. 375.

Fig. 34. Normaler vierzelliger Karpogonast mit jungem Karpogon. Die Chromatophoren in den Zellen sind fast ebenso wie die Zellkerne gefärbt. In dem Trichogyn sind „chromatinähnliche" Körnchen zu sehen. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

Fig. 35. Junges Karpogon mit dem Zellkern und dem Chromatophor oberhalb desselben. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

Fig. 36. Junges Karpogon. Das Chromatophor ist in das Trichogyn durchgepreßt. Eisenhämatoxylin. Vergr. 2250.

Fig. 37. Befruchtungsreifes Karpogon. Der Zellkern liegt unter dem Chromatophor. Auf dem Trichogyn ist ein einkerniges Spermatium angeklebt. Hämatoxylin n. Kleinberg. Vergr. 1500.

Fig. 38. Folgendes Stadium. Der Kern des Spermatiums (*s. k.*) ist schon in das Trichogyn eingewandert. „Chromatinähnliche" Körperchen in dem Trichogyn sind zu größeren unregelmäßigen Klumpen zusammengedrängt. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

Fig. 39. Dasselbe. Der Spermakern in dem Trichogyn; in dem Bauchteile sieht man deutlich das Chromatophor und unter demselben den Eikern. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

Fig. 40. Dasselbe. Der Spermakern ist schon in den Bauchteil eingewandert. Der protoplasmatische Strang bei der Basis des Trichogyns ist fast ganz abge-

rissen. Chromatophor ist schwer zu sehen. Hämatoxylin n. Kleinberg. Vergr. 1500.

Fig. 41. Antheridien mit dem System der alten ineinander eingelagerten Häuten. Vergr. 1500.

Fig. 42—45. Entwicklung des Sporophyts. Man sieht starke Erweiterung der Poren zwischen den Zellen des Karpogonastes, besonders zwischen Tragzelle (*t*) und Hypogyne (*h*). In Fig. 43 ist der Kern der Tragzelle in die Hypogyne eingewandert. Vergr. 750.

Chromatophorenbau. Duby. 1. **Nemalion lubricum.**

Fig. 46. Chromatophorenbau der vegetativen Zelle von Nemalion lubricum. Normales Chromatophor. In der Mitte sieht man ein Pyrenoid, das einen Zentralkörper und die umgebende Zone unterscheiden läßt. Vergr. 1500.

Fig. 47. Dasselbe. Der Zentralkörper des Pyrenoids fängt an aufzuquellen und die umgebende Zone zu verdrängen. Vergr. 1500.

Fig. 48. Dasselbe. Weiteres Stadium. Vergr. 1500.

Fig. 49. Dasselbe. Die umgebende Zone ist nicht mehr zu sehen. Das ganze Pyrenoid ist von einer stark aufgequollenen Masse eingenommen, welche noch von Eisenhämatoxylin sich intensiv färbt. Vergr. 1500.

Fig. 50. Chromatophor mit normalem ungequollenen Pyrenoid. In umgebender Zone sieht man Körnchen, welche nach Flemming violett sich färben. Zentralkörper färbt sich damit rot. Mikrotomschnitt 1,5 μ dick. Vergr. 1500.

Fig. 51. Im Zentrum des Chromatophors sind noch Reste der stark aufgequollenen Masse des Pyrenoids zu bemerken, welche sich etwas mit Eisenhämatoxylin färben. Material Nr. 1 (direkt aus dem Meere fixiert). Mikrotomschnitt 1,5 μ. Vergr. 1500.

Fig. 52 u. 53. Dasselbe aus dem Material Nr. 2 (nicht sofort aus dem Meere fixiert). Im Zentrum des Chromatophors sieht man bloß Vakuole frei von organisierter Substanz. Mikrotomschnitt 1,5 μ. Vergr. 1500.

2. **Helminthocladia purpurea.** I. Ag.

Fig. 54. Chromatophor der Rindenzelle (der letzten Zelle der Zellenreihe). Medianer Längsschnitt. Man sieht Zentralkörper des Pyrenoids (im Präparat rot gefärbt) und die Körperchen in umgebender Zone, welche die radiale Anordnung zeigen; sie sind im Präparat violett gefärbt. Mikrotomschnitt 1,5 μ. Nach Flemming gefärbt. Vergr. 1500.

Fig. 55. Dasselbe. Oberflächlicher Längsschnitt. Im Pyrenoid sind nur Körperchen in umgebender Zone zu sehen. Mikrotomschnitt 3 μ. Färbung wie vorige.

Fig. 56. Dasselbe. Medianer Längsschnitt der Rindenzelle. Man sieht Zentralkörper des Pyrenoids (im Präparat rot gefärbt) und die Körperchen in ungebundener Zone (violett). Die letzteren sind hier schwer als gesonderte Körperchen zu unterscheiden. Mikrotomschnitt 3 μ. Färbung wie vorige. Vergr. 1500.

Fig. 57. Medianer Längsschnitt der vorletzten Zelle der Zellreihe. Zentralkörper des Pyrenoids ist ziemlich reduziert. Mikrotomschnitt 3 μ. Färbung wie vorige. Vergr. 1500.

Fig. 58 u. 59. Die Zellen, welche noch weiter als vorige von dem Ende der Zellreihen liegen. Der Zentralkörper des Pyrenoids ist ganz verschwunden. Die Körperchen der umgebenden Zone sind jetzt durch den ganzen Raum des Pyrenoids zerstreut. In Fig. 58 ist die Reihenweise angeordnet, aber in Fig. 59 liegen sie ganz ordnungslos. Optischer Längsschnitt. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

3. **Helminthora divaricata.** I. Ag.

Fig. 60 u. 61. Längsschnitte durch die vegetativen Zellen. Im Pyrenoid sieht man die stäbchenförmigen Körperchen der umgebenden Zone, einander parallel geordnet. Mikrotomschnitt 3 μ. Eisenhämatoxylin. Vergr. 1500.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Flora oder Allgemeine Botanische Zeitung

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: 99

Autor(en)/Author(s): Kurssanow L.

Artikel/Article: Beiträge zur Cytologie der Florideen 311-336