

Untersuchungen über *Rhodoplax schinzii*, eine interessante Alge vom Rheinfluss

Autor(en): **Jaag, Otto**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse**

Band (Jahr): **41 (1932)**

Heft 2

PDF erstellt am: **11.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-27756>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen über *Rhodoplax Schinzii*, eine interessante Alge vom Rheinflall.

Von *Otto Jaag*.

(Aus dem Pflanzenphysiolog. Institut der E. T. H. in Zürich.)

Eingegangen am 12. Oktober 1932.

Als mir vor zwei Jahren durch die Schaffhauserische Naturforschende Gesellschaft der Auftrag erteilt wurde, mit Hinsicht auf eine Monographie des Rheinfalles — die geologische Bearbeitung liegt bereits vor in der sehr schönen Abhandlung von A. Heim (1931) — die Kryptogamen dieser Gegend zu bearbeiten, da stellte ich mir als erste Aufgabe, nach *Rhodoplax Schinzii*, Schmidle et Wellheim zu suchen, jener interessanten Alge, die im Jahre 1900 von Herrn Prof. Dr. H. Schinz entdeckt und auf Grund des von ihm eingesandten Materials von W. Schmidle beschrieben wurde.

Das eingehende Studium dieser Pflanze schien mir um so notwendiger, als sich aus meiner Umfrage ergab, dass seit der Entdeckung weder schaffhauserische noch auswärtige Botaniker, die gelegentlich an den Rheinflall kamen, die Alge gesehen haben wollten. Sie wurde auch von keinem neuen Standort mehr gemeldet und so gehörte nach unseren bisherigen Kenntnissen *Rhodoplax* ausschliesslich der Flora des Rheinbettes unmittelbar oberhalb der Felszähne des Rheinfalles an.

Die Kenntnisse über die fragliche Alge sind sehr lückenhaft; ihr Entwicklungsgang ist nur teilweise bekannt und es ist daher nicht verwunderlich, dass bisher über die Einreihung im Algensystem die grösste Unklarheit und Ratlosigkeit herrschte.

In einer ersten Mitteilung (1901) erkennt Schmidle in dem ihm eingesandten Material eine bis dahin unbekannte Art der Rotalgengattung *Porphyridium* und beschreibt sie kurz unter dem Namen *Porphyridium Schinzi*, Schdle. Diese erste Diagnose lautet: « Auf Kalkfelsen aufgewachsen und mehr oder weniger blutrote, meist einschichtige Ueberzüge bildend. Zellen rund oder polyedrisch, 10 bis 18 μ breit, mit dicker geschichteter hyaliner Zellhaut sich meist enge berührend und in einer festen hyalinen Collode steckend. Inhalt homogen tief blutrot, oft etwas gekörnelt und undurchsichtig. Die Zellen teilen sich innerhalb der dicken Haut. »

Aber noch in demselben Jahre revidiert Schmidle auf Grund eingehender cytologischer Studien an neuem Material und namentlich mit Hilfe von gutgefärbten Mikrotomschnitten, die von Pfeiffer von Wellheim hergestellt waren, seine Bestimmung und aus der

Erkenntnis heraus, dass es sich nicht um eine Rot-, sondern eine Grünalge handle, schafft er daraus ein neues Genus und ändert den Namen um in *Rhodoplax Schinzii*, Schmidle et Wellheim.

Seither wurde die Alge nicht mehr untersucht; aber in der zweiten Auflage des Werkes von Engler und Prantl (3. Band) hegt der Bearbeiter der Grünalgen, Printz (1927) wiederum Zweifel über die systematische Stellung des *Rhodoplax* und will die Alge wieder unter den Rotalgen einreihen.

* * *

Die vorliegende Arbeit wurde im Spätherbst 1930 begonnen und bis heute durchgeführt. Sie ist noch nicht abgeschlossen. Doch dürften auch die noch nicht ganz vollständigen Untersuchungsergebnisse die Algologen interessieren, um so mehr, als die Beobachtung mit lebendem Material weitergeführt werden soll, sobald der Wasserstand des Rheins das Einsammeln der Alge wiederum ermöglicht.

Die Untersuchung umfasst die Beobachtung des Materials

1. « *in situ* »,
2. im Laboratorium auf dem natürlichen Substrat (Kalkstein), das in einer Glaskammer eingeschlossen während mehrerer Wochen feucht gehalten wurde,
3. in absoluten Reinkulturen, von einzelnen Zellen ausgehend, in künstlichem Milieu.

Verbreitung und Vegetationsperiode.

Das erste *Rhodoplax*-Material wurde von H. Schinz im Herbst 1900 gesammelt. Nach seiner Angabe nennt Schmidle, dem die Alge zur Bestimmung eingereicht wurde, als Verbreitungsgebiet: « auf den vom Strom überspülten Kalkfelsen am Rheinfall bei Schaffhausen. »

Meine Untersuchungen ergaben, dass die Alge auch heute noch breite Kalkbänke unmittelbar oberhalb der Felszähne des Rheinfallles als feine Kruste bedeckt. Diese Stellen sind aber nicht zusammenhängend, sondern durch grosse Flächen von Moosrasen, fädigen Grün- und polsterbildenden Blaualgen voneinander getrennt, Assoziationen, in denen *Rhodoplax* umsonst gesucht wird. Besonders ausgedehnt und zur Zeit der Massenentwicklung von weither auffallend ist die Alge im mittleren Teil des Rheinbettes, rechts von der tiefen Wasserrinne, in der auch beim winterlichen Tiefstand des Wassers noch ein kleiner Strom sich in den « Schaffhauserfall » ergiesst. Da kann man zu gewissen Zeiten tatsächlich von blutroten Ueberzügen auf den Felsen sprechen. An diesen Stellen tritt der Entwicklungsgang der Alge am klarsten in Erscheinung. Wenn im Oktober das Wasser sich von den Felsbänken über dem Rheinfall zurückzieht, dann sind diese Kalk-

flächen grün gefärbt; langsam aber röten sie sich und mit einemmal sind sie auf mehreren Quadratmetern blutrot, so dass sie dem Rheinfalbesucher, der sich auf diese schlüpfrigen Felsen hinauswagt, auffallen. Vom rechten Ufer her ist wegen zweier unmittelbar davorliegender Felshöcker die Stelle nicht leicht sichtbar und von der Zürcherseite her fügen sich diese roten Flecke harmonisch ein in das bunte Farbenspiel, das der Rhein im Winter erhält durch die mannigfachen Vertreter von Kryptogamen aus beinahe sämtlichen Ordnungen und Familien. Diese *Massenentwicklung* und damit die Rotfärbung dauert zwei bis vier Wochen, d. h. solange der Fels noch von etwas Wasser bespült oder durch die regelmässigen Morgennebel feucht gehalten wird. Gegen Neujahr hin, wenn das Wasser sich endgültig zurückgezogen hat, verblasst die rote Farbe; die Ueberzüge auf dem Gestein vertrocknen, lösen sich langsam vom Substrat ab und niemand würde gegen den Frühling zu in diesen Fetzen die im Spätherbst so auffällig rot gefärbte Alge erkennen. In diesem Zustande überwintert *Rhodoplax*, um beim ersten starken Regenguss oder vom wieder ansteigenden Strom des folgenden Frühjahrs weggespült zu werden. Unter diesen vertrockneten Fetzen haben sich freilich bereits neue Kolonien festgesetzt, und da sie dank ihrer Gallerthülle dem Felsen gut und eng anhaften, so sind sie wohl imstande, auch während des Sommers der Wucht des reissenden Stromes standzuhalten und sich im darauffolgenden Herbst wieder zu einer neuen Massenentwicklung zu entfalten.

