

Biologisches Centralblatt.

Unter Mitwirkung von

Dr. K. Goebel und Dr. R. Hertwig

Professor der Botanik

Professor der Zoologie

in München,

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

Vierundzwanzig Nummern bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

Die Herren Mitarbeiter werden ersucht, alle Beiträge aus dem Gesamtgebiete der Botanik an Herrn Prof. Dr. Goebel, München, Luisenstr. 27, Beiträge aus dem Gebiete der Zoologie, vergl. Anatomie und Entwicklungsgeschichte an Herrn Prof. Dr. R. Hertwig, München, alte Akademie, alle übrigen an Herrn Prof. Dr. Rosenthal, Erlangen, Physiolog. Institut, einzusenden zu wollen.

XXV. Bd. 15. September 1905.

A² 18.

Inhalt: Mereschkowsky, Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche. — Boecker, Über das Vorkommen von *Linnaecodium* im Münchner botanischen Garten. — Huber, Über die Koloniegründung bei *Alta serdens*. — Fruhwirth, Die Züchtung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. — Wasmann, Wissenschaftliche Beweisführung oder Intoleranz?

Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche.

Von C. Mereschkowsky,

Privatdozent an der Kais. Universität in Kasan.

I. Einleitung.

Der jetzt allgemein herrschenden Ansicht nach sind die Chromatophoren der Pflanzen als Organe aufzufassen, d. h. als Gebilde, die sich in irgendeiner uns unbekanntem Weise allmählich aus dem farblosen Plasma des Zelleibes differenziert haben. So sagt Wilson (1902): „In the plants the plastids are almost certainly to be regarded as differentiations of the protoplasmic substance.“ Und dieselbe Behauptung findet man in fast jedem Lehrbuche der Botanik oft in noch viel entschiedener Form ausgedrückt.

Dass diese Anschauung keinenfalls eine auf direkte Beobachtungen begründete Tatsache ist, sondern nur als eine Theorie angesehen werden kann, leuchtet von selbst ein. Denn es ist bis jetzt wohl noch keinem geglückt, eine solche Differenzierung des farblosen Plasmas in grüne Chromatophoren oder überhaupt in Plastiden zu beobachten.

Fragt man sich, wie dennoch diese allgemeine Überzeugung entstehen konnte, so finden wir eine ganz natürliche Erklärung.

rung in der schon längst bekannten Tatsache, dass gewisse farblose Teile der Pflanzen, die ursprünglich kein Chlorophyll enthalten, später, wenn ans Licht gebracht, leicht ergrünen; so ist es z. B. hinsichtlich der farblosen Gewebe am Scheitel der Sprosse (Vegetationspunkt), ferner der Gewebe im Embryo oder in unterirdischen Rhizomen etc. Alle diese Tatsachen lassen keinen Zweifel über das jedesmalige Neuentstehen des Chlorophylls aufkommen.

Da aber das Chlorophyll neu entstand, so hielt man es für ganz natürlich, zugeben zu müssen, dass auch die Chlorophyllträger oder Chromatophoren jedesmal von neuem entstehen.

Als dann Schimper (1885) in seinem klassischen Werke über Chromatophoren bewiesen hatte, dass, wenngleich das Chlorophyll jedesmal von neuem entsteht, die Träger desselben — die Plastiden schon von vornherein in den ungefärbten Pflanzenteilen in Form von winzigen, farblosen Leukoplasten anwesend sind, mit anderen Worten, dass Plastiden nie von neuem erscheinen, so wurde der alten Theorie jeder Boden entzogen. Die Gewohnheit jedoch, die Chlorophyllkörner als Differenzierungsprodukte, i. e. Organe der Zelle anzusehen, war so stark eingewurzelt, dass man auch nach der Entdeckung Schimper's immer noch fortfuhr, diese Theorie, die jetzt völlig in der Luft schwebend geblieben war, als gültig anzusehen.

Fragt man nun nach Gründen, auf die sich diese Ansicht stützen soll, so begegnet man einem vollen Stillschweigen. Und das ist kein Wunder, denn Gründe dafür gibt es nicht.

Dass die Chromatophoren sich nicht aus farblosem Protoplasma differenzieren, sondern immer aus vorher existierenden, wenngleich auch farblosen Plastiden (Leukoplasten) entstehen, ist eine bewiesene und allgemein anerkannte Tatsache. Die Verteidiger der Theorie, dass die Plastiden Organe sind, müssten also zu einer Hypothese Zuflucht nehmen und zugeben, dass, wenn auch heutzutage Plastiden nicht von neuem entstehen, es dennoch eine Zeit gegeben haben muss, wo die Zellen die Fähigkeit hatten, aus dem Protoplasma die Chromatophoren zu differenzieren, und dass dann diese sich weiter in ununterbrochener Kontinuität durch Teilung vermehrten, so dass die heutigen Chromatophoren die direkten Abkömmlinge dieser Urchromatophoren wären. In dieser Weise könnte noch die Differenzierungstheorie gerettet werden. Es müsste aber die vollständig bodenlose Theorie der heute noch erfolgenden Differenzierung der Chromatophoren durch die Theorie der früheren Differenzierung ersetzt werden.

