

JAHRBÜCHER[✓]

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Fünfzehnter Band.

Mit 33 zum Theil farbigen Tafeln.

Berlin, 1884.

Verlag von Gebrüder Borntraeger.

Ed. Eggers.

AGRICULTURAL
EXPERIMENT STATION
DEC 1 1883
UNIVERSITY OF ILLINOIS

JAHRBÜCHER

für

wissenschaftliche Botanik.

Herausgegeben

von

Dr. N. Pringsheim.

Fünfzehnter Band. Erstes Heft.

Mit 8 lithographirten Tafeln.

Berlin, 1884.

Verlag von Gebrüder Borntraeger

Ed. Eggers.

1884. 18

Inhalt

	Seite
Fr. Schmitz. Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren, mit Tafel I . . .	1
I. Die Chromatophoren der Euglenen	2
II. Die Paramylonkörner der Euglenen	44
III. Die Pyrenoide der Süsswasser-Bacillariaceen	114
IV. Bau und Funktion der Pyrenoide	129
V. Feinere Struktur der Chromatophoren	148
Figuren-Erklärung	175
C. Schwarz und K. Wehsarg. Die Form der Stigmata „vor“, „während“ und nach der Bestäubung bei verschiedenen Familien, mit Tafel II—V . . .	178
Thalamiflorae	180
Ranunculaceen	180
1. <i>Nigella damascena</i> . L.	180
2. <i>Delphinium Ajacis</i> . L.	181
Caryophylleen	181
Malvaceen	183
1. <i>Malva rotundifolia</i> . L.	183
2. <i>Anoda hastata</i> . Cav.	183
Tiliaceen	184
<i>Tilia parvifolia</i> . Ehrh.	184
Geraniaceen	184
<i>Geranium pratense</i> . L.	184
Calyciflorae	185
Papilionaceen	185
<i>Lupinus mutabilis</i> . Sweet	185
Onagraceen	185
<i>Oenothera amoena</i> . L.	185
Umbelliferen	186
Dipsaceen	186
1. <i>Dipsacus laciniatus</i> . L.	186
2. <i>Scabiosa stellata</i> . L.	186
Compositen	187
1. <i>Eupatorium syriacum</i> . Jacq.	187
2. <i>Solidago canadensis</i> . L.	187
3. <i>Silphium perfoliatum</i> . L.	188
4. <i>Centaurea scabiosa</i> . L.	189

	Seite
5. <i>Pyrethrum tenuifolium</i> . Willd.	189
6. <i>Echinops sphärocephalus</i> . L.	190
7. <i>Centaurea dealbata</i> . Willd.	190
Campanulaceen	191
<i>Campanula Rapunculus</i> . L.	191
Corolliflorae	192
Convolvulaceen	192
1. <i>Convolvulus sepium</i> . L.	192
2. <i>Convolvulus purpureus</i> . L.	192
3. <i>Convolvulus tricolor</i> . L.	193
Scrophulariaceen	193
<i>Digitalis purpurea</i> . L.	193
Labiaten	194
Plantagineen	194
<i>Plantago major</i> . L.	194
Monochlamydeae	194
Polygoneen	194
<i>Rumex obtusifolius</i> . L.	195
Gramineen	195
<i>Dactylis glomerata</i> . L.	195
Figuren-Erklärung	196
R. Hesse. <i>Cryptica</i> , eine neue Tuberaceengattung, mit Tafel VI—VIII	198
Figuren-Erklärung	206

Beiträge zur Kenntniss der Chromatophoren.

Von

Fr. Schmitz.

Mit Tafel I.

Seit der Publikation meiner Abhandlung über „die Chromatophoren der Algen“ ist die morphologische Kenntniss der Chromatophoren durch eine Reihe neuerer Arbeiten erweitert worden. Durch die Untersuchungen von Schimper und Arthur Meyer ward für die Mehrzahl der allgemeinen Resultate, die ich durch das Studium der Algen gewonnen hatte, eine allgemeine Geltung auch für die Phanerogamen mehr oder minder vollständig nachgewiesen. Dadurch haben meine genannten allgemeinen Resultate sehr rasch eine zwar indirekte, aber darum doch nicht minder wichtige Bestätigung erfahren.

In mehreren Einzelpunkten jedoch haben die neueren Arbeiten über die Chromatophoren den Angaben meiner erwähnten Abhandlung widersprochen. Ich sah mich dadurch veranlasst, verschiedene Einzelheiten meiner früheren Darstellung einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Hierbei aber ward ich zugleich in einzelnen Fällen zu weiterer Ausdehnung meiner früheren Untersuchungen veranlasst und in einigen Punkten zur Erweiterung meiner früheren Ansichten über die Chromatophoren hingeführt.

Im Folgenden sollen die Resultate dieser Untersuchungen im Einzelnen ausführlicher zur Darstellung gelangen.

I. Die Chromatophoren der Euglenen.

In meiner Abhandlung über „die Chromatophoren der Algen“ hatte ich für eine grosse Anzahl von Algen, denen man bis dahin homogen grün gefärbtes Protoplasma zuschrieb, den Nachweis geführt, dass ein solches „ungeformtes Chlorophyll“ in Wirklichkeit nicht vorhanden ist, diesen Formen vielmehr ebenso wie sämtlichen sog. höheren Pflanzen stets geformte Chromatophoren zukommen. Unter der Zahl der eingehender beschriebenen Formen war auch die Gattung *Euglena*, die ich den Algen zurechnete, aufgeführt und die Gestaltung ihrer Chromatophoren bei zwei genauer untersuchten Arten ausführlich geschildert worden.

Neuerdings hat nun die monographische Bearbeitung der Euglenaceen von Klebs¹⁾, die in vielen Punkten die bisherige Kenntniss dieser Gruppe sehr wesentlich erweitert hat, gezeigt, dass bei anderen Arten der Euglenen die Chromatophoren eine Ausbildung besitzen, welche von den Angaben meiner Darstellung beträchtlich abweicht. Gleichzeitig aber hat diese Abhandlung von Klebs diese meine Angaben auch für die von mir beschriebenen Euglenen theils in Frage gestellt, theils direkt bestritten.

Dadurch sah ich mich veranlasst, die Gestaltung der Chromatophoren bei den Englenen aufs Neue einer eingehenderen Untersuchung zu unterwerfen, um einerseits festzustellen, inwieweit jener Widerspruch gegen meine früheren Angaben begründet sei, andererseits die Variationen in der Gestaltung der Chromatophoren bei den Englenaceen und namentlich die eigenthümliche Ausbildung ihrer Pyrenoide, die Klebs für eine Reihe von Formen beschrieben hat, aus eigener Anschauung kennen zu lernen.

Meine früheren Angaben (l. c. p. 18—19, 41—42, 155—159) über den Bau der Chromatophoren von *Euglena* bezogen sich auf zwei Spezies dieser Gattung, die ich als *E. viridis* und *E. oxyuris*

1) Klebs, Ueber die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen I. 2. 1883.

bezeichnet hatte. Für beide Spezies werden meine damaligen Angaben von Klebs bestritten.

Was zunächst die einfacher gebaute jener beiden *Euglena*-Arten, *E. viridis* Ehb., betrifft, so hatte ich dieser Form ein einzelnes, unregelmässig sternförmiges Chromatophor zugeschrieben, dessen Mittelstück, von einer hohlkugeligen Schicht von Paramylonkörnern umschlossen, ein einzelnes Pyrenoid eingelagert enthielte. Die beigefügte Abbildung zeigte, dass von dem centralen Mittelstück des Chromatophors schmal-bandförmige Fortsätze gegen die Peripherie des spindelförmig gestalteten Zellkörpers ausstrahlen, um dann längs der Aussenfläche des letzteren gegen die beiden Enden desselben hin zu verlaufen.

Demgegenüber sollen nun nach Klebs (l. c. p. 35, 67) bei *E. viridis* zahlreiche bandförmige Chlorophyllkörner „spiralg in dem peripherischen Cytoplasma“ verlaufen; in der Mitte des ganzen Zellkörpers aber soll „ein Haufen dicht gedrängter Paramylonkörner“ vorhanden sein, „zu welchem die Chlorophyllträger sowohl oberwie unterhalb hinstrahlen“. Von einem Zusammenhang dieser „Bänder mit dem in der Mitte des Paramylonhaufens befindlichen Cytoplasma“ (das Klebs „nicht als Pyrenoid, sondern nur als eine Differenzirung des Paramylon bildenden Plasmas ansehen“ kann) und einer Vereinigung derselben zur Bildung eines sternförmigen Chromatophors hat Klebs sich nicht überzeugen können, dagegen gesehen, „wie einzelne Bänder mit beiden Enden frei endigten.“ — Die beigefügte Abbildung (Taf. I. Fig. 2) giebt nur ein allgemeines Habitusbild ohne präzise Ausführung der Einzelheiten des Baues der Chromatophoren, ist als Habitusbild aber sehr charakteristisch.

Diese seine Auffassung stützt Klebs im Wesentlichen darauf, dass er gesehen habe, „wie einzelne Bänder mit beiden Enden frei endigten,“ während er sich von der thatsächlichen Begründung meiner Angaben nicht überzeugen konnte. „Am sichersten“ aber träte „die Richtigkeit“ seiner „Ansicht bei der in Mistpfützen vorkommenden Form *β. olivacea* von *Euglena viridis* hervor“, bei der häufig die Chlorophyllbänder zerschlitzt und gelappt seien oder einzelne Lappen sich abschnürten und scheibenförmige Stücke bildeten.

Ich selbst habe nun bisher noch nicht Gelegenheit gehabt, bei

der typischen *E. viridis* einzelne, beiderseits frei endigende Chlorophyllbänder zu Gesicht zu bekommen. Doch habe ich durchaus keine Ursache, das thatsächliche Vorkommen solcher Bildungen, wie sie Klebs hier beschreibt, zu bezweifeln. Bei meinen vergleichenden Untersuchungen über die Chromatophoren der Algen habe ich oft genug den Fall beobachtet, dass die Gestaltung der Farbstoffträger einzelner Zellen von der typischen Gestaltungsweise mehr oder weniger weit abwich. Solche Unregelmässigkeiten der Ausbildung sind je nach der einzelnen Algenspezies bald häufiger, bald weniger häufig. Für die Feststellung der normalen, regelmässigen Gestaltung der Chromatophoren aber können solche Ausnahmefälle unmöglich maassgebend sein. — Durchaus unrichtig aber dürfte es doch wohl sein, die Gestaltung der Chromatophoren einer bestimmten Einzelform aus der Ausbildung, welche den Chromatophoren einer anderen, wenn auch verwandten Form eigen ist, beweisen zu wollen, namentlich, wenn für die betreffende Form bereits eine bestimmte entgegengesetzte Angabe vorhanden ist.

Im vorliegenden Falle der *E. viridis* hat nun Klebs die Gestaltung der Farbstoffträger, die er selbst für diese Spezies als die normale, regelmässige ansieht, seiner eigenen Aussage zufolge nur in einzelnen Fällen direkt beobachtet, keineswegs durch direkte Beobachtung wirklich als die allgemein verbreitete, regelmässige erkannt. Hauptsächlich aber gründet er seinen Widerspruch gegen meine früheren Angaben auf die Beobachtung einer differenten Form, die er als Varietät zu *E. viridis* hinzuzieht.

Allerdings ist nun freilich die direkte Aufklärung der vorliegenden Frage eine ziemlich schwierige Aufgabe mikroskopischer Untersuchung. Meist sind die Individuen von *E. viridis* so reich an Paramylonkörnern, dass es einfach unmöglich ist, an der lebenden Zelle unmittelbar die Gestaltung der Chromatophoren zu ermitteln. Zuweilen aber findet man dennoch sehr körnerarmes Material, dessen Individuen nur wenige kleine Paramylonkörner in der mittleren hohlkugeligen Körnerschicht enthalten und dadurch eine genaue Erforschung ihres inneren Baues ermöglichen. Solches Material hatte ich im September 1881 untersucht und hatte daran durch direkte Beobachtung festgestellt, dass allgemein ein einzelnes sternförmiges Chromatophor (mit hohlkugeliger Paramylon-

schicht um das Mittelstück) in der einzelnen Zelle vorhanden sei. Solches Material habe ich späterhin, als ich bei Ausarbeitung des Manuskriptes meiner Abhandlung meine früheren Beobachtungen wiederholen wollte, nicht mehr auffinden können und habe deshalb damals zu den Methoden künstlicher Aufhellung des Zellinneren greifen müssen. Mit Hilfe dieser Methoden aber gelang es mir dann, auch an dem weniger günstigen Untersuchungsmaterial die früher gewonnenen Resultate neu zu bestätigen.

Infolge der jüngsten Angaben von Klebs habe ich nun neuerdings abermals meine Beobachtungen über *E. viridis* wiederholt und dabei meine früheren Angaben abermals in allen Punkten bestätigt gefunden.

Ich muss deshalb auf Grund dieser erneuten Beobachtungen jene früheren Angaben über *E. viridis*¹⁾ vollständig aufrecht erhalten.

Die einzelne Zelle von *E. viridis* (Taf. I. Fig. 2) enthält ein einzelnes unregelmässig sternförmiges Chromatophor (ausnahmsweise zwei derartige Chromatophoren hinter einander), dessen central gelagertes Mittelstück von einer hohlkugeligen Schicht kleiner Paramylonkörner umhüllt ist, während die dünnen Fortsätze desselben, die Paramylonschicht durchsetzend, gegen die Oberfläche der Zelle hin strahlen, um hier in Gestalt schmaler, ein wenig geschlängelter Bänder längs der Oberfläche gegen das nächstgelegene Zellende hin zu verlaufen.

Diese Gestaltung des Chromatophors lässt sich zuweilen an sehr körnerarmen Individuen an der lebenden Zelle direkt feststellen (ich habe solche Individuen noch in allerjüngster Zeit wieder aufgefunden), in den meisten Fällen aber macht die störende Lichtbrechung der vorhandenen Paramylonkörner an der lebenden Zelle dies unmöglich. Ist die Menge der Paramylonkörner etwas grösser, doch immer noch fast ausschliesslich auf die hohlkugelige Paramylonschicht beschränkt, so gelingt es wohl, an (mittelst Jodwasser) gehärtetem Materiale direkt oder nach Zusatz von Glycerin das sternförmige Chromatophor deutlich zu unterscheiden; weit leichter aber

1) Von der Form, die Klebs als Varietät *β. olivacea* mit *E. viridis* vereinigt, wird weiterhin noch eingehender die Rede sein.

ist dies der Fall, wenn man durch geeignete Färbungsmittel (ich fand am zweckmässigsten eine Auflösung von Gentianaviolett in Wasser) zuvor das Chromatophor färbt und dann die Zelle in Wasser oder noch besser in Glycerin untersucht; noch besser gelingt dies, wenn man die störende Lichtbrechung der Paramylonkörner ganz beseitigt, indem man die Zelle (mit oder ohne vorherige Färbung mittelst Hämäteïn-Ammoniak) in ätherischem Oele untersucht; am schnellsten aber führt eine Aufquellung der Paramylonkörner mittelst sehr verdünnter Kalilauge, die man rasch wieder auswäscht, zu dem Ziele, den störenden Glanz der Paramylonkörner unschädlich zu machen, und ergiebt Präparate, die zum Theil schon direkt, zum Theil erst nach vorheriger Färbung mittelst Gentianaviolett (bei Untersuchung in Wasser oder Glycerin) ganz überzeugende Bilder liefern. Ist jedoch die Menge der Paramylonkörner eine grössere, so führen oft nur die letzteren Methoden, die Untersuchung in ätherischem Oele oder die Behandlung mit Kalilauge, zu einer sicheren Entscheidung. Bei sehr körnerreichen Individuen aber lassen schliesslich auch diese Methoden der Untersuchung nur noch ganz undeutlich die ursprüngliche Gestalt der Chromatophoren erkennen.

An nicht allzu körnerreichen Individuen von *E. viridis* aber gelangt man durch die angegebenen Untersuchungsmethoden stets leicht zu dem Ziele, die sternförmige Gestalt des Chromatophors direkt zu beobachten und ganz sicher festzustellen. —

Das unregelmässig rundlich-eckige Mittelstück dieses sternförmigen Chromatophors ist, wie schon erwähnt, ringsum von dicht anliegenden Paramylonkörnern bedeckt, welche zu einer meist etwas unregelmässigen hohlkugeligen Schicht zusammenschliessen. Die mehr oder minder zahlreichen Fortsätze des Mittelstücks durchbrechen diese hohlkugelige Paramylonschicht und geben derselben, sofern sie in etwas grösserer Anzahl vorhanden sind, leicht den Anschein eines ganz unregelmässigen „Körnerhaufens“.

Im Inneren dieses „Körnerhaufens“ erkennt Klebs nur „eine dichtere Masse des Cytoplasmas“, die er „nur als eine Differenzirung des Paramylon bildenden Plasmas ansehen“ kann. Ich selbst sehe dagegen deutlich diese „dichtere Masse“, die nach aussen durch die Körner der Paramylonschicht begrenzt wird, zwischen diesen Körnern dünne grün-gefärbte Fortsätze hervorstrecken, welche, sich

etwas bandförmig verbreiternd, in die wandständigen Chlorophyllbänder auslaufen.

Dieses Mittelstück des sternförmigen Chromatophors, wie ich diese „dichtere Masse“ deshalb bezeichnen muss, erscheint übrigens bei verschiedenen Individuen in ziemlich wechselnder Ausbildung; bald von geringerer, bald von etwas beträchtlicherer Grösse und unregelmässig gerundeter Gestalt weist es vor Allem eine ziemlich wechselnde Lichtbrechung und Dichte der Substanz auf. Zuweilen tritt es als glänzender, anscheinend farbloser Körper inmitten des „Paramylonhaufens“ deutlich hervor, in anderen Fällen ist es nur wenig durch besonderen Glanz unterschieden, in anderen Fällen endlich müht man sich vergebens ab, an der lebenden Zelle inmitten des Körnerhaufens einen Körper von stärkerem, eigenartigem Glanze zu erkennen. An gehärtetem Materiale erscheint dieser Körper entsprechend bald dichter, bald weniger dicht und glänzend und nimmt bald mehr, bald weniger deutlich durch Färbungsmittel (Hämatein-Ammoniak, Nigrosin, Gentianaviolett u. s. w.) eine distinkte Färbung an. Alles dies aber weist darauf hin, dass dieses Mittelstück des Chromatophors bald substanzreicher, bald weniger substanzreich, zuweilen sogar sehr substanzarm ist.

Je dichter und substanzreicher dieses Mittelstück des Chromatophors aber ist, um so deutlicher zeigt seine Masse die Reaktionen der Pyrenoide anderer Algen. An der lebenden Zelle erscheint sie homogen, farblos und stärker lichtbrechend als das Protoplasma und die übrige Substanz des Chromatophors; durch Jod erhärtet, nimmt sie Farbstoffe reichlich auf und färbt sich z. B. durch Hämatein-Ammoniak oder durch Gentianaviolett etwas intensiver als die Substanz der wandständigen „Chlorophyllbänder“. Alles dies bestimmte mich seiner Zeit, diesem Mittelstück des sternförmigen Chromatophors „ein einzelnes Pyrenoid, das oft nur wenig deutlich gegen die dünne Schicht der umgebenden Substanz sich absetzt“ (l. c. p. 42), zuzuschreiben. (In der damals beigefügten Abbildung Fig. 19 ist dieses Pyrenoid sehr scharf gegen die umgebende Substanz abgesetzt, da ich „der leichteren Uebersicht wegen“ in allen Figuren die Pyrenoide und Chromatophoren gleichmässig ausgeführt hatte, wie die Vorbemerkung zur Figurenerklärung (p. 177) ausdrücklich hervorhebt.) Ich halte diese Deutung als Pyrenoid auch

jetzt noch vollständig aufrecht, doch muss ich hinzusetzen, dass die Abgrenzung desselben gegen die umgebende Chromatophoren-Substanz in der Mehrzahl der Fälle eine sehr wenig deutliche ist, ja dass es häufig ganz unmöglich ist, namentlich bei wenig substanzreichen Pyrenoiden, diese gegen die umgebende Chromatophoren-Substanz scharf abzugrenzen. (Die Abbildung Taf. I. Fig. 12 zeigt ein sehr substanzreiches Pyrenoid; doch ist auch hier die Begrenzung desselben eine keineswegs scharfe und deutliche.) Die Substanz des Pyrenoids geht vielmehr in der Mehrzahl der Fälle ganz allmählich in die Chromatophoren-Substanz über. Niemals aber gelang es mir, durch härtende Reagentien innerhalb des Mittelstücks der Chromatophoren die Substanzmasse des Pyrenoids von der umgebenden Chromatophoren-Substanz abzulösen und selbständig zur Contraction zu bringen, was bei den substanzreichen Pyrenoiden der meisten grünen Algen ziemlich leicht zu erreichen ist.

Dieses Verhalten des Chromatophoren-Mittelstücks legt wohl die Deutung nahe, das ganze Mittelstück als nacktes Pyrenoid, dem die Chlorophyllbänder aussen angeheftet sind, aufzufassen. Allein abgesehen davon, dass bisher nackte Pyrenoide noch nirgends mit Sicherheit nachgewiesen worden sind (von den angeblich nackten Pyrenoiden, die in letzterer Zeit bei Euglenaceen und Bacillariaceen beschrieben worden sind, wird weiterhin die Rede sein), geht die Substanz des Mittelstücks ohne jede scharfe Grenze in die Substanz der Fortsätze über, und ausserdem glaube ich auch an denjenigen Stellen der Peripherie des Mittelstückes, denen die Paramylonkörner aussen anliegen, stets eine dünne, wenn auch keineswegs scharf abgesetzte Schicht von Chromatophoren-Substanz von der mittleren Pyrenoid-Masse unterscheiden zu können, eine Schicht, die an gehärtetem und gefärbtem Materiale als schmale dunklere Grenzschicht zuweilen sehr scharf hervortritt. Alles dies macht meines Erachtens die Deutung des Mittelstücks als nacktes Pyrenoid unmöglich.

Dagegen glaube ich den sämtlichen angeführten Thatsachen am besten gerecht zu werden durch die Auffassung, dass dem unregelmässig rundlich-eckig gestalteten Mittelstück des sternförmigen Chromatophors in seinem Inneren eine besondere Pyrenoid-Substanz bald in geringerer, bald in reichlicherer Menge eingelagert sei. Je mehr dieser Pyrenoid-Substanz der Chromatophoren-Substanz beige-

mengt ist, um so schärfer setzt sich das Innere des Mittelstücks gegen dessen Peripherie und gegen die übrigen Abschnitte des Chromatophors ab, um so deutlicher erscheint ein selbständig abgegrenztes Pyrenoid ausgebildet. Doch erlangt dies Pyrenoid hier niemals denselben Grad selbständiger Ausbildung wie beispielsweise die Pyrenoide von *Spirogyra*, *Licmophora* u. a. Algen.

Die gesammte vorstehende Darstellung bezieht sich ausschliesslich auf die typische *E. viridis* Ehrbg., die in Strassenrinnen und Strassenpfützen bei regnerischem Wetter so weit verbreitet ist.

Dagegen fand ich jüngst in einem Wasserloche auf den Weiden der Rhein-Ebene bei Cleve (am Niederrhein) eine Form von *Euglena*, die mit jener typischen *E. viridis* in der Gestaltung der einzelnen Zelle durchaus übereinstimmte. Die metabolischen Bewegungen der lebhaft umherschwärmenden Individuen waren aber weit weniger energisch als bei der typischen *E. viridis*. Vor Allem aber wich diese Form von der gewöhnlichen *E. viridis* dadurch ab, dass die Individuen derselben vielfach während des Umherschwärmens mit einer dicken Gallerthülle (nach Art der Gallerthüllen, die Klebs (l. c.) für *E. velata* und *E. sanguinea* beschrieben hat) umgeben waren, die Bildung kugelig abgerundeter Ruhestadien, die bei *E. viridis* so leicht zu erhalten sind, aber niemals beobachtet werden konnte.

Ich trage deshalb Bedenken, diese Form direkt mit der typischen *E. viridis* zu vereinigen, und möchte dieselbe hier lieber als besondere Varietät von dieser typischen *E. viridis* unterscheiden.

Diese Varietät von *E. viridis* erwies sich nun ausgezeichnet durch eine ganz besonders übersichtliche Beschaffenheit des inneren Baues. Die Menge der Paramylonkörner war in der Mehrzahl der beobachteten Individuen eine ziemlich geringe und liess die Gestalt des Chromatophors vollkommen deutlich erkennen. Dieses aber erwies sich schon an den lebenden Zellen mit vollkommener Deutlichkeit und Klarheit als sternförmig gestaltet mit ziemlich dickem Mittelstück, in diesem Mittelstück aber trat ein sehr substanzreiches Pyrenoid aufs schärfste hervor. Gehärtete Exemplare vermochten kaum, die Gestaltung des Chromatophors noch deutlicher hervortreten zu lassen; dagegen war es leicht, an

solchen Exemplaren durch geeignete Färbungsmittel (Hämatein-Ammoniak, Nigrosin, Gentianaviolett) eine distinkte Färbung der Pyrenoide hervorzurufen und diese dadurch noch leichter erkennbar zu machen.

Kurzum, bei der Untersuchung dieser Varietät von *E. viridis* war ein Zweifel an der sternförmigen Gestaltung des Chromatophors und an dem Vorhandensein eines Pyrenoids im Inneren des Mittelstückes dieses Chromatophors gar nicht möglich.

Die zweite Spezies von *Euglena*, für welche ich in meiner Abhandlung über „die Chromatophoren der Algen“ die Gestaltung der Chromatophoren beschrieben hatte, bezeichnete ich damals als *E. oxyuris*. Ich schrieb dieser Art eine „Mehrzahl“ unregelmässig sternförmiger Chromatophoren¹⁾ von analoger Ausbildung wie die zuvor besprochenen der *E. viridis* zu, Chromatophoren, die so geordnet sind, dass der Zellkern ungefähr in der Mitte der Zelle liegt, die Chromatophoren oberhalb und unterhalb desselben sich vertheilen (l. c. p. 158, vgl. auch die Abbildung Fig. 20).

Diese meine Angaben über *E. oxyuris* bestreitet Klebs. Er selbst beschreibt für *E. oxyuris* „runde, scheibenförmige Chlorophyllträger“, die „so klar und deutlich“ sind, dass über ihre Gestaltung „kein Zweifel sein kann“. Klebs (l. c. p. 34. Anm. 3) vermag sich deshalb meine abweichenden Angaben nicht zu deuten und vermuthet, dass ich vielleicht eine andere Art als *oxyuris* untersucht haben möchte²⁾.

Ich selbst hatte die Spezies, die ich damals untersuchte, mit Hülfe der Abbildungen bei Stein (Der Organismus der Infusions-

1) l. c. p. 41; auch p. 158 heisst es ausdrücklich „zwei oder mehr sternförmige Chromatophoren“.

2) Klebs findet dabei meine Abbildung der angeblichen *E. oxyuris* „zu schematisch gehalten, um über ihren Artcharakter urtheilen zu können“. Meine Abbildung giebt aber in Wirklichkeit ein genaues Abbild des optischen Längsschnittes eines bestimmten einzelnen Individuums der untersuchten Spezies. Dass Klebs nach dieser Abbildung über den Artcharakter dieser Form nicht zu urtheilen vermochte, thut mir leid. Dieses sein Missgeschick lag aber weniger an der Ausführung der Abbildung, als an dem Umstande, dass Klebs die abgebildete Form, die in seiner Monographie nirgends erwähnt ist, unbekannt geblieben war.

thiere. III. Abth. 1. Hälfte. Taf. 19—21) bestimmt und hatte dieselbe dabei mit einer Abbildung von *E. oxyuris* (Taf. 20. Fig. 5), die freilich von der Gestaltung der Chromatophoren gar nichts berichtet, hinreichend übereinstimmend gefunden, um sie als *E. oxyuris* zu bezeichnen. Ich zweifle aber nicht, dass Klebs, der sich bei der Bearbeitung seiner Monographie der Euglenaceen sehr viel eingehender mit der Unterscheidung der Spezies innerhalb dieser Gruppe zu beschäftigen hatte, seinerseits die richtige Form als *E. oxyuris* Schmarda beschrieben hat. Diese seine Beschreibung der *E. oxyuris* (l. c. p. 75—76) aber passt auf die *Euglena*, die ich seiner Zeit als *E. oxyuris* beschrieben und abgebildet habe, ganz und gar nicht. Ich habe also damals in der That, wie Klebs schon vermuthete, eine ganz andere Art als *E. oxyuris* untersucht; und damit klärt sich der Widerspruch der beiderseitigen Angaben sehr einfach auf.

Bei genauerem Vergleiche der damals beschriebenen Art und der Formen, die Klebs jetzt in seiner Monographie aufzählt, finde ich nun diese Art mit keiner einzigen dieser letzteren identisch. Dagegen aber finde ich diese Art bereits früher von Dujardin¹⁾

1) Dujardin, Histoire naturelle des zoophytes. Infusoires, 1841. p. 362; pl. 5. fig. 15—16.

Die Beschreibung, die Dujardin an dieser Stelle von *E. geniculata* giebt, ist sehr kurz und knapp; ich füge deshalb hier eine etwas ausführlichere Charakteristik dieser Spezies bei.

Euglena geniculata Duj. (Zoophytes infusoires. p. 362); Perty, Kleinste Lebensf. p. 167.

Körper in der Bewegung langgestreckt cylindrisch oder bandförmig, hinten in eine farblose, mehr oder weniger deutlich abgesetzte Spitze zugeshärft. Zellhaut sehr fein spiralig gestreift. Zellkern ungefähr in der Mitte des Körpers, nicht selten etwas weiter nach hinten gerückt. Chromatophoren 2—4 (selten mehr), unregelmässig sternförmig, gleichmässig oberhalb und unterhalb des Zellkerns vertheilt. Die pyrenoidhaltigen Mittelstücke der Chromatophoren von Paramylonkörnern in hohlkugeliger Schicht umhüllt, in der Mittellinie des Zellkörpers gereiht, während die schmalbandförmigen Fortsätze der Chromatophoren an der Oberfläche des Zellkörpers dicht gedrängt in der Längsrichtung verlaufen. Zilie kürzer als der Körper.

Durchschnittliche Lg. = 0,07 mm, Br. = 0,012 mm.

Die Theilung der Zelle erfolgt in kugelig-abgerundetem Zustande innerhalb einer sehr dünnen Hüllhaut.

Diese lebhaft hellgrüne Art lebt meist auf dem Grunde des Wassers und kriecht hier unter fortwährendem Wechsel der Gestaltung umher. Der langgestreckt cylindrische Körper krümmt sich vielfach halbmondförmig ein, setzt die farblose

beschrieben als *E. geniculata*, und sei dieselbe deshalb im Folgenden unter diesem Namen aufgeführt.

Bei dieser *E. geniculata* (Taf. I. Fig. 11) aber muss ich auf Grund neuerdings mehrfach wiederholter Untersuchung meine früheren Angaben über die Gestaltung der Chromatophoren durchaus aufrecht erhalten. Jede einzelne Zelle enthält mehrere unregelmässig sternförmige Chromatophoren von ganz analoger Beschaffenheit wie bei *E. viridis*. Ungefähr in der Mitte der Zelle oder etwas dem hinteren Zellende genähert liegt der Zellkern, zu beiden Seiten desselben aber vertheilen sich die Chromatophoren gewöhnlich so, dass die Zahl derselben in der hinteren und vorderen Körperhälfte gleich (1 oder 2) oder in der vorderen Hälfte (2—3) grösser ist als in der hinteren (1—2). Das Mittelstück eines jeden Chromatophors ist von einer hohlkugeligen Schicht von Paramylonkörnern umschlossen, sodass in jeder Zellhälfte 1 oder 2, selten 3 „Körnerhaufen“ vorhanden sind, die sich gewöhnlich in der Mittellinie der Zelle hinter einander ordnen, seltener einer Seitenwand mehr genähert, oder zu 2 neben einander gestellt sind. Im Inneren eines jeden „Körnerhaufens“ aber enthält das unregelmässig rundlich-eckige Mittelstück des Chromato-

Stachelspitze seines Hinterendes als Fuss auf und streckt sich dann gerade, um bei abermaliger Einkrümmung den Fuss nachzuziehen; häufig auch wird das vordere und hintere Ende des Körpers nach verschiedener Richtung eingekrümmt, sodass der ganze Körper spiralig gedreht erscheint; häufig auch schwillt bei halbmondförmiger Gestalt der Körper in der Mitte der Ausbuchtung einseitig an und nimmt dadurch sehr wechselnde Gestalten an.

Ich fand diese Art in der Umgegend von Bonn wiederholt in den Strassenrinnen der Dörfer in sehr grosser Menge der Individuen. Doch hielten sich dieselben fast stets am Boden auf und überkleideten denselben, vielfach in Begleitung von Oscillarien, mit einem dichten dunkelgrünen Ueberzug. —

Dujardin beschreibt (l. c.) seine *E. geniculata* folgendermaassen: Corps alongé, cylindrique, flexible, mais peu contractile, à mouvements lents, avec une queue amincie, articulée en angle ou géniculée; vert. Diese Art sei ausgezeichnet par sa forme alongée, par son diamètre presque égal dans toute sa longueur, — et par sa queue articulée et susceptible de se fixer en s'agglutinant à la plaque de verre.