Ausser diesem ausgedehntesten Standort in der Mitte des Rheinbettes entwickelt sich die Alge zwar weniger auffallend, aber doch in dichten Beständen auf den breiten Felsflächen unmittelbar oberhalb des « Mühlefelsens », von dem sie durch eine etwa 2 m tiefe, im Winter trockengelegte Rinne getrennt sind, sodann auch am rechten Rheinufer rechts vom Kanalisationsrohr, das oberhalb des « Mühlefelsens » endigt.

Als *neuer Standort* sind die Kalkbänke nahe dem rechten Rheinufer ungefähr in der Mitte zwischen Neuhauser Badeanstalt und der Eisenbahnbrücke, d. h. etwa 500 m oberhalb des Falles zu nennen. Dort war schon Ende August 1932 der Fels stellenweise tiefrot gefärbt, noch bevor sich das Wasser davon zurückgezogen hatte. Weiter rheinaufwärts konnte trotz eifrigen Suchens die Alge bisher noch nicht festgestellt werden; doch ist anzunehmen, dass noch andernorts, wo sich vom wenig verwitterten Kalkstein das Wasser zeitweise zurückzieht, *Rhodoplax Schinzii* noch vorkommen kann.

Thallus.

Während S c h m i d l e (1901, « Bot. Zentr.-Blatt ») in seiner ersten Mitteilung nur von blutrot gefärbten Zellen spricht, beschreibt er in seiner zweiten Publikation (1901, « Bull. herbier Boissier ») Thalli,

in denen inmitten rotgefärbter Zellnester zahlreiche farblose Zellen eingestreut sind, die sich in fortgeschrittener Nekrobiose befinden. Diese toten Zellen sollen in manchen Fällen zahlreicher sein als die lebendigen, roten. Ueberdies findet der nämliche Autor Uebergänge in der Art, dass der rote Inhalt gekörnelt erscheint, dann rote Körner in mehr oder weniger farblosem Inhalt und sodann völlig entfärbte.

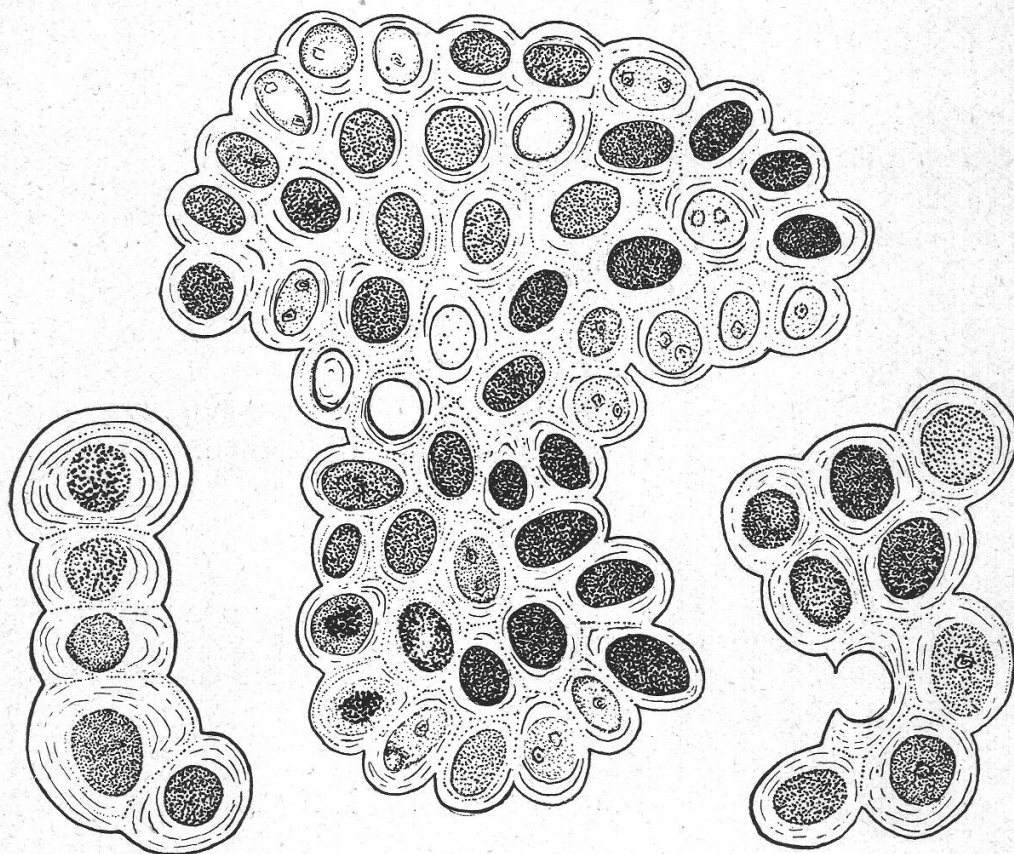


Fig. 1. *Rhodoplax Schinzii*, Schmidle et Wellheim. 3 verschieden grosse Thalli « in situ ». Die Zellen stecken in einer dichten Gallerte. Zellen dichtpunktiert: mit Hämatochrom gefüllt; weniger dicht punktiert: grüne Zellen; nicht punktiert: Zellen in Nekrobiose. Vergr. ca. 450 $\times$.