Solch eine Hypothese ist aber aus zweierlei Gründen vollständig unzulässig. Vor allem sieht man durchaus nicht ein, warum Zellen, die früher die Fähigkeit gehabt hätten, aus ihrem Plasma

Plastiden zu differenzieren¹⁾, diese Fähigkeit heutzutage vollständig eingeübt haben sollten?

Der Hauptgrund aber, warum diese Hypothese nicht angenommen werden kann, liegt darin, dass sie auf einem logischen Fehler beruht. Auch würden diejenigen, die in solcher Weise ihre Ansicht über die Natur der Chromatophoren stützen wollten, zugleich zeigen, dass ihnen eine richtige Vorstellung über die Natur der Vererbung fehlt. Denn was behaupten die Anhänger dieser Anschauung? Sie behaupten, dass das Chromatophor ein Organ der Zelle sei.

Was ist aber unter einem Organe zu verstehen?

Ein Organ ist ein abgesonderter und zu gewissen, funktionellen Zwecken bestimmter Teil eines Organismus, der jedesmal spontan (ontogenetisch) oder unter äußeren Einflüssen aufs neue aus im Keimplasma verborgen liegenden Anlagen entsteht. In diesem Sinne ist ein Auge, ein Herz, ein Blatt — ein Organ; auch sind die Cilien der Infusorien, die Hoftüpfel der Tracheiden, die Stiele der festsitzenden Diatomeen — Organe. Alles aber, was nicht von dem Keimplasma seinen Ursprung nimmt, sondern kontinuierlich von einer Generation zur anderen direkt übergeben wird, ist kein Organ. Halten wir uns nicht streng an die oben angeführte Definition des Begriffes Organ, so geraten wir unumgänglich in eine Verwirrung von Worten und Ideen, die uns sicher zu irreführenden Schlüssen bringen würde.

Denken wir uns nun eine Zelle aus uralten Zeiten, die die Fähigkeit besaß, Chromatophoren aus ihrem Zellplasma zu differenzieren. Diese Fähigkeit konnte aber nicht auf einmal entstanden sein. Vielmehr müssen wir zugeben, dass diese Fähigkeit, resp. die Chromatophoren sich nur allmählich von Generation zu Generation herausgearbeitet haben. Damit aber dieser Prozess sich verwirklichen konnte, musste die Differenzierungsfähigkeit des Protoplasmas erblich geworden sein; denn nur in dieser Weise konnte jeder Schritt in der Ausbildung der Fähigkeit durch einen neuen Schritt ergänzt und vervollkommenet werden. Mit anderen Worten müssten die Chromatophoren, falls sie wirklich sich aus dem Zellplasma differenziert haben, erblich geworden sein.

Was heißt aber erblich werden? D. h., dass das bezügliche Organ, sei es in Form von Determinanten oder wie anders, im Keimplasma enthalten, sozusagen materiell in demselben repräsentiert wäre. Und ist einmal irgend eine Eigenschaft oder Organ im Keimplasma enthalten, dann erscheint das Organ in jeder neuen Generation spontan als eine notwendige Folge der Keimplasmastruktur.

1) Auch fehlt jeder Grund, solch eine Fähigkeit den Urzellen überhaupt zuzuschreiben.

Waren also zu irgendwelcher Zeit die Chromatophoren als differenzierte Teile des Zellenplasmas erschienen, so müssen sie auch noch jetzt spontan in jeder pflanzlichen Zelle oder wenigstens im Ei und in der Spore aufs neue entstehen, sich aus dem Plasma differenzieren. Geschieht das nicht, so ist es ein sicherer Beweis dafür, dass die Chromatophoren sich nie im Plasma selbständig herausgebildet haben, dass sie kein Produkt der Differenzierung sind, mit anderen Worten: es sind keine Organe und sind es auch nie gewesen.

Sind aber die Chromatophoren keine Organe und sind sie es nie gewesen, dann bleibt nur die eine Möglichkeit übrig — diese Gebilde als Organismen, als Symbionten aufzufassen. So wären wir auf rein deduktivem Wege zu diesem Schlusse gekommen. Wenden wir uns jetzt zur induktiven Methode.