Diese letztere Eigenthümlichkeit erscheint für die vorliegende Spezies durchaus charakteristisch und dürfte die Identität der oben beschriebenen Form mit *E. geniculata* Duj. durchaus zweifellos hinstellen. Die Abgliederung der Schwanzspitze ist nicht immer gleich deutlich, vielfach weniger scharf als in der Abbildung bei Dujardin (l. c. pl. 5. fig. 15—16), worauf auch schon Perty (Zur Kenntniss kleinster Lebensformen. 1852. p. 167) aufmerksam gemacht hat.

phors ziemlich reichlich farblose Pyrenoid-Substanz eingelagert; doch erscheint das Pyrenoid, das hierdurch gebildet wird, wenn auch fast stets dichter und glänzender als bei *E. viridis*, doch ebenso wenig wie bei dieser letzteren Species gegen die dünne Schicht der umgebenden Chromatophoren-Substanz scharf als selbständiger Körper abgegrenzt. Die Fortsätze sämtlicher Chromatophoren aber strahlen gegen die Oberfläche des Zellkörpers hin und vertheilen sich längs dieser Oberfläche in Gestalt schmaler, längslaufender Chlorophyllbänder, die der lebenden Zelle, soweit sie nicht allzu reich an Paramylon ist, eine lebhaft hellgrüne Färbung verleihen.

Diese unregelmässig sternförmige Gestalt der Chromatophoren, die Ausbildung der Pyrenoide und die Zusammensetzung der Pseudo-Amylumheerde (wie ich l. c. p. 157 wegen der äusseren Aehnlichkeit mit den Amylumheerden der Algen die „Körnerhaufen“ genannt hatte) oder Paramylonheerde (wie sie im Folgenden genannt sein mögen) lässt sich hier bei *E. geniculata* weit leichter an lebenden Individuen feststellen als in der Mehrzahl der Fälle bei *E. viridis*. Man findet bei dieser Art viel häufiger als bei *E. viridis* Individuen, die arm an Paramylon und deshalb durchsichtig genug sind, um die Organisation der inneren Theile im lebenden Zustande genau erkennen zu lassen. Leichter wird dies allerdings auch hier an (mittelst Jodwasser) gehärtetem Materiale (namentlich nach vorhergehender Färbung mittelst Gentianaviolett) bei Untersuchung in Wasser oder Glycerin oder bei kurzer Behandlung mit verdünnter Kalilauge und nachfolgender Färbung (mittelst Gentianaviolett). Namentlich das letztere Verfahren liefert rasch vollständig überzeugende Bilder¹⁾, zu deren Controlle dann die Untersuchung ge-

1) Man wird bei wiederholter vergleichender Untersuchung gehärteter Algenzellen, die durch kurze Behandlung mittelst verdünnter Kalilauge oder durch Einbetten in ätherisches Oel oder Harz von der schädlichen Lichtbrechung der Stärkekörner befreit und durchsichtig gemacht worden sind, leicht sich überzeugen können, dass eine kurze Behandlung mittelst verdünnter Kalilauge (nur so lange als eben nothwendig, um die Stärkekörner aufzuquellen) die Gestalt der Chromatophoren gehärteter Zellen fast gar nicht verändert, falls die Menge der vorhandenen Stärkekörner nicht allzu gross ist. Nur müssen freilich hierbei die Veränderungen, welche die aufquellenden Stärkekörner durch Erweiterung des bisher eingenommenen Raumes und mechanisches Zusammendrücken der unmittelbar angrenzenden Theile der Zelle hervorrufen, stets mit in Rechnung gezogen werden. — Ist jedoch die Menge der Stärkekörner von vornherein eine grössere, so können

färbter und (durch Einbetten in ätherisches Oel oder Harz) vollkommen aufgehellter Individuen dienen mag.

Während ferner bei *E. viridis* die Pyrenoide der Chromatophoren häufig sehr substanzarm sind und nur wenig durch stärkere Lichtbrechung von der übrigen Chromatophoren-Substanz sich abheben, deshalb auch vielfach nur schwierig deutlich zu unterscheiden sind, fand ich bei *E. geniculata* fast stets die Pyrenoide sehr leicht und deutlich erkennbar. An gehärtetem Materiale pflegten fast stets die Mittelstücke der Chromatophoren durch starke Lichtbrechung und leichte Tingirbarkeit deutlich hervorzutreten und namentlich bei der Untersuchung in ätherischem Oele sogleich ins Auge zu fallen. Nicht selten auch traten sie bei der Färbung mittelst sehr verdünnter Lösung von Gentianaviolett fast ebenso scharf durch ihre schöne blaue Färbung vor den übrigen, fast ungefärbten Abschnitten der Chromatophoren hervor, wie dies nur an den besten Färbungspräparaten¹⁾ grüner Algen (*Chlamydomonas* u. s. w.) zu beobachten ist.

Doch war die Menge der spezifischen Pyrenoid-Substanz gleichwohl auch in den substanzreichsten Pyrenoiden von *E. geniculata* immer noch zu gering, um diese Pyrenoide ringsum scharf gegen die umgebende Chromatophoren-Substanz sich abgrenzen zu lassen. Die dünne Schicht von Chromatophoren-Substanz, welche ich auch hier stets an der (von Paramylonkörnern bedeckten) Aussenfläche des Mittelstückes der Chromatophoren unterscheiden zu können glaube, ging ohne erkennbare scharfe Grenze in die Masse des Pyrenoids, resp. in den mit farbloser Pyrenoid-Substanz beladenen

die letztgenannten Veränderungen leicht so ausgiebig werden, dass nach der Behandlung mit Kalilauge die ursprüngliche Gestalt der Chromatophoren nicht mehr mit einiger Sicherheit festzustellen ist.

1) Gentianaviolett ist bekanntlich zuerst von zoologischer Seite als Färbungsmittel für Zellkerne vorgeschlagen worden (vgl. Flemming, Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung. 1882. p. 384). Mir selbst ward dies Färbungsmittel von Prof. Strasburger zur Färbung von Zellmembranen empfohlen. Bei der Benutzung desselben aber fand ich, dass eine verdünnte wässrige Lösung von Gentianaviolett ganz vortreffliche Dienste leistet, um bei Algen die Chromatophoren und namentlich die Pyrenoide distinkt zu färben. Inmitten der blauviolett gefärbten Chromatophoren treten die fast rein blau gefärbten Pyrenoide mit grosser Schärfe und Deutlichkeit hervor. Um aber eine recht reine distinkte Färbung zu erhalten, muss man das Färbungsmittel nur in sehr verdünnter Lösung anwenden und Ueberfärbung, die ausserordentlich leicht eintritt, vermeiden.

mittleren Theil des Mittelstückes über. Eine selbständige Contraction des Pyrenoids innerhalb einer Höhlung des Chromatophors, wie bei anderen grünen Algen, vermochte ich bisher durch keinerlei Präparationsmethode zu erzielen, ebensowenig wie bei *E. viridis*.

Bei meiner früheren Untersuchung der Euglenen hatte mir der Zufall nur die beiden Spezies *E. viridis* und *E. geniculata*, bei denen beiden ich sternförmige Chromatophoren fand, in die Hand gespielt. Ich erwähnte deshalb in meiner Abhandlung für die Euglenen nur sternförmige Chromatophoren. Nun hat neuerdings Klebs für andere Arten von *Euglena* eine durchaus abweichende Gestaltung der Chromatophoren, theilweise mit sehr eigenartiger Ausbildung der Pyrenoide, beschrieben. Ich nahm deshalb im Laufe des letzten Sommers mein Suchen nach anderen Arten von *Euglena* wieder auf und habe dabei diesmal einen viel günstigeren Erfolg gehabt als früherhin. In der näheren Umgebung von Bonn blieb freilich auch diesmal meine Ausbeute an Euglenaceen eine ziemlich geringe, eine sehr reiche Menge von Arten aber lieferte mir die Rhein-Niederung in der nächsten Umgebung von Cleve (am Niederrhein). Von den sämtlichen Arten der Gattungen *Euglena* und *Phacus*, die Klebs in seiner Monographie aufzählt, ist mir nur etwa ein Viertel bisher nicht lebend zu Gesicht gekommen. Dagegen aber fand ich noch eine ganze Reihe bisher unbeschriebener Formen, von denen einige im Folgenden nähere Erwähnung finden sollen. Jedenfalls aber ergab sich mir dabei mit Sicherheit, dass durch die Monographie von Klebs der Formenreichtum der Euglenaceen selbst für die deutsche Flora noch lange nicht erschöpft ist.¹⁾

Die erwähnte eigenartige Ausbildung der Pyrenoide hat Klebs speziell für *E. velata* beschrieben. Ich habe diese Spezies selbst bisher noch nicht auffinden können, dagegen habe ich dieselbe Ausbildung der Chromatophoren und Pyrenoide an der nächstverwandten

1) Leider hat Klebs es auch unterlassen, in seiner „Monographie der Euglenaceen“ die sämtlichen bisher beschriebenen Arten zusammenzustellen; er erwähnt vielmehr nur solche Formen, die er selbst näher kennen gelernt hatte, und citirt von den übrigen in seiner „systematischen Anordnung der Euglenaceen“ nur *Chloropeltis hispidula* Stein und ganz beiläufig *Euglena agilis* Carter.

*E. granulata*¹⁾ eingehender untersuchen können, und sei deshalb hier diese Spezies zunächst etwas ausführlicher geschildert.

Die Individuen dieser *E. granulata* (Taf. I. Fig. 20) enthalten zahlreiche kleine scheibenförmige Chromatophoren, die an den freischwimmenden Individuen in wandständiger Schicht (in Zahl von 12—20) sich so vertheilen, dass in der vorderen Körperhälfte nur einzelne Chromatophoren verstreut sind, die Mehrzahl derselben da-

1) Die Euglene, die ich unter diesem Namen hier anführe, möchte ich für identisch halten mit *E. velata* β . *granulata* Klebs. Allerdings ist die Form, die ich beobachtete, hell gelbgrün gefärbt, nicht „licht gelbbraun“, wie Klebs angiebt (l. c. p. 71—72), und bildet hellgrüne, nicht „gelbbraunliche“ Ueberzüge auf dem Wasser. Allein sie bildet ebenso wie die Klebs'sche Euglene sehr charakteristische „Ueberzüge auf dem Wasser, die aus dicken, gallertartigen, von Wasser nicht benetzten Hüllen bestehen, in denen die Euglenen kugelig abgerundet liegen und sich theilen“. Diese Bildung der dicken, gallertigen Ueberzüge und die kugelige Abrundung bei der Theilung unterscheiden jedoch diese Form von der typischen *E. velata*, wie sie Klebs beschrieben hat, so sehr, dass sie meines Erachtens spezifisch von derselben getrennt werden muss, wie ja auch Klebs schon vermuthete (l. c. p. 72). Es sei deshalb diese Form hier als besondere Spezies unterschieden und folgendermaassen charakterisirt.

Euglena granulata (*E. velata* β . *granulata* Klebs l. c. p. 71).

Körper in der Bewegung langgestreckt cylindrisch, länglich oder eilänglich, hinten in eine kurze farblose Spitze zugespitzt, vorne stumpf abgerundet. Zilie so lang als der Körper. Zellhaut deutlich spiralig gestreift. Zellkern gewöhnlich in der Mitte des Körpers, doch nicht selten auch etwas mehr nach vorne oder nach hinten gerückt. Hintere Körperhälfte viel intensiver gefärbt als die vordere. Chromatophoren gerundete, wandständige Scheibchen mit unregelmässig gelapptem Rande, uhrglasförmig verbogen mit auswärts gerichtetem Rande, dessen Lappen an der Körperoberfläche der Zellhaut sich anlehnen. Die einwärts gebogene Mitte eines jeden Chromatophoren-Scheibchens mit beschaltem Pyrenoid. Diese Chromatophoren in der vorderen Körperhälfte vereinzelt, in der hinteren zahlreich, seitlich dicht zusammengedrängt.

Durchschnittliche Lg. = 0,089 mm, Br. = 0,021 mm.

Die Theilung der Zelle erfolgt im kugelig-abgerundeten Zustande innerhalb einer dicken Hüllhaut. Zahlreiche derartige umhüllte Individuen bilden an der Oberfläche des Wassers dicke, gallertige, vom Wasser nicht benetzte Ueberzüge.

Gestaltveränderungen ziemlich langsam und schwerfällig. Der langgestreckte Körper zieht sich zu kürzerer, dickerer Gestalt zusammen; sehr häufig schwillt die vordere Körperhälfte beträchtlich an und erscheint etwas abgeflacht, an der Spitze abgestumpft gerundet; oder die hintere Körperhälfte schwillt stark an und streckt das verjüngte Vorderende des Körpers vor; sehr selten krümmt sich der langgestreckte Zellkörper seitwärts zu bogenförmiger Gestalt.

Ich fand diese Art in einem kleinen Teiche bei Godesberg im Juni 1883 sehr reichlich entwickelt, so dass ihre dicken, gallertigen, hellgrünen Ueberzüge fast die Hälfte der Oberfläche des Wassers bedeckten.

gegen in der hinteren Körperhälfte dicht zusammengedrängt ist. Das einzelne Chromatophor bildet eine gerundete, uhrglasförmig verbogene Scheibe mit unregelmässig gelapptem Rande und ist im ausgestreckten Zellkörper so gestellt, dass der gelappte Rand der Scheibe der Körperoberfläche anliegt, wobei die Lappen dieses Randes bald einwärts gegen die Mitte der Scheibe hin sich wenden, bald nach auswärts sich umschlagen (letzteres zumeist bei denjenigen Lappen des Randes, die gegen die beiden Enden des Zellkörpers gerichtet sind).

Die buckelförmig ausgebogene Mitte des scheibenförmigen Chromatophors führt nun regelmässig ein „beschaltetes“ Pyrenoid, wie es Klebs für *E. velata* u. a. A. beschrieben hat. Im einfachsten Falle erscheint die Mitte der einwärts vorgewölbten Scheibe zu einem linsenförmigen, stark lichtbrechenden Körper angeschwollen und auf beiden Flächen von einem uhrglasförmig gebogenen scheibenförmigen Paramylonkorn bedeckt. In diesem Falle springt in der Mitte der Chromatophorenscheibe auf jeder Seite eine flache Anschwellung von rundem Umriss mehr oder minder weit nach aussen vor, beide Anschwellungen aber entsprechen einander genau und bilden zusammen einen einzelnen linsenförmigen, stark lichtbrechenden Körper. Sehr häufig kommt es nun aber vor, dass diese beiderseitigen Anschwellungen einander nicht genau entsprechen, sondern ein wenig gegeneinander verschoben sind, wobei dann auch die uhrglasförmigen Paramylonkörner, welche diese Anschwellungen bedecken, nicht ganz genau mit ihren Rändern auf einander treffen. In anderen Fällen ist die Verschiebung der beiderseitigen Anschwellungen noch eine beträchtlichere; und nicht selten geschieht es sogar, dass die Anschwellung der einen Seite nur einen schmalen Randabschnitt der gegenüberliegenden Anschwellung deckt. Ja zuweilen beobachtete ich sogar, dass einer Anschwellung der einen Seite zwei analoge Anschwellungen der anderen Seite, welche je nur einen schmalen Randabschnitt der ersteren deckten, gegenüberlagen. Endlich findet man nicht selten auch Fälle, die nur eine einseitige Anschwellung der Scheibenmitte (gewöhnlich auf der concav gebogenen Aussen-seite der Scheibe) aufweisen.

Um den inneren Bau dieser Bildungen genauer festzustellen, ist es nothwendig, gehärtetes Material zu untersuchen und sehr starke

Vergrößerungen anzuwenden. An lebenden Zellen macht die starke Lichtbrechung der Paramylonkörner, welche jene Anschwellungen bedecken, jeden genaueren Einblick unmöglich. Um zu sicherer Entscheidung zu gelangen, ist es deshalb erforderlich, diesen Glanz der Paramylonkörner unschädlich zu machen, ohne jedoch die Gestalt der Chromatophoren zu zerstören. Zu diesem Zwecke habe ich (mittelst Jodwasser) gehärtete Individuen von *E. granulata* theils kurze Zeit mit verdünnter Kalilauge behandelt und dann mittelst Gentianaviolett gefärbt, theils nach der Färbung mittelst Hämatein-Ammoniak in ätherisches Oel oder Balsam eingeschlossen. Das erstere Verfahren liefert rasch sehr übersichtliche Bilder, lässt jedoch den Einwurf zu, dass durch das Aufquellen der Paramylonkörner Veränderungen der ursprünglichen Struktur der umgebenden Zellabschnitte hervorgerufen werden. Das letztere, etwas umständlichere Verfahren liefert dagegen durchaus einwurfsfreie, entscheidende Präparate.

Auf Grund eines genauen vergleichenden Studiums dieser Präparate (mittelst der Oel-Immersionen $\frac{1}{12}$ von Seibert und $\frac{1}{18}$ von Zeiss) muss ich nun behaupten, dass an der Stelle jener stark lichtbrechenden Anschwellungen die Chromatophoren-Scheibe lokal verdickt ist, so zwar, dass die Verdickung bald auf beiden Seiten, bald nur auf einer Seite der Scheibe vorspringt. An diesen verdickten Stellen ist im Inneren der Chromatophoren-Substanz eine stark lichtbrechende, anscheinend farblose Substanzmasse angehäuft, welche hier Pyrenoide ganz analoger Art bildet, wie die oben beschriebenen Pyrenoide von *E. viridis* und *E. geniculata*. Die Substanz dieser Pyrenoide ist gegen die umgebende Chromatophoren-Substanz nicht scharf abgesetzt und lässt sich nicht selbständig als gesonderter Körper zur Contraktion bringen. In denjenigen Anschwellungen, welche nur einseitig über die Fläche der Chromatophoren-Scheibe vorspringen, ist die Masse des Pyrenoids auf der convex vorgewölbten Aussenseite nur von einer sehr dünnen, fast farblosen Schicht der Chromatophoren-Substanz umhüllt, auf der entgegengesetzten flachen Aussenseite dagegen von einer viel dickeren und deutlich grün-gefärbten Schicht: es erscheint das Pyrenoid (von Gestalt einer planconvexen Linse) gewissermaassen der einen Rindenschicht der Chromatophoren-Scheibe eingelagert und diese dadurch

lokal aufgetrieben. Springen in der Mitte der Chromatophoren-Scheibe zwei (oder drei) derartige Anschwellungen nach entgegengesetzter Seite vor, ohne einander genau zu entsprechen, so ist die Ausbildung beider (resp. der drei) Pyrenoide vielfach eine ganz analoge, namentlich wenn beide Anschwellungen beträchtlich gegen einander verschoben sind: die Pyrenoide erscheinen als planconvexe Linsen den beiderseitigen Rindenschichten der Chromatophoren-Scheibe eingelagert, zwischen den einander gegenüberliegenden Pyrenoiden aber erstreckt sich als dicke, trennende Scheidewand die Hauptmasse der Chromatophoren-Scheibe (Taf. I. Fig. 21 e.) Sehr häufig aber erscheinen derartige Paare von Pyrenoiden zu einem einheitlichen Körper verschmolzen: soweit die beiden Anschwellungen einander decken, sind die beiden plan-convexen Linsen zu einem einzelnen Körper verbunden und bilden ein einzelnes, etwas unregelmässig geformtes Pyrenoid (Taf. I. Fig. 21 d). Dieser letztere Fall wird immer häufiger, je weniger die beiderseitigen Anschwellungen der Chromatophoren-Scheibe gegen einander verschoben sind, immer seltener beobachtet man hierbei Paare getrennter Pyrenoide. Decken die beiderseitigen Anschwellungen sich vollständig (Taf. I. Fig. 21 b, c), so sind fast stets die beiden plan-convexen Pyrenoide zu einem einzelnen Körper vereinigt und stellen ein einzelnes linsenförmiges Pyrenoid dar, das auf seinen beiden gewölbten Aussenseiten nur von einer dünnen Schicht der Chromatophoren-Substanz umhüllt ist. Nur ausnahmsweise fand ich auch in diesem Falle zwei getrennte plan-convexe Pyrenoide, einander entsprechend, den beiden Rindenschichten der Chromatophoren-Scheibe eingelagert, die letztere als dicke, trennende Scheidewand zwischen den beiden Pyrenoiden hindurchgelegt. —

Diese Schilderung des Baues der Pyrenoide weicht nun wesentlich ab von der Darstellung, die Klebs (l. c. p. 35—36) von den Chromatophoren der nächstverwandten *E. velata* giebt. Nach Klebs ist nämlich einer jeden Chromatophoren-Scheibe in der Mitte jederseits „eine scharf umschriebene farblose stark lichtbrechende Masse“ von halbkugeligem Gestalt als Pyrenoid aufgelagert, jedem der beiden halbkugelig vorgewölbten Pyrenoide aber liegt aussen eine entsprechend gebogene Paramylonschale an, die von dem Pyrenoid nur durch einen schmalen, „hell durchschimmernden Zwischen-

raum“ getrennt ist. Es fänden sich darnach also an den Chromatophoren der genannten *Euglena* Paare von Pyrenoiden, welche der Substanz der Chromatophoren nicht eingelagert (wie sonst bei den Algen), sondern aufgelagert sind.

Diese seine Darstellung des Thatbestandes giebt übrigens Klebs nur mit einiger Reserve, indem er ausdrücklich sagt, es „schien“ ihm die Chromatophoren-Scheibe die Mitte der ganzen farblosen, stark lichtbrechenden Masse zu durchsetzen und dieselbe in zwei getrennte Theile zu zerlegen. In der That ist denn auch die sichere Entscheidung dieser Frage eine ziemlich schwierige. Es bedarf der Anwendung sehr starker Vergrößerungen und sehr sorgfältiger Benutzung der Mikrometerschraube, um in jedem einzelnen Falle sicher festzustellen, ob eine mittlere Scheidewand zwei plan-convexe Pyrenoide trennt oder nicht. Unter sorgfältiger Benutzung dieser Hilfsmittel aber gelang es mir, mit Sicherheit zu erkennen, dass in den Fällen, in denen die beiderseitigen Anschwellungen des Chromatophors einander genau entsprechen, nur äusserst selten (ich sah diesen Fall mit Sicherheit nur ein einziges Mal) eine mittlere Scheidewand zwei plan-convexe Pyrenoide trennt, dass aber eine solche Scheidewand zwischen zwei selbständigen plan-convexen Pyrenoiden immer häufiger zu finden ist, je mehr die beiderseitigen Anschwellungen des Chromatophors gegen einander verschoben sind. Bei Anwendung sehr starker Vergrößerungen lässt sich an gehärtetem Material, das in ätherisches Oel eingelegt ist, sehr deutlich die lockere (in dem ätherischen Oel nur schwach glänzende), fein netzig-poröse Substanz des Pyrenoids von der viel dichteren, anscheinend homogenen Chromatophoren-Substanz unterscheiden, während eine scharfe Einstellung des Mikroskops auf die Meridianebene des linsenförmigen Pyrenoid-Körpers die täuschenden Reflexe der Aequatorial-Kante desselben unschädlich macht.

Kann ich so in diesem Punkte für *E. granulata* die Angaben von Klebs wenigstens für einzelne Fälle bestätigen, so ist dies bei einem zweiten Punkte durchaus nicht der Fall. Nach Klebs sollen nämlich die Pyrenoide als plan-convexe Körper der Chromatophoren-Scheibe beiderseits aufgelagert, nicht eingelagert sein. Ich sehe jedoch bei *E. granulata* an den beschriebenen Präparaten, die in Oel liegen, überall die lockere, fein netzig-poröse Substanz des einseitig vor-

springenden Pyrenoids nach aussen durch eine zwar schmale, aber deutliche Schicht dichter Substanz begrenzt, welche an den Rändern des Pyrenoids in die angrenzende Chromatophoren-Substanz ausläuft. Ebenso finde ich an denjenigen linsenförmigen Pyrenoiden, welche auf beiden Seiten der Chromatophoren-Scheibe Anschwellungen hervorrufen, die Substanz des Pyrenoids nach beiden Seiten durch ebensolche dünne dichtere Lamellen, die auch hier seitlich in die angrenzende Chromatophoren-Substanz übergehen, abgegrenzt. Noch deutlicher traten solche dünnen Lamellen an jenen Präparaten hervor, die kurze Zeit mit verdünnter Kalilauge behandelt waren. Hier ist die Substanz des Pyrenoids gewöhnlich stärker aufgelockert, das ganze Pyrenoid nicht selten etwas gequollen; um so deutlicher aber setzen sich dann hier die dichten Hüllschichten gegen die aufgelockerte Substanz des Pyrenoids ab und lassen an ihrer Selbstständigkeit keinen Zweifel übrig. Hier erweisen sich die Pyrenoide überall ganz deutlich dem Chromatophor eingelagert, nicht aufgelagert, und deutlich zeigt sich, dass erst dieser Hüllschicht von Chromatophoren-Substanz, nicht dem Pyrenoid selbst, die uhrglasförmig gestalteten Paramylonkörner aussen anliegen.

An den genannten Präparaten aber finde ich zugleich, dass diese Paramylonschalen der Pyrenoide der Hüllschicht der letzteren unmittelbar angelagert sind. Nach den Angaben von Klebs (l. c. p. 36) sollen die Paramylonschalen „nicht ganz direkt auf dem Pyrenoid“ aufliegen, „sondern es findet sich ein hell durchschimmernder Zwischenraum“; doch blieb es Klebs ungewiss, „wodurch er gebildet wird“. An den Oel-Präparaten gehärteten Materiales von *E. granulata*, in denen die ursprüngliche Struktur ja doch keinesfalls eine nennenswerthe Umgestaltung erfahren haben kann, finde ich jedoch von einem solchen Zwischenraume gar keine Andeutung, hier sehe ich ganz deutlich die Paramylonschalen unmittelbar dem pyrenoidhaltigen Mittelstück des Chromatophors aufgelagert¹⁾. —

Wie schon erwähnt, erscheint die Substanz der Pyrenoide an der lebenden Zelle stärker lichtbrechend und anscheinend ganz farblos. Nach dem Härten der Zelle mittelst Jodwasser zeigt sich bei

1) Oder sollte etwa dieser „hell durchschimmernde Zwischenraum“ der oben beschriebenen Hüllschicht des Pyrenoids entsprechen?

der Untersuchung in ätherischem Oel diese Substanz des Pyrenoids nur schwach glänzend, dabei aber deutlich lockerer als die umgebende dichte, fast homogene Chromatophoren-Substanz und lässt bei genauerer Prüfung vielfach ganz deutlich eine feinnetzig-poröse Struktur erkennen. Durch Färbungsmittel (Hämatein-Ammoniak, Gentianaviolett u. s. w.) wird an gehärtetem Materiale diese Substanzmasse des Pyrenoids analog gefärbt wie die angrenzende Chromatophoren-Substanz, doch stets ein wenig intensiver als diese, aber weit weniger intensiv als die Nukleolen des Zellkerns der betreffenden Zelle. An solchen gefärbten Individuen aber zeigt sich dann besonders deutlich, was auch an ungefärbtem Materiale bereits zu erkennen ist, dass nämlich eine scharfe Grenze zwischen der Substanzmasse des Pyrenoids und der umgebenden Chromatophoren-Substanz nicht vorhanden ist, dass vielmehr die erstere allmählich in die letztere übergeht.

Es fragt sich nun, ob in der beschriebenen feinnetzig-porösen Struktur der gehärteten Pyrenoide eine ursprüngliche Struktur vorliegt, oder ob dieselbe als ein Produkt der härtenden Reagentien anzusehen sei. Ich habe bereits früher¹⁾ nachgewiesen, dass man an gehärteten Pyrenoiden von Algen vielfach Andeutungen von Strukturen verschiedenster Art beobachten kann, und habe speziell auch eine feinnetzig-poröse Struktur beschrieben, die ich an den gehärteten Pyrenoiden von *Bangia fuscopurpurea* beobachtet hatte. Allein gleichwohl trug ich damals Bedenken, diese Strukturen gehärteter Pyrenoide als ursprüngliche anzusehen, weil das Auftreten dieser Strukturen in den meisten Fällen ein durchaus unregelmässiges war. Doch sprach ich dabei die Vermuthung aus, dass dennoch den Pyrenoiden eine feinere ursprüngliche Struktur und zwar wahrscheinlich eine feinnetzige Struktur zukommen möchte, aus welcher durch beginnende Desorganisation die beobachtete feinnetzig-poröse Struktur der Pyrenoide von *Bangia* hervorgegangen sei.

Die hier beschriebene Struktur der Pyrenoide von *Euglena granulata* erinnert nun sehr an die erwähnte Struktur, die ich bei *Bangia fuscopurpurea* beobachtet hatte. Dazu stimmen die beiderlei Pyrenoide auch noch darin unter einander überein, dass

1) Chromatophoren der Algen p. 48 ff.

die Substanz derselben eine scharfe Abgrenzung gegen die angrenzende Chromatophoren-Substanz nicht besitzt, vielmehr allmählich in diese letztere übergeht. Es dürfte somit das Urtheil über die feinnetzig-poröse Struktur der *Bangia*-Pyrenoide auch von den Pyrenoiden der *Euglena granulata* zu gelten haben. Doch kommt hinzu, dass ich bei der letzteren Spezies eine feinnetzig-poröse Struktur der Pyrenoide sehr viel regelmässiger beobachtet habe als bei jener *Bangia*, unregelmässige Strukturen an dem gut gehärteten Materiale aber gar nicht zu Gesicht bekam. Infolgedessen erscheint mir hier die Vermuthung, dass den Pyrenoiden eine feinnetzige Struktur ursprünglich eigen sei, als eine noch weit wahrscheinlichere als früher bei *Bangia*. Ob aber in der wirklich beobachteten feinnetzig-porösen Struktur diese ursprüngliche Struktur unverändert vorliegt, oder ob die erstere durch Einwirkung des Härtungsmittels (Jodwasser) aus letzterer hergestellt worden ist, das wage ich auch jetzt noch nicht zu entscheiden. —

Die Unmöglichkeit einer scharfen Abgrenzung der Pyrenoide, die sowohl an der lebenden Zelle, als auch an gehärtetem Materiale sich geltend macht, weist aber auch hier wie bei *E. viridis* mit Entschiedenheit darauf hin, dass eine vollständige substanzliche Verschiedenheit der Pyrenoide und der Chromatophoren nicht besteht. Die ersteren können somit nicht als eigenartige fremde Einschlüsse der letzteren betrachtet werden. Vielmehr weist der allmähliche Uebergang der Substanzmasse des Pyrenoids in die angrenzende Chromatophoren-Substanz mit Entschiedenheit darauf hin, dass in dem einzelnen Pyrenoid der lebenden Zelle nur ein Abschnitt des Chromatophors vorliegt, welcher von einer besonderen, farblosen, stark lichtbrechenden Substanz durchdrungen ist. Diese spezifische Pyrenoid-Substanz aber ist hier bei *E. granulata* nur in geringerer Menge der Chromatophoren-Substanz beigemischt; deshalb erscheint das Pyrenoid nur wenig scharf gegen die angrenzenden Abschnitte des Chromatophors abgegrenzt und lässt sich nicht als selbständiger Körper zur Kontraktion bringen.

Die vorstehende Schilderung bezieht sich nun zunächst ausschliesslich auf *Euglena granulata*. Doch steht diese Species der von Klebs geschilderten *E. velata* so nahe, dass die Gestaltung und

Ausbildung der Chromatophoren bei beiden Arten wohl ohne Zweie völlig analog sein dürfte. — Einen ganz ähnlichen Bau der Chromatophoren und Pyrenoide aber habe ich auch noch bei einer anderen Euglena-Spezies, die hier als *E. obtusa*¹⁾ bezeichnet sein mag, eingehender untersuchen können.

Bei dieser Spezies (Taf. I. Fig. 22) bilden die Chromatophoren kleine unregelmässig rundliche Scheibchen mit gelapptem Rande. In der Mitte einer jeden Scheibe findet sich wie bei *E. granulata* bald ein einzelnes beiderseits vorspringendes linsenförmiges Pyrenoid, bald zwei plan-convexe Pyrenoide, die auf beiden Flächen der Chromatophoren-Scheibe, mehr oder weniger gegen einander verschoben, hervortreten. Allen diesen Pyrenoiden entsprechen aussen aufgelagerte uhrglasförmige Paramylonkörner.

1) *Euglena obtusa*.

Körper im ausgereckten Zustande langcylindrisch, nach beiden Enden hin ein wenig verjüngt und an beiden Enden (am vorderen Ende meist etwas schief) abgestumpft-gerundet. Zellhaut anscheinend (?) sehr fein und schwach spiralig gestreift. Zellkern ungefähr in der Mitte der Zelle, doch meist etwas gegen das hintere Körperende hin verschoben. Zilie Chromatophoren sehr zahlreich (ca. 40—50), wandständig, am vorderen Körperende meist vereinzelt oder fehlend; das einzelne Chromatophor scheibenförmig, mit pyrenoidhaltiger Mitte und unregelmässig gelapptem Rande; bei contrahirtem Zellkörper die Chromatophoren sehr dicht zusammengedrängt und fast radial gerichtet, dachziegelig einander deckend; Pyrenoide beschalt.

Durchschnittliche Lg. = 0,13 mm, Br. = 0,025 mm.

Die Theilung der Zelle erfolgt im abgerundeten Zustande innerhalb einer dünnen Hüllschicht.