Alle diese Stadien können an frischem Material immer gefunden werden. Weiterhin aber fand ich neben den rotgefärbten und nekrobiotischen farblosen Zellen innerhalb eines Thallus zahlreiche Zellnester von rein grüner Farbe (Fig. 1). Oft sind diese den andern gegenüber weitaus in der Mehrzahl. Gelegentlich findet man Thallusstücke, mit ausschliesslich grünen Zellen. Diese erwiesen sich als die jüngsten und lebenskräftigsten Stadien der Alge, während sich zeigte, dass die Rotfärbung der Zellen erst nachträglich in den fortgeschritteneren Stadien eintritt. Wie Schmidle alle Uebergänge fand von den roten zu den entfärbten Zellen, so konnte ich auch den ganzen Entwicklungsgang verfolgen von Zellen mit rein grüner Farbe zu solchen, in denen der rote Farbstoff an einem oder mehreren

Punkten auftrat, um immer mehr an Ausdehnung zu gewinnen, bis zu Zellen, in welchen der ursprünglich grüne Chromatophor von dem nachträglich gebildeten roten Farbstoff völlig verdeckt war. Solche Stadien mit überwiegend grünen Zellen zeigten sich besonders häufig im Spätherbst, solange das Substrat noch ununterbrochen feucht war. Es liess sich mit aller Deutlichkeit feststellen, dass die Lager des *Rhodoplax* ursprünglich grün sind, dass sich später in den Zellen roter Farbstoff bildet und dass, wenn die Zellen am Absterben sind, beide Farbstoffe aufgelöst werden. Versuche, rotgefärbte Zellen durch Uebertragung in verschiedene Nährlösungen wieder zum Ergrünen zu bringen, verliefen erfolglos. Im allgemeinen waren die von mir untersuchten Thalli ein-, selten zweischichtig, wie schon S c h m i d l e mitteilte. Zur Zeit der Massenentwicklung (Dezember—Januar) vegetieren aber zahlreiche Einzelzellen auf dem Substrat, ohne von einer Collode zusammengehalten zu sein. Dies ist zur Zeit der lebhaftesten Vermehrung der Alge. Beobachtet man solches Material makroskopisch oder mikroskopisch, so hat man durchaus den Eindruck, *Hämatococcus pluvialis* F l o t o w e m. W i l l e vor sich zu haben. (Vgl. Kapitel Systematik.)

Bau der Zelle.

Was mit fixiertem Material an Erkenntnissen über den Zellbau festgestellt werden kann, hat zweifellos S c h m i d l e in seinen sehr genauen Untersuchungen herausgeholt. Seine Angaben können denn auch in weitgehendem Masse bestätigt werden. Neue interessante Aufschlüsse waren aber zu erwarten von dem Studium lebenden Materials, und vor allem von der Beobachtung der Zellen in Rein-kulturen.

Ist in den Zellen unserer Alge roter Farbstoff einmal in reichlicher Menge vorhanden, so ist vom Zellinhalt sozusagen nichts mehr zu sehen. Einzig Mikrotomschnitte, wie S c h m i d l e und W e l l h e i m sie herstellten, können auch aus diesem Material wertvolle Erkenntnisse erbringen. Viel besser aber eignen sich die grünen Zellen, die wie andere grüne Algen schon im lebenden Zustande verhältnismässig leicht Einsicht gewähren in das Innere der Zelle.

Chromatophor.

Nachdem S c h m i d l e zunächst auf einen zentralen Chromatophor geschlossen hatte, erkannte er beim Studium der Mikrotomschnitte, dass der Farbstoffträger parietal liege. Diese letztere Erkenntnis hat sich als die richtige erwiesen. In besonders schwach gefärbten Zellen zeigt er sich durchlöchert (Fig. 3; 1) ein Bild, das S c h m i d l e und W e l l h e i m als Auflösungsstadien absterbender Zellen bezeichnen. Da ich solche netzig-wabigen Gebilde auch bei jungen grünen Zellen in

der Kultur beobachtete, so brauchen sie nicht Produkte der Auflösung zu sein, sondern scheinen auch im Chromatophoren der lebenskräftigen Zellen vorhanden zu sein. Bei der Vermehrung der Zelle teilt sich der Chromatophor in so viele Stücke, als Tochterzellen entstehen.

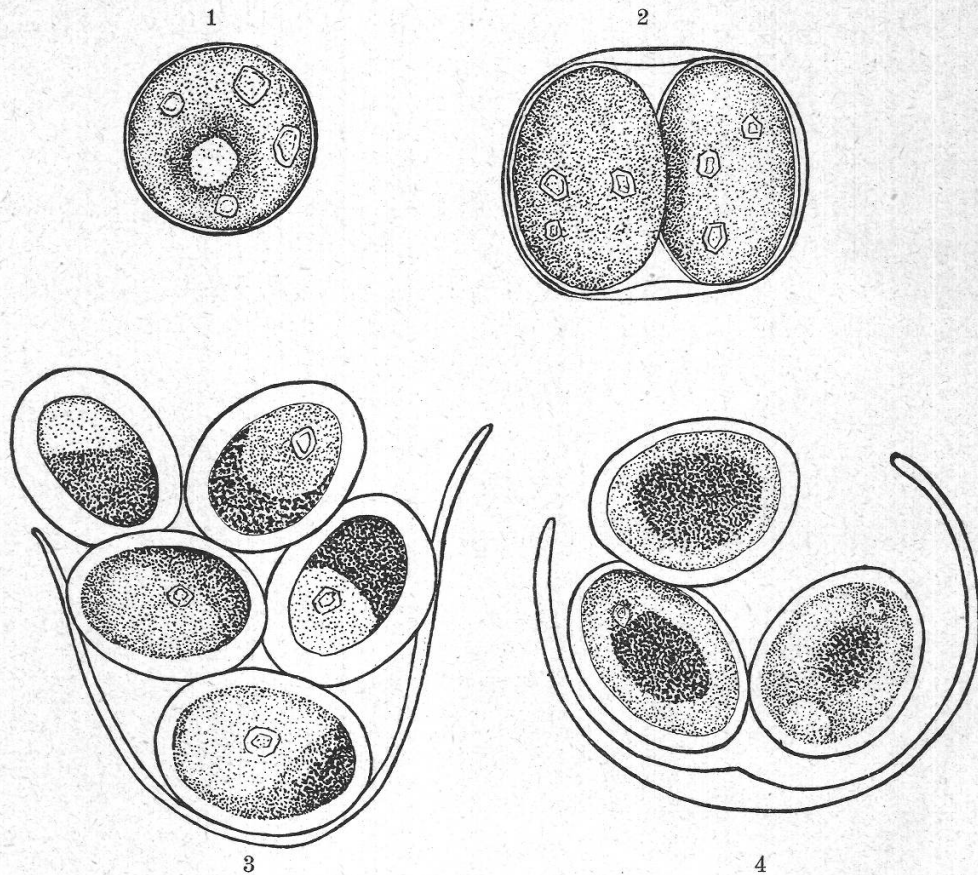


Fig. 2. *Rhodoplax Schinzii*. 1.—4. Vermehrung durch Autosporen. Vergr. ca. 1350 $\times$.

Pyrenoide.