Wie gesagt liegen absolut keine tatsächlichen Gründe vor, die Chromatophoren als Organe aufzufassen. Sehen wir also zu, ob es irgendwelche Gründe gibt, diese Gebilde als Symbionten zu betrachten.

II. Gründe, warum ich die Chromatophoren als Symbionten auffasse.

Die Chromatophoren sind also keine Organe, die sich allmählich aus dem Zellenplasma herausdifferenziert hätten. Es sind fremde Körper, fremde Organismen, die ins farblose Plasma der Zelle eingedrungen und mit derselben in symbiotisches Zusammenleben getreten sind. Die Gründe, die diese Anschauung rechtfertigen, sind nun folgende.

1. Die Kontinuität der Chromatophoren.

Die Chromatophoren werden, wie gesagt, niemals von neuem gebildet, sondern entstehen jedesmal durch Teilung vorher existierender Plastiden, und da diese letzteren wieder von vorher existierenden entspringen u. s. w., so kommen wir zum logisch notwendigen Schluss, dass das erste Chromatophor einst in einen farblosen Organismus eingewandert war. Mit anderen Worten: diese Kontinuität der Chromatophoren dient als direkter Beweis dafür, dass dieselben fremde Körper oder Symbionten sind.

Man könnte nun fragen, ob denn auch diese Kontinuität in genügender Weise bewiesen ist. Es lassen sich wohl zuweilen Stimmen hören, welche die Wahrheit dieses Satzes bezweifeln zu müssen glauben; es wird zuweilen darauf hingewiesen, dass Schimper bloß bei einigen wenigen Phanerogamen die Existenz farbloser Plastiden (Leukoplasten) in den Eiern konstatieren konnte, und dass es einer größeren Anzahl von dergleichen Beobachtungen bedürfte, um der Sache ganz sicher zu sein. Dieser Skeptizismus ist aber nicht gerechtfertigt. In der Tat, nehmen wir alle die ge-

färbte Chromatophoren enthaltenden Gameten, also Eier der verschiedenen grünen, braunen und roten Algen, ferner die Auxosporen der Diatomeen, die Zygosporien der Konjugaten, auch alle die gefärbte Chromatophoren enthaltende Isosporien und Zoosporien, besonders aber die unzähligen Fälle von Sporen der *Bryophyta* und *Pteridophyta*, die alle grün gefärbt sind, also Chromatophoren enthalten, in Betracht, so erhalten wir eine so enorme Anzahl von Tatsachen, die eine direkte Übertragung der Plastiden von Generation zu Generation beweisen, dass ein Zweifel über ihre Kontinuität wohl nicht mehr bestehen kann.

Bezweifeln kann man ja schließlich alles. An der Kontinuität der Chromatophoren aber zu zweifeln, wäre ebenso wenig gerechtfertigt, als wenn wir daran zweifeln würden, ob wirklich alle grünen Blätter die Fähigkeit besitzen, CO_2 zu assimilieren. Denn sicherlich ist nicht eine nur annähernd gleiche Zahl von grünen Pflanzen darauf hin experimentell nachgeprüft worden, wie die vielen Tausende von Fällen, wo die Kontinuität der Chromatophoren direkt beobachtet werden kann.

2. Die hochgradige Unabhängigkeit der Chromatophoren vom Zellkerne.

Zahlreiche Versuche haben es festgestellt, dass der Kern als Zentrum aller in der Zelle vorkommenden, konstruktiv-metabolischen Erscheinungen angesehen werden muss. Entfernt man in irgendeiner Weise den Kern aus der Zelle, so fallen alle synthetisch-morphologischen Erscheinungen aus; es werden die Schalen der Foraminiferen, die Zellmembran der Pflanzen, die Cilien der Infusorien etc. nicht mehr gebildet, die Nahrungskörper in Amöben werden nicht oder doch nur unvollständig verdaut¹⁾. Nur solche destruktiv-metabolischen Erscheinungen wie Bewegung, Atmung u. dergl. finden noch im kernlosen Protoplasma statt. Diese Beobachtungen beweisen also, dass das Plasma ohne den Kern nicht imstande ist, auf synthetische Weise Stoffe zu bilden und zugleich, dass alle Organe der Zelle vom Kerne chemisch wie morphologisch abhängig sind. Diese beiden Kategorien von Erscheinungen, die chemische und morphologische, sind ja übrigens in intimster Weise verbunden; denn wie Claude Bernard es in so klarer Weise dargelegt hat, sind die morphologischen Erscheinungen nichts anderes als der äußere Ausdruck von ihnen zugrunde liegenden, chemischen Erscheinungen. Und so kann denn im kernlosen Plasma

1) Siehe jedoch Gruber (1904), der bei *Amoeba viridis* gefunden hat, dass Individuen, in welchen der Kern durch eine Pilzkrankheit zugrunde gegangen war, dennoch grüne Algen aufnehmen und dieselben anscheinlich in normaler Weise zu verdauen schienen, wie das auch schon früher von Dangeard (1894/5) beobachtet worden war.

ohne Stoffsynthese auch keine morphologische Synthese zustande kommen.