Freischwimmende Individuen wurden niemals beobachtet. Die beobachteten Exemplare krochen auf dem Boden des Wassers unter lebhaften metabolischen Bewegungen wurmartig umher. Der ausgereckte, lang-cylindrische Zellkörper verkürzte sich zu tonnenförmiger Gestalt unter verschiedenartiger Seitwärtskrümmung des conisch verjüngten, bald eingezogenen, bald weit vorgereckten Vorder- und Hinterendes; diese Verkürzung und Verdickung betraf bald den ganzen Zellkörper, bald nur einen einzelnen Abschnitt, bald lief sie von einem Ende des Körpers zum anderen fort. Häufig krümmte sich dabei der Zellkörper zu halbmondförmiger Gestalt ein und verbreiterte sich dann durch Bildung einer Ausbuchtung in der Mitte der concaven Seite zu abgeflacht-scheibenförmiger Gestalt.

Ich fand diese Art in grosser Menge der Individuen in der Nähe von Bonn am Rande eines kleinen Teiches, dessen schlammiges Ufer dieselben in Gestalt eines dunkelgrünen Ueberzuges bedeckten.

Diese Art unterscheidet sich von *E. granulata* und allen ähnlichen, bisher beschriebenen Arten durch die grosse Menge der Chromatophoren und das stets abgestutzte Hinterende des langcylindrischen Zellkörpers.

Solche Chromatophoren sind in dem Zellkörper in sehr grosser Anzahl (c. 40–50) in einfacher wandständiger Schicht vertheilt. Die Stellung des einzelnen Scheibchens in dieser Schicht aber wechselt sehr, je nachdem der Zellkörper lang ausgereckt oder contrahirt ist, und damit zugleich erscheinen auch die Randlappen des Scheibchens in sehr verschiedener Weise gekrümmt. In dem lang ausgereckten Zellkörper liegen die Chromatophoren-Scheibchen, ganz analog wie bei *E. granulata*, tangential gestreckt und biegen ihren unregelmässig gelappten Rand gegen die Körperoberfläche um. Bei Contraktion des Zellkörpers aber werden die bisher tangential gestellten Scheibchen mehr und mehr schräg gestellt, bis sie schliesslich vielfach genau radial zu stehen kommen; und nun erscheinen die Lappen ihres Randes in sehr wechselnder und regelloser Weise umgeschlagen. Doch tritt im Allgemeinen eine Richtung dieser Randlappen gegen die Körperoberfläche hin auch jetzt noch deutlich hervor. An stark contrahirten Individuen besteht die wandständige Chlorophyllschicht aus zahlreichen Chromatophoren-Scheibchen in mehr oder minder genau radialer Stellung, die dicht zusammengedrängt sind und, dachziegelartig über einander geschoben, dem Zellkörper eine ziemlich intensive grüne Färbung verleihen.

Der Bau dieser Chromatophoren und ihrer „beschalten“ Pyrenoide stimmt im Uebrigen ganz mit *E. granulata* überein. Nur sind hier die Chromatophoren etwas kleiner als bei jener Spezies und in viel grösserer Anzahl vorhanden; ebenso sind auch die Pyrenoide und deren Paramylon-Schalen deutlich etwas kleiner als bei der erstbeschriebenen *E. granulata*. An der lebenden Zelle wird dadurch das genauere Studium dieser Bildungen noch weit schwieriger als dort, ja an der lebenden Zelle, selbst wenn dieselbe arm an Paramylonkörnern ist (bei sehr körnerreichen Individuen lässt sich weder bei *E. obtusa*, noch bei einer anderen *Euglena*-Spezies an der lebenden Zelle der innere Bau des Zellkörpers auch nur mit einiger Sicherheit ermitteln), lässt sich kaum etwas anderes feststellen, als dass in wandständiger Schicht zahlreiche, scheiben- oder bandförmige Chromatophoren vorhanden sind, welche an stark contrahirten Individuen radial gegen die Mitte des Zellkörpers hin strahlen, während innerhalb dieser Chlorophyllschicht zahlreiche Paramylonkörner in hohlkugeligter Vertheilung die ziemlich weite, kernhaltige Mitte des

AGRICULTURAL
EXPERIMENT STATION

DEC 1 1888

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Zellkörpers umgeben. An gehärtetem und aufgehelltem Materiale aber lässt sich auch hier der innere Bau der Zelle leicht und sicher ermitteln. —

Eine analoge Ausbildung der Chromatophoren und Pyrenoide wie bei *E. granulata* und *obtusa* fand ich ferner unter den Euglenaceen, die ich selbst eingehender untersuchen konnte, noch bei verschiedenen anderen, zum Theil noch unbeschriebenen Arten von *Euglena*, sowie bei mehreren Arten von *Trachelomonas*. Hier seien von diesen verschiedenen Formen nur einige Spezies besonders namhaft gemacht, bei denen charakteristische kleine Abweichungen hervorzuheben sind. So besitzt *E. gracilis* Klebs in wandständiger Anordnung zahlreiche scheibenförmige Chromatophoren mit beschaltem, mittlerem Pyrenoid, ebenso wie *E. granulata*. Allein diese Chromatophoren-Scheiben besitzen bei *E. gracilis* nicht eine (gegen die Zellmitte) ausgebogene Mitte, sondern liegen flach der Zellhaut an und krümmen sich nur der Krümmung dieser Zellhaut entsprechend. Bei *E. pisciformis* Klebs wiederholt sich ebendieselbe Erscheinung; doch besitzen hier die Chromatophoren die Gestalt langgestreckter Platten und liegen in Zahl von 2 (seltener 3 oder 4) den gegenüberliegenden Längsseiten des spindelförmig gestreckten Zellkörpers an. Bei beiden Spezies aber erscheinen in der Mitte der scheibenförmigen Chromatophoren die Pyrenoide auf beiden Seiten mit uhrglasförmig gebogenen Paramylonkörnern bedeckt. Demgegenüber zeigt *E. pyrum* Ehb. (Taf. I. Fig. 19) zwar auch nur zwei wandständige Chromatophoren von der Gestalt längslaufender Platten mit unregelmässig gelappten Seitenrändern¹⁾, allein

1) Die Seitenränder der scheibenförmigen Chromatophoren von *E. pyrum* sind in sehr mannigfaltiger und unregelmässiger Weise gelappt und zerschnitten. Zuweilen auch wollte es mir bei einzelnen der untersuchten Individuen scheinen, als ob einzelne dieser Randlappen sich losgetrennt und zu selbständigen kleinen scheibenförmigen Chromatophoren sich ausgebildet hätten. Doch machte die derbe Spiralstreifung der Zellhaut, die eine Aufklärung des inneren Baues der Zelle sehr erschwert, eine sichere Entscheidung dieser Frage bisher nicht möglich.

Wenn aber irgendwo unter den Euglenaceen, so möchte ich bei der vorliegenden Spezies ein solches gelegentliches Abtrennen einzelner Randlappen der Chromatophoren zu selbständigen Farbstoffträgern für sehr wahrscheinlich halten. Doch habe ich dies allerdings bisher noch nicht direkt zu beobachten vermocht.

hier springen die einzelnen Pyrenoide in der Mitte der plattenförmigen Chromatophoren nur auf der Aussenseite dieser letzteren in Gestalt abgerundeter Verdickungen vor und sind nur auf dieser Aussenseite von einer uhrglasförmig gebogenen Paramylonscheibe bedeckt. Auf der Innenseite der Chromatophoren fehlt die entsprechende lokale Verdickung und ebenso die gebogene Paramylonscheibe vollständig. Die Pyrenoide der plattenförmigen Chromatophoren sind hier nur einseitig ausgebildet und nur einseitig beschalt.

Erscheint so in diesen letztbesprochenen Fällen die Ausbildung der Chromatophoren gegen *E. granulata* mehr und mehr vereinfacht, so schliessen auf der anderen Seite an die letztere Spezies ein Paar Formen an, in denen die Gestaltung der Chromatophoren wesentlich komplizirter wird und schliesslich nur sehr schwierig genau zu ermitteln ist. In der einzelnen Zelle derartiger Euglenen, die bei den beobachteten Individuen im ausgestreckten Zustande theils eiförmig, theils spindelförmig gestaltet war, fanden sich stets mehrere Chromatophoren in tangentialer Anordnung vertheilt. Das einzelne Chromatophor zeigte die Gestalt einer Scheibe mit tief gespaltenem Rande. Der kleine mittlere Abschnitt der Scheibe enthielt ein beschaltetes Pyrenoid von derselben Ausbildung wie bei *E. granulata*. Der breite Rand dieser Scheibe aber war bis auf jene pyrenoidhaltige Mitte in zahlreiche, breitere oder schmalere, ungleich lange, bandförmige Lappen zerschnitten. Die Orientirung des einzelnen Chromatophors innerhalb der ausgereckten Zelle aber war der Art, dass der pyrenoidhaltige Abschnitt in einem kleinen Abstände von der Zellhaut tangential gerichtet war, seine sämtlichen Randlappen aber sich direkt auswärts krümmten und in radialer Richtung gegen die Zellwand strahlten, um dann je nach ihrer Länge eine kürzere oder längere Strecke weit der Zellwand sich anzulehnen. So entsteht in der einzelnen Zelle durch die Vereinigung der sämtlichen, gleichmässig ausgebildeten Chromatophoren in einigem Abstände von der Zellhaut eine dunkelgrüne tangentiale Schicht, von welcher sehr zahlreiche, mehr oder minder dichtgedrängte grüne Bänder in radialer Richtung gegen die Oberfläche der Zelle hin strahlen, während das farblose Plasma der Zellmitte den Zellkern einschliesst. Jene dunkelgrüne tangentiale Schicht aber

führt in den tangential orientirten Mittelstücken der Chromatophoren die beschalteten Pyrenoide und ausserdem auch meist noch mehr oder minder zahlreiche kleine Paramylonkörnchen, sodass dadurch die Hauptmasse des Paramylons der einzelnen Zelle ebenfalls deutlich in Form einer tangentialen Schicht angeordnet ist.

Diese Ausbildung der Chromatophoren fand ich speziell bei einer Art von *Euglena*, die hier als *E. oblonga*¹⁾ bezeichnet werden mag (Taf. I. Fig. 9). Im Inneren des bald ellipsoi-

1) *Euglena oblonga*.

Körper in der Bewegung oblong oder eiförmig, selten verkehrt eiförmig, vorne abgerundet oder meist stumpf und etwas schief abgestutzt, hinten sehr stumpf, ohne Stachelspitze. Zilie viel länger als der Körper. Zellhaut sehr fein spiralig gestreift. Zellkern sehr gross, in der Mitte der Zelle, zuweilen etwas nach hinten verschoben. Chromatophoren zahlreich (ca. 15—25), in einigem Abstände von der Körperoberfläche zu einer tangentialen Chlorophyllschicht verbunden, von welcher zahlreiche schmal-bandförmige Fortsätze radial gegen die Körperoberfläche strahlen und hier in Gestalt mehr oder minder langer, schmaler, wandständiger Bänder, der Streifung der Zellhaut entsprechend, spiralig verlaufen; das einzelne Chromatophor mit kleinem scheibenförmigem pyrenoidhaltigem Mittelstück und zahlreichen bandförmigen Randfortsätzen; Pyrenoid beschalt. Augenfleck und Hauptvakuole am Vorderende des Zellkörpers innerhalb der Chlorophyllschicht.

Durchschnittliche Lg. = 0,05—0,07 mm, Br. = 0,025—0,035 mm.

Metabolische Gestaltsveränderungen während der Bewegung waren nicht zu constatiren. Dagegen war häufig an frei schwimmenden Individuen die Ausscheidung einer sehr dicken Schleimhülle zu beobachten, die durch Jod und Hämatein-Ammoniak sich ziemlich intensiv färbte.

Theilung

Diese Art fand ich in zahlreichen Exemplaren gemeinschaftlich mit vielen anderen Spezies von *Euglena* und *Phacus* in einem Wasserloch der Rhein-Niederung bei Cleve zu Anfang Oktober 1883; ganz vereinzelt habe ich sie späterhin auch bei Bonn angetroffen. —

Die vorliegende Spezies unterscheidet sich von *E. sanguinea*, die ich allerdings bisher nur aus der Abbildung und Beschreibung von Klebs (l. c. p. 69—70, Taf. III. Fig. 20) kenne, hauptsächlich durch die wesentlich geringere Anzahl der Chromatophoren, welche die Chlorophyllschicht zusammensetzen, die viel geringere Anzahl der radial strahlenden, bandförmigen Fortsätze dieser Chlorophyllschicht und den spiraligen Verlauf der wandständigen Endabschnitte dieser Fortsätze. Dazu ist *E. oblonga* am hinteren Körperende stets sehr stumpf, *E. sanguinea* nach den Abbildungen bei Klebs (l. c.) und Stein (l. c. Taf. XX. Fig. 19) deutlich zugespitzt; die Schleimhülle von *E. sanguinea* wird durch Jod nicht gefärbt; endlich liegen bei *E. oblonga* Augenfleck und Hauptvakuole am vorderen Körperende noch innerhalb der Chlorophyllschicht, bei *E. sanguinea* nach der Abbildung von Klebs (l. c.) ausserhalb derselben.

disch, bald eiförmig gestalteten Körpers dieser Euglene verlief, der Körperoberfläche parallel, eine dunkelgrüne Schicht, von welcher zahlreiche bandartige Fortsätze gegen die Peripherie hin strahlten. Diese Chlorophyllschicht war aus etwa 15—25 Chromatophoren zusammengesetzt, deren Mittelstücke mit den beschalteten Pyrenoiden ziemlich gleichmässig in der Fläche der Chlorophyllschicht sich vertheilten. Von diesen Mittelstücken der Chromatophoren streckten sich zahlreiche schmal bandförmige Fortsätze gegen die Körperoberfläche hin und lehnten sich hier in Gestalt schmaler Bänder in mehr oder minder langer Ausdehnung der Innenseite der Zellhaut an. Dabei hatten sich diese wandständigen Bänder fast sämmtlich einander parallel gestellt und, offenbar wegen besserer Ausnutzung des vorhandenen Raumes, gegen die Längsachse des Zellkörpers schräg gerichtet, sodass sie als spiralg verlaufende Streifen, der feinen Spiralfestung der Zellhaut durchaus parallel, die Innenseite der letzteren auskleideten: die Aussenansicht der lebenden Zelle weist infolgedessen eine sehr eigenthümliche Vertheilung der grünen Färbung auf, indem von dunkelgrünem Grunde zahlreiche schmale hellgrüne Spiralbänder von sehr wechselnder Länge sich abheben. Die genauere Aufklärung des Baues der Chlorophyllschicht aber ist dadurch an lebenden Individuen, auch wenn sie nur wenige Paramylonkörner aufweisen, sehr erschwert. Allein an gehärtetem Materiale gelingt es ohne grosse Schwierigkeit, sich von dem eben beschriebenen Baue der Chlorophyllschicht und der genannten Gestaltung der einzelnen Chromatophoren zu überzeugen. —

Eben denselben Bau der Chlorophyllschicht glaube ich nun auch auf Grund der Beschreibung¹⁾ und der Abbildung bei Klebs (l. c. p. 69—70, Taf. III. Fig. 20) für *E. sanguinea* Ehb. annehmen zu sollen. Ich habe diese Spezies zwar leider noch nicht selbst untersuchen können. Allein die erwähnte Abbildung bei Klebs er-

1) Nach Klebs besitzt diese Spezies bandförmige Chlorophyllträger, die „radial gegen die, die Paramylonkörner in hohlkugeliger Schicht enthaltende Mitte“ strahlen. Pyrenoide waren an diesen bandförmigen Chlorophyllträgern nicht zu beobachten gewesen; doch hatte Klebs, wie er in einer Anmerkung hinzufügt, nachträglich noch uhrglasförmig verbogene Paramylonscheiben aufgefunden, ohne jedoch den Zusammenhang derselben mit den Chlorophyllträgern feststellen zu können.

scheint mir so charakteristisch und erinnert mich so lebhaft an die Ausbildung der Chlorophyllschicht von *E. oblonga*, dass ich kaum zu irren glaube, wenn ich annehme, dieser Habitus der Chlorophyllschicht von *E. sanguinea* beruhe auf der gleichen Gestaltung der Chromatophoren wie bei *E. oblonga*. Nur müssen hier bei *E. sanguinea* der Abbildung zufolge viel zahlreichere Chromatophoren mit viel zahlreicheren bandförmigen Fortsätzen die Chlorophyllschicht zusammensetzen als bei *E. oblonga*. Und ausserdem muss bei *E. sanguinea* die regelmässige spiralförmige Anordnung der wandständigen Abschnitte jener Fortsätze kaum angedeutet sein oder vollständig fehlen, da sonst Klebs wohl sicher nicht unterlassen haben würde, in seiner Beschreibung dies hervorzuheben oder in seiner Zeichnung dies anzudeuten. Infolge dieser grösseren Zahl von Chromatophoren, welche anscheinend die Chlorophyllschicht von *E. sanguinea* zusammensetzen, dürfte aber auch die Aufklärung ihrer Struktur sehr viel grössere Schwierigkeiten bereiten, als dies bei der ziemlich übersichtlich gebauten *E. oblonga* der Fall ist.

Die soeben beschriebenen Chromatophoren von *E. oblonga* lassen übrigens noch eine andere Weise der Beschreibung zu. Anstatt als scheibenförmige Chromatophoren mit zahlreichen, tief eingeschnittenen, bandförmigen Randlappen kann man dieselben ebenso gut auch beschreiben als unregelmässige sternförmige Chromatophoren mit zahlreichen bandförmigen Fortsätzen, welche sämtlich in der Medianebene von dem pyrenoidhaltigen Mittelstück entspringen und sämtlich nach derselben Seite hin sich umschlagen. Durch die erstere Weise der Darstellung werden diese Chromatophoren als Gestaltungs-Modifikationen der Chromatophoren von *E. granulata* geschildert und dadurch diesen Chromatophoren als komplizirtere Gestalten angereiht, wie es zuvor auch ausdrücklich betont worden ist. Die letztere Weise der Beschreibung aber fasst diese Chromatophoren als Modifikationen der Chromatophoren von *E. viridis* und *E. geniculata* auf und reiht dieselben dadurch diesen Gebilden an.

In der That stellen die fraglichen Chromatophoren ein vortreffliches Bindeglied dar zwischen den beiden Gestaltungs-Typen der Chromatophoren von *E. granulata* und *E. viridis*, Typen, die

auf den ersten Blick ziemlich unvermittelt einander gegenüber zu stehen scheinen.

Die unregelmässig sternförmige Gestalt der Chromatophoren von *E. viridis* findet sich, wie oben beschrieben, fast unverändert wieder in den Zellen von *E. geniculata* mit zwei Chromatophoren, die in der Längsachse der Zelle vor und hinter dem central gelagerten Zellkern vertheilt sind. Sehr häufig findet man nun eines dieser beiden Chromatophoren oder beide zugleich durch Theilung in je zwei, seltener drei analoge, aber kleinere Chromatophoren zerfallen, die nun in den vorhandenen Raum sich theilen. Dabei geschieht es nicht selten, dass zwei dieser sternförmigen Chromatophoren neben einander, anstatt wie gewöhnlich hinter einander, zu liegen kommen. Die beiden Mittelstücke der sternförmigen Chlorophyllträger sind dann aus der Längsachse des Zellkörpers seitlich verschoben und der Körperoberfläche mehr genähert; ihre Fortsätze aber strahlen nun nicht mehr allseitig aus, sondern wenden sich sämtlich nur dem nächstgelegenen Theile der Körperoberfläche zu, sodass der Abschnitt des langgestreckten Zellkörpers, den sonst ein einzelnes Chromatophor mit seinen allseitig strahlenden Fortsätzen beherrscht, nun von den beiden Gruppen von Fortsätzen der beiden, neben einander gelagerten Chlorophyllträger versorgt wird.

Geht dann die Vermehrung der Chromatophoren in derselben Weise noch weiter, so muss natürlich der Abschnitt der Körperoberfläche, welchen das einzelne Chromatophor mit seinen bandförmigen Fortsätzen beherrscht, immer kleiner werden. Hierbei aber erscheint es dann ganz einfach und natürlich, dass nun diese Fortsätze an dem Mittelstück in eine einzelne Ebene parallel der Körperoberfläche sich ordnen, die äussere und innere Oberfläche des Mittelstückes aber frei lassen, auf der dann grössere gebogene Paramylon-scheiben sich ausbilden können. Und damit ist dann die Gestalt der Chromatophoren von *E. oblonga* erreicht, die ihrerseits sehr einfach an die Chromatophoren von *E. granulata* sich anschliessen.

So erweisen sich diese Chromatophoren, so eigenartig ihre Gestaltung zunächst erscheinen mag, als eine sehr interessante Mittel-form, welche in vortrefflichster Weise die extremeren Gestaltungstypen der Chromatophoren von *E. granulata* und *E. viridis* verbindet.

Die eben besprochenen Chromatophoren von *E. oblonga* liessen sich von den sternförmigen Chromatophoren von *E. viridis* ableiten durch die Annahme wiederholter Theilung und einseitiger, aber regelmässiger Ausbildung der Theilstücke. Werden statt dessen die einzelnen Theilstücke unregelmässig ausgebildet, so muss auch die ganze Chlorophyllschicht eine regellose Gestaltung annehmen, namentlich wenn die einzelnen Chromatophoren ungleich gross sind und ungleichmässig in der Zelle sich gruppieren.

Dies ist nun bei sehr vereinfachter Ausbildung der einzelnen Chromatophoren thatsächlich der Fall bei einer Art von *Euglena*, die Klebs als Varietät *β. olivacea* mit *E. viridis* vereinigt, die aber von dieser Form wesentlich verschieden ist. Bei dieser *E. olivacea*¹⁾

1) *Euglena olivacea* (*E. viridis β. olivacea* Klebs).

Körper im ausgereckten Zustande spindelförmig, vorne abgerundet, hinten in eine kurze hyaline Schwanzspitze zugeshärft. Zellhaut sehr fein und schwach spiralförmig gestreift. Zilie so lang wie der Zellkörper oder etwas länger. Augenfleck ziemlich gross. Zellkern im hinteren Theile der Zelle. Chromatophoren zahlreich, wandständig, sehr unregelmässig sternförmig gestaltet mit kleinem pyrenoidhaltigem Mittelstück, von dem nur wenige, ungleich lange, ungetheilte oder verschieden zertheilte, schmal-bandförmige Fortsätze entspringen; diese Fortsätze im ausgerecktem Zellkörper meist längslaufend, vielfach in Zahl von 5–3, sehr häufig in Zahl von 2 oder 1; die Mittelstücke meist zu mehreren in Gruppen zusammengestellt, während die bandförmigen Fortsätze in sehr wechselnder Weise der Zellhaut sich anlehnen und eine sehr verschieden gestaltete wandständige Chlorophyllschicht, die aus ungleichen Bandabschnitten und Scheibchen sich zusammensetzt, herstellen; Pyrenoide sehr rudimentär, stets nackt. Färbung der Chromatophoren hellgelblich-olivengrün.

Paramylonkörner in Gestalt kleiner oder grösserer, ovaler bis länglicher, ziemlich dicker Scheibchen, bei grosser Anzahl hauptsächlich in der Mitte des ganzen Zellkörpers angehäuft.

Theilung im abgerundeten Zustande innerhalb einer dünnen Hüllhaut. Dabei bilden die Individuen vielfach dunkelgrüne, dünne Häute an der Oberfläche des Wassers.

Metabolie nur mässig lebhaft, in analoger Weise wie bei *E. viridis*.

Durchschnittliche Lg. = 0,068 mm, Br. = 0,014 mm.

Diese Art fand ich gesellig an der Oberfläche eines Dorfteiches in der Nähe von Bonn. Nach Klebs ist dieselbe vorzugsweise in Gewässern, die reich an organischen Zersetzungsprodukten sind (Mistpfützen der Dörfer, Abläufen von Bierbrauereien, Abtritten etc.), verbreitet. —

Ich trage kein Bedenken, die hier beschriebene *Euglene* für identisch zu halten mit der *E. viridis β. olivacea* Klebs, obgleich Klebs die Gestaltung der Chromatophoren in etwas anderer Weise schildert. Die Analogie mit *E. viridis*, die bei dieser Form in der ganzen Gestaltung des Körpers, in der Art der

erscheint die wandständige Chlorophyllschicht lang ausgestreckter, frei schwimmender Individuen zusammengesetzt aus zahlreichen, sehr verschieden gestalteten Chromatophoren. Sehr häufig finden sich ungleich lange und ungleich breite, längslaufende, zuweilen etwas schräg gerichtete, ziemlich dünne Bänder, welche ungefähr in ihrer Mitte ein wenig gegen das Zellinnere hin eingebogen und verdickt sind, im Uebrigen aber der Zellhaut anliegen. Die eingebogene und verdickte Mitte dieser Bänder enthält ein einzelnes Pyrenoid und kann so als Mittelstück des einzelnen Chromatophors angesehen werden, von welchem nur zwei, meist ungleich lange bandförmige Fortsätze auslaufen. Nicht selten aber finden sich auch derartige Mittelstücke, von denen nur ein einziger bandförmiger Fortsatz entspringt, die dann als einwärts gebogene verdickte Endabschnitte eines einzelnen Chlorophyllbandes erscheinen. In zahlreichen anderen Fällen aber laufen von dem Mittelstücke drei oder selbst mehr ungleiche bandförmige Fortsätze aus. — Von diesen verschiedenen Gestalten sind häufig die einfach bandförmigen am zahlreichsten vertreten. Zuweilen aber überwiegen auch die mehrstrahligen Chromatophoren

Metabolie und in der Weise der Zelltheilung so deutlich hervortritt, dass man nur allzu sehr versucht wird, dieselbe als Varietät von *E. viridis* anzusehen, macht meines Erachtens die Erkennung dieser Euglenen-Form zu einer ziemlich leichten und sicheren.

So gross aber auch die erwähnte Aehnlichkeit mit *E. viridis* sein mag, so macht doch meines Dafürhaltens die durchaus abweichende Ausbildung der Chromatophoren eine spezifische Vereinigung beider Formen ganz unmöglich. Klebs hatte bereits constatirt (l. c. p. 68), dass beide Formen in der Kultur sich constant erhalten und im beweglichen Stadium stets leicht zu unterscheiden sind; allein Klebs hatte die Differenz in der Ausbildung der Chlorophyllschicht nicht erkannt, oder vielmehr, er hatte die Ausbildung der Chlorophyllschicht von *E. olivacea* einfach auf *E. viridis* übertragen und unter diesen Umständen freilich nicht genügenden Anlass zur spezifischen Trennung beider Formen gefunden. Hätte er jedoch meine bestimmte Angabe über eine ganz andere Gestaltung der Chlorophyllträger von *E. viridis* an dieser Spezies selbst etwas genauer geprüft, so würde er wohl ebenfalls nicht einen Moment an der Nothwendigkeit gezweifelt haben, *E. viridis* und *E. olivacea* als selbständige Spezies von einander zu trennen. —

Nach Klebs (l. c. p. 67) ist *E. viridis* β . *olivacea* „ausgezeichnet durch den olivengrünen Ton des Chlorophylls“, oder, wie er an anderer Stelle (p. 68) sagt, durch die bräunlich-olivengrüne Färbung. Die Individuen, die mir zu Gesichte kamen, waren sämmtlich mehr hellgelblich-olivengrün gefärbt. Doch dürfte der Farbenton wohl einigem Wechsel unterliegen.

an Zahl über die einfach bandförmigen, zwei- oder einstrahligen Gestalten; und in manchen Fällen können sogar diese letzteren bandförmigen Chromatophoren gänzlich zurücktreten hinter den mehrstrahligen Formen, die nun ganz deutlich als unregelmässige Sterne mit sehr kleinem Mittelstück und sehr ungleichen bandförmigen Fortsätzen sich darstellen. — Solche Chromatophoren aber liegen meist zu mehreren in Gruppen beisammen, sodass ihre Fortsätze nicht selten über einander weglaufen oder seitlich durch breitere Arme oder ganz dünne Stränge mit einander fusioniren. Nimmt man dann hierzu noch die Thatsache, dass die Abschnitte dieser bandförmigen Fortsätze, welche der Zellhaut direkt anliegen, sehr mannigfaltig gestaltet sind, bald gerade, bald geschlängelt verlaufen oder im Bogen sich seitwärts wenden, so ergibt sich daraus eine äusserst unregelmässige Gestaltung der ganzen Chlorophyllschicht.

Diese Chromatophoren sind in sehr wechselnder Weise längs der Oberfläche des spindelförmigen Zellkörpers vertheilt. Das Vorderende desselben ist meist frei von Chromatophoren und farblos. Auch lagern sich längs des Zellkerns, der nahe an das hintere Körperende gerückt ist, meist nur einzelne Fortsätze von Chromatophoren. Hinter diesem Zellkerne aber sind stets noch einzelne Chromatophoren zu finden; die Mehrzahl derselben jedoch gruppirt sich vor dem Zellkern und zwar meist so, dass eine grössere Anzahl der eingebogenen und verdickten Mittelstücke ungefähr in gleicher Höhe in der Zellmitte vertheilt ist. Dadurch erscheint hier auch bei vollständigem Fehlen der Paramylonkörner die Chlorophyllschicht dichter und dunkler gefärbt und zugleich weiter nach der Zellmitte hin vorgewölbt, und es entsteht ein ganz ähnliches Habitusbild der grüngefärbten Zelle wie das Habitusbild einer körnerarmen Zelle von *E. viridis*. Doch kommt dies Bild hier in ganz anderer Weise zu Stande wie bei der letztgenannten Spezies.

Diese Ausbildung der Chlorophyllschicht bei lang ausgereckten Zellen verliert nun jeden Rest von Regelmässigkeit bei contrahirten Individuen, namentlich bei fast kugeligem Abrundung des Zellkörpers. Hier laufen vielfach die Fortsätze der einzelnen Chromatophoren über einander weg, die verdickten Mittelstücke rücken vielfach dicht an die Zellhaut heran oder ziehen umgekehrt auch die bandförmigen Fortsätze streckenweise von der Zellhaut selbst ab. Der Zellhaut un-

mittelbar anliegend aber erscheint ein regelloses Gemenge der verschiedensten Bandabschnitte und Scheibchen, das in seiner Zusammensetzung im Einzelnen oft recht schwierig zu entwirren ist.

Bei dieser grossen Unregelmässigkeit in der Ausbildung der Chlorophyllschicht muss ich es dahin gestellt lassen, ob die einzelnen Bandabschnitte und Scheibchen, die der Zellhaut unmittelbar anliegen, sämmtlich mit den verdickten eingebogenen Mittelstücken im Zusammenhang stehen oder nicht. Mir schienen allerdings diese Bandabschnitte und Scheibchen sämmtlich nur Abschnitte der bandförmigen Fortsätze jener Mittelstücke zu sein, nicht aber selbstständige scheibenförmige pyrenoidfreie Chromatophoren. Allein ich war in der That nicht in allen Fällen im Stande, den Zusammenhang jener Scheibchen mit den pyrenoidhaltigen Mittelstücken sicher nachzuweisen. Andererseits aber gelang es mir ebensowenig, anscheinend isolirte Scheibchen als selbstständige pyrenoidfreie Chromatophoren mit Sicherheit zu erkennen. So ziehe ich es denn vor, einstweilen *E. olivacea* nur pyrenoidhaltige, unregelmässig bandförmige Chromatophoren zuzuschreiben, ohne dass ich es jedoch in Abrede stellen wollte, dass sich gelegentlich einzelne Abschnitte dieser Bänder als selbstständige scheibenförmige Chromatophoren abtrennen können¹⁾.

Das eingebogene verdickte Mittelstück dieser Chromatophoren enthält ein einzelnes Pyrenoid. Der eingebogene verdickte Abschnitt des Chromatophors ist von sehr verschiedener Ausdehnung.

1) Nach Klebs (l. c. p. 68, vergl. auch p. 35) besitzt *E. olivacea* (= *E. viridis* β . *olivacea* Klebs) Chlorophyllbänder, die in ziemlich flachem „Bogen in der Peripherie des Cytoplasmas“ verlaufen, ziemlich unabhängig „von dem Haufen Paramylonkörner, der häufig mehr im unteren Theile des Körpers liegt.“ „Bei sehr vielen Exemplaren sind die Chlorophyllbänder eingeschnürt oder zerschlitzt und zerfallen in mannigfach geformte bald eckige, bald rund scheibenförmige kleinere Stücke.“ — Klebs sind offenbar die rudimentären Pyrenoide im Inneren der einwärts gebogenen, verdickten Abschnitte der Chlorophyllbänder entgangen. Von den wandständigen Bandabschnitten und verschieden gestalteten Scheibchen aber, die Klebs hier beschreibt, erkannte ich eine grössere Anzahl mit Bestimmtheit als Endlappen bandförmiger Fortsätze der Chromatophoren-Mittelstücke, nicht als selbstständige Chromatophoren. Bei anderen vermochte ich nicht mit Sicherheit diese Frage zu entscheiden. Ich muss es deshalb, wie oben erwähnt, dahin gestellt lassen, ob eine Anzahl der isolirten Scheibchen, die Klebs hier erwähnt, wirklich selbstständige Chromatophoren darstellt. Eine gelegentliche Abgliederung solcher Abschnitte der eigentlich typischen Chromatophoren halte ich, wie schon oben (p. 4, 26 Anm. 1) hervorgehoben, keineswegs für unmöglich.