Nach den früheren Mitteilungen führt jede Zelle ein bis höchstens zwei Pyrenoide, die zu dem Kern in bestimmter Lage sein sollen. In diesem Punkte kann ich Schmidle nicht beipflichten. Zellen mit einem einzigen Pyrenoide beobachtete ich verhältnismässig selten. Viel häufiger fanden sich in meinem Algenmaterial je Zelle 2, häufiger aber 4—6, ja bis 10 und in selteneren Fällen bis 12 Pyrenoide vor (Fig. 2; 1, 2). Diese sind gross und sehr deutlich sichtbar; sie weisen einen deutlichen inneren und einen äusseren Rand auf, sind von unregelmässig polygonaler bis rundlicher Form. Ihre Verteilung in der Zelle scheint durchaus unregelmässig zu sein. Jedenfalls war es mir nicht möglich, irgendeine bestimmte bevorzugte Lage gegenüber dem Kern zu beobachten, wie Schmidle es konstatierte an Hand seiner gefärbten Mikrotomschnitte. Es ist anzunehmen, dass sich die Zahl der Pyrenoide während des Entwicklungsganges der Zelle vermehrt. Aber

schon in jüngsten Zellen sind sehr häufig ihrer mehrere vorhanden, die sich als scharfumrissene Körper von den Chromatophoren abheben und sich mit verdünnter Jodlösung bläulich-braun färben. Die Pyrenoide sind besonders deutlich zu erkennen in den in künstlichem Milieu gezogenen Zellen. Aber auch in den grünen *in situ* beobachteten Zellen treten sie klar hervor, während in den mit rotem Farbstoff gefüllten Zellen davon kaum mehr etwas zu erkennen ist.

Kern.

Im lebenden Zustand ist der Kern im allgemeinen nicht leicht zu erkennen. Wo aber in grünen Zellen das Chlorophyll nicht zu reichlich vorhanden ist und dieselben in einer günstigen Lage im mikroskopischen Feld orientiert sind, da tritt er deutlich hervor und kann mit keinem anderen Bestandteile des Zellinhaltes verwechselt werden. Der Kern ist gross (grösser als die Pyrenoide), rund, oft mit einem etwas dunkleren Punkte gegen die Mitte zu, wohl einer Nukleole, hyalin, durchsichtig. Da ich ihn nicht in gefärbten Schnitten untersuchte, kann ich über eine von Schmidle erwähnte mitotische Kernteilung nichts aussagen.

Der rote Farbstoff.

Eine chemische Analyse des roten Farbstoffes konnte der minimalen bis jetzt zur Verfügung stehenden Mengen wegen noch nicht durchgeführt werden. Doch schliesse ich nach seiner Farbe, Konsistenz und nach einer Reihe mikrochemischer Reaktionen auf *Hämatochrom*. In der Tat tritt bei Zugabe von Jod eine blau-grüne, mit Schwefelsäure eine blaue Färbung auf. Im Mikroskop ist er von dem als Hämatochrom bezeichneten Farbstoff von *Hämatococcus* nicht zu unterscheiden. Ueber die Ursachen seiner Entstehung und die Art seiner Anlagerung in der Zelle konnte ich mir noch nicht klar werden. Die erste Bildung des Farbstoffes scheint bei unbeweglichen Zellen (Palmellastadium) nach zahlreichen Beobachtungen um einen rundlichen Herd (Rand des glockenförmigen Farbstoffträgers ?) herum (Fig. 2; 1) auf der inneren Seite des Chromatophoren zu erfolgen. Von hier aus dehnt er sich ausserhalb des Bildungsherdes nach allen Seiten gleichmässig aus. Jedenfalls erscheint das Hämatochrom erst nachträglich auf der Aussenseite des Plastiden, d. h. zwischen diesem und der Zellwand. Anders verhalten sich in dieser Hinsicht die Zoosporen. Bei ihnen liegen die roten Körnchen von Anfang an auf der unbehüteten Oberfläche des Zellkörpers und bilden deutliche Unebenheiten. Wird eine Zelle verletzt, so quillt die rote Masse schleimig-flüssig heraus.

Wie bei anderen Algen, ist anzunehmen, dass auch bei *Rhodoplax* die Bildung des Hämatochroms von den ernährungsphysiologischen Bedingungen des Substrates abhängt. Im allgemeinen (z. B. bei Hä-

matococcus) wird Stickstoffmangel als die Ursache der Rotfärbung angegeben (Reichenow 1909). Dies trifft wahrscheinlich auch für *Rhodoplax* zu; doch sind weitere Experimentaluntersuchungen notwendig, um diese Frage abzuklären. In meinen Agarkulturen mit Knop'scher Nährlösung (auf $\frac{1}{2}$ verdünnt) hielten sich die Zellen während mehrerer Wochen rein grün; erst später trat Rotfärbung ein.

Zellhaut.

Nach Schmidle ist die Zellwand meist über $2\ \mu$ dick und deutlich geschichtet. Dies trifft zweifellos zu für ältere Zellen; wie sie sich grösstenteils in den oben beschriebenen Gallertlagern *in situ* zeigen (Fig. 1). In jungen Zellen aber ist die Zellwand dünn und weder die direkte mikroskopische Beobachtung noch die Behandlung mit Farbstoffen lassen eine Schichtung erkennen. Sie kann leicht vollständig oder teilweise verschleimen und bildet im letzteren Falle ein Bindemittel zwischen den einzelnen Zellen. Durch ihre Verquellung entstehen die charakteristischen Gallertlager, in denen die Zellen ein- bis zweischichtig verstreut sind. Zwischen Protoplast und Zellwand bildet sich bei vielen Zellen eine hyaline Gallerte aus, wodurch Gebilde entstehen, die weitgehend an die beweglichen Monadenstadien von *Hämatococcus* erinnern (Fig. 4; 1—4). Solche Zellen wurden freilich nie in Bewegung beobachtet; auch konnten keine für *Hämatococcus* so charakteristischen Protoplasmafäden, die bis an die Zellwand reichen, sichtbar gemacht werden, so dass in dieser Gallertbildung allein kein Beweis vorliegt für eine Homologie dieser Stadien von *Rhodoplax* und *Hämatococcus*.

Vermehrung.

Aus den vorliegenden Untersuchungen, in denen ein Hauptinteresse dem Studium der Vermehrung gewidmet wurde, geht hervor, dass sich unsere Alge vermehrt: durch *Autosporen* und durch *Zoosporen*.

Schmidle beobachtete nur die erstgenannte Art der Vermehrung. Er schreibt: « Die Zellen teilen sich innerhalb ihrer Membranen. ... Die Teilung des Plasmas beginnt vom Rande her, und so zerfällt die Zelle simultan in meist acht strahlenförmig angeordnete, zuerst membranlose, später membranierte Zellen innerhalb der alten Zellhaut. »

Autosporen.