Eine auffallende Ausnahme von dieser Regel bilden nun die Chromatophoren. Schnürt man durch Plasmolyse einen Teil des Plasmas einer grünen Pflanzenzelle so ab, dass er kernlos bleibt, so leben die sich darin befindenden Chromatophoren in ganz ebenso normaler Weise fort wie die im kernhaltigen Teile gebliebenen (Klebs (1887); sie wachsen, sie vermehren sich durch Teilung, sie assimilieren CO_2 und bilden synthetisch Stärkekörner (wohl zuerst Zucker). Mit einem Worte sie verhalten sich nicht wie vom Kerne abhängige Organe, sondern wie ganz selbständige Organismen. Selbst außerhalb des Plasmas fahren die Chromatophoren noch eine Zeit lang fort, CO_2 zu assimilieren, wie sich das durch die Bakterienmethode leicht nachweisen lässt. Auch entstehen gewisse Enzyme, z. B. Oxygenase, nicht im Kerne, wie so viele andere Fermente, sondern in Leukoplasten, wie das Chodat und Bach (1904) gezeigt haben. Fettbildung ist eine im Pflanzenreiche sehr häufige Erscheinung; die Chromatophoren aber bilden ganz besondere, von denjenigen, die sich im Cytoplasma befindenden, ganz verschiedene Fette. „Wiederum auch ein Beweis,“ bemerkt Schimper, „dass die chemischen Vorgänge in Chromatophoren und Cytoplasma (das vom Kerne abhängig ist, C. M.) sehr ungleich sind“ (l. c. p. 195).

Die Chromatophoren können also unabhängig vom Kerne wachsen, sich vermehren, Stoffe auf synthetischem Wege bilden; kurz sie benehmen sich durchaus nicht wie Organe, sondern wie selbständige Organismen und müssen deshalb auch als solche oder als Symbionten angesehen werden.

3. Die vollständige Analogie zwischen Chromatophoren und Zoochlorellen.

Die Chromatophoren zeigen eine vollständige Analogie mit Zoochlorellen.

Betrachtet man eine *Amoeba viridis* Leydy, so kann zwischen dessen Zoochlorellen und den Chromatophoren irgend einer grünen Alge absolut kein prinzipieller Unterschied vorgebracht werden. In beiden Fällen sind die betreffenden Gebilde unabhängig vom Kerne, in beiden Fällen wachsen sie, teilen sie sich und benehmen sich wie selbständige Organismen. Auch werden die Zoochlorellen im Tiergewebe nie von neuem gebildet, sondern entstehen immer durch Teilung von anderen, vorher existierenden Individuen. Die Analogie geht so weit, dass in *Hydra viridis* diese Gebilde schon im Eie des mütterlichen Organismus sich befinden und so durch das Ei von Generation zu Generation übergeben werden. Wir haben also hier dieselbe Kontinuität der Zoochlorellen und Zooxan-

thellen, wie wir sie hinsichtlich der Chromatophoren gesehen haben.

Eine so volle Analogie macht es höchst wahrscheinlich, dass die Chromatophoren, ganz wie die Zoochlorellen, selbständige Organismen vorstellen, die mit farblosen Zellen in symbiotisches Zusammenleben getreten sind.

Der einzige Unterschied zwischen beiden Gebilden liegt darin, dass die Zoochlorellen auch außerhalb der tierischen Zelle leben und sich vermehren können, während die Chromatophoren bald zugrunde gehen. Dieser Unterschied spricht aber nicht gegen die oben angeführte Analogie, wenn wir überlegen, dass die Chromatophoren schon aus uralten Zeiten ins Plasma der ersten pflanzlichen Zellen eingedrungen sind und also Zeit hatten, während vieler Millionen von Jahren sich diesen besonderen Lebensbedingungen anzupassen, während die Zoochlorellen zu solchen Tieren wie Infusorien, *Hydra*, *Spongilla* erst verhältnismäßig unlängst in symbiotisches Verhältnis eingetreten sind, wie das schon daraus hervorgeht, dass von nahestehenden Arten die einen mit, die anderen ohne Zoochlorellen vorkommen. Kein Wunder also, dass die Chromatophoren ihre Fähigkeit, selbständig zu leben, schon längst verloren haben.