Bald kleiner, bald grösser erscheint sein Umriss bald gerundet, bald mehr oder weniger in die Länge gestreckt. Die Substanzmasse dieser Verdickung ist an der lebenden Zelle etwas stärker lichtbrechend als die übrigen Abschnitte des Chromatophors, an gehärtetem Materiale aber färbt sie sich deutlich intensiver als die letzteren und nimmt zuweilen bei Färbung mittelst Gentianaviolett ganz deutlich die charakteristische blaue Färbung der Pyrenoide an. Es erscheint somit hier die innere Substanzmasse dieser verdickten Abschnitte als Pyrenoid ausgebildet. Doch ist allerdings dieses Pyrenoid hier nur sehr wenig substanzreich und ganz und gar ohne bestimmte scharfe Grenze gegen die angrenzenden Abschnitte des Chromatophors. Die charakteristische Pyrenoid-Substanz ist nur in äusserst geringer Menge hier angehäuft, der ganze Abschnitt des Chromatophors nur sehr wenig von den übrigen Abschnitten different ausgebildet. Die ganzen Pyrenoide sind hier fast vollständig rudimentär.

Dieser rudimentären Ausgestaltung der Pyrenoide entspricht ferner auch das vollständige Fehlen der Paramylonschalen, die für die Pyrenoide aller bisher besprochenen Euglenen so charakteristisch sind. Die Paramylonkörner von *E. olivacea*, die in sehr wechselnder Menge in den einzelnen Individuen zu finden sind, stellen sämtlich isolirte kleine scheibenförmige Körper dar; uhrglasförmig gebogene Paramylonschalen aber fehlen hier vollständig, die Pyrenoide sind stets vollständig nackt. —

So unregelmässig somit auch die Ausbildung der Chromatophoren bei *E. olivacea*¹⁾ sein mag, so scheint mir doch aus den mitgetheilten Thatsachen deutlich hervorzugehen, dass diese Chromatophoren sämtlich aufzufassen sind als vereinfachte und zugleich ganz unsymmetrisch ausgebildete Formen der sternförmigen Chromatophoren von *E. viridis*. Diese Vereinfachung geht zuweilen bis zur Reduktion zu einfach bandförmiger Gestalt fort, die reicher ausgebildeten Chromatophoren aber lassen die typische Sternform

1) Nach der Beschreibung und Abbildung, die Klebs (l. c. p. 70—71, Taf. III. Fig. 4 u. 8) von *E. variabilis* giebt, möchte ich es nicht für unwahrscheinlich halten, dass sich *E. variabilis* in der Ausbildung der Chromatophoren an *E. olivacea* anschliesst. Ich selbst jedoch habe diese Spezies bisher leider noch nicht aufzufinden vermocht.

noch ganz deutlich erkennen. — Jedenfalls aber stellen diese Chromatophoren von *E. olivacea* einen ganz eigenartigen Gestaltungstypus der Chromatophoren dar.

Als einfachste Ausbildung des Typus der Chromatophoren von *E. granulata* waren zuvor die Chromatophoren von *E. gracilis* und *E. pisciformis* erwähnt worden. Von diesen führt nun aber noch eine Reihe weiterer Formen zu noch einfacheren Gestalten hin.

So besitzt zunächst *E. mutabilis*¹⁾ (Taf. I. Fig. 3) im Inneren des dünnen, langgestreckten, cylindrischen Zellkörpers, in dessen Mitte der Zellkern liegt, mehrere wandständige scheiben-

1) *Euglena mutabilis*.

Körper in der Bewegung sehr langgestreckt cylindrisch und dünn, nach vorne ein wenig verjüngt, nach hinten in eine lange farblose Spitze ausgezogen. Zellhaut ohne erkennbare spiralförmige Streifung. Zellkern ungefähr in der Mitte des Zellkörpers. Chromatophoren 2—4 (selten mehr), gleichmässig oberhalb und unterhalb des Zellkerns vertheilt, von Gestalt dünner wandständiger Scheiben mit unregelmässig gelapptem oder eingeschnittenem Rande; in wechselnder Grösse erscheinen dieselben bald rinnenförmig gebogen, bald fast hohlcylindrisch geschlossen; in der Mitte enthält jedes Chromatophor ein einzelnes Pyrenoid ohne Paramylonshalen. Zilie

Paramylonkörner in Gestalt kleiner kurzer abgeflachter Stäbchen oder länglicher Scheibchen auf der Innenseite der Chlorophyllschicht.

Durchschnittliche Lg. = 0,08—0,09 mm, Br. = 0,007 mm.

Beim Uebergang in das Ruhestadium infolge Austrocknens des Wassers verkürzt sich die Zelle zu kurz tonnenförmiger oder dick spindelförmiger Gestalt mit kurzer Spitze am Hinterende und meist halsartig vorgestrecktem Vorderende, ohne eine Hülle auszuschleiden.

Diese Art ist durch ausserordentlich lebhaftes Metabolie ausgezeichnet. Die Individuen kriechen meist am Grunde des Wassers umher, indem sie in der mannigfaltigsten Weise ihre Körpergestalt wandeln und in äusserst lebhafter Beweglichkeit sich fort und fort umgestalten.

Ich fand diese Art in sehr grosser Individuenzahl in einem halb austrockneten Waldgraben in der Nähe von Bonn. —

Dieser Form scheint mir sehr nahe zu stehen die *E. acus* β . *mutabilis* Klebs. Die Gestalt des ganzen Zellkörpers, die lebhaftes Metabolie, die Form der Paramylonkörner lassen beide Formen einander sehr ähnlich erscheinen. Ja, ich würde nicht anstehen, beide Formen für identisch zu halten, wenn nicht Klebs seine Form als β . *mutabilis* zu *E. acus* gestellt hätte, d. h. zu einer Spezies, welche zahlreiche kleine scheibenförmige Chromatophoren ohne Pyrenoide besitzt. Dieser Stellung zufolge muss die Klebs'sche Form in der Gestaltung der Chromatophoren sich wesentlich von der hier beschriebenen *E. mutabilis* unterscheiden, falls nicht etwa jene Stellung eine irrtümliche ist.

förmige Chromatophoren mit sehr unregelmässig gelapptem oder zerschnittenem Rande. Diese Chromatophoren vertheilen sich gleichmässig in die beiden Zellhälften, so dass gewöhnlich 1 oder 2 (seltener mehr) Chromatophoren auf jeder Seite des Zellkerns zu finden sind. Das einzelne Chromatophor liegt in der ausgestreckten Zelle mit seiner Mediane einseitig der Zellhaut an und greift mit seinen Rändern mehr oder weniger weit auf die entgegengesetzte Seite hinüber, sodass es rinnenförmig bis fast hohlcylindrisch gebogen der Zellhaut überall dicht sich anlehnt. In seiner Mitte aber ist es deutlich lokal verdickt, und in dieser Verdickung, die nach der Zellmitte hin deutlich vorspringt, ist ein einzelnes, gewöhnlich sehr substanzarmes Pyrenoid eingeschlossen. Dasselbe ist an der lebenden Zelle nur wenig durch hellere Färbung und etwas stärkeren Glanz von den angrenzenden Abschnitten des Chromatophors zu unterscheiden und tritt auch an gehärtetem Materiale nur selten als dichter, stark lichtbrechender Körper deutlich hervor. In allen Fällen aber geht seine Substanzmasse ganz allmählich in die angrenzende Chromatophoren-Substanz über, sodass eine scharfe Abgrenzung des Pyrenoids weder an lebendem noch an gehärtetem Materiale ausführbar ist.

Dieses Pyrenoid der Chromatophoren von *E. mutabilis* aber ist ebenso wie die Pyrenoide von *E. olivacea* stets nackt, niemals beschalt. Uhrglasförmig gebogene Paramylonscheiben fehlen den Pyrenoiden der vorliegenden Spezies stets. Dafür entstehen längs der Innenfläche der Chromatophoren zahlreiche kleine Paramylonkörner von Gestalt ganz kurzer Stäbchen oder länglicher Scheibchen, die, Anfangs von sehr geringer Grösse, allmählich sich verdicken und an Grösse zunehmen.

Eine ähnliche Ausbildung der Chromatophoren wie *E. mutabilis* besitzt ferner *E. deses* Ehb. Während aber die einzelnen Chromatophoren der ersteren Art, die meist nur in geringer Anzahl (2—4, seltener mehr) vorhanden sind, grössere gebogene Scheiben mit unregelmässig gelapptem Rande darstellen, besitzen die viel zahlreicheren, kleineren Chromatophoren von *E. deses* (Taf. I. Fig. 10) die Gestalt ovaler oder rundlicher¹⁾ Scheibchen, die, der Zellhaut

1) Nach Klebs (l. c. p. 73, vergl. auch p. 35) sind bei *E. deses* die

innen anliegend, nur wenig gebogen sind. Diese Scheibchen sind in ihrer Mitte deutlich angeschwollen; diese Verdickung aber umschliesst ein flach linsenförmiges Pyrenoid, das ausserordentlich substanzarm ist. Dasselbe lässt sich kaum von der angrenzenden Chromatophoren-Substanz unterscheiden und erscheint an der lebenden Zelle eigentlich nur als etwas heller gefärbte und etwas stärker glänzende Innenmasse der lokalen Verdickung des Chromatophors. Auch an gehärtetem Materiale tritt dasselbe kaum durch etwas grössere Dichte der Substanz hervor und nimmt auch durch die charakteristischen Färbungsmittel keine irgendwie auffallende Färbung an, wodurch es sich deutlich von der angrenzenden Chromatophoren-Substanz unterscheiden liesse. Eine scharfe Abgrenzung dieses Pyrenoids aber ist in allen Fällen vollständig unmöglich.

Diesem substanzarmen Pyrenoid, dessen Masse sich fast gar nicht von der angrenzenden Chromatophoren-Substanz unterscheidet, fehlen die uhrglasförmig gebogenen Paramylonschalen vollständig. Die Pyrenoiden von *E. deses* sind stets nackt. Statt dessen aber entstehen in der Zelle kleine Paramylonkörnchen in wechselnder Zahl oder mehrere grosse lang-stabförmige Körner, die auf der Innenseite der Chlorophyllschicht in dem hyalinen Protoplasma der Zelle sich vertheilen.

Dieser typischen Form von *E. deses* reiht sich dann zunächst eine Form an, die Klebs als *E. deses* β . *intermedia* beschrieben hat, die aber vielleicht richtiger als besondere Spezies *E. intermedia* von *E. deses* abgetrennt würde.¹⁾ Der Beschreibung von Klebs zufolge besitzt die genannte Euglene zahlreiche wandständige, „rund scheibenförmige“ Chromatophoren, in deren Mitte ein Pyrenoid gar nicht mehr zu unterscheiden ist. Damit ist dann die Ver-

„Chlorophyllträger kurz bandförmig mit deutlichem, aber nacktem Pyrenoid“. Allein seine Abbildung von *E. deses* (Taf. II. Fig. 31) zeigt ganz deutlich rundliche Chlorophyllscheibchen. Ebenso zeigt auch die Abbildung bei Stein (Organismus der Infusionsthiere. Thl. III. Abth. I. Taf. 20. Fig. 14—16) rundliche, zuweilen etwas längliche Chlorophyllscheibchen. In gleicher Weise fand auch ich an dem Materiale, das mir selbst vorgelegen hat, überall rundliche, scheibenförmige Chromatophoren.

1) Klebs selbst führt bereits an einer Stelle seiner Abhandlung (p. 40) diese Form einfach als *E. intermedia* auf.

einfachung der Gestalt der Chromatophoren gegenüber der zuletzt besprochenen Form noch um einen Schritt weiter gegangen, das Pyrenoid, das bei letzterer Form bereits stets nackt war, ist hier bei einer nahe verwandten Form gar nicht mehr vorhanden.

Diese letztere Thatsache aber dürfte im Hinblick auf die nahe Verwandtschaft der beiden Formen *E. deses* und *E. intermedia* wohl besser dahin ausgedrückt werden, dass die Pyrenoide, die bei *E. deses* nur schwierig, oft nur sehr schwierig als eigenartige Gebilde zu erkennen sind, bei *E. intermedia* gar nicht mehr durch irgend ein Merkmal von der angrenzenden Chromatophoren-Substanz sich unterscheiden lassen. Die geringe Deutlichkeit der Pyrenoide bei *E. deses* weist nämlich mit grosser Entschiedenheit darauf hin, dass ein vollständiger Ausfall der Pyrenoide innerhalb des Formenkreises der Gattung *Euglena* in Wirklichkeit nicht stattfindet; vielmehr dürfte dem thatsächlichen Verhalten am besten die Ausdrucksweise entsprechen, dass die Substanzmasse des Pyrenoids, die bei *E. deses* von der umgebenden Chromatophoren-Substanz sich nur sehr wenig unterscheidet, bei *E. intermedia* der angrenzenden Chromatophoren-Substanz vollständig gleich beschaffen ist, sodass eine Unterscheidung nicht mehr möglich ist. Sehr einfach aber würde sich dies, der schon mehrfach erwähnten Auffassungsweise entsprechend, durch die Annahme erklären, dass die lokale Anhäufung von Pyrenoid-Substanz, die bei *E. deses* schon sehr unbedeutend ist, bei *E. intermedia* ganz unmerklich wird, resp. vollständig ausfällt. Dagegen dürfte die Auffassung, dass den Chromatophoren von *E. deses* regelmässig ein eigenartiger Körper eingelagert sei, welcher den Chromatophoren der nächstverwandten *E. intermedia* vollständig fehlte, bei dem Vergleich der Thatsachen wohl kaum einige Wahrscheinlichkeit für sich in Anspruch nehmen können.

Der letztbesprochenen *E. intermedia* reiht sich nun in der Ausbildung der Chromatophoren eine ganze Reihe von *Euglenaceen* an. Bei denjenigen Formen, die ich selbst genauer untersuchen konnte, fanden sich allgemein zahlreiche kleine flache Chlorophyllscheibchen von rundlich-eckigem (bald mehr gerundetem, bald mehr polygonalem) Umriss, welche in wandständiger Anordnung eine mehr oder minder dicht geschlossene Chlorophyllschicht bildeten. Meist

überkleidete diese Chlorophyllschicht die ganze Oberfläche des ausgestreckten Zellkörpers mit Ausnahme der farblosen Stachelspitze am hinteren Körperende und zuweilen auch (doch selten) des vordersten Körperabschnitts. Nicht selten auch war die Anzahl der Chlorophyllscheibchen eine so grosse, dass dieselben nicht sämmtlich in der geschlossenen Chlorophyllschicht Platz fanden, vielmehr einzelne Scheibchen gekantet und gegen die Körperoberfläche senkrecht gerichtet wurden oder auch noch weiter nach der Körpermitte hin in dem hyalinen Protoplasma sich vertheilten. Stets aber fehlten diesen kleinen scheibenförmigen Chromatophoren die Pyrenoide vollständig, und selbst eine Anschwellung der Mitte als Ort für das Pyrenoid war an den flachen dünnen Scheibchen nirgends aufzufinden¹⁾.

In solcher Weise fand ich die Ausbildung der Chromatophoren bei verschiedenen Arten von *Euglena*, z. B. *E. acus* Ehb. (Taf. I. Fig. 1), *spirogyra* Ehb., *tripteris* (Duj.) Klebs, *Ehrenbergii* Klebs, und von *Phacus*, z. B. *Ph. pleuronectes* Nitzsch (Taf. I. Fig. 4, 7), *parvula* Klebs, *triquetra* Duj.

1) Nach Klebs erscheinen bei zahlreichen Arten „die Chlorophyllträger homogen, so bei *E. Ehrenbergii*, *oxyuris*, *acus* etc., den *Phacus*-Arten. Wenn man aber Quellungsmittel anwendet, so quillt die Mitte am stärksten auf und es zeigt sich ein heller, farbloser Kreis, als wenn hier ein Pyrenoid, wenn auch schwach entwickelt, vorhanden wäre.“

Wie die weitere Darstellung ergibt, hat Klebs die genannte Erscheinung bei Einwirkung von Quellungsmitteln auf lebende Chromatophoren, nicht auf gehärtetes Material, beobachtet. Die Erscheinungen, die bei solchem Verquellen lebender Chromatophoren eintreten, glaube ich jedoch nur mit äusserster Vorsicht für die Erkenntniss der Struktur dieser Körper verwerthen zu dürfen. Es tritt hierbei so rasch eine tiefgreifende Desorganisation der ganzen Struktur ein, dass ich von diesen Verquellungs-Erscheinungen lieber ganz absehen möchte. An gehärtetem Materiale aber ist von jenem Auftreten eines hellen, farblosen Kreises, der etwa auf ein Pyrenoid hinweisen könnte, selbst bei Anwendung eines so energischen Quellungsmittels wie Kalilauge, gar nichts zu bemerken.

Uebrigens finde ich beim Aufquellen lebender Chromatophoren von *Phacus pleuronectes* und *Euglena acus* in Wasser die genannte Erscheinung, die Klebs beschreibt, kaum angedeutet. Die kleinen Chlorophyllscheibchen quellen zu unregelmässig kugeligen Körpern auf, wie es allgemein kleine scheibenförmige Chromatophoren der verschiedensten Pflanzen zu thun pflegen. Die Mitte dieser kugeligen Körper erscheint am meisten aufgelockert und gequollen. Allein als eine Andeutung einer Pyrenoid-Bildung glaube ich diese Thatsache, die zudem auch an pyrenoidhaltigen Chromatophoren (z. B. von *Bryopsis*) ganz ebenso zu beobachten ist, durchaus nicht auffassen zu dürfen.

(Taf. I. Fig. 8), *alata* Klebs, *longicauda* (Ehbg.) Duj., *ovum* (Ehbg.) Klebs (Taf. I. Fig. 13, 14), *teres*¹⁾ (Taf. I. Fig. 16). Nach den Angaben von Klebs gehören zu dieser Zahl noch *Euglena oxyuris* Schmarda und *Phacus oscillans* Klebs, die ich bisher noch nicht gesehen habe. Es scheint daher dieser Typus der Chromatophoren in den beiden Gattungen *Euglena* und *Phacus* der am weitesten verbreitete zu sein.

Somit erscheinen bei den besprochenen beiden Gattungen der Euglenaceen die Chromatophoren in sehr mannigfaltiger Weise gestaltet. Auf der einen Seite steht als extremste Form die Gestalt der kleinen flachen rundlich-eckigen Scheibchen, wie solche bekanntlich den meisten Archegoniaten und Phanerogamen ebenfalls eigen sind. Auf der anderen Seite bildet den Endpunkt der Reihe die unregelmässig sternförmige Gestalt der Chromatophoren von *E. viridis* und *E. geniculata*. Beide extreme Formen aber sind durch eine Reihe verschiedenster Mittelformen verbunden²⁾, die deutlich

1) *Phacus teres*.

Körper drehrund, eiförmig bis kurz spindelförmig, vorne abgerundet, nach hinten kegelförmig verjüngt und in eine kurze farblose Schwanzspitze zugespitzt. Zilie länger als der Körper. Zellhaut ziemlich dick, zart spiralig gestreift. Zellkern ziemlich gross, in der hinteren Körperhälfte. Chlorophyllschicht wandständig, ringsum ziemlich dicht geschlossen; Chromatophoren zahlreich, klein, scheibenförmig mit rundlich-eckigem Umriss.

Paramylonkörper theils in Gestalt grösserer ringförmiger Scheiben in Mehrzahl zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet, theils in Gestalt kleinerer bis kleinster Ringe in wechselnder Anzahl auf der Innenseite der Chlorophyllschicht vertheilt.

Theilung

Durchschnittliche Lg. = 0,041 mm, Br. = 0,017 mm.

Diese Art fand ich in grosser Anzahl der Individuen gemeinschaftlich mit *Euglena mutabilis* in einem fast ausgetrockneten Waldgraben in der Nähe von Bonn im November 1883.

2) Wenn somit die Reihe der besprochenen Arten von *Euglena* und *Phacus* einen allmählichen Uebergang aufweist von kleinen, flach scheibenförmigen Chromatophoren bis zu complicirten sternförmigen Gestalten, so kann doch diese Uebergangsreihe keineswegs als typisches Beispiel für alle analogen Fälle dienen. Es sind vielmehr a priori noch mancherlei andere Wege denkbar, um die Chromatophoren der beiden genannten extremen Gestaltungstypen unter *einander in Verbindung* zu setzen, auf einander zurückzuführen. Und in der Wirklichkeit sieht man auch in der That in dem engen Rahmen nächster Ver-

darthun, dass auch die complicirten sternförmigen Chlorophyllträger von *E. viridis* und *E. geniculata* nichts anderes darstellen als einzelne Chromatophoren, die zwar beträchtlich grösser und reicher gegliedert sind als die einzelnen Chromatophoren von *E. acus*, resp. die einzelnen „Chlorophyllkörner“ der Moose, Farne und Phanerogamen, dennoch aber diesen kleinen Chromatophoren-Scheibchen durchaus homolog sind. Das dürfte ein Vergleich von *E. geniculata*, *oblonga*, *granulata*, *deses* und *acus* wohl vollständig überzeugend darthun.

Des weiteren finden sich in den besprochenen Formen der Euglenaceen in einem und demselben, ziemlich engen Verwandtschaftskreise pyrenoidhaltige und pyrenoidfreie Chromatophoren vereinigt. Die ersteren zeigen theils wohl ausgebildete, stets leicht erkennbare Pyrenoide (wie z. B. *E. granulata*), theils schwankt die Substanzmasse in diesen Pyrenoiden und damit zugleich ihre Sichtbarkeit zwischen ziemlich weiten Grenzen hin und her (*E. viridis*). Von den Chromatophoren mit deutlich ausgebildeten Pyrenoiden

wandtschaftskreise derartige extreme Gestaltungstypen in der verschiedensten Weise durch Zwischen- und Uebergangsformen verbunden.

Am häufigsten wird unter den Algen eine solche Verbindung zwischen kleinen flachen Chlorophyllscheibchen und sternförmigen Chromatophoren dadurch hergestellt, dass das Mittelstück des sternförmigen Chromatophors sich einseitig der Zellwand anlehnt, seine bisher radial strahlenden Fortsätze aber sich längs der Zellwand in einer Ebene ausbreiten und mehr oder weniger vollständig in seitlichem Zusammenschluss zu einer einzelnen flachen Scheibe sich vereinigen. So wird z. B. aus dem einzelnen unregelmässig sternförmigen Chromatophor mancher mariner *Chantransia*-Arten bei *Chantransia corymbifera* und einigen anderen Formen durch Heranrücken des pyrenoidhaltigen Mittelstückes an die Zellwand und seitliches Verschmelzen der nunmehr tangential ausstrahlenden Fortsätze ein hohlcylindrisches Chromatophor mit unregelmässig gelappten Rändern. Weiterhin aber ist bei den *Chantransia*-Arten des süssen Wassers das Pyrenoid unsichtbar geworden, einer Vermehrung der Anzahl der scheibenförmigen Chromatophoren aber ist gleichzeitig eine beträchtliche Verringerung der Grösse parallel gegangen.

In anderen Fällen ist die Verbindung zwischen jenen extremen Formen noch in anderer Weise durch die mannigfaltigsten Uebergangsgestalten, die innerhalb desselben Verwandtschaftskreises neben jenen extremen Gestalten zu finden sind, vorgezeichnet. Vor Allem aber bietet ein genaueres Studium der Desmidiaceen und Bacillariaceen eine reiche Fülle der verschiedenartigsten Uebergänge zwischen den genannten und ebenso auch manchen anderen extremen Gestaltungstypen dar.

führt dann eine Anzahl von Mittelformen (*E. mutabilis*, *E. deses*, *E. olivacea*), deren Pyrenoide immer undeutlicher und schwächer entwickelt werden, hinüber zu denjenigen Chromatophoren, in denen distinkt ausgebildete Pyrenoide gar nicht mehr zu erkennen sind, denen Pyrenoide gänzlich fehlen (*E. acus* u. s. w.).

Besonderes Interesse aber bieten die eigenthümlichen Doppel-Pyrenoide von *E. granulata* u. a. A. dar, bei denen flach linsenförmige Pyrenoide nicht der mittleren Schicht, sondern der Rindenschicht der Chromatophoren eingelagert sind und zwei derartige Pyrenoide, einander gegenüber den beiden Rindenschichten eingelagert, mehr oder weniger genau auf einander treffen.

Eine oberflächliche Auflagerung der Pyrenoide auf die Aussenfläche der scheibenförmigen Chromatophoren aber war weder bei diesen letztgenannten Doppel-Pyrenoiden von *E. granulata* u. V., noch bei irgend einer anderen der untersuchten Spezies zu constatiren.

II. Die Paramylonkörner der Euglenen.

In meiner Abhandlung über „die Chromatophoren der Algen“ hatte ich auch die geformten Produkte der Chromatophoren in Kürze besprochen und aus der Entwicklung derselben eine Reihe von Momenten hervorgehoben, die für die morphologische Kenntniss der Chromatophoren von Bedeutung sind. Als derartige geformte Produkte der Chromatophoren aber wurden neben den Stärkekörnern der grünen Algen, den Körnern der Florideen- und Phäophyceen-Stärke speziell auch die Paramylonkörner der Euglenen näher berücksichtigt (p. 156—160).

Dabei stellte sich mir für die Ausbildung dieser Paramylonkörner der Euglenen eine ziemlich wesentliche Differenz gegenüber den Stärkekörnern der grünen Algen heraus. Während nämlich die letzteren in allen untersuchten Fällen im Inneren der Chromatophoren angelegt und (wenigstens in allen sicher constatirten Fällen)

auch ausgebildet wurden, ergab sich für die Paramylonkörner der untersuchten Spezies von *Euglena*, dass diese Körner „wie bei den Florideen und Phäophyceen ausserhalb der Chromatophoren längs der Aussenfläche derselben in Gestalt kleiner Körnchen erst in geringerer, dann in grösserer Anzahl“ angelegt werden und „allmählich an Grösse“ zunehmen. Daraus folgerte ich für die Entstehung der Stärkekörner und Paramylonkörner eine nicht ganz unwesentliche Verschiedenheit, indem ich annahm, dass in dem einen Falle die Körner aus der Grundsubstanz der Chromatophoren gebildet werden, in dem zweiten Falle dagegen aus dem hyalinen Protoplasma der Zelle.

In seiner Monographie der Euglenaceen hat nun Klebs in mehreren einzelnen Punkten meinen Angaben über die Paramylonkörner der untersuchten Arten widersprochen; andererseits aber hat er für eine Reihe anderer Euglenaceen, die mir früher unbekannt geblieben waren, über die eigenthümlichen Paramylon-Gestalten, welche schon die älteren Autoren als ganz eigenartige Bildungen geschildert hatten, einige weitere Angaben hinzugefügt. Seine sämtlichen Beobachtungen aber führten ihn schliesslich zu dem Resultate, dass bei den Euglenaceen „die Paramylonkörner im Cytoplasma entstehen, nicht, wie die Stärkekörner, in direkter Abhängigkeit der Chlorophyllträger“ (p. 41—42).

Dieses letztere Resultat der Beobachtungen von Klebs veranlasste mich, die Frage nach der Entstehung der Paramylonkörner der Euglenen einer erneuten Untersuchung zu unterziehen und diese Untersuchung auch auf die eigenthümlichen grösseren Paramylonkörner derjenigen Arten, die ich erst neuerdings kennen gelernt habe, auszudehnen. Im Folgenden sollen die gewonnenen Resultate eingehender zusammengestellt werden. Dass dabei die einzelnen Formen der grösseren Paramylonkörner etwas ausführlicher behandelt werden, dürfte wohl zur Genüge dadurch sich rechtfertigen, dass bisher über diese eigenartigen Körper und ihre verschiedenartige Ausbildung noch wenig genauere Angaben vorliegen, die Gestaltung derselben aber nach den einzelnen Spezies ziemlich weitgehende Differenzen aufweist. Die vereinzelt Angaben der früheren Autoren sollen bei der Besprechung der einzelnen untersuchten Spezies näher berücksichtigt werden.

Für *Euglena viridis* Ehb. hatte ich seiner Zeit (l. c. p. 156) angegeben, dass in der einzelnen Zelle Paramylonkörner zunächst „rings um das kugelige Mittelstück der sternförmigen Chromatophoren in einfacher, lockerer, hohlkugelige Schicht“ ausgebildet werden¹⁾; „späterhin treten dann auch längs der Fortsätze des Chromatophors derartige Körner in immer reichlicherer Menge auf, und schliesslich werden diese Körner auch in andere entferntere Theile der ganzen Zelle hingeführt“. — Nach Klebs (l. c. p. 35, 67) dagegen liegt in der Mitte des Zellkörpers ein „kugeliges Haufen von Paramylonkörnern“, in dessen Mitte „eine dichtere Masse des Cytoplasma“ sich vorfindet, die nicht als Pyrenoid, sondern nur als eine Differenzirung des Paramylon bildenden Plasmas“ angesehen werden kann.

Es ist nun bereits in der obigen Darstellung eingehender nachgewiesen worden, durch welche Untersuchungsmethoden man sich mit Sicherheit davon überzeugen kann, dass in der Mitte der centralen Körnermasse ein allseitig wohl abgegrenztes Mittelstück eines sternförmigen Chromatophors vorhanden ist. Von diesem unregelmässig kugelig-eckigen Mittelstück entspringen, allseitig strahlend, schmal bandförmige Fortsätze; die ganze übrige Oberfläche dieses Mittelstückes aber, die von den Insertionen jener Fortsätze freigelassen ist, wird bedeckt durch ovale bis längliche, flach-scheibenförmige Paramylonkörner, welche dieser Oberfläche des Mittelstückes unmittelbar anliegen. Da nun die Gestalt dieses Mittelstückes nur sehr selten eine genau kugelige ist, so schliessen jene Körner auch nur selten zu einer genau hohlkugeligen (übrigens stets von den Fortsätzen des Chromatophors durchbrochenen) Schicht zusammen, bilden vielmehr zumeist einen ziemlich unregelmässigen, zuweilen anscheinend ganz regellosen „Haufen von Paramylonkörnern“, dessen

1) In meiner citirten Abhandlung (p. 157. Anm. 1) hatte ich mich noch mit einiger Reserve über die Lagerung der Paramylonkörner innerhalb des farblosen Protoplasmas ausgesprochen. Es war mir die Entscheidung der Frage, ob diese Körner stets dem farblosen Protoplasma und nicht der grüngefärbten Chromatophoren-Substanz eingebettet seien, nicht ganz über allem Zweifel erhaben gewesen. Auf Grund meiner fortgesetzten Untersuchungen über die Euglenen kann ich aber jetzt mit Bestimmtheit behaupten, dass bei *E. viridis* und ebenso bei allen untersuchten Euglenen die Paramylonkörner niemals den Chromatophoren eingelagert sind, sondern stets ausserhalb derselben in den unmittelbar angrenzenden oder in ferner gelegenen Theilen des Protoplasmas sich finden.

Unregelmässigkeit in der grossen Mehrzahl der Fälle noch dadurch vergrössert wird, dass in der nächsten Umgebung desselben weitere Paramylonkörner an den Fortsätzen des Chromatophors sich ausbilden und so die Menge der angehäuften Körner vermehren (vgl. meine früheren Angaben l. c. p. 157—158). Dennoch lässt sich durch die angegebenen Untersuchungsmethoden stets zweifellos feststellen, dass die Mitte des Körnerhaufens von dem Mittelstück des Chromatophors eingenommen wird, der freien Aussenfläche desselben aber zahlreiche Paramylonkörner unmittelbar angelagert sind und in mehr oder weniger regelmässiger hohlkugeliger Anordnung sich gruppieren.

Für *E. viridis* muss ich somit den gegentheiligen Angaben von Klebs gegenüber meine frühere Darstellung vollkommen aufrecht erhalten. —

Anders dagegen ist es mit meinen früheren Angaben über *E. oxyuris*. Ich hatte dieser Spezies zwei (oder mehr) sternförmige Chromatophoren von ganz analoger Gestaltung wie bei *E. viridis* zugeschrieben und dementsprechend auch ebenso viele hohlkugelige Schichten von Paramylonkörnern, die ich wegen gewisser Aehnlichkeiten mit den Amylumheerden der grünen Algen als Pseudo-Amylumheerde bezeichnete. Diese Pseudo-Amylumheerde würden (vgl. l. c. p. 158) zwar auch zuweilen wie bei *E. viridis* durch reichliche Anhäufung von Paramylonkörnern in den übrigen Theilen der Zelle „sehr undeutlich und schwierig erkennbar“, dagegen träten sie in körnerarmen Zellen „gewöhnlich sehr deutlich hervor“, „auch wenn die Körnchen der Paramylonschicht nur wenig regelmässig angeordnet“ seien. Als solche deutlich hervortretende hohlkugelige Schichten von dicht zusammengerückten Paramylonkörnern deutete ich auch die einzelnen „grossen Paramylonkörner“ mit weiter „Centralhöhle“, die Stein (Organismus der Infusionsthier III. Abth. 1. Hälfte. Taf. 20. Fig. 4) für *E. oxyuris* abgebildet hatte, und die nach seiner Angabe mit der Zeit in kleinere Paramylonkörnchen (wie es seine Figur 5 zeigt) zerfallen sollten.

Ganz anders sind nun nach Klebs (l. c. p. 40, 75—76) in Wirklichkeit die Paramylonmassen von *E. oxyuris* gestaltet. Ja „ein einfaches Zerdrücken“ der *E. oxyuris* genügt, um „nachzuweisen, dass jedes“ der grossen Paramylonkörner, welche Stein abgebildet

hatte, „ein isolirtes grosses zusammenhängendes Korn darstellt, keine Herde kleinerer Körnchen“.