Es untersteht keinem Zweifel, dass es sich in der Beschreibung von Schmidle um Autosporen handelt. In der Tat ist es leicht, in jedem Rhodoplax-Gallertlager solche Vermehrungsstadien zu finden. Trotz des reichlichen Hämatochromgehaltes der Mutterzellen erkennt man oft zwei bis vier Tochterindividuen innerhalb einer farblosen Membran. Weniger häufig ist im Innern des dem Substrat anhaftenden

Thallus die Art des Heraustretens der Autosporen aus der Mutterzelle zu beobachten. Dort verschleimt unmerklich die Zellhaut und löst sich auf. Befreit man aber Thallusstücke vom Substrat und bringt sie in Nährlösung, so gehen die Teilungen rascher vor sich. Einer ersten Teilung innerhalb der Mutterzelle folgt eine zweite und die vier Tochterzellen orientieren sich in Tetraederform. Die Bildung von acht Autosporen ist seltener. Letztere umgeben sich schon innerhalb der Mutterzelle mit einer Membran und bilden reichlich Hämatochrom, das manchmal von einem Punkt sich ausdehnend den grünen Chromatophoren verdeckt, in anderen Fällen dagegen in kleinen Tupfen über die Zelle verteilt ist. Selten sind schon die Autosporen mit Hämatochrom ganz gefüllt. Oft beobachtete ich schon vor dem Austritt der Autosporen aus der Mutterzelle die Ausbildung einer zarten hyalinen Gallertschicht zwischen Protoplast und Membran. Letztere scheint sich auszudehnen, bleibt aber trotzdem noch deutlich und in der normalen Dicke erhalten.

In den meisten Fällen öffnet sich die Muttermembran durch ein Loch oder einen Riss und die Tochterzellen treten heraus (Fig. 2; 2—4); manchmal aber verschleimt sie schon frühzeitig, und durch die übrigbleibenden Stücke werden die Autosporen noch eine Zeitlang zusammengehalten. Sehr oft aber bleibt die Muttermembran lange Zeit erhalten; mit zunehmendem Wachstum der Tochterzellen dehnt sie sich aus, selbst wenn diese sich wiederum ihrerseits teilen. Die ursprüngliche Zellhaut gleicht dann einer weitgedehnten dünnwandigen Tasche, kaum noch zu erkennen, eine kleine Kolonie von mehreren Zellgenerationen in sich fassend. Durch Methylenblau oder Jodlösung kann sie sichtbar gemacht werden.

Wenn anfangs die Tochterzellen noch tetraedrisch angeordnet sind, so legen sie sich nach und nach seitlich aneinander; nun quillt die Membran auf und ihre Konturen verblassen. Das Lager ist zu einem gallertigen Thallus geworden, in dem in dicken und derben Wänden die lebenden grün oder rot gefärbten oder in manchen Fällen die toten Zellen eingeschlossen sind. Auf diese Weise ergibt sich das *Palmellastadium*, wie es dem Entdecker und den ersten Bearbeitern vorlag, und wie es sich auch auf den Felsen des Rheinfalles vorfindet, wenn im Herbst die Fluten des Rheines sich von den Felsbänken zurückziehen.

Eine richtige Zellteilung nach der Art, wie sie typisch bei *Pleurococcus* (*Protococcus auct.*) und den *Pleurococcaceen* (im Sinne von R. Chodat [1909, 1913]) beobachtet werden, sind nie auch nur andeutungsweise festgestellt worden.

Zoosporen.

Da die Fähigkeit oder Unfähigkeit, Zoosporen zu bilden, für die Entscheidung der Zugehörigkeit zu den Rot- oder den Grünalgen von ausschlaggebender Bedeutung sein musste, so wurde von Anfang an

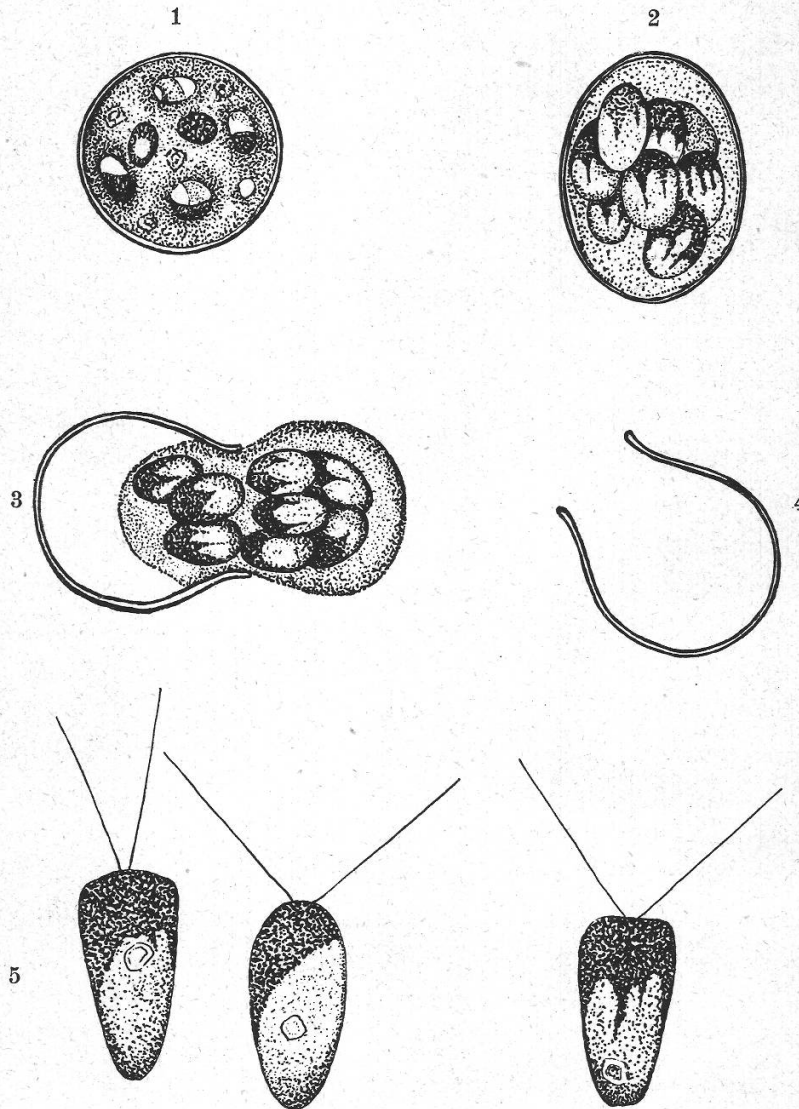


Fig. 3. *Rhodoplax Schinzii*. 1.—5. Vermehrung durch Zoosporen. 1. Zelle mit durchlöchertem Chromatophor. 2. Zoosporangium. 3. Austritt der Zoosporen aus der Muttermembran. 4. Leeres Zoosporangium. 5. Zoosporen. Vergr. 1.—4. : ca. 1350 $\times$.

das Augenmerk auf diese Frage gerichtet. Aber alle Bemühungen, am Fundort im Augenblick des Einsammelns oder später im Laboratorium an dem feuchtgehaltenen Material Zoosporen zu finden, waren umsonst. Doch schliesslich führte die Ueberlegung, dass nach den Angaben von Klebs (1896), Chodat (1913) und andern Autoren ein Wechsel des Milieus zoosporenbildend einwirken kann, zum erwünschten Erfolg.