4. Es gibt Organismen, die wir als freilebende Chromatophoren betrachten können.

Eine Theorie, wie die hier vorgeschlagene, würde viel an Wahrscheinlichkeit gewinnen, wenn es gelingen würde, die Existenz irgendwelcher den Symbionten ähnlicher, frei lebender Organismen zu beweisen. Als solche Organismen können nun die niedrigeren Formen der *Cyanophyceae* angesehen werden. Denn zwischen einem Chromatophor und einer *Aphanocapsa* oder *Microcystis* ist der Unterschied sehr gering, wie das aus der vorliegenden Tabelle zu ersehen ist.

Cyanophyceae.

(*Aphanocapsis*, *Microcystis* u. dergl.)

1. Kleine, spangrüne, runde oder ovale Körper von sehr einfacher Struktur.

Chromatophoren.

1. Kleine, grüne (ursprünglich wohl blaugrüne, wie bei *Cyanomonas*), runde oder ovale Körper von sehr einfacher Struktur.

1) Herrn Professor Famintzin, der sich viel mit dieser Frage beschäftigt hat und der, wie ich gehört habe, gleichfalls von der selbständigen Natur der Chromatophoren überzeugt hat, scheint es wenigstens bisher nicht gelungen zu sein, die Chromatophoren außerhalb der Zelle zu kultivieren, wie er das hinsichtlich der Zoochlorellen tun konnte (1889).

Cyanophyceae.

2. Das grüne Pigment durchtränkt gleichmäßig das Plasma oder ist darin in Gestalt sehr kleiner Tröpfchen verteilt¹⁾.
3. Keine echten Kerne enthaltend, sondern bloß gewisse Gebilde (Nukleinkörner), die als Vorläufer eines Kerns angesehen werden können²⁾.
4. Ernährung: Assimilation von CO₂ am Lichte.
5. Fortpflanzung: durch Teilung.

Chromatophoren.

2. Das grüne Pigment durchtränkt gleichmäßig das Stroma oder ist darin in Gestalt sehr kleiner Tröpfchen verteilt.
3. Keine echten Kerne enthaltend, sondern bloß gewisse Gebilde (Pyrenoide), die als umgewandelte, primitive Kerne angesehen werden können.
4. Ernährung: Assimilation von CO₂ am Lichte.
5. Fortpflanzung: durch Teilung.

Wie man aus dieser Tabelle ersehen kann, ist die Ähnlichkeit zwischen diesen beiden Gebilden ganz auffallend groß. Die wenigen Unterschiede lassen sich in genügender Weise erklären durch die verschiedenen Bedingungen, unter welchen diese Gebilde seit uralter Zeit sich befinden: die Cyanophyceen leben frei im Wasser, die Chromatophoren sind im Zellplasma eingebettet.

Eine äußere Membran war unter den speziellen Lebensbedingungen den Symbionten nicht mehr so nötig, wie sie es für frei lebende Organismen ist, und könnte deswegen verloren gegangen sein. Die Nukleinkörner, die sich wohl in solchen Cyanophyceen wie *Microcystis*, *Aphanocapsa* und dergleichen befinden und rudimentäre Kernanlagen vorstellen, konnten sich wohl mit der Zeit in Pyrenoide umgewandelt haben, die schließlich bei den höheren Pflanzen sich auch als nutzlos erwiesen haben und deswegen verschwunden sind. Die Natur des Pigmentes hat sich auch etwas verändert und ist unter dem Einflusse des Protoplasmas rein grün geworden³⁾. Wie bekannt, ändert sich ja die Farbe des Pigments bei den Cyanophyceen sehr leicht (Gerassimoff 1902).

Die große Ähnlichkeit im äußeren Habitus, im Bau, sowie in der Fortpflanzungsart beider Gebilde macht es also höchstwahr-

1) Von Chromatophoren bei den Cyanophyceen kann meiner Meinung nach keine Rede sein; vielmehr sind sie selbst Chromatophoren. Denn das äußere Plasma, welches dem Cytoplasma der Pflanzenzellen gleich gesetzt werden kann, ist gleichmäßig gefärbt, und wenn auch eine dünne, hyaline Außenschicht bisweilen zu unterscheiden ist, so ist dieselbe wohl eher mit der Zellmembran der Bakterien zu homologisieren. Die kleinen grünen Tröpfchen mit Kohl (1903) als Chromatophoren aufzufassen, würde uns dazu führen, auch von Chromatophoren in Chromatophoren zu reden! Denn A. Meyer (1895) hat ja ganz deutlich gezeigt, dass auch bei höheren Pflanzen solche grüne Tröpfchen im farblosen Stroma eingebettet sich befinden.