Diese Angaben von Klebs über das Paramylon von *E. oxyuris* dürften wohl zweifellos dem thatsächlichen Verhalten entsprechen; denn, wie schon oben hervorgehoben ward, es hat mir damals eine ganz andere Spezies vorgelegen, die ich (freilich mit Unrecht) als *E. oxyuris* bestimmte, weil ich sie unter den Abbildungen des Stein'schen Werkes mit keiner anderen Form auch nur annähernd identificiren konnte. Diese Spezies ist, wie sich nachträglich herausgestellt hat, identisch mit *E. geniculata* Duj. Und für diese *E. geniculata* halte ich nun die sämtlichen Angaben, die ich früher über die Paramylonkörner von *E. oxyuris* gemacht habe, vollständig aufrecht.

Die Paramylonkörner der *E. geniculata* erscheinen in körnerarmen Zellen in hohlkugeligen Schichten rings um die Mittelstücke der sternförmigen Chromatophoren angeordnet. Später nimmt die Zahl der Paramylonkörner mehr und mehr zu, indem sich längs der Aussenfläche der bandförmigen Fortsätze jener Chromatophoren immer neue Körner ausbilden. Und schliesslich werden diese letzteren Körner (ob auch die Körner jener Pseudo-Amylumherde, ist mir zweifelhaft geblieben) von ihrer Bildungsstätte abgelöst und in den verschiedensten Abschnitten der ganzen Zelle vertheilt, die nicht selten zuletzt ganz von Paramylonkörnern vollgepfropft erscheint. — Alles dies ist in verhältnissmässig körnerarmen Zellen gewöhnlich schon im lebenden Zustande sehr deutlich zu erkennen, viel deutlicher als bei *E. viridis*. Die vergleichende Untersuchung gehärteten Materials in Glycerin und in ätherischem Oele aber lässt auch bei körnerreichen Individuen an der geschilderten Anordnung der Paramylonkörner gar keinen Zweifel übrig.

Die gesammte Menge der Paramylonkörner von *E. viridis* und *E. geniculata* setzt sich somit aus zweierlei Körnern zusammen, einerseits aus Körnern, welche längs der Oberfläche des pyrenoidhaltigen Mittelstückes, andererseits aus Körnern, welche längs der Aussenfläche der bandförmigen Fortsätze der sternförmigen Chromatophoren ausgebildet werden.

In gleicher Weise findet man nun auch bei *E. granulata*

zweierlei Paramylonkörner entwickelt. Einerseits nämlich werden längs der Aussenfläche der pyrenoidhaltigen Abschnitte der Chromatophoren eigenthümlich geformte, uhrglasförmig gebogene Paramylonscheibchen angelegt; andererseits entstehen an den Randlappen der scheibenförmigen Chromatophoren, der Oberfläche derselben anliegend, kleinere, ovale bis längliche Paramylonkörner in wechselnder Anzahl. Von diesen stimmen die letzteren in ihrer Ausbildung ganz mit den kleinen ovalen bis länglichen Paramylonkörnern, die an den Fortsätzen der Chromatophoren von *E. viridis* und *E. geniculata* ausgebildet werden, überein; die ersteren aber erscheinen beim ersten Anblick als ganz eigenartige Gebilde. Bei näherer Ueberlegung jedoch erklärt sich die Eigenart dieser Bildungen in sehr einfacher Weise. Bei den sternförmigen Chromatophoren von *E. viridis* und *geniculata* strahlen von dem Mittelstück nach allen Seiten die bandförmigen Fortsätze aus, zwischen denselben bleiben nur kleinere Abschnitte der Aussenfläche dieses Mittelstückes als Ansatzflächen für die Körner der Pseudo-Amylumheerde oder (wie sie im Folgenden genannt sein mögen) Paramylonheerde¹⁾ übrig; diese Körner können deshalb auch nur von geringerer Grösse sein. Bei den scheibenförmigen Chromatophoren von *E. granulata* aber gewährt die fast halbkugelig vorspringende Oberfläche des verdickten pyrenoidhaltigen Abschnittes des Chromatophors einen weit grösseren zusammenhängenden freien Raum und ermöglicht so die Ausbildung ziemlich grosser, der Insertionsfläche entsprechend gebogener scheibenförmiger

1) In meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen hatte ich die „Körnerhaufen“ von *E. viridis* und *geniculata* (ebenso wie die analogen Bildungen der Nematocysten) wegen gewisser Analogien mit den Amylumheerden der grünen Algen als „Pseudo-Amylumheerde“ bezeichnet (p. 157). Klebs citirt in seiner Abhandlung diese meine Bezeichnung überall als „Pseudo-Paramylonherde“, einen Ausdruck, den ich selbst nirgends gebraucht habe.

Für die betreffenden Bildungen verwende ich jetzt im Hinblick auf die ähnlichen, doch keineswegs vollständig übereinstimmend gebauten Amylumheerde der grünen Algen den Namen „Paramylonheerd“ (nicht „Paramylonherde“!). Allerdings hatte Klebs (l. c. ff. 35) dafür bereits die Bezeichnung „Paramylonkern“ eingeführt. Allein schon der Gleichklang der Wörter „Paramylonkern“ und „Paramylonkorn“ dürfte doch wohl von der Verwendung dieses Ausdrucks „Paramylonkern“ abrathen, zumal ja auch der entsprechende Ausdruck „Amylumkern“ wegen des analogen Gleichklangs mit „Amylumkorn“ neuerdings mehr und mehr aufgegeben wird.

Paramylonkörner. Ein Paar dieser grossen uhrglasförmig gebogenen Paramylonscheiben entspricht somit einem einzelnen Paramylonheerde von *E. viridis* und *E. geniculata*.

Von diesen Paramylonmassen findet man nun die kleineren vereinzelt Körner sowohl bei *E. viridis* und *E. geniculata*, als auch bei *E. granulata* einerseits der Oberfläche der Chromatophoren fest und unmittelbar anhaftend, andererseits frei im farblosen Protoplasma der Zelle vertheilt und in sämtliche Abschnitte derselben umhergetragen. Das legt die Vermuthung nahe, dass diese Paramylonkörner (ebenso wie die Körner der Florideen- und Phäophyceen-Stärke), die „stets nur ausserhalb der Chromatophoren im Protoplasma selbst und zwar stets nur in denjenigen Theilen des Protoplasmas, welche den Chromatophoren unmittelbar angrenzen“, entstehen, „ihr ferneres Dickenwachsthum bald ebenfalls in unmittelbarer Nähe der Chromatophoren, bald auch, wie es scheint, in entlegeneren Theilen des Protoplasmas“ durchlaufen, dass in beiden Fällen aber ihre Substanz „durch Umwandlung des Protoplasmas selbst“ entstehe. Diese Annahme hatte ich in meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen wirklich gemacht (p. 157, 159—160), dabei aber ausdrücklich hervorgehoben, dass die Paramylonkörner trotz ihrer Entstehung aus dem Protoplasma der Zelle doch „in ihrer ersten Entstehung“ „von den Chromatophoren abhängig“ seien. Klebs ist in seiner Abhandlung über die Euglenen noch weiter gegangen und behauptet geradezu (l. c. p. 41—42): „so viel lässt sich sicher sagen, dass die Paramylonkörner im Cytoplasma entstehen, nicht, wie die Stärkekörner, in direkter Abhängigkeit der Chlorophyllträger resp. Stärkebildner Schimper's.“

Trotz der Sicherheit, welche diese letztere Behauptung für sich in Anspruch nimmt, muss ich nun zunächst daran festhalten, dass die Paramylonkörner der in Rede stehenden Euglenen stets „in direkter Abhängigkeit der Chlorophyllträger“ entstehen, oder, wie ich früher sagte (l. c. p. 159), „in ihrer ersten Entstehung“ „von den Chromatophoren abhängig“ sind. Bei denjenigen Paramylonkörnern, welche dem pyrenoidhaltigen Mittelstück der Chromatophoren aussen anliegen, kann dies gar keinem Zweifel unterliegen; und für diese giebt auch Klebs (l. c. p. 42) zu, dass dieselben mit den

Chlorophyllträgern „zusammenhängen“, „wenn sie auch ausserhalb derselben liegen“. Allein auch für die sämtlichen Einzelkörner des Paramylons (wie sie zum Unterschiede von jenen Körnern der Paramylonherde genannt werden mögen) lässt sich leicht feststellen, dass ihre jüngsten Entwicklungsstadien stets der Oberfläche der Chromatophoren anliegen, niemals frei im farblosen Protoplasma des Zellinneren zu finden sind. Daraus aber folgt, dass auch diese Einzelkörner des Paramylons stets nur „in direkter Abhängigkeit der Chlorophyllträger“ entstehen, „in ihrer ersten Entstehung“ stets „von den Chromatophoren abhängig“ sind. —

Diese jüngsten Stadien der Paramylonkörner liegen, wie gesagt, stets der Oberfläche der Chromatophoren aussen an, sind niemals im Inneren derselben eingeschlossen. Sie sind damit allerdings dem farblosen Protoplasma, welches die Chromatophoren umschliesst, eingebettet. Allein diese Thatsache allein vermag über den Ursprung der Paramylonkörner noch durchaus nichts zu entscheiden. Diese Paramylonkörner können ebensowohl, wie ich früher annahm, unter der Einwirkung der Chromatophoren aus dem Protoplasma selbst durch Umwandlung der Substanz desselben entstehen, als auch von den Chromatophoren durch lokale Umwandlung der Substanz der oberflächlichsten Abschnitte derselben gebildet werden. Weder für die eine, noch für die andere dieser beiden Möglichkeiten ist ein entscheidendes Moment in den genannten Thatsachen allein gegeben.

Ferner bleiben die Körner der Paramylonherde auch während ihres späteren Dickenwachsthums dem pyrenoidhaltigen Mittelstück des Chromatophors stets unmittelbar angelagert. Nur zum Verbrauche dürften sie vielleicht von diesem ihrem Ursprungsorte entfernt und nach anderen Abschnitten der Zelle hingeführt werden; doch habe ich selbst solche abgelösten Körner der Paramylonherde bisher niemals sicher nachzuweisen vermocht. Dagegen findet man ältere Stadien der Einzelkörner sehr vielfach theils der Oberfläche der Chromatophoren unmittelbar anhaftend, theils in den verschiedensten Abschnitten der Zelle im farblosen Protoplasma vertheilt. Aus diesen Thatsachen kann man nun für das allmähliche Dickenwachstum der Paramylonkörner entweder die Annahme herleiten, die ich früher daraus zog, dass nämlich diese Paramylonkörner ihr „Dickenwachstum bald in unmittelbarer Nähe der Chromatophoren,

bald in entlegeneren Theilen des Protoplasmas“ durchlaufen. Man kann aber auch jene Thatsachen mit der allmählichen Vergrösserung der Paramylonkörner in der Weise in Zusammenhang bringen, dass man annimmt, jene Paramylonkörner nähmen nur so lange, als sie der Oberfläche der Chromatophoren direkt anliegen, an Grösse zu, könnten aber in den allerverschiedensten Stadien des Wachstums von der Oberfläche der Chromatophoren abgelöst und im farblosen Protoplasma umhergeführt werden, ohne sich hier weiter zu verdicken oder zu vergrössern.

So lassen sich also die gesammten Thatsachen, die aus der Entwicklung der Paramylonkörner bisher zur Sprache gelangt sind, sowohl mit der Annahme vereinigen, dass diese Paramylonkörner, die unzweifelhaft bei ihrer ersten Entstehung von den Chromatophoren abhängig sind, direkt aus dem farblosen Protoplasma durch Umwandlung der Substanz desselben entstehen, als auch mit der anderen Annahme, dass diese Paramylonkörner stets nur durch Umwandlung von Substanz der Chromatophoren angelegt und vergrössert werden. Es fragt sich, ob nicht andere Thatsachen beizubringen sind, welche für die eine oder die andere dieser beiden gleich möglichen Annahmen eine grössere Wahrscheinlichkeit, wenn nicht Sicherheit ergeben. —

Grosse Analogie mit der Entstehung der vorliegenden Paramylonkörner weisen die Amylumkörner mancher Phanerogamen auf, die ebenfalls an der äusseren Oberfläche der stärkebildenden Chromatophoren angelegt und ausgebildet werden.¹⁾ Dass dabei diese Stärkekörner hier auf Kosten des Chromatophors ausgebildet werden, das folgert man (abgesehen von der Analogie anderer Amylumkörner, die im Inneren von Chromatophoren und damit unzweifelhaft auf Kosten derselben angelegt und verdickt werden) einerseits aus der Art des Zusammenhangs von Stärkekorn und Chromatophor, andererseits aus der Art des Dickenwachstums der Stärkekörner.

1) Vergl. Schimper, Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. Bot. Ztg. 1880. p. 882, 887. — Allerdings spricht sich Schimper an der citirten Stelle nicht ganz bestimmt über die oberflächliche Lagerung der Stärkekörner aus, indem er z. B. p. 882 sagt: „Manchmal scheinen sie übrigens von Anfang an ganz oberflächlich zu liegen“; allein, wie ich aus mündlicher Mittheilung von Schimper erfahre, hat derselbe sich seitdem von der oberflächlichen Lagerung dieser Stärkekörner aufs Bestimmteste überzeugt.

Versucht man, für den vorliegenden Fall der Paramylonkörner die analogen Beweismomente ausfindig zu machen, so erscheinen zunächst die Körner der Paramylonheerde den Chromatophoren unmittelbar anliegend, ja meist deutlich durch die Gestaltung der Oberfläche des Chromatophors in ihrer eigenen Gestaltung beeinflusst. Die Paramylon-Schalen der Pyrenoide von *E. granulata* sind uhrglasförmig gebogen, der convexen Wölbung des pyrenoidhaltigen Mittelstückes der Chromatophoren entsprechend, und liegen der Oberfläche desselben in der ganzen Ausdehnung ihrer concaven Seite unmittelbar an, ohne dass irgend eine Substanz zwischengelagert wäre.¹⁾ Das Gleiche gilt von den Körnern der Paramylonheerde von *E. viridis* und *geniculata*, wenn auch bei der geringen Grösse dieser Körner die Krümmung der Berührungsfläche weniger deutlich ins Auge zu fallen pflegt wie bei den Paramylon-Schalen von *E. granulata*. — Von den Einzelkörnern findet man die jüngsten Stadien ebenfalls (am deutlichsten bei *E. viridis* an Präparaten, die in ätherischem Oele liegen) als kleine flache Scheibchen der Oberfläche der Chromatophoren unmittelbar angelehnt ohne Zwischenschaltung irgend einer anderen Substanz; und ebendasselbe ist auch bei vielen älteren Stadien dieser Körner der Fall. Allein bei diesen Einzelkörnern tritt die unmittelbare Berührung von Chromatophor und Paramylonkorn weniger deutlich hervor als bei den Körnern der Paramylonheerde, weil hier eine auffallende conforme Krümmung der Berührungsfläche nicht vorhanden ist, vielmehr die scheibenförmigen Paramylonkörner einfach mit der flachen Seite der flachen Oberfläche des Chromatophors sich anlehnen.

Allen diesen Thatsachen zufolge erscheint somit der lokale Zusammenhang von Chromatophor und Paramylonkorn durchaus der Art, wie es der Analogie der erwähnten Amylumkörner entspricht, kann daher sehr wohl auf einem genetischen Zusammenhange der beiderlei Gebilde beruhen. Doch schliesst die Form dieses lokalen

1) Nach Klebs (p. 36) soll allerdings, wie schon oben (p. 19, 21) erwähnt, die Paramylonschale „nicht ganz direkt auf dem Pyrenoid“ liegen, sondern „ein hell durchschimmernder Zwischenraum“ zwischen beiden vorhanden sein. Ich habe aber weder bei *E. granulata* noch bei den übrigen analogen Arten, von denen noch weiter die Rede sein wird, von einem Zwischenraum zwischen Paramylonschale und Chromatophor irgend etwas beobachtet.

Zusammenhanges immer noch nicht die Möglichkeit aus, dass gleichwohl die Paramylonkörner längs der Oberfläche der Chromatophoren aus dem farblosen Protoplasma heraus gebildet und vergrössert würden. Es fragt sich, ob nicht aus der Art und Weise der Vergrösserung der Paramylonkörner entscheidendere Momente sich entnehmen lassen.

Diese Vergrösserung der Paramylonkörner lässt sich am leichtesten verfolgen an den uhrglasförmig gebogenen Paramylonschalen von *E. granulata*. Diese erscheinen zuerst als ganz dünne gebogene Scheiben, welche, in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig dick, die ganze gewölbte Oberfläche der pyrenoidhaltigen Verdickung der Chromatophoren-Mitte bedecken. Späterhin nehmen sie mehr und mehr an Dicke zu. Dabei aber pflegt vielfach der Rand dieser gebogenen Paramylonscheiben etwas stärker sich zu verdicken als die Mitte, namentlich an denjenigen Paramylonschalen, welche auf der Aussenseite des Chromatophors gelegen sind und mit ihrem Rande an die auswärts gekrümmten Randlappen des letzteren anstossen (Taf. I. Fig. 21). Bei stärkerem Dickenwachstum der Paramylonschalen biegen sich diese Randlappen auch wohl dicht über die Aussenfläche der Paramylonschale hin und schlagen über derselben zusammen, sodass dann diese dickeren Schalen sowohl an ihrer Innenseite als auch an ihrer Aussenseite dem Chromatophor unmittelbar anliegen (Taf. I. Fig. 21 b). Es kann alsdann die Dicke dieser uhrglasförmig gebogenen Paramylonkörner schliesslich eine ziemlich beträchtliche werden, während die Breite der Scheibe stets fast unverändert bleibt.

In ähnlicher Weise verläuft das Wachstum der einzelnen Körner in den Paramylonheerden von *E. viridis*. Diese Körner erscheinen zunächst als ganz dünne ovale Scheibchen, welche, der Aussenfläche des Chromatophoren-Mittelstücks entsprechend, entweder ganz flach oder ein wenig gebogen sind. Diese Scheibchen nehmen bald an Dicke zu, während eine weitere Ausdehnung derselben in die Fläche durch den Widerstand, den der Seitenrand der Scheibchen an den anstossenden Basaltheilen der Chromatophoren-Fortsätze findet, gehindert ist. Bei jenem Dickenwachstum der Paramylon-Scheibchen aber erscheint auch hier die Randzone meist etwas begünstigt gegenüber der Mitte.

Die Einzelkörner des Paramylons entstehen sowohl bei *E. granulata*, als auch bei *E. viridis* in Gestalt kleiner dünner Scheibchen von ovalem bis länglichem Umriss. Allmählich wächst die Dicke dieser Scheibe. Gleichzeitig aber nehmen dieselben auch in der Flächenausdehnung mehr und mehr zu; und so können schliesslich ziemlich grosse Paramylonkörner entstehen, die an Grösse die jüngsten Scheibchen sehr wesentlich übertreffen. Die Form dieser älteren grösseren Paramylonkörner aber unterscheidet sich meist nur wenig von derjenigen der jüngsten Körner. Es stellen dieselben allgemein ovale bis längliche linsenförmige Körper oder, wie es Stein (l. c. Taf. 20, Fig. 5 Figuren-Erklärung) für eine andere Spezies der Euglenen sehr treffend bezeichnet hat, seifenstückartige Körper dar, bei denen zuweilen der Rand etwas stärker verdickt ist als die Mitte.

Ob nun aber diese Vergrösserung der verschiedenen Formen der Paramylonkörner durch Apposition neuer Substanz erfolge, oder in welcher Weise sonst, das ist durch direkte Beobachtung nicht sicher zu bestimmen¹⁾. — Allein auch die feinere Struktur der Körner, die bei den Amylumkörnern entscheidende Momente für die Beantwortung dieser Frage an die Hand giebt, vermag hier nicht, eine bestimmte Entscheidung zu ermöglichen.

An den unveränderten Paramylonkörnern lebender Zellen oder (mittelst Jodwasser) gehärteten Materiales ist von einer feineren Struktur dieser Körner fast gar nichts zu entdecken. Nur in der Flächenansicht der grösseren linsenförmigen Einzelkörner tritt durch stärkere Lichtbrechung deutlich eine grössere Dichte der Randzone hervor, und zugleich erweist sich die Mitte durch viel geringere Lichtbrechung als den am wenigsten dichten Theil des ganzen Kornes. In der Seitenansicht des Kornes vermochte ich von einer inneren Differenzirung der Masse nichts bestimmtes zu unterscheiden.

Lässt man auf diese Einzelkörner verdünnte Schwefelsäure einwirken, so tritt eine concentrische Streifung der Flächenansicht hervor. Der Raum zwischen jener lockeren Mitte und der dichten Randzone des

1) Allerdings heisst es bei Klebs (l. c. p. 42) ganz einfach: „Bei dem Uebergange der *Euglena velata* in den Dauerzustand lagert sich auf der Innenseite der Paramylonschale, die dem Pyrenoid aufliegt, neue Paramylonsubstanz zwischen beide.“ Allein, wie diese Thatsache festzustellen sei, darüber fehlt leider alle und jede Auskunft.

Kornes lässt eine Anzahl feiner concentrischer Streifen unterscheiden; doch fand ich diese Streifen stets nur sehr undeutlich und sehr schwierig zu erkennen¹⁾. — Wendet man dagegen zum Aufquellen dieser Körner Kalilauge an, so verquellen sehr bald die Körner vollständig. Allein dieses Verquellen erfolgt stets in bestimmter, sehr charakteristischer Weise. Zuerst verquillt an der einen abgeflachten Seite des seifenstückartigen Kornes die Mitte, die auch schon in der Flächenansicht des unverletzten Kornes als der am wenigsten dichte Abschnitt des Kornes erschien. Dadurch erhält das ganze Korn ungefähr uhrglasförmige Gestalt. Weiterhin vertieft und erweitert sich die gebildete Einbuchtung mehr und mehr, indem immer mehr der nächstangrenzenden Paramylon-Substanz verquillt. Das ganze Korn erhält dadurch bald napfförmige Gestalt. Der Boden dieses Napfes wird dann rasch immer dünner, während der Rand desselben nur langsam auf der Innenseite abschmilzt. Dann ist das Verquellen der Mitte des ganzen Kornes bis zur entgegengesetzten flachen Seite vorgeschritten, und nun verquillt der zuletzt ziemlich dünne Boden des Napfes rasch vollständig, es bleibt nur der dichte Rand des ursprünglichen Kornes als zunächst ziemlich dicker Ringreif zurück. Dieser Ring aber schmilzt weiterhin ebenfalls immer mehr von innen heraus weg; bald erscheint er auf die äusserste Randschicht des ursprünglichen Kornes beschränkt; und zuletzt verquillt auch diese, nachdem sie sich zuweilen vorher noch in mehrere ganz dünne Reifen gespalten hat.

1) In meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen (p. 156) hatte ich die Paramylonkörner von *E. viridis* und *E. geniculata* (resp., wie ich damals irrtümlicher Weise sagte, *E. oxyuris*) beschrieben als ovale bis schmal längliche, stark abgeflachte Körner „ohne erkennbare Schichtung, doch mit deutlich geringerer Dichte der Substanz in der Mitte des Kornes.“ Nach Klebs (l. c. p. 41) aber sollen sämtliche Paramylonkörner der Englenen eine „concentrische Schichtung“ besitzen. Diese Schichtung ist „bei den grossen, abgeflacht cylindrischen oder scheibenförmigen Körnern“ „ohne Anwendung von Reagentien sichtbar“; bei der Anwendung quellender Reagentien aber tritt diese Schichtung „in den allermeisten Körnern, selbst den kleinen, sichtbar“ hervor.

Trotz wiederholter Bemühungen vermag ich jedoch auch jetzt an den Einzelkörnern von *E. viridis* und *E. granulata* keine weiteren Schichtungen sichtbar zu machen als die oben genannten, von denen die erwähnte concentrische Schichtung der Flächenansicht mir stets so undeutlich erschienen ist, dass ich sie kaum der Erwähnung werth halten möchte.

In ganz analoger Weise vollzieht sich auch die Auflösung der seifenstückartigen Einzelkörner des Paramylons im Inneren der lebenden Zelle selbst. In körnerreichem Materiale von *E. granulata*, das ich acht Tage lang im Dunkeln kultivirt hatte, fand ich zum Theil alles Paramylon aufgelöst, zum Theil aber die Zellen noch mit einer mehr oder minder grossen Anzahl theils intakter, theils halb aufgelöster Paramylonkörner erfüllt. Die letzteren zeigten die verschiedensten Stadien der Auflösung in ganz analoger Weise, wie sie durch Aufquellen mittelst Kalilauge gewonnen werden. Namentlich aber waren darunter die einfachen, dickeren oder dünneren Ringreife aufs deutlichste als derartige Auflösungsstadien zu erkennen und in grosser Anzahl nachzuweisen. — Dieser Fall unzweifelhafter Auflösung der Paramylonkörner im Inneren der lebenden Zelle aber bot mir zugleich nähere Aufklärung über ähnliche Paramylonringe, die ich auch sonst zuweilen im farblosen Protoplasma von *E. granulata* und *E. viridis* beobachtet hatte. Diese Ringe entsprechen überall den Auflösungsstadien von Paramylonkörnern, die im farblosen Protoplasma der Zelle zum Verbrauch herangezogen werden, stellen aber nicht, wie man wohl nach Analogie der später zu besprechenden Euglenaceen annehmen könnte, jugendliche Stadien neuer Paramylonkörner dar.

Diese eben beschriebene eigenthümliche Art und Weise des Verquellens der seifenstückartigen Körner erlaubt nun ganz bestimmte Schlüsse betreffs der inneren Differenzirung des einzelnen Kornes. Offenbar sind es ja die weichsten Abschnitte des Kornes, welche zuerst verquellen, während die dichtesten am längsten dem Quellungs-mittel widerstehen. Darnach erweist sich die Mitte der einen abgeflachten Seitenfläche des Kornes als der am wenigsten dichte Abschnitt; von da nimmt gegen den äusseren Rand hin und zugleich auch gegen die entgegengesetzte Seitenfläche des Kornes hin die Dichte der Substanz mehr und mehr zu; am dichtesten aber erscheint die äusserste Randzone selbst.

Mit dieser Schlussfolgerung ist das geschilderte optische Verhalten der einzelnen Abschnitte des unveränderten Kornes durchaus im Einklang. In der Flächenansicht erschien ja die Randzone am dichtesten, die Mitte am wenigsten dicht. Aus der Art und Weise jenes Verquellens des einzelnen Kornes aber ergibt sich, dass durch

dieses optische Verhalten nicht eine regelmässig centrische, sondern eine vollständig einseitige Differenzirung der Substanz zum Ausdruck gelangt. Und ebenso wird durch die Art und Weise dieses Verquellens dargethan, dass die nur wenig deutliche, concentrische Schichtung, welche sich durch verdünnte Schwefelsäure an dem unveränderten Einzelkorne hervorrufen lässt, nicht auf einer Differenzirung regelmässig concentrischer hohlkugeligter Schichten beruht, sondern auf einer ungleichmässigen Ausbildung der Substanz, welche von der Mitte der einen abgeflachten Seitenfläche gegen die Peripherie hin successive fortschreitet.

Dieser Verlauf des Aufquellens erinnert ferner sehr lebhaft an die bekannte Thatsache, dass vielfach bei den Amylumkörnern der Phanerogamen, die ja durch successive Apposition neuer Substanzschichten in die Dicke wachsen, das Aufquellen entsprechend dem Alter der einzelnen Theile des Kornes erfolgt, sodass die ältesten Abschnitte zuerst, die jüngsten, zuletzt gebildeten Verdickungsschichten zuletzt verquellen. Wäre bei den vorliegenden Paramylonkörnern dasselbe der Fall, so würde durch den geschilderten Verlauf des Aufquellens gezeigt, dass die zuerst aufquellende Mitte der einen abgeflachten Seite den ältesten Theil des ganzen Kornes, die ursprüngliche Anlage desselben, darstellt, dass an diese successive neue Schichten von ungefähr uhrglasförmiger Gestalt einseitig angelagert worden sind, und dass in dieser Weise das ganze Korn durch Appositions-Wachsthum sich verdickt hat.

Allein bisher liegt noch keine Berechtigung vor, jene Analogie der Amylumkörner direkt auf die vorliegenden Paramylonkörner zu übertragen und hier die Annahme zu machen, dass jenes Verquellen der Paramylonkörner dem Alter der einzelnen Theile entsprechend erfolge. Diese Annahme würde ja gerade ein verschiedenes Alter der einzelnen Theile des Paramylonkorns und damit ein Appositions-Wachsthum des ganzen Kornes voraussetzen, was hier eben in Frage steht. Ein solches Appositions-Wachsthum aber ist aus den sämtlichen mitgetheilten Thatsachen der Entwicklung und der inneren Struktur dieser Paramylonkörner noch nicht zu beweisen, ebensowenig wie irgend eine andere Wachsthumswiese daraus bewiesen werden kann.

Somit ist also die Art und Weise der Verdickung der Paramy-

lonkörner weder durch die direkte Beobachtung des Dickenwachsthums, noch durch die Untersuchung der inneren Struktur der besprochenen Körner genauer festzustellen. Und damit erweist sich dann auch das zweite der oben genannten Momente für die Entscheidung der vorliegenden Frage unbrauchbar. Weder aus der Art des Zusammenhangs von Paramylonkorn und Chromatophor, noch aus der Art des Dickenwachthums der Paramylonkörner lässt sich für die Entstehung der Paramylonkörner ein entscheidendes Moment entnehmen. Die vorliegenden Thatsachen lassen sich sämmtlich sowohl mit der früheren Annahme vereinigen, dass die Paramylonkörner direkt aus dem farblosen Protoplasma der Zelle (durch Umwandlung der Substanz desselben) entstehen, als auch mit der anderen Annahme, dass diese Paramylonkörner stets nur von den Chromatophoren (durch Umwandlung ihrer Substanz) angelegt und ausgebildet werden.

Da bleibt denn als entscheidendes Moment nur allein die Analogie der Amylumkörner, die ja in chemischer Beziehung den Paramylonkörnern sehr nahe stehen, übrig. Bei diesen lässt sich der direkte Nachweis führen, dass dieselben von den Chromatophoren angelegt und durch successive Apposition neuer Substanzschichten vergrössert werden. Da nun, wie eben gezeigt ward, bei den vorliegenden Paramylonkörnern die sämmtlichen beobachteten Thatsachen mit der Annahme einer analogen Entwicklungsweise durchaus im Einklang sind, so dürfte die genannte Analogie der Amylumkörner wohl als ein hinreichend entscheidendes Moment erscheinen, um diese Annahme als die wahrscheinlichste hinzustellen, unter den vorliegenden Hypothesen die Wahl auf diese zu lenken.

Aus diesem Grunde glaube ich in der That die genannte Hypothese vorziehen zu sollen und möchte mich deshalb nunmehr¹⁾

1) Ich will nicht unterlassen, hier ausdrücklich noch hervorzuheben, dass ich dieselbe Anschauungsweise, die ich hier für die Paramylonkörner der Euglenen entwickelt habe, nunmehr in gleicher Weise auch auf die Körner der Florideen- und Phäophyceen-Stärke übertragen möchte. Die Thatsachen, die ich betreffs der Vertheilung dieser Körner im Inneren der Zelle in meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen (p. 151 ff.) zusammengestellt habe, lassen allerdings die Deutung, die ich denselben damals gegeben habe, vollkommen zu. Allein sie gestatten ebenso gut auch die andere Deutung, die der hier vorgetragenen Anschauungsweise entspricht. Ein entscheidendes Moment für diese oder für jene Auffassung vermag ich bisher in den Thatsachen selbst, soweit sie mir für die

dahin entscheiden, dass die Paramylonkörner stets von den Chromatophoren (auf Kosten ihrer Substanz) angelegt und durch successive Apposition neuer Schichten verdickt werden, dass die frei im farblosen Protoplasma umhertreibenden Körner aber zur Zeit einer weiteren Dickenzunahme nicht mehr unterliegen.

Weniger eingehend als bei den eben ausführlicher besprochenen beiden Arten habe ich die Ausbildung der Paramylonkörner bei den meisten übrigen untersuchten Euglenaceen, deren Chromatophoren analog wie bei *E. granulata* gelappte Scheiben mit beschaltem mittlerem Pyrenoide darstellen, verfolgt. Doch kann ich speziell für *E. obtusa* ausdrücklich hervorheben, dass bei dieser Spezies die Paramylonkörner in allen wesentlichen Punkten sich ebenso verhalten wie die Paramylonkörner von *E. granulata*. Das Gleiche fand ich, soweit ich die Ausbildung des Paramylons näher ins Auge fasste, auch bei *E. gracilis* Klebs, *pisciformis* Klebs und *oblonga*. —

Bei *E. pyrum* Ehbg. entwickelt sich nur auf der Aussenseite des Pyrenoids (das, wie oben erwähnt, in der Mitte des einzelnen Chromatophors nur nach auswärts eine Anschwellung des letzteren hervorruft) eine uhrglasförmig gebogene Paramylonscheibe, die, Anfangs überall gleich dick, sehr bald eine sehr viel stärkere Verdickung des Randes aufweist (Taf. I. Fig. 19). Auf der Innenseite des Pyrenoids aber entstehen bei dieser Art längs der Innenfläche des Chromatophors zahlreiche kleine Paramylonkörnchen, und

rothen und braunen Algen vorliegen, nicht aufzufinden. Da glaube ich denn der Analogie der Amylumkörner auch hier eine entscheidende Stimme einräumen zu sollen. Und demgemäss möchte ich jetzt mich dahin aussprechen, dass auch die Körner der Florideen- und Phäophyceen-Stärke, ebenso wie die Körner des Paramylons, längs der Oberfläche der Chromatophoren aus der Substanz dieser letzteren angelegt und ausgebildet werden, während des Umhertreibens inmitten des farblosen Protoplasmas aber nicht weiter an Grösse zunehmen.