Von einem *Rhodoplax*-Material, das auf seinem natürlichen Substrat (Kalkstein) während mehrerer Monate in Papier verpackt trocken gelegen hatte, brachte ich möglichst grosse zusammenhängende Lager in eine Schale mit Knop'scher Nährlösung (dreimal verdünnt) und schon nach drei Stunden zeigten sich im Gesichtsfeld des Mikroskopes die ersten Zoosporen. Von da an kostete es nicht mehr viel Mühe, die beweglichen Zellen in ihrer Entstehung innerhalb der Muttermembran zu beobachten, und sehr oft konnte ich auch den ganzen Vorgang des Befreiungsaktes aus der Mutterzelle durch alle Phasen hindurch verfolgen (Fig. 3; 1—5).

Die Zoosporenmutterzellen gehören zu den grössten innerhalb eines Thallusstückes. Sind sie aus dem Lager herausgelöst, so scheinen sie leichter Zoosporen zu bilden. Des reichlich vorhandenen roten Farbstoffes wegen sind sehr oft die Umrisse der Tochterzellen nur schwer zu erkennen, und die Mutterzelle verrät erst ihre wahre Natur, wenn an einer Stelle die Membran durchbrochen wird und langsam eine farblose gallertige Masse in Form einer kleinen Blase heraustritt und schrittweise die jungen ovalen Tochterzellen mit sich zieht (Fig. 3; 3). Je nach der Weite der Oeffnung treten die Zoosporen in einem Knäuel heraus, oder je zu drei oder zwei oder, wenn die Oeffnung besonders eng ist, einzeln. Dieser ganze Vorgang dauert verschieden lang. Oft vollzieht er sich in einer oder wenigen Minuten, in andern Fällen vergehen 30—40—60 Minuten. Da die Dauer innerhalb eines bestimmten Materials (das z. B. zwischen Objektträger und Deckgläschen eingeschlossen ist) innerhalb weiter Grenzen ungefähr dieselbe ist, so ist anzunehmen, dass die Raschheit dieses Austrittes der Zoosporen aus der Mutterzelle in die Gallertblase bestimmt ist durch Temperatur, osmotische und andere Eigenschaften des Milieus. Kaum sind sämtliche acht Tochterzellen in der Blase versammelt, so beobachtet man zuckende Bewegungen einzelner Tochterzellen, zunächst nur bei wenigen, dann bald bei allen. Da platzt die Gallertblase und nach allen Seiten schwärmen die Zoosporen auseinander. Diese Befreiung der Schwärmer erinnert weitgehend an die Geburt der Gameten bei *Cystococcus Parmeliae* ssp. *major* Jaag (Jaag 1929).

Handelt es sich auch bei *Rhodoplax* um Gameten? Diese Frage kann heute noch nicht entschieden werden. Wohl habe ich manche Stunden dem Tanz dieser Schwärmer gewidmet, um Kopulationsstadien zu finden, bisher aber ohne Erfolg. Nie sah ich bewegliche Zellen auch nur sich nähern; von einer Verschmelzung war nichts zu beobachten.

Der Form nach weichen die Zoosporen z. B. von den vorerwähnten *Cystococcus*-Zoosporen und -Gameten, sodann auch von denjenigen der Gattungen *Chlamydomonas*, *Hämatococcus* und andern etwas ab. Während letztere am Vorderende eher zugespitzt, am apicalen Ende dagegen

verbreitert und abgerundet sind, ist der Körper der *Rhodoplax*-Zoosporen am breitesten unmittelbar hinter dem Einsatz der Geisseln, um sich gegen das apicale Ende zu unregelmässig zu verjüngen. Es zeigen sich auch hier freilich Verschiedenheiten, die ebenfalls in gewissem Masse von den Aussenbedingungen abhängig zu sein scheinen (Fig. 3; 5).

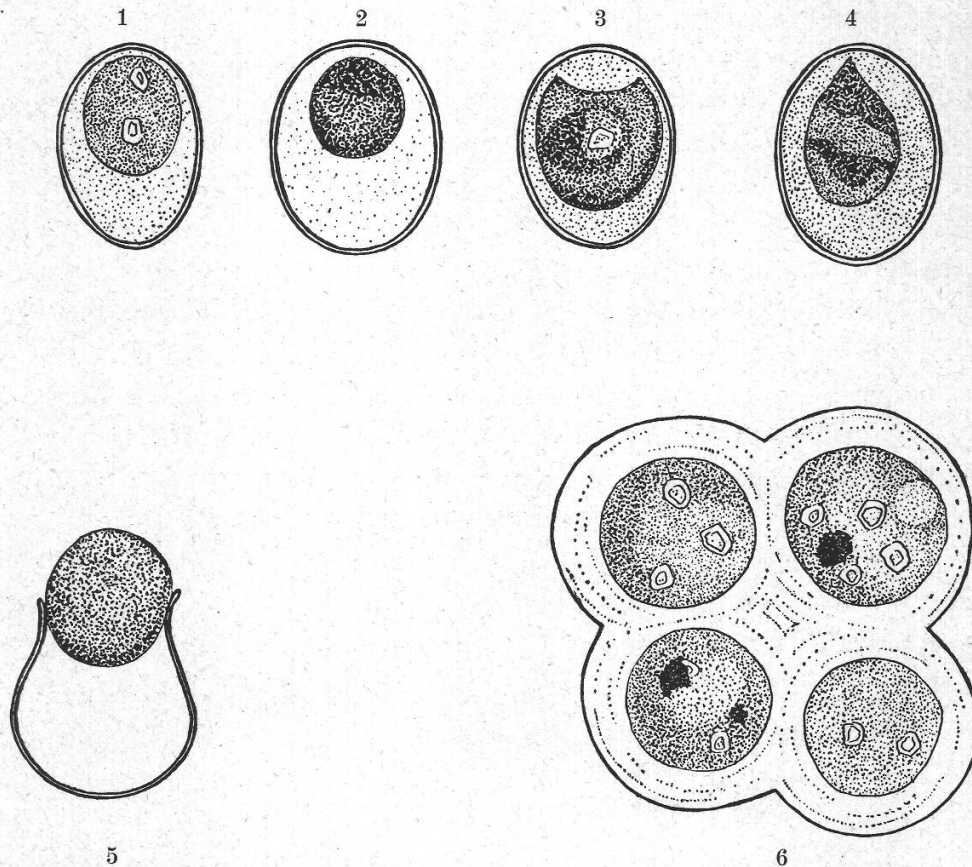


Fig. 4. *Rhodoplax Schinzii*. Zellen mit Gallertausscheidung zwischen Plasma und Zellwand. 1.—4. Einzelne Zellen. 6. Tetrade von Zellen innerhalb einer Membran. 5. Austritt einer einzelnen Autospore. Sämtliche Stadien aus einer Reinkultur auf Knop-Agar. Vergr. ca. 1350 $\times$.