2) Bei höheren Repräsentanten dieser Gruppe sind freilich durch die Untersuchungen von Kohl, Olive, Philipps u. a. echte Kerne konstatiert worden.

3) Dass die Chromatophoren ursprünglich blaugrün gewesen sein dürften, zeigt uns *Cyanomonas americana*, über welche weiter unten Näheres. Auch das Fehlen von rein grünen Cyanophyceen macht das sehr wahrscheinlich.

scheinlich, dass die Chromatophoren ins Plasma eingedrungene *Cyanophyceae* sind. Dass die anderen Plastiden (Leukoplasten und Chromoplasten) nichts anderes als umgewandelte Chromatophoren (Chloroplasten) vorstellen, hat Schimper in genügender Weise bewiesen.

5. Cyanophyceen leben tatsächlich als Symbionten im Zellprotoplasma.

Wir haben gesehen, dass genügende Gründe vorliegen (Nr. 1 und Nr. 2), um die Chromatophoren nicht als Organe, sondern als in die Zelle eingewanderte, fremde Organismen zu betrachten. Wir haben ferner gezeigt, dass in ihrem Benehmen die Chromatophoren eine volle Analogie mit Zoochlorellen aufweisen, die sicherlich fremde Organismen darstellen. Schließlich haben wir gesehen, dass es in der Natur Organismen gibt (die niedrigeren *Cyanophyceae*), die höchstwahrscheinlich als frei lebende Vorfahren der Chromatophoren anzusehen sind. Es bleibt uns jetzt nur noch ein Glied in der Kette der Beweise vorzubringen, um unsere Theorie als allseitig und gründlich gestützt betrachten zu dürfen. Es bleibt uns nämlich zu zeigen übrig, dass Cyanophyceen wirklich ins Zellenplasma eindringen und dort als Symbionten fortleben können.

Derartige Tatsachen sind nun wirklich bekannt. In erster Linie ist es ein Rhizopod, die *Paulinella chromatophora* (Lauterborn 1895), in welcher eine Cyanophycee parasitiert. Wäre die spangrüne Farbe dieser Cyanophycee in eine grüne umgewandelt, so hätten wir echte Chromatophoren vor uns. Einen ähnlichen Fall scheint uns auch die *Cyanomonas americana* Davis (Davis 1894), eine Flagellate mit blaugrünen Körpern, darzubieten. Endlich haben wir den sonderbaren Fall einer Cyanophycee, der *Richelia intercellularis* Schm., die in Symbiose mit einer Diatomee, der *Rhizosolenia styliformis* lebt. Wie diese Cyanophycee ins Plasma der Diatomee, das ja von einer kieselhaltigen Membran allseitig umschlossen ist, gelangt, ist unbekannt (wahrscheinlich wohl im Sporenstadium); die Tatsache zeigt aber, wie leicht Cyanophyceen in symbiotisches Zusammenleben mit sogar von einer Zellmembran umschlossenen Zellen treten können.

III. Bedeutung der Symbiosentheorie.

Die hier entwickelte Theorie scheint mir eine große Bedeutung zu haben und zwar nach zwei Richtungen hin.

A. Von dieser Theorie ausgehend, ist es allein möglich, den Ursprung und die Phylogenie der Pflanzenwelt richtig zu verstehen.

1. Dieser Theorie nach ist eine Pflanzenzelle nichts anderes als eine Tierzelle mit in sie eingedrungenen Cyanophyceen; infolgedessen ist die Pflanzenwelt von der Tierwelt abzu-

leiten. Die Urpflanzen waren nichts anderes als Amöben oder Flagellaten, in welche Cyanophyceen eingewandert waren.

2. Da ein solcher Prozess des Eindringens verschiedener Cyanophyceen in verschiedene Amöben und Flagellaten wiederholt stattgefunden hat (wie auch in neuerer Zeit das Eindringen der Zoochlorellen und Zooxanthellen), so ist der Ursprung der Pflanzenwelt ein in hohem Grade polyphyletischer.