Betreffs der Körner der Phäophyceen-Stärke aber sei hier noch einmal (vgl. Chromatophoren der Algen p. 155. Anm. 1) ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass dieselben wohl zu unterscheiden sind von den farblosen, leicht löslichen Tröpfchen, welche in den Zellen der braunen Algen so sehr verbreitet sind. Bis in die neueste Zeit haben nur die letzteren Gebilde bei den Autoren Berücksichtigung gefunden, die eigentliche Phäophyceen-Stärke aber ist überall übersehen worden (z. B. auch noch von Berthold, Beiträge zur Morph. u. Phys. d. Meeresalgen [Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. XIII. p. 701]).

ebensolche werden auch an anderen Abschnitten des Chromatophors in mehr oder minder grosser Anzahl angelegt. —

Bei *E. mutabilis* war, wie schon oben erwähnt, das Pyrenoid der Chromatophoren stets beiderseits nackt. Die uhrglasförmig gebogenen Paramylonscheiben der übrigen besprochenen Arten fehlten hier vollständig. Dagegen waren in dem untersuchten Materiale kleine Paramylonkörnchen längs der inneren Oberfläche der Chromatophoren in sehr grosser Anzahl ausgebildet worden und erfüllten nicht selten, der Mehrzahl nach von der Oberfläche der Chromatophoren abgelöst und fortgeführt, fast die gesammte Ausdehnung des farblosen Protoplasmas mit einer dichtgedrängten Körnermasse, die an der lebenden Zelle jeden Einblick in die Gestaltung des Zellinneren unmöglich machte. —

Ebenso fand ich bei *E. olivacea* die rudimentären Pyrenoide stets nackt. Dafür aber waren längs der Oberfläche der Chromatophoren Einzelkörner in mehr oder minder grosser Anzahl ausgebildet und hatten sich vielfach auch in den verschiedensten Abschnitten des farblosen Protoplasmas vertheilt. In ihrer Gestaltung stimmten sie durchaus mit den Einzelkörnern von *E. viridis* überein. — An lang ausgereckten körnerreichen Individuen war die Hauptmasse der Körner auf den mittleren Abschnitt der Zelle beschränkt, da das vordere Ende der Zelle von der Hauptvakuole, das hintere von dem Zellkern eingenommen war. Dieser „mittlere Körnerhaufen“ bot dann leicht den Anschein eines Paramylonherdes von *E. viridis* oder *geniculata*; doch vermochte eine etwas genauere Untersuchung stets leicht nachzuweisen, dass dieser „Haufen Paramylonkörner“ in ganz anderer Weise zu Stande kam, als bei den beiden genannten Spezies¹⁾. —

In gleicher Weise wie bei den beiden letztgenannten Arten sind auch die Pyrenoide der Chromatophoren von *E. deses* Ehb. stets nackt. Diese Pyrenoide erwiesen sich, wie oben des Näheren geschildert worden ist, in ihrer ganzen Ausdehnung gegenüber den beschalteten Pyrenoiden von *E. granulata* u. s. w. als sehr rudi-

1) Klebs setzt dagegen in seiner Darstellung (l. c. p. 68) diesen Körnerhaufen von *E. olivacea* vollständig gleich dem „Paramylonhaufen“ von *E. viridis*, nur soll bei *E. olivacea* dieser Haufen „häufig mehr im unteren Theile des Körpers“ liegen.

mentäre Bildungen. Es dürfte deshalb wohl auch nur wenig auffallend erscheinen, dass die Chromatophoren, denen diese Pyrenoide eingelagert sind, in ihrem ganzen Verhalten eine grössere Uebereinstimmung aufweisen mit den pyrenoidfreien Chromatophoren von *E. acus*, *tripteris* u. s. w. als mit den pyrenoidhaltigen Chromatophoren von *E. granulata*, *obtusa* u. s. w. In der That schliesst sich denn auch in der Ausbildung des Paramylons *E. deses* weit mehr den ersteren Formen als den letztgenannten an und soll deshalb auch hier erst im Anschluss an diese letzteren Formen eine nähere Besprechung finden.

Sämmtliche Euglenen mit pyrenoidfreien scheibenförmigen Chromatophoren unterscheiden sich nun von den bisher besprochenen Arten dadurch, dass ihnen die Paramylonherde vollständig fehlen. Ihre sämtlichen Paramylonkörner entsprechen vielmehr den Einzelkörnern jener ersteren Formen. Während aber bei diesen die Grösse der einzelnen Körner, die zwar auch zuweilen innerhalb desselben Individuums nicht unbeträchtlich schwankt, die mannigfaltigsten Uebergänge aufweist, findet bei den meisten Arten mit pyrenoidfreien Chromatophoren constant ein ziemlich Schroffer Grössenunterschied der sämtlichen Einzelkörner statt. Infolge dieses schroffen Unterschiedes zwischen den grösseren und kleineren Körnern aber fallen die grösseren Einzelkörner, zumal sie vielfach in der Zelle bestimmt lokalisiert sind, zunächst ganz besonders ins Auge und stellen sich auf den ersten Blick als ganz eigenartige Gebilde dar. Allein eine vergleichende Betrachtung der verschiedenen Arten, denen solche grösseren Paramylonkörner eigen sind, zeigt doch vollkommen deutlich, dass dieselben den kleinen Einzelkörnern durchaus analoge Gebilde sind, von diesen sich wesentlich nur durch ihre beträchtlichere Grösse unterscheiden.

Als Beispiel für eine derartige Ausbildung des Paramylons sei hier zunächst *Phacus teres* (Taf. I. Fig. 16) etwas eingehender geschildert.

Bei dieser Spezies liegt auf der Innenseite der Zellhaut des fast drehrunden, vorne abgerundeten, am hinteren Ende spitzen Zellkörpers eine Schicht kleiner rundlich-eckiger Chlorophyllscheibchen,

welche mehr oder minder dicht seitlich zusammenschliessen. Zwischen diese Schicht und die Zellhaut lagern sich in wechselnder Anzahl ringförmige Scheibchen aus Paramylon-Substanz ein. Diese Scheibchen vertheilen sich über die ganze Körperoberfläche ziemlich gleichmässig, doch meist so, dass das spitze hintere Körperende frei gelassen wird und auch nur wenige Scheibchen auf die Fläche des abgerundeten Vorderendes zu liegen kommen. Die einzelnen ringförmigen Scheibchen sind an Grösse deutlich unterschieden, auch wechselt die Weite des mittleren Ausschnitts vielfach; stets aber ist die Breite eines einzelnen Scheibchens wesentlich beträchtlicher als die Breite eines einzelnen Chlorophyllscheibchens, und häufig erreicht sogar die Weite des mittleren Ausschnitts die Breite eines einzelnen derartigen Chromatophors. Die einzelnen ringförmigen Scheibchen aber sind bald sehr dünn und schwach lichtbrechend, bald dicker und ziemlich stark glänzend.

Neben diesen grösseren ringförmigen Paramylonscheibchen oder kürzer Paramylonringen, welche stets zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet sind, fanden sich in zahlreichen Individuen noch kleinere Ringe in mehr oder minder grosser Anzahl auf der Innenseite der Chlorophyllschicht, dieser unmittelbar anliegend, ausgebildet. Diese Ringe zeigten ebenfalls ziemlich wechselnde Grösse, doch blieben sie an Breite stets wesentlich hinter den erstbeschriebenen Ringen zurück. Ihre Breite entsprach an den grössten etwa der Breite eines Chlorophyllscheibchens, während die kleineren kaum die Hälfte dieser Breite erreichten. Auch pflegte hier die Breite des Rahmens allgemein eine geringere zu sein als bei den äusseren Paramylonringen, ja die kleinsten Ringe stellten häufig ganz schmale kleine Reife dar. —

Ueber die Entwicklung dieser beiderlei Ringe liess sich zunächst leicht ermitteln, dass sowohl die inneren als auch die äusseren Ringe Anfangs sehr dünn sind, allmählich aber an Dicke zunehmen. Desgleichen war namentlich an den äusseren Ringen mit Bestimmtheit festzustellen, dass die Breite des Rahmens dieser Ringe allmählich sehr wesentlich zunimmt, während die Weite des mittleren Ausschnitts ziemlich genau constant bleibt oder doch nur um wenig sich verringert. So entstanden aus den dünnen äusseren Ringen, welche allgemein an den Individuen, die ich frisch aus dem Freien

geholt hatte, vorhanden waren, nach kurzer Zeit der Kultur dicke, breite, kreisrunde Scheibchen, die in der Mitte ringförmig durchlöchert waren. —

An diesen dicken kreisrunden Scheibchen war von einer inneren Differenzirung der Substanz ohne Anwendung von Quellungsmitteln nur sehr wenig zu bemerken. Nur äusserst schwach fand ich eine concentrische Schichtung in der Flächenansicht der Scheibchen angedeutet. In der Seitenansicht derselben vermochte ich von einer deutlichen Schichtung gar nichts zu erkennen. — Liess ich Schwefelsäure in allmählich steigender Concentration auf diese Scheibchen einwirken, so ward die concentrische Streifung der Flächenansicht sehr viel deutlicher und trat zuweilen ganz scharf hervor. In der Seitenansicht der Scheibchen aber war ich auch jetzt nicht im Stande, eine bestimmte Schichtung deutlich zu erkennen.

Bei Anwendung von Kalilauge verquellen die Scheibchen ziemlich rasch. Dabei aber erfolgt dieses Verquellen ganz deutlich von der Mitte gegen die Peripherie fortschreitend. An den Scheibchen, die in der unverletzten Zelle noch an ihrer ursprünglichen Stelle zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht erhalten sind, sieht man zunächst auf der Aussenseite die Substanzmasse, welche den mittleren Ring-Ausschnitt umgiebt, verschwinden. Dann schreitet dieser Verquellungsprozess weiter gegen die Innenseite der Scheibchen hin fort und breitet sich zugleich auch auf der Aussenseite gegen die Peripherie der kreisrunden Scheibchen hin aus. Die Einbuchtung, die sich in der Mitte der Aussenseite durch Verquellen der Substanz gebildet hat, nimmt an Tiefe und zugleich an Breite immer mehr zu, bis nur die Randzone des ganzen Scheibchens in Gestalt eines dünnen Ringreifs noch erhalten ist. Dann verquillt auch diese, nachdem sie öfter noch zuvor in mehrere dünne Ringe sich gespalten hat. —

Diese beschriebenen Paramylonringe waren innerhalb der lebenden Zelle an dem Materiale, das frisch aus dem Freien geholt ward, allgemein in der Weise vertheilt, dass sie sämmtlich, mochten sie zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet oder auf der Innenseite der Chlorophyllschicht vertheilt sein, dieser Chlorophyllschicht flach und unmittelbar anlagen.

Dabei reichten die äusseren Paramylonringe stets über mehrere

Chlorophyllscheibchen hinweg, ohne dass jedoch irgend eine Regelmässigkeit in der Gruppierung der bedeckten Scheibchen zu bemerken gewesen wäre. Zuweilen ward der innere Ausschnitt des Ringes ziemlich genau durch ein einzelnes Chromatophoren-Scheibchen ausgefüllt; viel häufiger aber traf der Ausschnitt auf einen Zwischenraum zwischen mehreren benachbarten Chlorophyllscheibchen, die ihrerseits mehr oder weniger weit unter den Rahmen des Ringes sich ausdehnten. Eine bestimmte Regelmässigkeit in der Gruppierung der bedeckten Scheibchen war eben nirgends aufzufinden. In allen Fällen aber waren diese Ringe einer Mehrzahl von Chlorophyllscheibchen aufgelagert, wenn auch durch diese Ringe die Gruppe der Chlorophyllscheibchen bald mehr, bald weniger vollständig bedeckt ward.

Die Lagerung der inneren Paramylonringe war je nach ihrer Grösse eine etwas verschiedene. Die grösseren derselben waren bald so gelagert, dass sie, über die Lücke zwischen mehreren benachbarten Chromatophoren hinweggreifend, mehreren derartigen Scheibchen mit den verschiedenen Abschnitten des Rahmens angeschmiegt waren, bald so, dass sie ein einzelnes grösseres Chlorophyllscheibchen ganz bedeckten. Die kleineren waren meist in letzterer Weise orientirt. Die kleinsten endlich waren stets nur einzelnen Chlorophyllscheibchen, denen sie an Breite oft wesentlich nachstanden, angeschmiegt (Taf. I. Fig. 18).

Alle diese Paramylonringe aber waren sämmtlich den scheibenförmigen Chromatophoren der Chlorophyllschicht dicht angelagert. Soweit ich feststellen konnte, war auch diese Anlagerung allgemein eine unmittelbare, ohne Zwischenschaltung einer dünnen Schicht farblosen Protoplasmas. Doch war freilich nirgends an den Berührungstellen eine gegenseitige Beeinflussung der Gestalt durch conforme Krümmung der Berührungsflächen zu bemerken; die letzteren erschienen vielmehr allgemein bei Chromatophoren und Paramylonringen nur durch die Gesamtgestalt des Körpers in ihrer Form bestimmt. Und dementsprechend beschränkte sich die unmittelbare Berührung von Paramylonkorn und Chlorophyllscheibchen überall nur auf den flachen mittleren Abschnitt der Berührungsfläche. Daher macht sich denn auch hier bei *Ph. teres* (und ebenso bei den weiterhin zu besprechenden Arten mit pyrenoidfreien scheibenför-

migen Chromatophoren) die unmittelbare Berührung der Paramylonringe und Chlorophyllscheibchen weit weniger leicht bemerkbar als bei den meisten Amylumkörnern der Phanerogamen die unmittelbare Berührung mit den stärkebildenden Chromatophoren. Doch tritt die Vertheilung der sämtlichen Paramylonringe längs der beiden Seiten der Chlorophyllschicht an solchem Materiale, wie das eben beschriebene, stets sehr deutlich und auffallend hervor. —

Nach einiger Zeit der Kultur hatte sich an demselben Materiale die Menge der kleineren und kleinsten Paramylonringe auf der Innenseite der Chlorophyllschicht deutlich vermehrt, eine Anzahl dieser Ringe aber fand sich in dem farblosen Protoplasma der Zellmitte vertheilt. Offenbar waren hier einzelne Ringe von ihrer Ursprungsstelle an der Innenfläche der Chlorophyllschicht abgelöst und in das angrenzende Protoplasma fortgeführt worden. Denn die Annahme einer Entstehung derselben hier an Ort und Stelle wird ja durch die Thatsache, dass in anderen Zellen sämtliche Paramylonringe constant in unmittelbarer Berührung mit der Chlorophyllschicht anzutreffen sind, als durchaus unwahrscheinlich dargethan und dadurch zur Genüge widerlegt. —

Wenn nun somit der constante Zusammenhang der jüngeren und der Mehrzahl der älteren Paramylonringe mit der Chlorophyllschicht eine Entstehung sämtlicher Ringe längs der Oberfläche der Chlorophyllschicht mit ziemlicher Sicherheit beweist, so ist doch aus den mitgetheilten Thatsachen kein entscheidendes Moment zu entnehmen zur genaueren Beantwortung der Frage nach der ersten Anlage und der weiteren Vergrößerung dieser Körner. Alle vorliegenden Thatsachen sind vortrefflich im Einklang mit der Annahme, dass diese Körner von den Chromatophoren der Chlorophyllschicht (auf Kosten ihrer Substanz) angelegt und durch successive Apposition neuer Substanzschichten verdickt werden. Allein ein beweisendes Moment für diese Annahme ist nicht aufzufinden.

Nur allein die Analogie der Amylumkörner kann auch hier, wie oben bei *E. viridis* und *E. granulata*, dafür geltend gemacht werden, dass diese genannte Hypothese als die wahrscheinlichere hinzustellen sei. Aber auch hier möchte ich mich auf Grund dieser Analogie für diese Hypothese entscheiden.

Es würden demgemäss auch hier ebenso wie bei den zuvor be-

sprochenen Euglenaceen die Paramylonkörper sämmtlich von den Chromatophoren der Chlorophyllschicht angelegt und durch Apposition neuer Substanzschichten verdickt werden, während des Umhertreibens inmitten des farblosen Protoplasmas aber nicht mehr an Grösse zunehmen. —

Einem solchen Umhertreiben innerhalb des farblosen Protoplasmas waren übrigens, soweit meine Beobachtung reichte, die grösseren, äusseren Paramylonringe niemals ausgesetzt. Dieselben fanden sich vielmehr stets zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet und der letzteren unmittelbar anliegend, somit an ihrer ursprünglichen Bildungsstätte erhalten. Ob sie jedoch auch hier an Ort und Stelle zum Verbrauche aufgelöst werden oder zu diesem Zwecke doch in das farblose Protoplasma der Zellmitte hin befördert werden (was mir eher wahrscheinlich dünkt), vermochte ich bisher nicht zu entscheiden. —

Hinsichtlich der Entstehung aller dieser Paramylonringe würde somit eine grosse Analogie derselben mit den Paramylonkörnern der früher besprochenen Euglenen obwalten. Allein ein ziemlich wesentlicher Unterschied würde doch vorhanden sein. Bei den früher besprochenen Euglenaceen erzeugt ein einzelnes Chromatophor an seiner Oberfläche ein oder mehrere Paramylonkörner; hier dagegen werden die grösseren Ringe durch gemeinsame Thätigkeit mehrerer benachbarter Chromatophoren geformt. Nur die kleineren Paramylonringe werden von einzelnen Chlorophyllscheibchen erzeugt. Und dabei zeigt sich die Ausbildung kleinerer und grösserer Ringe keineswegs auf verschieden gestaltete Chlorophyllscheibchen lokalisiert; vielmehr scheinen sämmtliche Chromatophoren gleichmässig bald für sich allein einzelne kleinere Ringe, bald im Verein mit benachbarten Chromatophoren grössere Ringe erzeugen zu können. Nur allein die Differenzirung macht sich bemerkbar, dass auf der Aussen- seite der Chlorophyllschicht ausschliesslich grössere Ringe in geringerer Anzahl ausgebildet werden, auf der Innenseite dagegen zu meist kleinere und kleinste Ringe in bald grösserer, bald geringerer Menge entstehen.

Dieses Zusammenwirken mehrerer Chromatophoren zur Ausbildung eines einzelnen Paramylonringes unterscheidet die Ausbildung des Paramylons der vorliegenden Spezies (und ebenso aller übrigen

Spezies mit pyrenoidfreien Chromatophoren) am auffallendsten von den früher besprochenen Arten. Dieses Zusammenwirken aber beginnt bereits bei der ersten Anlage der einzelnen Paramylonringe und dauert während der gesamten Ausbildung derselben unverändert fort. Schon bei der ersten Anlage nämlich erscheinen diese Ringe mit einem zwar sehr dünnen, aber geschlossenen und ringsum gleich breiten Rahmen, an dem ich trotz aller aufgewandten Mühe eine Zusammensetzung aus einzelnen Abschnitten, ein Zusammenwachsen aus einzelnen Stücken, die der Thätigkeit der einzelnen Chromatophoren ihre Bildung verdankten, nicht nachzuweisen im Stande war. Und ebenso erfolgt auch die Vergrösserung der einzelnen Ringe stets allseitig gleichmässig, sodass auch die einzelnen Verdickungsschichten der Ringe nur einer gemeinsamen Thätigkeit der angrenzenden Chromatophoren-Gruppe ihren Ursprung verdanken, nicht aus den isolirten Produkten der einzelnen Chromatophoren zusammengesetzt werden. Dabei aber ist das Resultat dieser gemeinsamen Thätigkeit, der gebildete Paramylonring, in den einzelnen Dimensionen seiner Gestalt niemals weder von der Anzahl, noch von der Gruppierung der anliegenden Chromatophoren abhängig: gleich grosse äussere Paramylonringe findet man oft genug einer sehr verschiedenen Anzahl verschiedenartig gruppierter Chromatophoren aufgelagert. —

An die eben besprochene Spezies *Ph. teres* schliesst sich in der Ausbildung des Paramylons unter den untersuchten Euglenaceen am nächsten *Ph. ovum* (Ehbg.) Klebs¹⁾ an (Taf. I. Fig. 13—15).

1) Die hier beschriebene Form von *Ph. ovum* (Taf. I. Fig. 13—14) stimmt der Abbildung nach vortrefflich überein mit *Euglena fusiformis* Carter (Ann. and Mag. Nat. Hist. III series. vol. III. 1859. p. 17 und taf. I. fig. 15). Ich stimme jedoch Stein (l. c. p. 146) vollkommen bei, wenn er diese Form nur für „eine unerhebliche Varietät“ von *E. ovum* Ehbg. hält, für welche Art ich hier den Namen, den dieselbe in Klebs' Monographie trägt, vorgezogen habe.

In seiner Beschreibung (l. c. p. 84—85) von *Ph. ovum* erwähnt Klebs über die Ausbildung des Paramylons nur: „Paramylonkörner gross, ringförmig, je eines seitlich von der Hauptvakuole“, und bezeichnet weiterhin noch diese beiden grossen ringförmigen Paramylonkörner als „charakteristisch“. Stein dagegen bildet (l. c. taf. 19. fig. 45—50) in seinen Figuren von *Chloropeltis ovum* Stein (*Euglena ovum* Ehbg.) auch noch andere Gestaltungen des Paramylons ab (vgl. seine Beschreibung l. c. p. 146—147). Darnach erscheinen jene beiden

Bei dieser Spezies finden sich nämlich ebenfalls grössere Paramylonringe zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet. Doch werden diese Ringe hier stets nur in Zahl von zwei ausgebildet und finden sich an ganz bestimmten Stellen des Zellkörpers lokalisiert. Dieselben liegen stets auf zwei gegenüberliegenden Seiten ungefähr der Mitte der Längswand des eiförmigen Zellkörpers an. Dazu sind diese Ringe hier beträchtlich weiter als die Ringe von *Ph. teres*, sodass der mittlere Ausschnitt derselben stets über mehrere Chlorophyllscheibchen hinwegreicht. Die Breite des Rahmens dieser Ringe aber ist allgemein eine ziemlich geringe, kaum grösser als an den äusseren Ringen von *Ph. teres*.

Diese Ringe fand ich an manchen Individuen so dünn, dass sie in der Flächenansicht nur äusserst schwierig erkennbar waren. Die Chlorophyllschicht erschien vollständig intakt und gleichmässig geschlossen. In anderen Individuen traten diese Ringe durch starke Lichtbrechung auch in der Flächenansicht sofort aufs Deutlichste hervor. Dabei war hier die Breite des Rahmens gegen die erstgenannten dünnen Ringe kaum verändert; wohl aber hatte die Dicke des Rahmens sehr wesentlich zugenommen und verursachte nun eine deutliche lokale Einbiegung der Chlorophyllschicht gegen das Zellinnere hin. Diese Einbiegung war besonders im optischen Längsschnitt der Zelle, der durch die Mitte eines Paramylonrings ging, deutlich zu erkennen, indem hier die Chlorophyllscheibchen längs der Innenfläche des verdickten Paramylonrings in verschiedenster Richtung vertheilt sichtbar wurden (Taf. I. Fig. 15).

Diese grossen äusseren Paramylonringe fehlten keinem einzigen Individuum von *Ph. ovum*, das mir zu Gesicht kam; doch war, wie gesagt, die Dicke des Rahmens dieser Ringe eine sehr wech-

Paramylonringe bald kreisrund (Fig. 49), bald sehr stark quergedehnt zu länglichem Umriss (Fig. 45), zuweilen durch zwei Paare von Ringen ersetzt (Fig. 50). Zuweilen auch finden sich statt der beiden grösseren Ringe zahlreiche kleinere Paramylonscheibchen (Fig. 46), deren genauere Vertheilung innerhalb der Zelle ich jedoch nicht aus der citirten Abbildung zu erkennen vermag, so dass es dahingestellt bleiben muss, ob hier zahlreiche äussere Ringe vorliegen wie bei *Ph. teres* oder (was mir wahrscheinlicher dünkt) innere Paramylonkörner, die bei dem Fehlen der typischen äusseren Ringe ausnahmsweise eine sehr reichliche Ausbildung erhalten haben (vgl. ähnliche Vorkommnisse letzterer Art weiter unten bei *E. oxyuris* und *E. acus*).

selnde. An den stärker verdickten Ringen erschien der radiale Querschnitt des Rahmens nach aussen flach, gegen das Zellinnere hin gewölbt (Taf. I. Fig. 15), während der Rahmen der dünnsten Ringe stets eine dünne, beiderseits flache Platte darstellte.

Diese grösseren äusseren Paramylonringe waren an den untersuchten Individuen von *Ph. ovum* bald vollständig kreisrund, bald queroval, bald bis zu länglichem Umriss seitwärts ausgedehnt. In allen Fällen aber bildeten dieselben die Hauptmasse des geformten Paramylons der betreffenden Zellen. Allerdings fanden sich auf der Innenseite der Chlorophyllschicht mehrfach in wechselnder Anzahl ganz kleine Paramylonringe ausgebildet; doch waren diese Ringe in dem untersuchten Materiale allgemein nur sehr wenig entwickelt und ihre Menge im Allgemeinen eine sehr unbedeutende.

Eine eigenthümliche Modifikation der grösseren Paramylonkörper weist dann *Ph. alata* Klebs auf.

Bei dieser Spezies besitzt der Zellkörper die Gestalt einer ovalen, etwas gebogenen Platte, deren etwas verdickte Seitenränder in gleicher Richtung umgebogen und zugleich windschief tordirt sind¹⁾. Der Zellhaut liegt überall eine geschlossene Schicht kleiner rundlicheckiger Chlorophyllscheibchen an. Zwischen diese Chlorophyllschicht und die Zellhaut ist nun an jeder Seite des ovalen Zellkörpers eine grosse flache Paramylonscheibe eingeschaltet; und zwar liegen diese Scheiben stets auf der Aussenseite der Krümmung, durch welche die umgebogenen Seitenränder an den ovalen abgeplatteten Zellkörper ansetzen, in der Mitte.

Diese Paramylonscheiben unterscheiden sich von den äusseren Paramylonringen von *Ph. teres* und *ovum* sehr wesentlich dadurch, dass die Breite des Rahmens bei denselben eine sehr viel grössere ist, als bei den beiden letztgenannten Arten, der mittlere Ausschnitt

1) Der Bau des Zellkörpers von *Ph. alata* lässt sich am besten beschreiben im Anschluss an die Gestalt der sogleich zu besprechenden *Ph. triquetra*. Von den drei flügelartig vorspringenden Kanten des Körpers letzterer Spezies ist nämlich bei *Ph. alata* die Rückenkante fast vollständig oder vollständig unterdrückt, der ganze Körper dadurch fast zu einer flachen Platte geworden. Die beiden sehr stark entwickelten Seitenkanten aber sind etwas windschief gebogen, resp. spiralig tordirt und zugleich gleichsinnig seitwärts umgebogen.

aber auf ein ganz enges Loch sich beschränkt. Aus der ringförmigen Scheibe von *Ph. teres* und *ovum* ist also hier durch Verbreiterung des Rahmens eine gerundete flache Scheibe mit sehr kleinem centralem Loch geworden.

Die Dicke dieser Scheiben ist eine sehr wechselnde; bald sind dieselben äusserst dünn, sodass sie kaum zu erkennen sind, bald erscheinen sie zu ziemlich dicken Platten angeschwollen, in deren Mitte man bei günstiger Lagerung deutlich einen sehr engen geraden Kanal von einer Seite zur anderen verlaufen sieht. Bei dem Dickenwachsthum dieser Platten bleibt somit die kleine mittlere Oeffnung stets erhalten und wird allmählich zu einem engen Kanal verlängert.

Ganz ähnliche Scheibengestalt zeigen die grösseren äusseren Paramylonkörper bei *Ph. triquetra* (Ehbg.) Duj.¹⁾

Bei dieser Spezies sind die Kanten des ungleichseitig dreieckigen Körpers flügelartig verbreitert und gleichsinnig windschief gebogen resp. spiralig tordirt. Die Ungleichheit der Seitenflächen des Körpers aber hat zur Folge, dass die breiteste Seitenfläche deutlich den beiden anderen, unter einander ebenfalls ungleichen Seitenflächen sich gegenüberstellt und als Bauchfläche unterschieden werden kann. In der Mitte dieser Bauchfläche schaltet sich nun zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht (welche ziemlich dicht geschlossen die ganze Körperoberfläche auskleidet) eine einzelne, kreisrunde, flache Paramylonscheibe ein, die in der Flächenansicht der Bauchseite regelmässig den (in der Mitte des Zellkörpers gelagerten) Zellkern verdeckt (Taf. I. Fig. 8).

Diese Scheibe ist häufig so dünn, dass ihre Anwesenheit nur an gekanteten Individuen erkannt werden kann, während die Flächenansicht der Bauchseite von diesen farblosen Scheiben, die bisher durch kein Färbungsmittel sich tingiren lassen, gar keine Spur er-

1) Meines Dafürhaltens ist *Euglena triquetra* Ehbg. (*Phacus triquetra* Duj.) eine selbständige Spezies und von *E. pleuronectes* Ehbg. (*Phacus pleuronectes* Nitzsch) stets wohl zu unterscheiden. Ich kann deshalb Klebs, der diese Form als Varietät δ *triquetra* mit *Ph. pleuronectes* vereinigt (l. c. p. 81), nicht beistimmen, sondern führe die genannte Form, die sowohl Ehrenberg, als auch Dujardin und Perty als selbständige Art unterschieden haben, hier unter ihrem früheren Spezies-Namen wieder auf.

kennen lässt. In anderen Fällen aber hat die Scheibe an Dicke zugenommen und macht sich nun durch stärkere Lichtbrechung deutlich und leicht bemerkbar. Eine mittlere Oeffnung resp. einen feinen Kanal, der in der Mitte der Scheibe dieselbe von einer Seite zur anderen durchsetzte, habe ich mich in den meisten Fällen vergebens bemüht, in diesen dünneren oder dickeren Scheiben nachzuweisen. Nur ein einziges Mal gelang es mir, einen solchen engen Kanal deutlich zu unterscheiden. Allein die Erkennbarkeit eines solchen engen Kanales, der die Mitte einer verhältnissmässig nur schwach glänzenden Scheibe durchsetzt, ist oft eine so geringe und schwierige (wie mir die eigene Erfahrung an *Ph. alata* zur Genüge bewiesen hat), dass ich aus dem anscheinenden Fehlen dieses Kanales, resp. dieser mittleren Oeffnung bei der Mehrzahl der untersuchten Individuen nur unter Vorbehalt den Schluss herleiten möchte, eine solche mittlere Oeffnung, resp. ein solcher Kanal sei zwar in einzelnen Fällen vorhanden, fehle aber in der Mehrzahl der Fälle den Paramylonscheiben von *Ph. triquetra* vollständig. Sollte sich aber in der That dieses Fehlen der mittleren Oeffnung in der Mehrzahl der Fälle als thatsächlich richtig erweisen, so wäre hier bei *Ph. triquetra* aus der ringförmigen Scheibe von *Ph. teres* und *ovum* durch Verbreiterung des Rahmens schliesslich eine vollständig geschlossene Scheibe geworden.

Diese Scheibe ist, wie gesagt, zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet. Sie bedeckt dabei eine ganze Gruppe von Chlorophyllscheibchen. Bei ganz dünnen Scheiben bleibt die Regelmässigkeit in der Anordnung dieses Abschnittes der Chlorophyllschicht ganz ungestört, ja aus der Anordnung der Chlorophyllscheibchen in der Mitte der Bauchfläche lässt sich bei ganz dünnen, schwierig erkennbaren Paramylonscheiben gar kein Moment entnehmen, das auf die Anwesenheit einer solchen Scheibe hinwiese. Bei dickeren Scheiben aber ist die Chlorophyllschicht lokal etwas eingebogen, doch in der Anordnung der einzelnen Chlorophyllscheibchen nur wenig gestört; nur pflegen meist unter der Mitte der Paramylonscheiben die Chlorophyllscheibchen ein wenig weiter aus einander zu rücken, da hier direkt an die Chlorophyllschicht auf der Innenseite der central gelagerte Zellkern angrenzt, für eine lokale Einbiegung der unveränderten Chlorophyllschicht somit keinen Raum übrig

lässt. Es weichen infolgedessen bei der Dickenzunahme der Paramylonscheibe unter der Mitte derselben die Chlorophyllscheibchen ein wenig auseinander und lassen nun unter der verdickten Paramylonscheibe den direkt angrenzenden Zellkern sehr deutlich durchschimmern.