Die Zoosporen tragen an ihrem Vorderende zwei gleiche, etwa körperlange Zilien, die durch Zusatz von verdünnter Jodlösung unter das Deckgläschen leicht sichtbar gemacht werden können. Im fixierten Zustande sind sie gerade und in einem spitzen Winkel nach vorn ausgestreckt.

Schon innerhalb der Muttermembran sind die Zoosporen namentlich in ihrer vordern Hälfte rot gefärbt, während der verjüngte apicale Teil noch rein grün erscheint (Fig. 3; 2—5).

Versuche ergaben, dass Thallusstücke, die seit längerer Zeit feucht gehalten wurden, nicht oder nur schwer Zoosporen hervorbringen, während sie nach längeren Trockenperioden (mindestens 5—10 Tage) durch Befeuchtung in kurzer Zeit Zoosporen in grosser Zahl liefern.

Ist *Rhodoplax* eine Flechte ?

Betrachtet man das Material *in situ*, so sind häufig einzelne oder mehrere Algenzellen zu beobachten, die von Pilzfäden umspinnen sind und die dadurch an Flechten erinnern. In Fig. 5 sind aus zahlreichen derartigen Beobachtungen eine Reihe von Beispielen zusammengestellt. Ob die Hyphen ins Innere der Algenzellen eindringen, konnte bisher noch nicht festgestellt werden; doch liegt dies durchaus im Bereiche des Möglichen, da sie nur schwer von den Algen abgetrennt werden können. Oft hat man den Eindruck, es mit einer Flechte zu tun zu haben. Da deutliche Pilzfäden bisher aber nur an einzelnen aus dem Gallertlager isolierten Zellen beobachtet wurden, nicht aber an den ein ausgedehnteres Lager bildenden grün oder rot gefärbten Zellen, so liegt — bis zum Beweise des Gegenteils — kein Grund vor, *Rhodoplax Schinzii* als eine Flechte anzusprechen. Diese Deutung scheint um so berechtigter zu sein, als sich in Reinkulturen, die von einer einzelnen hyphenfreien Zelle ausgegangen waren, kleine Lager bildeten ohne jede Beteiligung eines Pilzes. In diesen Kulturen war die Gallerthülle ausschliesslich durch die Verschleimung der Zellmembranen gebildet. Vielmehr sind diese lichenisierten Stadien ähnlichen Bildungen gleichzusetzen, wie sie für *Pleurococcus* und andere ein- bis wenigzellige Algen auf Baumstämmen und feuchten Mauern beobachtet werden können, und die ebensowenig als Flechten bezeichnet werden. Vielleicht handelt es sich hier wie dort um Anfänge der Lichenisation.

Systematik und Verwandtschaft.

Nun erhebt sich von neuem die Frage, wo *Rhodoplax Schinzii* im Algensystem unterzubringen sei. Handelt es sich um eine Grünalge (*Pleurococcacee*), wie Schmidle in seiner letzteren Fassung vorschlägt, oder gehört sie zu den Rotalgen (niedere *Bangiaceen*), wie Printz meint ?

Die Frage, ob Rotalge oder Grünalge, dürfte durch die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen eindeutig und endgültig entschieden sein. Denn die grüne Farbe der jungen Zellen, nachträgliche Ausbildung von Hämatochrom, vor allem aber die Ausbildung von Zoosporen mit zwei gleichen Zilien, alle diese Eigenschaften reihen die kritische Alge zu den *Chlorophyceen*. Auch unter den Grünalgen lässt sich die Eingliederung unschwer vollziehen, da *Rhodoplax* durch das Fehlen jeder eigentlichen Zweiteilung (nach « *Pleurococcus*-Art ») und durch die Ausbildung von Autosporen und Zoosporen mit zwei gleich langen Geisseln sämtliche charakteristischen Merkmale der unter den *Protococcales* vereinigten Algen aufweist. In der Familie der *Pleurococcaceen* (in der heutigen Umgrenzung) ist freilich für *Rhodoplax* kein Platz mehr, nachdem wenigstens von Printz alles aus der

Familie ausgeschlossen wurde, was nicht echte Zellteilung durchführt und Zoosporen ausbildet. Ob man *Printz* in der Ausschliessung aller zoosporenbildenden Formen beipflichten kann, ist freilich eine Frage, über die hier nicht weiter diskutiert werden soll.

Am nächsten kommt unsere Alge in ihren Merkmalen den *Volvocaceen-Tetrasporaceen*, namentlich, wenn man diese Familien, wie

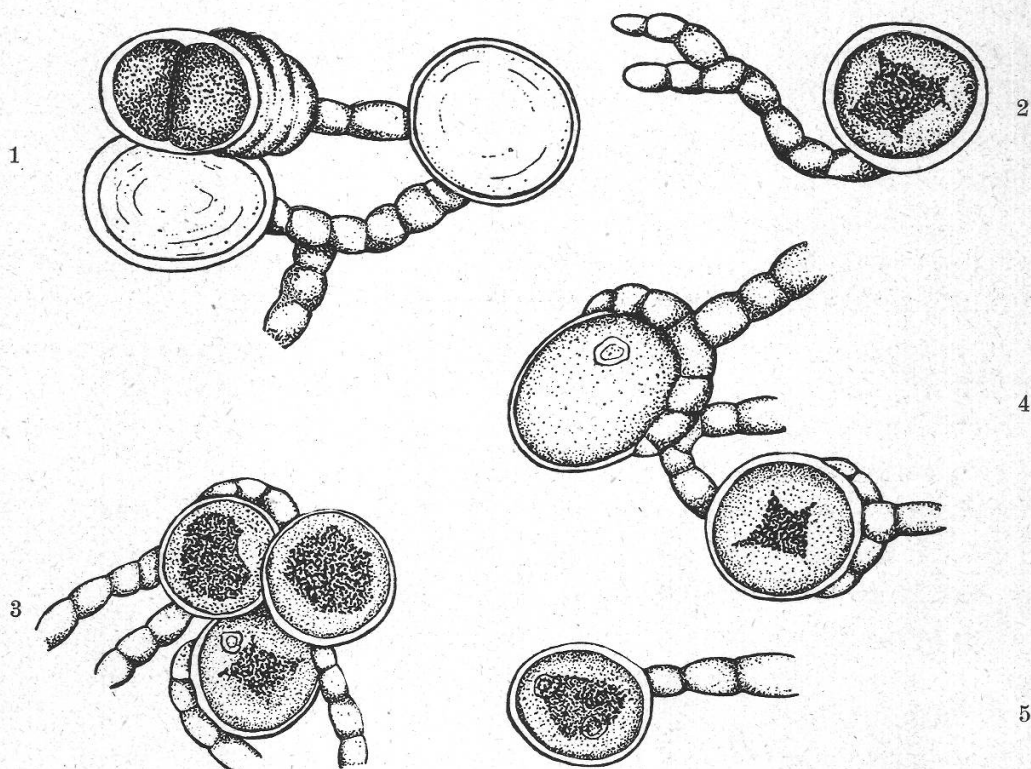


Fig. 5. *Rhodoplax Schinzii*. Anfänge einer Lichenisation. *Rhodoplax*-Zellen von Pilzhyphen umspinnen. 1. Hyphen an einer in Teilung begriffenen und zwei nekrobiotischen Zellen. 2.—5. verschiedene Verteilung des Hämatochroms (dunklere Stellen) in den Zellen. Vergr. ca. 1000 $\times$.