3. Da es grüne, gelbe und rote Cyanophyceen gibt, wie es ja gleichfalls auch schon bei den direkten Vorfahren der Cyanophyceen, den Bakterien, der Fall ist, so können die drei Hauptstämme des Pflanzenreiches — die grünen, braunen und roten Algen, in dieser Weise unabhängig voneinander ihren Ursprung genommen haben. Tatsächlich kennen wir ja auch grüne, gelbe und rote Flagellaten, und keiner wird wohl mehr daran zweifeln, dass die Flagellaten als diejenigen Organismen anzusehen sind, aus denen sich die höheren Pflanzenformen entwickelt haben. Die Zoosporen sowie die Gameten, die Antherozoiden nicht ausgeschlossen, repräsentieren gerade dieses Flagellatenstadium. Bei weiterer Evolution des Pflanzenreiches ist dieses bei den Flagellaten vorherrschende Stadium immer mehr und mehr unterdrückt worden, während das früher kaum merkbare, vegetative Stadium (Dauerzellen) in den Vordergrund getreten ist¹⁾.

Was den Ursprung den beiderlei Symbionten, der Cyanophyceen und der tierischen Zelle, anbelangt, so behalte ich mir die Besprechung dieser Frage für eine weitere Mitteilung vor.

Hier möchte ich nur kurz erwähnen, dass ich zur Überzeugung gekommen bin, dass das Leben auf Erden wahrscheinlich einen polyphyletischen Ursprung gehabt hat, indem es zweimal entstanden sein muss. Einmal, als das die Oberfläche der Erde bedeckende Wasser noch heiß war, und zwar in Form von kleinsten Bakterien, die dann den Mikrokokken und weiter den übrigen Bakterien, ferner den Cyanophyceen (als Nebenzweig) und schließlich den echten Pilzen (die Phycomycetes ausgenommen) den Ursprung gaben. Und das zweitemal, als das Wasser schon abgekühlt war und bereits organische Nahrung vorhanden war; da entstand ein ganz verschiedenes, amöbenartiges Plasma (wohl in Form von kleinen Moneren), das dem Cytoplasma homolog ist. Ins letztere drangen dann die kleinen Mikrokokken ein, um als Symbionten zu leben und schließlich den Zellkern (die Chromosomen?) zu bilden. Die tierische Zelle können wir als einfache Symbiose auffassen (Cytoplasma und Nukleus-Mikrokokken), die Pflanzenzelle als doppelte Symbiose (Tierzelle und Cyanophyceen). Ich unterscheide aber außer dem Tier- und Pflanzenreiche noch ein drittes von diesen beiden ganz

1) Siehe mein Gesetz von der Übertragung der Stadien (Mereschkowsky 1903).

verschiedenes und streng gesondertes Reich — das Pilzreich. Letzteres stellt gar keine Symbiose vor, denn hier hat sich der Kern als Differenzierungsprodukt herausgebildet, wie wir es noch heute bei *Bacillus Bütschlii* zu beobachten Gelegenheit haben (Schaudinn 1902).

B. Die Symbiosentheorie gibt ein viel tieferes Verständnis des ganzen Wesens der Pflanze. Alle die Eigentümlichkeiten, die eine Pflanze charakterisieren und sie vom Tiere unterscheiden, erscheinen im Lichte dieser Theorie als natürliche Folge einer Symbionte von Tierzelle und CO_2 assimilierender Cyanophyceen.

Was unterscheidet eine Pflanze von einem Tiere?

1. Die Pflanzenzelle besitzt eine feste Zellulosemembran; die Tierzelle hat keine solche.

2. Die Tierzelle braucht organische Nahrung, die sie in Form von festen Teilchen aufnehmen kann; die Pflanzenzelle nimmt nur flüssige Nahrung auf und braucht keine fertigen, organischen Stoffe.

3. Die Pflanze besitzt weder ein Muskel- noch ein Nervensystem und hat folglich auch kein psychisches Leben; sie ist ihrer Natur nach passiv. Das Tier ist im höchsten Grade aktiv.

Stellt man sich auf den Standpunkt der heute herrschenden Theorie, nämlich dass die Chromatophoren nichts anderes als in einer farblosen Zelle entstandene Differenzierungsprodukte seien, so wäre es durchaus unbegreiflich, warum und wie die Entwicklung der Organismenwelt zwei so grundverschiedene Richtungen eingeschlagen hat, wie die der tierischen und der pflanzlichen Welt.

Das Eindringen von Cyanophyceen löst das Problem der Entstehung der Pflanzenwelt mit allen ihren Eigentümlichkeiten in der einfachsten und klarsten Weise. Der erste von den drei oben angeführten Unterscheidungsunkten ist als eine natürliche Folge dieses Eindringens der Cyanophyceen anzusehen und die übrigen gehen aus demselben, sowie einer aus dem anderen in streng logischer Weise hervor, wie das aus den folgenden Betrachtungen leicht zu ersehen ist.