Somit erscheint die Paramylonscheibe bei ihrer ersten Anlage und während ihres späteren Dickenwachstums stets einer Gruppe von Chromatophoren direkt aufgelagert, und auf diese darf demgemäss die Entstehung und Verdickung dieser Scheibe zurückgeführt werden. Bei diesem Dickenwachsthum wird offenbar der ursprünglich dünnen Scheibe auf der Innenseite neue Substanz aufgelagert. — Eine gleichzeitige Vergrösserung der ganzen Scheibe in Richtung der Fläche aber habe ich nicht mit Sicherheit zu constatiren vermocht. Allerdings erscheinen die Scheiben der einzelnen Individuen von ziemlich wechselnder Breite; allein dies findet sowohl bei dünnen, als auch bei dickeren Scheiben statt und ist deshalb wohl eher auf eine ursprüngliche Grössendifferenz der Scheiben bei ihrer ersten Anlage zurückzuführen, als auf eine allmähliche Breitenzunahme der ursprünglich angelegten Scheiben. —

Ausser dieser breiten und flachen Paramylonscheibe in der Mitte der Bauchfläche findet sich bei *Ph. triquetra* noch ziemlich regelmässig ein kleinerer dickerer Paramylonkörper von abgeflacht ovaler Gestalt am hinteren Ende der Zelle zunächst dem kurzen Schwanzstachel. Während aber jene Scheibe zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet ist, liegt dieser Paramylonkörper stets im Inneren der Zelle und füllt den hier ziemlich engen Raum zwischen den beiden oberflächlichen Chlorophyllschichten meist so vollständig aus, dass er auf beiden Seiten nach aussen der Chlorophyllschicht dicht anliegt. Dieser Paramylonkörper erscheint im Allgemeinen viel stärker verdickt als die dünne Paramylonscheibe der Bauchfläche und tritt als dichter glänzender Körper fast an allen Individuen sofort deutlich hervor, auch wenn von jener Scheibe auf den ersten Blick gar nichts zu erkennen ist, oder wenn dieselbe noch gar nicht angelegt worden ist. — Zuweilen auch fand sich dieser kleinere Paramylonkörper an anderer Stelle der Zelle ausgebildet und erschien z. B. in der Bauchansicht der Zelle seitlich neben dem Rande der

grossen Paramylonscheibe befestigt. Zuweilen auch fehlte derselbe vollständig.

Was ich von der Entwicklung dieses abgeflacht ovalen Paramylonkörpers festzustellen vermochte, weist darauf hin, dass derselbe gewöhnlich auf der Innenseite der Chlorophyllschicht der Rückenfläche angelegt wird als ein länglicher Ring mit engem mittlerem Ausschnitt, mehreren Chlorophyllscheibchen direkt anliegend. Später nimmt er an Dicke wesentlich zu, auch die Breite des Rahmens vergrössert sich und endlich wird der mittlere Ausschnitt vollständig geschlossen. Durch diese Dickenzunahme aber erreicht dieser Paramylonkörper sehr bald die gegenüberliegende Chlorophyllschicht und wird nun auch von dieser her durch Auflagerung von Substanz verdickt, sodass er schliesslich die erwähnte Gestalt eines beiderseits abgeflachten Ellipsoids erhält.

Es entspricht somit dieser kleinere, aber dickere Paramylonkörper von *E. triquetra* einem einzelnen der kleineren inneren Paramylonringe von *Ph. teres*. Dieser kleine innere Ring ist hier sehr frühzeitig angelegt und sehr reichlich ausgebildet worden, während die Ausbildung des (hier nur in Einzahl vorhandenen) grösseren äusseren Ringes, der hier als breite geschlossene Scheibe auftritt, sehr viel langsamer erfolgt, die Anlage weiterer kleiner innerer Ringe aber längere Zeit ganz unterbleibt. Wenigstens habe ich bei zahlreichen Individuen, die jene beiden genannten Paramylonkörper deutlich zeigten, von sonstigen kleinen Paramylonringen an der Innenseite der Chlorophyllschicht nichts bemerkt. In anderen Exemplaren dagegen waren neben jenen beiden grösseren Paramylonkörpern auf der Innenseite der Chlorophyllschicht, derselben dicht anliegend, noch mehr oder minder zahlreiche kleinere Ringe von kreisrundem oder ovalem Umriss ausgebildet worden, ohne jedoch eine besonders ausgiebige Verdickung erfahren zu haben.

Sehr nahe verwandt mit *Ph. triquetra* ist die häufigste Spezies der Gattung *Phacus*, *Ph. pleuronectes* Nitzsch.

Der Zellkörper dieser Spezies besitzt die Gestalt einer dünnen, ovalen, nur wenig gebogenen Platte, deren Bauchfläche fast eben, deren Rückenfläche mit einer schief eingesetzten, mehr oder weniger weit vorspringenden Längsrippe ausgerüstet ist. Von den drei Flügel-

kanten der *Ph. triquetra* ist hier die eine mehr oder weniger vollständig unterdrückt, die beiden anderen aber erscheinen fast gerade, kaum merklich windschief verbogen. — Der Zellhaut¹⁾ ist in der ganzen Ausdehnung des Zellkörpers eine ziemlich dicht geschlossene Chlorophyllschicht angelagert. Der Zellkern liegt nicht genau central, sondern ist ein wenig in die hintere Hälfte der Zelle gegen das Schwanzende hin gerückt. Die Mitte der ganzen Zelle aber wird eingenommen durch einen eigenthümlich geformten Paramylonkörper, der durch seine starke Lichtbrechung sofort deutlich hervortritt (Taf. I. Fig. 4, 7).

Die Ausbildung dieses Paramylonkörpers beginnt, wie es scheint, mit der Anlage einer dünnen ringförmigen Paramylonscheibe, welche

1) Die Zellhaut von *Ph. pleuronectes* und einigen anderen *Phacus*-Arten (z. B. *Ph. longicauda*) zeigt, wie seit längerer Zeit bekannt ist, eine sehr deutliche Längsstreifung in Gestalt feiner dichter gerader Streifen, die durch breitere Zwischenräume getrennt sind. Klebs erwähnt nun für diese Spezies ausserdem noch eine feine Spiralstreifung (l. c. p 10): „neben weit von einander stehenden Längsstreifen verlaufen sehr zarte, bisher übersehene Spiralstreifen“. Diese Angabe vermag ich jedoch nur zum Theil zu bestätigen, insofern ich ebenfalls das Vorhandensein eines zweiten Streifensystemes ausser den Längsstreifen beobachten konnte. Allein dieses zweite Streifensystem finde ich aus kurzen Querstreifchen zusammengesetzt, welche je zwei seitlich benachbarte Längsstreifen unter einander verbinden, nicht aber zu einem Systeme schräg gerichteter Spiralstreifen zusammenschliessen. — In dieser Ausbildung der Zellhaut stimmt *Ph. longicauda* vollständig mit *Ph. pleuronectes* überein.

Bei *Phacus triquetra* sind die Randkanten des dreikantig geflügelten Zellkörpers spiralg gedreht. In ganz entsprechender Weise sind auch auf den Seitenflächen des Zellkörpers die Längsstreifen spiralg gedreht, sodass die Längsstreifung von *Ph. pleuronectes* hier durch spiralgige Torsion des Zellkörpers in eine steile Spiralstreifung übergeführt worden ist.

Ebendasselbe gilt weiterhin auch von *Euglena tripteris* und *E. spirogyra*; doch treten bei letzterer Spezies die drei tordirten Randkanten nur noch äusserst wenig nach aussen vor oder sind ganz geschwunden. Im letzteren Falle erscheint dann die Spiralstreifung der Zellhaut vollständig unabhängig von einer spiralgigen Torsion des Zellkörpers.

Schliesslich aber ist bei den meisten übrigen Arten von *Euglena* und einigen Arten von *Phacus* (*ovum*, *teres*) von einer spiralgigen Torsion des ganzen Zellkörpers auch gar keine Andeutung mehr vorhanden. Ein Vergleich dieser Arten mit den ebengenannten Formen lehrt aber deutlich, dass die Spiralstreifung der Zellhaut der ersteren Arten (z. B. *E. viridis*) durchaus der Längsstreifung von *Phacus pleuronectes* u. s. w. entspricht, keineswegs aber etwa einer Spiralstreifung, die noch neben jener Längsstreifung vorhanden sein möchte, gleichgestellt werden darf.

in der Mitte der Bauchfläche zwischen die Zellhaut und die ganz unveränderte Chlorophyllschicht sich einschaltet. Ich habe dieses Stadium, das ich nach Analogie der bisher besprochenen grösseren Paramylonkörper ziemlich sicher annehmen zu dürfen glaube, bisher noch nicht aufzufinden vermocht. Wohl aber fand ich häufig das nächstfolgende Entwicklungsstadium in Gestalt einer etwas dickeren, aber immer noch dünnen ringförmigen Paramylonscheibe mit kleinem mittleren Ausschnitt, unter welcher die Scheibchen der lokal eingebogenen Chlorophyllschicht in der Mitte etwas auseinander gewichen waren. Dies letztere trat weiterhin immer deutlicher hervor, je mehr die Paramylonscheibe in die Dicke zunahm; und bald waren die Anfangs verdeckten Chlorophyllscheibchen sämtlich längs des Seitenrandes der Paramylonscheibe schräg gerichtet oder vollständig auf die Kante gestellt. Noch dickere Paramylonscheiben endlich erschienen einfach in entsprechende Lücken der Chlorophyllschicht der Bauchfläche eingefügt und waren nur längs ihres Seitenrandes von einer Anzahl schräg oder senkrecht gestellter Chlorophyllscheibchen begleitet (Taf. I. Fig. 4, 5, 7).

Die Breite dieser Paramylonscheiben erscheint sehr wechselnd. Zuweilen an Breite nicht grösser als ein einzelnes Scheibchen der Chlorophyllschicht oder selbst nicht ganz so breit wie dieses, übertreffen die Paramylonscheiben in anderen Fällen die breiteren Chlorophyllscheibchen an Ausdehnung sehr wesentlich und erreichen die doppelte Breite derselben oder noch mehr. In der Mitte der Paramylonscheibe aber bildet der centrale Ausschnitt derselben stets nur ein kleines kreisrundes Loch, wenn auch die Weite dieses Loches an verschiedenen Individuen nicht immer ganz constant ist.

Alle diese Paramylonringe aber nehmen an Grösse von ihrer ersten Anlage an sehr wesentlich zu, namentlich ist ihr Dickenwachsthum ein sehr bedeutendes. In die Fläche vergrössert sich die ursprüngliche Scheibe, wie es scheint, nur wenig, ja es dürften wohl die nicht unbeträchtlichen Differenzen der Breite älterer Paramylonkörper zum grössten Theile auf ursprünglichen Grössen-Unterschieden der ersten Anlagen beruhen. Doch weisen allerdings die Thatsachen des Aufquellens der ausgebildeten Paramylonkörper darauf hin, dass gleichwohl eine nachträgliche Verbreiterung der ursprünglichen scheibenförmigen Anlage keineswegs ganz ausgeschlossen ist.

Um so sicherer aber lässt sich ein sehr ausgiebiges Dickenwachsthum der ursprünglichen Anlage constatiren, und zwar erscheint die Verdickungsmasse hier ganz deutlich auf der Innenseite dieser ursprünglichen Anlage ausgebildet. Der mittlere Ausschnitt der ursprünglichen Scheibe bleibt in gleicher Breite innerhalb dieser Verdickungsmasse erhalten und verlängert sich dadurch allmählich zu einem engen geraden Kanal. Die Verdickungsmasse selbst aber erscheint in sehr wechselnder Weise bald in gleicher Breite wie die ursprüngliche Scheibe, bald und zwar in der Mehrzahl der Fälle in geringerer Breite als jene Scheibe und gegen diese bald scharf absetzend, bald in allmählichem Uebergange abnehmend, um dann weiterhin wieder an Breite zuzunehmen.

Infolgedessen bildet der verdickte Paramylonkörper zuweilen die Gestalt eines kurzen geraden Cylinderstückes, das von einem engen geraden Längskanal in der Mitte durchzogen ist. In der Mehrzahl der Fälle aber erscheint dieser Cylinder an seiner Aussenfläche in mehr oder minder regelmässiger und ausgiebiger Weise ringförmig ausgekehlt (Taf. I. Fig. 6). Nicht selten auch setzt an die ursprüngliche ringförmige Scheibe in plötzlichem Uebergange ein Cylinderstück von sehr viel geringerem Durchmesser an, das dann weiterhin allmählich oder plötzlich wieder an Dicke zunimmt. Kurz, die Gestaltung des verdickten Paramylonkörpers weist mancherlei Variationen auf, die bei dem störenden Glanze der Paramylon-Substanz in der Bauchansicht des Zellkörpers nicht selten sehr schwierig genau zu ermitteln sind und die Erkenntniss der typischen Gestaltung sehr erschweren¹⁾.

1) So beschreibt Stein (l. c. p. 146) die Gestalt des vorliegenden Paramylonkörpers folgendermaassen: „Bei *Phacus pleuronectes* liegt in der Mitte des Leibes gewöhnlich ein sehr grosser scheibenförmiger Paramylonkörper, der wieder eine grosse concentrische — Scheibe umschliesst; im Mittelpunkt der letzteren sah ich häufig noch eine kleine, schräge, spaltförmige Höhle. Statt eines solchen Körpers kommen häufig zwei kleinere, eben so zusammengesetzte vor“.

Wie die beigegeführten Abbildungen (Taf. 19. Fig. 58, 59, 66) beweisen, entspricht die erwähnte „kleine, schräge, spaltförmige Höhle“ dem centralen Kanale der obigen Beschreibung, die täuschenden Lichtlinien aber, welche in der Bauchansicht der Zelle am Rande des Paramylonkörpers sichtbar werden, haben Stein zu der Annahme eines dünnwandigen hohlen scheibenförmigen Körpers, dessen Innenraum „augenscheinlich mit weicherer Substanz erfüllt“ ist, veranlasst. Die Beobachtung gekanteter Individuen von *Ph. pleuronectes* vermag jedoch leicht über die wahre Gestaltung dieser Paramylonkörper aufzuklären.

Das Dickenwachstum dieses Paramylonkörpers führt dann schliesslich dahin, dass seine sich verdickende Innenfläche die Chlorophyllschicht der Rückenseite des Zellkörpers berührt. Weiterhin erscheint dann diese Chlorophyllschicht hier (offenbar durch Auseinanderrücken der Chlorophyllscheibchen) lokal unterbrochen, und bald berührt dann die Innenfläche des Paramylonkörpers auf der Rückenseite des Zellkörpers die Zellhaut selbst. Auf solchem Entwicklungsstadium durchsetzt dann ein cylindrischer, meist an der Seitenfläche ringförmig ausgekehlter Paramylonkörper, in seiner Mitte von einem engen geraden Kanal durchbohrt, als dicker Pfropf den ganzen Zellraum von Zellwand zu Zellwand, die oberflächliche Chlorophyllschicht der Zelle aber erscheint an beiden flachen Seiten des Zellkörpers lokal unterbrochen und überkleidet mittelst mehr oder minder zahlreicher schräg oder senkrecht gestellter Chlorophyllscheibchen die Seitenfläche jenes Paramylonpfropfes (Taf. I. Fig. 5—6).

An diesem verdickten Paramylonkörper vermochte ich von innerer Differenzirung der Substanz kaum eine Andeutung zu erkennen. An unverletzten Paramylonkörpern wird in der Bauchansicht der Zelle stets eine ganze Reihe concentrischer Linien längs des äusseren Randes sichtbar, hervorgerufen durch die unregelmässige ringförmige Auskehlung der Seitenwand. Diese Linien rufen leicht den Anschein einer concentrischen Schichtung der Innenmasse hervor. Eine deutliche concentrische Streifung der Substanz des Paramylonkörpers selbst vermochte ich jedoch nicht zu unterscheiden, und ebensowenig gelang es mir, in der Seitenansicht desselben irgend eine deutliche innere Differenzirung der Substanz zu erkennen.

Dass aber gleichwohl eine solche Differenzirung vorhanden ist, liess sich leicht durch Zerdrücken der ganzen Paramylonkörper feststellen. Hierbei gelang es nämlich leicht, den ganzen kurz-cylindrischen Körper in mehrere, etwas gebogene scheibenförmige Stücke zu zerlegen. Dadurch wird die Annahme einer schichtenweisen Ablagerung der Verdickungsmasse unmittelbar nahegelegt.

Eine solche Schichtung der Verdickungsmasse aber war direkt nicht zu unterscheiden, und auch bei Anwendung von Quellungsmitteln wollte mir ein sicherer Nachweis derselben bisher nicht gelingen. Bei langsamem Aufquellen mittelst Schwefelsäure schien nur in der Flächenansicht des Paramylonkörpers eine ganz schwache

concentrische Streifung sichtbar zu werden; allein dieselbe war zu schwach und zu unsicher, um irgend welche Schlüsse über die innere Struktur darauf zu gründen. Bei stärkerem Aufquellen aber erwies sich der Verlauf des Verquellens als ein ziemlich unregelmässiger. Diesem Verquellen fiel zunächst, wie es schien, die Mitte der Aussenfläche des Paramylonkörpers anheim; dann griff dieses Verquellen weiter um sich und erfasste nach und nach die ganze Aussenfläche, griff aber gleichzeitig auch in das Innere des Paramylonkörpers hinein und erweiterte den centralen Kanal mehr und mehr, den ganzen Paramylonkörper zu einem immer dünneren Ringe aushöhlend. Dann zerspaltete sich dieser Ring meist in mehrere schmale Ringreifen, die schliesslich sämmtlich verquollen und verschwanden.

Wenn ich somit aus den Thatsachen der Beobachtung unveränderter und aufquellender Paramylonkörper nur wenig Sicheres über die innere Struktur und demgemäss über die Entwicklungsweise derselben zu entnehmen vermag, so steht doch die Gesamtheit der bisher angeführten Thatsachen in vollstem Einklange mit der Annahme eines Wachsthum durch Apposition auf die Innenseite der ursprünglichen Anlage.

Ebenso aber stimmen die sämmtlichen vorliegenden Thatsachen auch vollkommen überein mit der Annahme, dass dieses Appositionswachsthum durch die Chromatophoren der Chlorophyllschicht eingeleitet und ausgeführt werde. Während der ganzen Entwicklungsdauer des Paramylonkörpers ist derselbe stets einer Gruppe von Chlorophyllscheibchen dicht angelehnt. Anfangs auf seiner Innenseite gelagert, werden die Scheibchen dieser Gruppe allmählich durch die zunehmende Verdickung des Paramylonkörpers auseinander gedrängt und in schräger Stellung den Seitenwänden desselben angelehnt. Dann zu fast senkrechter Stellung aufgerichtet, umgeben sie nach wie vor den Umfang des nunmehr kurz cylindrischen Paramylonpfropfes, der mit seiner Endfläche nun an die Chlorophyllschicht der gegenüberliegenden Körperwand heranreicht und einer Gruppe von Chromatophoren dieser Chlorophyllschicht anliegt. Schliesslich führt das fortschreitende Dickenwachsthum diesen Paramylonpfropf unter Verdrängung der berührten Chlorophyllscheibchen bis zur Berührung mit der gegenüberliegenden Körperoberfläche

selbst. Während dieses gesammten Dickenwachsthums aber liegt der sich verdickenden Innenfläche des Paramylonkörpers stets eine Anzahl von Chromatophoren, allerdings in ziemlich lockerer Schicht und namentlich ohne festen Zusammenschluss über der Mitte jener Innenfläche, direkt und, wie es mir schien, auch unmittelbar an. Die sämtlichen vorliegenden Thatsachen stehen somit auch hier in vollem Einklange mit der Annahme (zu der auch die Besprechung der früher eingehender geschilderten Arten der Euglenaceen hingeführt hat), dass der besprochene Paramylonkörper von den anliegenden Chromatophoren angelegt und durch Apposition neuer Substanz auf seine Innenfläche vergrössert werde. —

Ein solcher Paramylonkörper findet sich nun bei *Ph. pleurocetes* in der Mehrzahl der Fälle ziemlich genau in der Mitte der Bauchseite befestigt. Nicht selten erscheint er jedoch auch mehr oder weniger zur Seite verschoben. Nur sehr selten fand ich diesen Paramylonkörper noch gar nicht angelegt. Sehr häufig dagegen fanden sich ausser jenem charakteristischen Paramylonkörper noch andere Paramylonringe im Inneren der Zelle angelegt und bis zu sehr verschiedenem Grade ausgebildet und verdickt. Alle diese secundären Ringe aber waren der Chlorophyllschicht auf der Innenseite angelagert.

So fand sich zunächst vielfach neben jenem typischen Paramylonkörper noch ein zweiter an irgend einer Stelle der Zelle entwickelt. Derselbe ward angelegt als eine kleine kreisrunde oder schwach längliche ringförmige Scheibe, welche auf der Innenseite der Chlorophyllschicht meist einer kleinen Gruppe von Chlorophyllscheibchen aufgelagert war (Taf. I. Fig. 4). Dieser Ring erschien in anderen Fällen mehr oder weniger verdickt; ja zuweilen war seine Dicke eine ziemlich beträchtliche und liess ihn deutlich neben jenem typischen Paramylonkörper als einen zweiten, etwas kleineren, glänzenden Körper hervortreten.

In anderen Fällen fanden sich neben dem typischen Paramylonkörper zwei oder mehrere kreisrunde oder etwas längliche ringförmige Scheibchen gleicher oder verschiedener Grösse der Chlorophyllschicht an den verschiedensten Stellen auf der Innenseite angelehnt. Die kleineren dieser Ringe, etwa von der Breite eines einzelnen Chlorophyllscheibchens, bedeckten dabei entweder die einander zu-

gewandten Theile mehrerer benachbarter Chromatophoren oder waren einem einzelnen Chromatophor, die ganze Innenseite desselben bedeckend, angelagert.

Ausserdem fanden sich endlich noch ganz kleine und dünne Paramylonringe neben den grösseren Paramylonkörpern in sehr wechselnder Anzahl in den verschiedenen Individuen ausgebildet. Zuweilen ganz vereinzelt lehnten dieselben der Innenfläche einzelner Chlorophyllscheibchen, hinter deren Breite sie oft um mehr als die Hälfte zurückblieben, unmittelbar an. In anderen Individuen ganz fehlend, waren sie in anderen wieder in ziemlich reichlicher Zahl ausgebildet und fanden sich hier nicht nur den Chromatophoren auf der Innenfläche oder an den Seitenrändern (in tangentialer oder schräger Stellung) dicht angeschmiegt, sondern waren zum Theil auch in das farblose Protoplasma der Zellmitte hinweggeführt worden. In den meisten Individuen vereinzelt, fanden sich alle diese verschiedenartigen Paramylonkörper zuweilen auch in einem einzelnen Individuum vereinigt, doch waren solche körnerreichen Individuen in dem untersuchten Materiale im Allgemeinen recht selten. —

Etwas abweichend von der vorstehend beschriebenen regelmässigen Ausbildung des Paramylons fand ich die Gestaltung der Paramylonkörper bei einer Anzahl von Individuen von *Ph. pleuronectes*, die ich an einem ganz anderen Standorte eingesammelt hatte. Bei diesen Individuen fand sich, analog wie bei *Ph. triquetra*, in der Mitte der Bauchseite, zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet, eine grosse, kreisrunde Paramylonscheibe mit sehr kleinem, mittlerem Loche. Diese Scheibe erreichte zuweilen eine sehr ansehnliche Breite (ihr Durchmesser betrug zuweilen das 6—10-fache des Durchmessers der Chlorophyllscheibchen), war aber stets nur wenig verdickt und erschien sogar in der Mehrzahl der Fälle von sehr geringer Dicke und sehr schwachem Glanze.

Neben dieser grossen dünnen Scheibe war mehrfach ein etwas kleinerer, abgeflacht linsenförmiger Paramylonkörper mit sehr engem mittlerem Porenkanal im Inneren des abgeflachten Zellkörpers zwischen den beiden oberflächlichen Chlorophyllschichten ausgebildet und meist innerhalb der Zelle so orientirt, dass die grosse Paramylonscheibe diesen kleineren Paramylonkörper zum grössten Theile ver-

deckte. Zuweilen auch fehlte dieser kleinere Paramylonkörper vollständig. In allen Fällen aber waren in den untersuchten Individuen zahlreiche kleinste Paramylonkörner von der Gestalt stark verdickter kreisrunder Ringe oder linsenförmiger, in der Mitte durchbohrter Scheibchen in wechselnder Menge ausgebildet und auf der Innenseite der Chlorophyllschicht in sehr verschiedenartiger Weise vertheilt. —

Somit erweist sich die Ausbildung des Paramylons bei der vorliegenden Spezies innerhalb gewisser Grenzen schwankend. Diese Variabilität aber dürfte wohl nur, wie mir scheint, durch die Einflüsse des Standortes bedingt werden. Denn während ich unter zahllosen Individuen der ersteren Art kein einziges auffand, dessen Paramylon in der letztgenannten Weise entwickelt gewesen wäre, fand ich die letztere Gestaltung des Paramylons bei sämtlichen Individuen, die von dem betreffenden Standorte herstammten. Diese Individuen aber waren im Uebrigen durch kein constantes Merkmal von der typischen Form von *Ph. pleuronectes* verschieden, dürften sich also wohl kaum als besondere Varietät dieser Spezies abtrennen lassen.¹⁾ —

Eine ganz analoge Ausbildung der Paramylonkörper wie in der Mehrzahl der Fälle bei *Phacus pleuronectes* fand sich auch bei der nächstverwandten Spezies *Phacus parvula* Klebs und ebenso auch bei der nahestehenden *Ph. longicauda* (Ehbg.) Duj.²⁾ Der Paramylonkörper, der in der Mitte der Bauchfläche des Zellkörpers

1) In dieser Ausbildung des Paramylons stimmt somit die obige Standorts-Varietät von *Ph. pleuronectes* sehr nahe mit *Ph. triquetra* überein. Allein in der Gesamtgestalt des Körpers fand ich beide Formen doch stets deutlich und leicht zu unterscheiden.

2) In seinen Abbildungen von *Ph. longicauda* zeichnet Stein (l. c. Taf. 20. Fig. 1—2) die grossen Paramylonkörper in der Mitte der Bauchfläche als kreisrunde Körper mit schmaler Wandung ganz ebenso wie bei *Ph. pleuronectes* (Taf. 19. Fig. 58, 66). Ich glaube deshalb diese Figuren auch in derselben Weise deuten zu müssen wie bei der letztgenannten Spezies, die innere Conturlinie jenes Körpers demgemäss als durchschimmernden Aussenrand der Verdickungsmasse des Paramylonkörpers auffassen zu sollen. Einen weitleumigen Paramylonring, worauf der erste Eindruck der Figur hinweist, habe ich bei *Ph. longicauda* niemals angetroffen, finde einen solchen auch nirgends sonst für diese Spezies erwähnt.

befestigt ist, war bei den untersuchten Exemplaren beider Spezies stets in gleicher Weise ausgebildet, wie es soeben als der typische Fall für *Ph. pleuronectes* geschildert worden ist, nur war allerdings bei beiden Arten die Verdickung dieses Paramylonkörpers meist nicht so weit vorgeschritten, dass derselbe die gegenüberliegende Körperoberfläche erreicht hätte. —

Bei allen bisher besprochenen Formen mit kleinen pyrenoid-freien scheibenförmigen Chromatophoren bildeten die Paramylonkörper, sowohl die kleinsten als auch die grösseren, sämmtlich ringförmige Scheiben, mochte nun der mittlere Ausschnitt der Scheibe von geringer oder ansehnlicher Breite sein. Die meisten dieser Ringe besaßen kreisrunden Umfang, nur einzelne derselben, z. B. bei *Ph. ovum* und *Ph. pleuronectes*, waren im Umkreis oval oder länglich gestaltet. Bei einer Reihe anderer Euglenaceen erscheinen nun die Paramylonkörper statt dessen in Gestalt mehr oder weniger in die Länge gedehnter Ringe, welche bei ihrem Dickenwachsthum nicht selten den mittleren Ausschnitt vollständig verschliessen und dadurch zu kürzeren oder längeren Stäben, die an beiden Enden abgerundet sind, sich formen.

Solche Paramylonkörper finden sich in sehr charakteristischer Ausbildung bei *Euglena tripteris* und *E. spirogyra*, denen sich den vorliegenden Angaben und Abbildungen bei Stein und Klebs zufolge auch *E. oxyuris* anschliesst.

Bei *Euglena tripteris* (Duj.) Klebs ist der längliche, scharf dreikantige Zellkörper gewöhnlich ziemlich stark spiralig tordirt; die vorspringenden Längskanten desselben aber sind unter einander fast ganz gleichmässig ausgebildet, sodass eine Differenzirung von Bauchfläche und Rücken wie bei *Phacus triquetra* hier nur sehr schwach angedeutet ist. Dennoch aber lässt sich dieselbe sehr leicht daran erkennen, dass die Rückenante den Augenpunkt einschliesst, auf der Bauchfläche aber zwei lange dicke Paramylonstäbe zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet sind.

Diese Chlorophyllschicht überzieht als dicht geschlossene Schicht ganz kleiner rundlich-eckiger Chlorophyllscheibchen die ganze Oberfläche des Zellkörpers. Auf der Bauchfläche aber ist dieselbe an zwei Stellen lokal eingebogen und von der Zellhaut entfernt, um

hier zwei langen Paramylonstäben Raum zu gewähren. Dieselben zertheilen sich, der Längsachse des Zellkörpers entsprechend gerichtet, oberhalb und unterhalb des Zellkerns, der in der Mitte der ganzen Zelle gelegen ist, und lassen diesen Zellkern bald zwischen sich deutlich hervorschieben, bald verdecken sie denselben zum Theil oder vollständig, indem sie bis fast zur gegenseitigen Berührung einander naherücken.

Diese Paramylonstäbe fand ich an den untersuchten Exemplaren von etwas wechselnder Länge, 4—5mal so lang als breit und gewöhnlich an Breite dem doppelten Durchmesser der Chlorophyllscheibchen gleich. Die Dicke dieser Stäbe stand beträchtlich hinter der Breite derselben zurück, sodass sie deutlich abgeplattet waren. In der Flächenansicht der abgeplatteten Seite aber trat zuweilen ein ganz schmaler mittlerer Spalt, welcher das ganze Stäbchen durchsetzte, mehr oder minder deutlich hervor. — Einmal sah ich eines dieser beiden Stäbchen nicht gerade gestreckt, sondern in der Mitte unter einem sehr stumpfen Winkel eingeknickt.

Die jüngsten Entwicklungsstadien dieser Stäbchen habe ich leider nicht aufzufinden vermocht. Nach Analogie mit den zuletzt besprochenen Phacus-Arten aber glaube ich mit ziemlicher Sicherheit annehmen zu dürfen, dass die Ausbildung dieser Stäbchen mit der Anlage eines sehr lang gestreckten Ringes beginnt, der sich allmählich verdickt, bis der schmale mittlere Ausschnitt fast vollständig oder vollständig geschlossen ist, der langgedehnte Paramylonring in ein dichtes Paramylonstäbchen sich verwandelt hat, welches nur an einzelnen Exemplaren in der schmalen medianen Spalte noch einen Rest des ursprünglichen mittleren Ausschnitts erkennen lässt. Während ihres ganzen Dickenwachstums aber liegen diese Paramylonstäbe stets einer grösseren Anzahl von Chlorophyllscheibchen, die den eingebogenen Abschnitten der Chlorophyllschicht angehören, dicht an.

Ausser diesen beiden grossen stabförmigen Paramylonkörpern fand ich an den untersuchten Exemplaren von *E. tripteris* auf der Innenseite der Chlorophyllschicht, derselben dicht anliegend, noch mehr oder minder zahlreiche kleine ovale Paramylonringe ausgebildet. Dieselben waren sämmtlich noch sehr dünn und schwach entwickelt. Doch dürfte aller Analogie nach unter geeigneten Be-

dingungen auch hier eine reichlichere Ausbildung dieser kleinen Paramylonringe zu derberen Scheibchen oder kurzen breiten Stäben stattfinden. —

Eine ganz analoge Ausbildung zweier grosser Paramylonkörper besitzt *E. spirogyra* Ehb. Der langgestreckte Zellkörper dieser Spezies ist nur ganz undeutlich dreikantig geformt, lässt aber ziemlich deutlich die breitere Bauchseite von der gewölbten Rückenseite, auf welcher die Rückenkante kaum erkennbar ist, unterscheiden. Die Zellhaut ist, wie bei *Phacus pleuronectes*, längsstreifig und zwar durch kleinknotige Streifen, allein der ganze Körper ist deutlich tordirt, so dass diese Längsstreifen als spiralgige Höckerreihen hervortreten, wodurch die Spezies bekanntlich speziell charakterisirt wird.¹⁾ Auf der Rückenseite des Zellkörpers liegt am Vorderende der Augenfleck, auf der Bauchseite aber sind oberhalb und unterhalb des median gelagerten Zellkerns zwei grosse Paramylonkörper zwischen die Zellhaut und die wandständige Chlorophyllschicht eingeschaltet. Diese letztere aber, aus dicht gedrängten kleinen rundlich-eckigen Chlorophyllscheibchen zusammengesetzt, ist an den betreffenden Stellen lokal eingebogen.

Diese Paramylonkörper erscheinen, wie ich aus den Angaben und Abbildungen bei Stein und Klebs entnehme, zunächst als grosse ovale bis längliche, ringförmige Scheiben mit schmalen Rahmen und sehr weitem, mittlerem Ausschnitt²⁾. In vielen Indi-

1) Es fragt sich jedoch, ob unter den Formen, die man bisher wegen des Besitzes dieser spiraligen Höckerreihen als *E. spirogyra* zusammenfasst, nicht mehrere besondere Spezies zu unterscheiden sind.