Printz im Anschluss an *Chodat* und *Pascher* es tut, als eine gleitende Reihe auffasst: « in der die *Tetrasporaceen* eine Weiterentwicklung der *Volvocineen* darstellen, bei der das unbewegliche *Palmella*- oder *Glöocystisstadium* gegenüber dem beweglichen Flagellatenstadium immer mehr betont wurde, bis schliesslich das *Flagellatenstadium* nur mehr propagativen Zwecken diene. Sie sind meistens nichts anderes als *Chlamydomonaden*, die den grössten Teil ihres Lebens in einem unbeweglichen palmelloiden Zustande verbringen und nur zum Zwecke der Vermehrung zum Flagellatenstadium zurückgreifen. »

Hier möchte ich *Rhodoplax* einreihen. Auf die *Volvocaceen* hin deutet eine grosse Aehnlichkeit mit *Hämatococcus*. Dieser Alge gleicht tatsächlich *Rhodoplax* in manchen Stadien bis in die letzte Einzelheit, so dass man in Parallelkulturen die Zellen der beiden Algen nicht

auseinanderhalten kann. Sie sind durchaus identisch in Grösse, Form, Farbe, Zahl der Pyrenoide, Verschleimung der Membran und in der Ausbildung und Verteilung des Hämatochrom. Diese Uebereinstimmung trifft zu im *Palmellastadium*. Die erwähnten Züchtungsversuche umfassen Reinkulturen, von *Rhodoplax Schinzii* und *Hämatococcus pluvialis* (zu Pfingsten 1932 in Quinten am Walensee gesammelt). Sie gingen aus von einzelnen Zellen, die mittelst feiner Mikropipetten nach der Methode des Mikromanipulators (im einzelnen beschrieben bei Jaag, 1929) isoliert und in sterilisierten Knop-Agar übertragen wurden.

Bis zur Stunde beobachtete ich auf künstlichem Substrat weder von der einen noch von der andern Alge bewegliche Stadien. Kulturen in flüssigen Nährmedien sind notwendig, um solche — wenn sie von *Rhodoplax* überhaupt gebildet werden — hervorzubringen. Leider stellten die erhaltenen Kulturen (*Hämatococcus* sowohl wie *Rhodoplax*) nach einigen Wochen ihre Entwicklung ein, so dass neue Kulturversuche von neu isolierten Zellen aus unternommen werden müssen.

Auch in der Biologie und in der Wahl des Standortes verhalten sich die beiden Algen ähnlich. Sowohl für *Hämatococcus* wie für *Rhodoplax* sind Standorte charakteristisch, die zu bestimmten Zeiten unter Wasser stehen und zu anderen Zeiten trocken sind. Ebenso führt die Befeuchtung vertrockneten Materials bei beiden verhältnismässig rasch zur Zoosporenbildung.

So scheinen die Ergebnisse der Beobachtung *in situ* und in der Kultur auf eine enge Verwandtschaft zwischen *Rhodoplax* und *Hämatococcus* hinzuweisen; während aber die letztere Alge nach echter Volvocaceenart wenigstens während eines Teiles ihres Entwicklungsganges bewegliche vegetative Zellen ausbildet, um die ganze übrige Zeit hindurch in einem unbeweglichen *Palmellastadium* zu verharren, so ist *Rhodoplax* in seiner Entwicklung schon weitergegangen, indem diese Alge auch das vegetative Flagellatenstadium zurückgebildet hat und den extremen ökologischen Bedingungen ihres Standortes entsprechend ausschliesslich im *Palmellastadium* verharret, um nur zur Zeit der Vermehrung bewegliche Zoosporen auszusenden. Es ist freilich sehr wohl möglich, dass weitere Studien auch das Flagellatenstadium für *Rhodoplax* noch zeitigen werden. Wäre dies der Fall, so stünde der Einreihung unter den *Volvocaceen* nichts mehr im Wege. Bis dahin aber kann *Rhodoplax Schinzii* neben die anderen Formen der *Tetrasporaceen* gestellt werden, indem unsere Alge als das Endglied einer grossen Entwicklungsreihe: *Volvocaceen-Tetrasporaceen*, gedeutet werden kann.

Zitierte Literatur.

- Chodat, R. Matériaux pour servir à l'histoire des *Protococcoidées*. — Bull. de l'herbier Boissier, 4 (1896).
- Algues vertes de la Suisse. — Matériaux pour la Flore cryptogamique de la Suisse, Vol. I, fasc. 3, Bern (1902).
- Etude critique et expérimentale sur le Polymorphisme des Algues (Mémoire publié à l'occasion du Jubilé de l'Université), Genève 1909.
- Monographies d'Algues en culture pure. — Matériaux pour la Flore cryptogamique de la Suisse, IV (1913)..
- Heim, A. Geologie des Rheinfalles. — Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen (1931).
- Jaag, O. Recherches expérimentales sur les gonidies appartenant aux genres *Parmelia* et *Cladonia*. — Bull. de la Soc. Botanique de Genève. Vol. XXI, fasc. 1 (1929).
- Klebs, G. Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.
- Pascher, A. *Volvocales*, in Süßwasserflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. Heft 4 (1927).
- Printz, H. *Chlorophyceae*, in Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien. 3. Band, 2. Auflage (1927).
- Reichenow. Untersuchungen an *Hämatococcus pluvialis* nebst Bemerkungen über andere Flagellaten. (Arb. aus dem kaiserlichen Gesundheitsamt 1909).
- Schmidle, W. Neue Algen aus dem Gebiete des Oberrheins. — Beihefte zum Botanischen Zentralblatt 10, Heft 4/5 (1901).
- *Rhodoplax Schinzii*, Schmidle et Wellheim, ein neues Algengenus. — Bulletin de l'herbier Boissier. Tome 1, 2^{me} série, p. 1007—1011 (1901).
- Wollenweber, E. Untersuchungen über die Gattung *Hämatococcus*. — Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 26 (1908).
-