1. Da die Chromatophoren CO_2 zu assimilieren und Kohlenstoffhydrate synthetisch aufzubauen imstande sind, die sich leicht in Zellulose polymerisieren, so hat die Pflanzenzelle eine feste Zellulosemembran erhalten. Dies gestattete die Ausbildung eines starken Turgors innerhalb der Zelle, was es weiter möglich und vorteilhaft machte, durch eben diesen Turgor das äußere, resp. innere Skelett der Tiere zu ersetzen.

2. Die feste Zellhaut machte es wieder unmöglich, feste Nahrung aufzunehmen; und so wurde die Pflanzenzelle darauf angewiesen, sich nur von löslichen Stoffen, die ja fast ausschließlich mineralischer Natur sind, zu ernähren.

3. Die Pflanzenzelle erhält ohne irgendwelche Anstrengung und in großer Menge fertige organische Nahrung (Kohlenhydrate), die ihr die Chromatophoren bereitwillig liefern. Dank dessen braucht die Pflanzenzelle nicht alle die Anstrengung auszuüben, die eine tierische Zelle braucht, um ihre organische Nahrung aufzufinden. In dieser Weise entstand die passive, quietische Natur der Pflanzenwelt, sowie der Mangel an Muskel und Nervengewebe, und infolgedessen auch eines psychischen Lebens.

Denken wir uns eine Palme ruhig am Ufer einer Quelle wachsend und einen Löwen, der neben ihr im Gebüsch verborgen liegt, alle seine Muskeln angestrengt, mit Blutgier in den Augen, fertig auf eine Antilope zu springen und sie zu erwürgen. Nur die Symbiosentheorie gestattet es, bis ins tiefste Geheimnis dieses Bildes einzudringen und die fundamentale Ursache, die zwei so ungeheuer verschiedene Erscheinungen, wie eine Palme und einen Löwen hervorbringen konnten, zu erraten und zu verstehen. Die Palme benimmt sich so ruhig, so passiv, weil sie eine Symbiose ist, weil sie eine Unzahl von kleinen Arbeitern, grünen Sklaven (Chromatophoren) enthält, die für sie arbeiten und sie ernähren. Der Löwe hat sich selbst zu ernähren.

Denken wir uns jede Zelle des Löwen von Chromatophoren gefüllt, und ich zweifle nicht, dass er sich sofort neben der Palme ruhig hinlegen würde, sich satt fühlend oder höchstens noch etwas Wasser mit mineralischen Salzen bedürftend. [64]

Literaturverzeichnis.

- Chodat et Bach, Aus dem Botanischen Centralblatte 1904.
 Dangeard, Le Botaniste 1894 5.
 Davis, Nach Oltmanns, Über Bau und Biologie der Algen 1904.
 Famintzin, Beitrag zur Symbiose von Algen und Tieren. Mémoires d. l'Acad. d. Sc. d. St. Pétersb. T. XXXVI, Nr. 16, 1889.
 Gruber, Über *Amoeba viridis*. Zeitschrift für Morphologie und Systematik, 1904.
 Klebs, Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen, Bd. II, 1887.
 Kohl, Untersuchungen über Bau und Kernteilungen der Cyanophyceen, 1903.
 Lauterborn, Protozoenstudien. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, Bd. 59, 1895.
 Meyer, A. Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena 1895.
 Mereschkowsky, Loi de translation des stades. Journ. de Botanique, 1903.
 Ostefeld og J. Schmidt, Plankton from the Red Sea and the Gulf of Aden, Vidensk. Meddel. fra den naturh. Forening in Kbhvn. 1901.
 Schandinn, Archiv für Protistenkund 1902.
 Schimper, Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XVI, 1885.
 Wilson, The cellule, 1902.

Druckfehler.

- S. 600 fällt die Anmerkung 2 aus.
S. 600 18. Zeile von unten: statt Gerassimoff muss Gaidukow stehen.
S. 690 14. „ „ oben: statt Ernähruag muss Ernährung stehen.
S. 690 15. „ „ oben: muss es beim 2. Absatz Wahrscheinlich auch
Synthese von Eiweißstoffen heißen.
S. 695 17. „ „ oben: muss nach Eiweißbildner vermutlich stehen.
S. 690 13. „ „ unten: statt reichen muss reifen stehen.
S. 690 10. „ „ unten: statt Annahme eine Annahme einer stehen.
S. 691 7. „ „ oben: statt Oltmanns' muss Oltmanns stehen.
S. 691 11. „ „ oben: statt Petersburg muss Pétersbourg stehen.

Zum Literaturverzeichnis S. 604 ist noch nachzutragen:

Gaidukow, Abhandl. Berlin, Akad. d. Wiss. Anhang 1902.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Mereschkowsky Konstantin Sergejwitsch [C.]

Artikel/Article: [Über Natur und Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche. 593-604](#)