2) Nach Klebs (l. c. p. 42) bekommt bei der Theilung der *E. spirogyra* „jede Tochterzelle ein grosses Paramylonkorn mit, das andere muss sie sich selbst bilden. Auf welche Weise es zu Stande kommt, dass von den zahlreich vorhandenen kleinen Körnern eines an der bestimmten Stelle heranwächst, ist unbekannt.“ Die beigelegte Abbildung zeigt bei Beginn der Theilung der Zelle die beiden ringförmigen Paramylonkörper in der hinteren Zellhälfte neben einander gestellt, die beiden gebildeten Theilhälften der Zelle dann mit je einem dieser Paramylonkörper ausgerüstet. Es muss sich darnach stets wenigstens das vordere ringförmige Paramylonkorn in den beiden Tochterzellen neu bilden, wenn nicht etwa sogar beide Paramylonkörper in den beiden Tochterzellen neu entstehen, während die beiden Paramylonkörner der Mutterzelle innerhalb des farblosen Protoplasmas der Zellmitte aufgelöst werden.

viduen verdicken sich dann diese Ringe nur wenig und bewahren nach wie vor die Gestalt wohlausgebildeter weiter, ovaler bis länglicher Ringe (solche Individuen bilden Stein und Klebs¹⁾ l. l. c. c. ab). In anderen Individuen aber (vielleicht unter anderen äusseren Verhältnissen) erfolgt eine sehr viel ausgiebigere Verdickung dieser Ringe bis zum Verschluss des mittleren Ausschnitts, sodass aus dem ursprünglichen Ring eine längliche flache Scheibe oder ein abgeplatteter ellipsoidischer Körper hervorgeht²⁾. Individuen dieser letzteren Art haben mir allein vorgelegen.

Dass aber zu dieser Neubildung nicht ein einzelnes kleines Paramylonkorn „an der betreffenden Stelle heranwächst“, sondern dass der grosse Paramylonring an seiner Stelle fast in seiner endgültigen Grösse vollständig neugebildet wird, das dürfte aus der oben beschriebenen Entwicklung der Paramylonringe der *Phacus*-Arten wohl mit Sicherheit vorauszusehen sein.

1) Bei seiner speziellen Beschreibung von *E. spirogyra* erwähnt Klebs ausdrücklich (l. c. p. 78), dass bei der typischen Form dieser Spezies „ovale bis rundlich scheibenförmige“ Paramylonkörner an Stelle der ringförmigen nicht vorkommen. An einer anderen Stelle seiner Abhandlung (l. c. p. 42) berichtet er dagegen, dass „bei dem Uebergange der *Euglena spirogyra* in den Dauerzustand“ die „grossen, ringförmigen Paramylonkörner zu anscheinend homogenen Cylindern ausgefüllt“ werden.

Aus dieser letzteren Thatsache folgert Klebs an der citirten Stelle (p. 42), dass diese Paramylonkörper, die „in der Mitte wie ausgehöhlt“ seien, „in ihrem Inneren wachsen“. Kurz vorher glaubt er aus dem constanten Vorhandensein dieser grossen Paramylonkörner den Gedanken herleiten zu können, „dass an ein und demselben Korn Lösung von Paramylonsubstanz und Neubildung derselben beständig vor sich gehe“. Leider spricht er sich aber nicht deutlich darüber aus, in welcher Weise er sich diesen letzteren Vorgang denkt, ob etwa so, dass die ringförmigen Paramylonkörner beständig „in ihrem Inneren wachsen“, während sie an ihrer Peripherie beständig aufgelöst werden. — Mir selbst will eine gleichzeitige Lösung und Neubildung von Paramylonsubstanz an diesen Körnern, in welcher Form immer sie gedacht werden mag, sehr unwahrscheinlich erscheinen, ebenso unwahrscheinlich wie bei irgend einem Amylumkorn einer grünen Pflanze.

2) Auch Klebs hat bereits eine derartige Ausbildung der Paramylonkörper beobachtet und beschrieben bei einer Form von *E. spirogyra*, „deren Beziehungen zu der typischen“ Form jedoch von ihm „noch nicht genügend klar gelegt waren“.

Ich selbst habe bisher die oben beschriebenen Individuen von *E. spirogyra*, die einzigen, die mir bisher zu Gesicht gekommen sind, nach der Beschreibung der typischen Form der *E. spirogyra* noch nicht mit Sicherheit von derselben unterscheiden können und habe deshalb die differente Ausbildung der Paramylonkörper bisher nur als Merkmal einer Standorts-Varietät aufgefasst. Es wäre jedoch vielleicht auch möglich, dass es sich hier um eine besondere Form handelte, die von der typischen (mir bisher unbekannt) *E. spirogyra* als besondere Varietät oder selbst Spezies abzutrennen wäre.

An den abgeplattet ellipsoidischen Paramylonkörpern (deren Länge etwa das Doppelte der Breite betrug) dieser Individuen aber war es mir nicht möglich, einen feinen medianen Spalt als den Rest des mittleren Ausschnitts der ursprünglichen Paramylonringe nachzuweisen. Diese Paramylonkörper erschienen vielmehr stets durchaus dicht und geschlossen. — Neben diesen grösseren Paramylonkörpern aber waren in den untersuchten Zellen andere Paramylonkörner nicht aufzufinden. Doch kommt, wie aus einer Angabe bei Klebs (l. c. p. 42) hervorgeht, auch bei *E. spirogyra* die Entwicklung zahlreicher kleiner Paramylonkörner neben den beiden grossen Körpern nicht selten vor. —

Diesen beiden letztbesprochenen Arten reiht sich dann, wie ich aus den Angaben und Abbildungen bei Stein und Klebs entnehmen zu dürfen glaube, *E. oxyuris* Schmarda durch ganz analoge Ausbildung grösserer Paramylonkörper an. Nach diesen Angaben nämlich besitzt auch *E. oxyuris* zwei Paramylonringe, die sich ober- und unterhalb des median gelagerten Zellkerns vertheilen. Nach Klebs (l. c. p. 76) kommen zuweilen auch Individuen vor, bei denen der eine Paramylonkörper „fast scheibenförmig“ ist; „bisweilen liegen beide im unteren Theile des Körpers“.

Obwohl nun Klebs diese beiden „grossen ringförmigen Paramylonkörner“ für *E. oxyuris* ausdrücklich als „charakteristisch“ bezeichnet (l. c. p. 76), bildet doch bereits Stein (l. c. Taf. 20. Fig. 5) ein Individuum dieser Spezies ab, dem jene Ringe fehlen, dem an deren Stelle „seifenstückartige Paramylonkörper“ in grösserer Anzahl eingelagert sind. Dazu erwähnt Stein (l. c. p. 146) ausdrücklich, dass er „nicht selten statt der gewöhnlichen zwei grossen Paramylonkörper mit Centralhöhle¹⁾ eine grössere Anzahl kleinerer, ganz homogener, stabförmiger Paramylonkörper“ angetroffen habe, die, wie er glaubte annehmen zu dürfen, durch Zerfall der grösseren entstanden waren.

1) Stein betrachtet auch hier, wie bei *Phacus pleuronectes*, die grossen Paramylonringe als hohlkugelige Körper, denen er „eine grosse, lichtere, augenscheinlich mit weicherer Substanz erfüllte Centralhöhle“ zuschreibt. Aller Analogie der oben beschriebenen Formen gemäss aber dürfte diese Auffassung wohl nicht zutreffend sein.

Ich selbst habe mich bisher leider vergeblich bemüht, *E. oxyuris* (eine Spezies, die doch für mich ein ganz besonderes Interesse darbietet) aus eigener Anschauung kennen zu lernen. Unter Berücksichtigung der Analogieen, die mir die zuletzt beschriebenen Formen von *Phacus* und *Euglena* darbieten, glaube ich jedoch gleichwohl mit ziemlicher Sicherheit die Angaben der genannten Autoren dahin zusammenfassen zu dürfen, dass bei *E. oxyuris* gewöhnlich zwei grössere Paramylonkörper von Gestalt ovaler Ringe¹⁾ oberhalb und unterhalb des Zellkerns (wahrscheinlich) auf der Bauchseite des Zellkörpers zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet sind, neben denen die Ausbildung kleinerer Paramylonkörper auf der Innenseite der Chlorophyllschicht sehr zurücktritt; zuweilen aber unterbleibt die Ausbildung jener Ringe längere Zeit oder auch vollständig, und dann werden auf der Innenseite der Chlorophyllschicht mehr oder minder zahlreiche kleinere Paramylonkörper von seifenstückartiger oder stabförmiger Gestalt entwickelt.

Die kreisrunden Paramylonringe der oben beschriebenen *Phacus*-Arten waren bei den zuletzt besprochenen *Euglenen*, der beträchtlicheren Längsstreckung des Zellkörpers entsprechend, von Anfang an zu ovaler bis länglicher Gestalt gedehnt. Die Längsdehnung der ursprünglichen ersten Anlage der Paramylonringe kann aber in anderen Fällen noch viel weiter gehen. Aus dem elliptischen Ringe kann durch weitere Längsdehnung ein ganz schmaler langgestreckter Körper werden, an dem nur noch ein schmaler mittlerer Spalt an die typische Ringgestalt erinnert. Oder es kann auch dieser Spalt selbst schliesslich ganz wegfallen, aus dem Ringe ein schmales, etwas abgeplattetes Stäbchen werden, an dem nur zuweilen eine wulstartige Verdickung der Seitenränder an die typische Ringstruktur erinnert. Alsdann erscheinen die Paramylonkörper von Anfang an als schmale, etwas abgeplattete Stäbchen.

1) Diese ovalen Paramylonringe sind den vorhandenen Abbildungen zufolge mehr oder weniger stark zu länglicher Gestalt gedehnt (z. B. Stein l. c. Taf. 20. Fig. 4). Zuweilen erscheinen sie sehr langgestreckt und schmal wie in der Abbildung bei Carter (Ann. and Mag. Nat. Hist. II ser. vol. 18. (1856) Taf. 6. Fig. 87) (unter der offenbar irrthümlichen Benennung *E. spirogyra* Ehrbg. resp. *E. geniculata* Duj. [vergl. Stein l. c. p. 143]).

Die Entwicklung dieser letzteren Form der Paramylonkörper habe ich am eingehendsten bei *Euglena acus* Ehb. verfolgen können.

Bei dieser *Euglene* (Taf. I. Fig. 1) fand ich in dem untersuchten Materiale Paramylonkörper in sehr wechselnder Anzahl ausgebildet. In den meisten Individuen waren mehrere grössere, langstabförmige Paramylonkörper entwickelt; in manchen Zellen aber fanden sich neben den grösseren Paramylonstäben auch noch kürzere in wechselnder Anzahl; in anderen körnerreicheren Zellen endlich traten dazu noch mehr oder minder zahlreiche ganz kurze Stäbchen hinzu. —

Die Entwicklung dieser letzteren Stäbchen war am leichtesten festzustellen. Die jüngsten derselben erschienen in Gestalt dünner länglicher Scheibchen mit deutlich verdicktem Rande einzelnen Chlorophyllscheibchen auf der Innenfläche oder an den Seitenrändern angelehnt, so zwar, dass sie entweder mit ihrer ganzen Länge, die der Breite der Chlorophyllscheibchen ungefähr gleich kam, dem Chlorophyllscheibchen anlagen oder mit dem einen Ende über den Rand desselben hervorragten. Aeltere Paramylonscheibchen waren deutlich verdickt, die ursprüngliche Verdickung der Ränder des langgestreckten Scheibchens ausgeglichen oder doch unkenntlich geworden, das langgestreckte Scheibchen zu einem etwas abgeplatteten Stäbchen geworden. Solche Stäbchen aber lagen zum Theil noch den Chlorophyllscheibchen auf der Innenseite an, zum Theil jedoch fanden sie sich in dem farblosen Plasma der Zellmitte vertheilt.

Die grösseren Paramylonstäbchen zeigten eine sehr wechselnde Länge. Bald erreichte dieselbe nur das Doppelte der Länge des Durchmessers der Chlorophyllscheibchen, bald übertrafen die Stäbchen an Länge diesen Durchmesser um das 4—5fache. Diese wechselnde Länge aber war sowohl an den dünneren, als auch an den dickeren Stäbchen zu beobachten, und daraus folgt denn wohl mit Evidenz, dass die längeren Stäbchen nicht durch Längenwachsthum aus den kürzeren hervorgehen, sondern dass auch hier wie bei den früher besprochenen Arten die Paramylonkörper in sehr wechselnder Länge angelegt werden und nachträglich im Wesentlichen nur in die Dicke zunehmen, während die Längenzunahme derselben nur unbedeutend ist.

Die dünnsten Stäbchen, die ich demgemäss für die jüngsten Stadien dieser Paramylonstäbe halte, fand ich nun fast ausnahmslos den Chromatophoren der Chlorophyllschicht angelehnt. Auf der Aussenseite der Chlorophyllschicht habe ich diese dünnen Stäbchen niemals bemerkt. Sehr häufig aber lagen sie der Innenseite derselben an, genau der Längsachse der Zelle entsprechend orientirt oder nur wenig schräg gegen dieselbe geneigt. Sehr häufig auch fand ich sie in der Ebene der Chlorophyllschicht selbst in eine entsprechende längliche Spalte dieser Chlorophyllschicht eingefügt (Taf. I. Fig. 2). Im ersteren Falle waren sie je nach ihrer Länge einer geringeren oder grösseren Anzahl von Chlorophyllscheibchen auf der Innenseite angelagert; in dem letzteren Falle aber wurden sie auf beiden Längsseiten von einer entsprechenden Anzahl von Chlorophyllscheibchen berührt und waren dadurch einer um so viel grösseren Zahl solcher Scheibchen angelehnt. Nur sehr selten waren solche dünnen feinen Stäbchen in dem farblosen Plasma der Zellmitte vertheilt.

Die schmalsten Stäbchen, die ich auffand, erschienen als ganz schmale, dünne, abgeflachte Stäbe ohne irgend eine Andeutung geringerer Dicke des mittleren Abschnittes. Daneben fanden sich etwas breitere, aber ebenfalls sehr dünne Stäbchen (die ich gleichfalls für jüngste Entwicklungsstadien von Paramylonstäbchen halten möchte), deren Rand stärker verdickt war als die Mitte und sich ziemlich deutlich gegen dieselbe absetzte. Aeltere Stäbchen waren sämmtlich ein wenig verbreitert und namentlich verdickt; an diesen aber trat fast überall in der Flächenansicht die Randzone durch grössere Dichte der Substanz gegen die Mitte deutlich hervor.

An diesen dickeren Stäbchen vermochte ich, abgesehen von der erwähnten grösseren Dichte der Randzone, die in der Flächenansicht der Stäbchen fast überall deutlich hervortrat, von einer inneren Differenzirung der Substanz nichts sicheres zu erkennen. Doch zweifle ich nicht daran, dass eine solche Differenzirung vorhanden ist, entsprechend dem schichtenweisen Appositions-Wachsthum, durch welches diese Stäbchen meines Erachtens sich verdicken. Eine Andeutung dieser inneren Differenzirung der Substanz aber wird auch dadurch dargethan, dass bei Anwendung von Kalilauge das Verquellen stets zuerst die Mitte der Flächenansicht ergreift und 'das

Stäbchen zu einem langgedehnten Ringe umwandelt, der dann von innen heraus immer weiter gegen den äusseren Rand hin abschmilzt.

Diese dickeren älteren Stäbchen fand ich zu einem grossen Theil in derselben Stellung wie jene dünneren Stäbchen, namentlich waren dieselben vielfach der Chlorophyllschicht auf der Innenseite unmittelbar angeschmiegt. Andererseits aber fanden sich auch sehr viele dieser dickeren Stäbchen in dem farblosen Protoplasma der Zellmitte vertheilt und hier in jeder beliebigen Stellung, welche der vorhandene Raum des langgestreckt cylindrischen Zellkörpers gestattete, orientirt.

Alle diese thatsächlichen Befunde aber glaube ich durch die Annahme zusammenfassen zu dürfen, dass auch hier die Ausbildung der Paramylonkörper auf die Chromatophoren zurückzuführen ist. Die kleinsten Paramylonstäbchen werden einfach von einzelnen Chlorophyllscheibchen angelegt und verdickt. Die grösseren und grössten Stäbchen aber, die in gleicher Weise der Chlorophyllschicht ihren Ursprung verdanken, unterscheiden sich von den kleineren nur dadurch, dass eine bald geringere, bald grössere Anzahl von Chlorophyllscheibchen an ihrer Bildung sich betheiliget. Eine Reihe benachbarter Chlorophyllscheibchen formt zunächst ein dünnes feines Paramylonstäbchen und verdickt dann dasselbe mehr oder weniger ausgiebig, bis die Bewegungen des Zellplasmas das Stäbchen ablösen und fortführen, damit dasselbe entweder in dem farblosen Plasma der Zellmitte aufgebraucht werde oder, aufs Neue der Innenseite der Chlorophyllschicht angelehnt, durch die berührten Chlorophyllscheibchen aufs Neue eine weitere Verdickung erfahre.

Wie schon erwähnt, sind die dünnen feinen Stäbchen, die Anfangsstadien der dickeren Stäbchen, im Allgemeinen der Längsachse der Zelle entsprechend in der Chlorophyllschicht gerichtet. In der That würde ja auch eine andere Stellung derselben, z. B. eine Stellung senkrecht zu dieser Längsachse, bei der geringen Weite des langcylindrischen Zellkörpers nothwendigerweise die Bildung vollständig gebogener Stäbchen zur Folge haben, während doch die ausgebildeten Paramylonstäbchen bei *E. acus* durchweg gerade gestreckt sind. Doch finden sich zuweilen bei dieser Spezies, namentlich unter den längsten Stäbchen, auch solche, welche nicht völlig gerade sind, sondern eine

lokale Biegung oder Knickung aufweisen, die, wenn auch meist nur unbedeutend, doch deutlich erkennbar hervortritt. Ihre Entstehung glaube ich ohne Bedenken auf eine etwas abweichende Anordnung der erzeugenden Chlorophyllscheibchen, die nicht in eine regelmässige gerade Reihe geordnet sind, zurückführen zu dürfen. —

In seiner Monographie der Euglenaceen erwähnt Klebs bei der Diagnose von *Euglena acus*: „Paramylonkörner gross stabförmig“, ohne über die Anzahl und Anordnung derselben eine nähere Angabe zu machen. Die Abbildung der hyalinen Varietät von *E. acus* (l. c. Taf. II. Fig. 10) zeigt eine grössere Anzahl von Paramylonstäbchen wechselnder Grösse im Inneren des Zellplasmas vertheilt, in ähnlicher Weise wie dies soeben für die typische chromatophorenhaltige Form von *E. acus* beschrieben ward. Die Abbildung der typischen Form selbst bei Klebs aber zeigt je ein grosses stabförmiges Paramylonkorn ober- und unterhalb des Kernes, der die Mitte der Zelle einnimmt, ganz wie bei der zuvor beschriebenen *E. tripteris*.

Diese Zweizahl der Paramylonkörper mag nun vielleicht eine zufällige Eigenthümlichkeit des betreffenden Individuums gewesen sein. Allein es ist ebenso möglich, dass dieser Spezialfall auch in ganz anderer Weise sich erklärt. Die gesammte Ausbildung des Zellkörpers entfernt die vorliegende Spezies gar nicht allzu weit von *E. spirogyra* und *E. oxyuris*. Es wäre möglich, dass auch die Ausbildung des Paramylons bei *E. acus* in analoger Weise erfolge wie bei jenen Arten, dass nämlich auch bei *E. acus* entweder zwei grosse stabförmige Paramylonkörper an bestimmten Orten des Zellkörpers, zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet, ausgebildet werden, während im Inneren der Zelle längs der Innenseite der Chlorophyllschicht nur wenige kleine Paramylonkörner zur Entwicklung gelangen, oder die Ausbildung jener grossen, bestimmt lokalisirten Paramylonkörper unterbleibt, dafür aber auf der Innenseite der Chlorophyllschicht zahlreiche kleinere Paramylonstäbe wechselnder Grösse entstehen.

Ja ich glaube auf Grund der Analogie der genannten Euglena-Spezies eine solche wechselnde Ausbildung des Paramylons bei *E. acus* für sehr wahrscheinlich halten zu sollen. Die Individuen von *E. acus*, die ich selbst beobachten konnte, wiesen nur Paramylon-

körper der letztgenannten Ausbildungsweise auf; die erwähnte Abbildung bei Klebs aber scheint mir durch die Grösse und regelmässige Vertheilung der beiden Paramylonstäbe sehr lebhaft auf eine Ausbildung des Paramylons in ersterer Weise hinzudeuten.

Die eben beschriebene *E. acus*¹⁾ besitzt, wie Klebs bereits angiebt, nur „sehr geringe“ Metabolie des Zellkörpers. Eben dasselbe ist auch der Fall bei den zuvor erwähnten Arten *E. tripteris*, *spirogyra* und *oxyuris*. Dabei erscheint es dann möglich, dass die bestimmt lokalisirten grösseren Paramylonkörper zwischen Chlorophyllschicht und Zellhaut ziemlich unverändert an ihrer Stelle verbleiben. Bei lebhaften Umgestaltungen des ganzen Zellkörpers, wie sie so manchen anderen Euglenen eigen sind, ist jedoch eine solche constante Stellung weniger grösserer Paramylonkörper zwischen Chlorophyllschicht und Zellhaut kaum möglich oder doch wenigstens sehr unwahrscheinlich. Bei lebhaft metabolischen Formen, die sonst in der Ausbildung des ganzen Zellkörpers den letztbesprochenen Arten sich enge anschliessen, dürfte deshalb die Ausbildung solcher bestimmt lokalisirter, äusserer Paramylonkörper sehr zurücktreten oder ganz unterbleiben, die Ausbildung von Paramylonkörpern sich auf die Entwicklung zahlreicher Ringe oder Stäbe verschiedener Grösse im Inneren der Chlorophyllschicht beschränken.

So erscheint nun in der That die Ausbildung des Paramylons bei *Euglena* deses Ehbgs.

Die typische Form dieser Spezies besitzt nach Klebs (l. c. p. 73) kleine, kurz cylindrische bis oblonge Paramylonkörner. In dem Materiale, das ich selbst untersuchen konnte, trat jedoch die Bildung der-

1) Mit der beschriebenen *E. acus* kann aber die Varietät *β. mutabilis* Klebs nach der ganzen Beschreibung und Abbildung, die Klebs davon giebt (l. c. p. 79), wohl kaum spezifisch vereinigt werden. — Mich selbst erinnert diese Form ausserordentlich an die oben (p. 37) beschriebene *E. mutabilis*. Nach der Stellung, die Klebs dieser Form anweist, muss aber die Chlorophyllschicht derselben aus zahlreichen kleinen pyrenoidfreien Chlorophyllscheibchen bestehen, was bei meiner *E. mutabilis* entschieden nicht der Fall ist. Dieser Umstand hindert mich daher, diese Varietät *β. mutabilis* Klebs direkt mit *E. mutabilis* zu vereinigen, der sie sonst ausserordentlich ähnlich erscheint. — Oder sollte gleichwohl *E. acus β. mutabilis* Klebs auch im Bau der Chlorophyllschicht mit *E. mutabilis* übereinstimmen und dann mit dieser wirklich identisch sein?

artiger kleiner Paramylonkörner sehr zurück hinter der Entwicklung einzelner oder mehrerer grösserer Paramylonstäbe, die fast in sämtlichen Individuen in mehr oder minder reicher Ausbildung vorhanden waren¹⁾. In zahlreichen Individuen fehlten neben diesen dickeren, längeren, meist geraden, nur zuweilen etwas gebogenen Stäbchen die kleinen Paramylonkörner gänzlich, in anderen fanden sie sich bald in geringerer, bald in grösserer Anzahl in Gestalt ganz kleiner Ringe oder Scheibchen von ovalem bis länglichem Umriss, die in anderen Individuen wieder zu kurzen abgeflachten Stäbchen verdickt waren. — In anderen Fällen endlich erfolgt, wie die erwähnte Angabe von Klebs lehrt, die Ausbildung der kleinen Paramylonkörner in sehr viel reichlicherem Maasse, während die Entwicklung grösserer Paramylonstäbe sehr zurücktritt oder vollständig unterbleibt²⁾.

Die untersuchte Form von *E. deses* (Taf. I. Fig. 10) erwies sich ziemlich lebhaft metabolisch. Durch diese metabolischen Umgestaltungen des ganzen Körpers aber werden natürlich sehr leicht die Paramylonkörper von ihrer ursprünglichen Bildungsstätte abgelöst und fortgeführt. Dadurch erklärt sich dann sehr einfach, dass hier die Feststellung der Entwicklungsgeschichte der Paramylonstäbe sehr erschwert ist. Die verschiedensten Entwicklungsstadien dieser Stäbe, die jüngsten sowohl, als auch die ältesten, fanden sich in dem untersuchten Materiale in der verschiedensten Stellung in dem farblosen Plasma der Zellmitte vertheilt oder den wandständigen Chlorophyllscheibchen angelehnt. Es lässt sich deshalb hier nicht, wie in den früher besprochenen Fällen, aus der constanten Lagerung der jüngsten Paramylonkörper längs der Oberfläche der Chromatophoren

1) Ein ganz ähnliches Verhalten zeigen die Individuen von *E. deses*, die Stein (l. c. Taf. 20. Fig. 14—16) abgebildet hat.

2) Bei seiner Beschreibung der typischen Form von *E. deses* sagt Klebs: „Paramylonkörner klein, kurz cylindrisch bis oblong“. Bei der Beschreibung einer Varietät von *E. deses* aber erwähnt er „mehrere grosse, stabförmige Paramylonkörner“, „wie sie bei der Hauptform nicht gewöhnlich vorkommen“, sodass also auch in dem Materiale, das Klebs vorgelegen hat, solche grösseren Paramylonstäbe zuweilen auftraten.

Diese verschiedene Ausbildung des Paramylons möchte ich hier, ebenso wie in den früher erwähnten ähnlichen Fällen nur für eine Folge der äusseren Verhältnisse halten und demgemäss die Formen mit verschieden gestalteten Paramylonkörpern nur als Standorts-Varietäten betrachten.

mit grosser Wahrscheinlichkeit der Schluss herleiten, dass diese Paramylonkörper von den Chromatophoren erzeugt und ausgebildet werden. Allein ich vermochte andererseits auch nicht, ein Moment ausfindig zu machen, das gegen die Uebertragung dieser Entwicklungstheorie auch auf die Paramylonstäbe der vorliegenden Spezies Einspruch erhöhe, da durch die erwähnte ausserordentlich ausgiebige Metabolie des ganzen Zellkörpers die inconstante Lagerung der Paramylonstäbe ja hinreichend erklärt wird. Ich glaube deshalb, auch für die Paramylonstäbe dieser Spezies die gleiche Entwicklungsweise wie bei *E. acus* annehmen und die Anlage und Weiterbildung derselben den Chlorophyllträgern zuschreiben zu dürfen.

Die Entwicklung der einzelnen Paramylonstäbe aber lässt sich bei dieser Spezies mit Bestimmtheit auf dünne schmale Ringreifen zurückführen, die ausserordentlich stark in die Länge gedehnt sind. Diese erscheinen in sehr wechselnder Länge, bald nur wenig länger als der Durchmesser der Chlorophyllscheibchen, bald bis zur doppelten Länge dieses Durchmessers gedehnt. Die Längsstreckung des Ringreifens ist dabei eine so ausgiebige, dass derselbe die Gestalt eines Paares paralleler dünnster Stäbchen, die an ihren Enden durch kurze Bogenstücke verbunden sind, annimmt. — Allmählich werden diese Ringreifen immer stärker verdickt. Bei diesem Dickenwachsthum aber wird sehr bald die mittlere Spalte geschlossen, aus dem langgestreckten Ringe wird ein abgeflachtes Stäbchen, das schliesslich zu einem ziemlich dicken, stabförmigen Paramylonkörper heranwachsen kann. —

Analog gestaltete Paramylonkörper beschreibt ferner Klebs bei einer Form von *Euglena*, die er als Varietät β *intermedia* zu *E. deses* rechnet, eine Form, die wohl besser als selbständige Spezies aufgeführt würde¹⁾. Nach der Beschreibung, die Klebs (l. c. p. 73) von dieser Form entwirft, finden sich bei derselben einzelne sehr grosse, langstabförmige Paramylonkörper, die sich zu mehreren oberhalb und unterhalb des central gelagerten Zellkerns vertheilen. In welchem Verhältnisse jedoch diese Paramylonstäbe zur Chlorophyllschicht stehen, darüber fehlt leider jede nähere Angabe.

1) Vgl. oben p. 39.

Zuletzt sei hier noch die Gestaltung des Paramylons von *E. Ehrenbergii* Klebs kurz besprochen.

Bei dieser ganz ausserordentlich metabolischen Spezies von *Euglena* kleidet eine mehr oder minder dicht geschlossene Schicht von kleinen rundlich-eckigen Chlorophyllscheibchen die ganze Körperoberfläche aus. Im Inneren dieser Chlorophyllschicht fand ich bei den untersuchten Individuen sehr zahlreiche Paramylonkörper ausgebildet. Dieselben lagen zum Theil den Chlorophyllscheibchen dicht an, zum Theil waren sie in den verschiedensten Abschnitten des farblosen Protoplasmas der Zelle ganz regellos vertheilt. Ganz junge und dünne Paramylonkörper waren darunter nicht mehr aufzufinden. Sämmtliche Paramylonkörper bildeten vielmehr verdickte linsenförmige Scheiben von kreisrundem, ovalem oder länglichem Umriss (seifenstückartige Körper) ohne erkennbare Andeutung eines centralen Kanales oder einer Spalte. Die Grösse derselben war dabei eine sehr wechselnde; bei den grössten, die ich beobachtete, betrug die Länge etwa das Dreifache der Breite eines Chlorophyllscheibchens.

Nach Klebs finden sich bei dieser Spezies, deren Paramylonkörner überhaupt „in mannigfaltigen Gestalten“ ausgebildet zu sein pflegen, ausser den beschriebenen Formen noch besonders charakteristische „sehr dünne, langstabförmige, oft knieförmig gebogene“ Paramylonkörper, analog wie solche nach der obigen Darstellung auch gelegentlich bei *E. acus* zu finden sind. Solche Paramylonkörper habe ich an dem Materiale, dem die eben beschriebenen Thatsachen entnommen sind, vergebens gesucht. Wohl aber fand ich einmal bei einzelnen Individuen von *E. Ehrenbergii*, die ganz vereinzelt unter anderen *Euglena*-Formen auftraten, neben den scheibenförmigen Gestalten des Paramylons auch dickere und dünnere, zum Theil sehr dünne, längere Paramylonstäbchen. Die Ausbildung solcher Stäbchen dürfte daher wohl bei der vorliegenden Spezies je nach dem Standorte oder anderen äusseren Einflüssen wechseln.

Für die Entwicklung dieser verschieden gestalteten Paramylonkörper aber war an dem untersuchten Materiale dieser Spezies nichts genaueres festzustellen.

Ueberblickt man nun vergleichend die gesammte Reihe der bisher besprochenen Euglenaceen mit pyrenoidfreien Chromatophoren, so erscheint zunächst bei denselben die Ausbildung des Paramylons als eine sehr wechselnde. Die Paramylonkörner dieser Arten erweisen sich sehr verschieden sowohl an Grösse, als auch in ihrer speziellen Gestaltung.

Was zunächst die Grösse der entwickelten Paramylonkörner betrifft, so finden sich bei den besprochenen Arten meist Körner der verschiedensten Grössen neben einander. Allein bei der Mehrzahl der Arten lässt sich doch eine Unterscheidung von wenigen Grosskörnern und mehr oder minder zahlreichen Kleinkörnern bestimmt durchführen. Die ersteren erscheinen in der Zelle ganz bestimmt lokalisiert und zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet. Die letzteren sind in der Zelle Anfangs stets der Chlorophyllschicht auf der Innenseite angelagert und werden späterhin vielfach in den verschiedensten Abschnitten des farblosen Protoplasmas vertheilt. In manchen Fällen sind Grosskörner und Kleinkörner in der Grösse sehr wesentlich different (z. B. *Ph. ovum*); in anderen Fällen aber variiert die Grösse der Kleinkörner zwischen ziemlich weiten Grenzen, die grössten Kleinkörner reichen sehr nahe an die Grosskörner selbst heran (z. B. *Ph. teres*). Bei den meisten Arten aber zeigt sich eine gewisse Correlation in der Ausbildung von Grosskörnern und Kleinkörnern: bei reichlicher Ausbildung der ersteren treten die Kleinkörner an Menge und ausgiebiger Verdickung sehr zurück, andererseits aber geht einer sehr reichlichen Ausbildung der Kleinkörner gewöhnlich eine sehr geringe Ausbildung oder ein vollständiges Fehlen der Grosskörner zur Seite. Bei einigen Arten (*E. Ehrenbergii*, *deses*) sind Grosskörner bisher überhaupt noch nicht beobachtet worden. —

Sehr mannigfaltig erscheint weiterhin die gesammte Gestaltung der Paramylonkörper. Von ganz kleinen ovalen bis länglichen Scheibchen finden sich alle Uebergänge zu ziemlich dicken linsenförmigen Körpern mit kreisrundem, ovalem oder länglichem Umriss. Stabförmige, seitlich abgeflachte Gestalten der verschiedensten Grösse (gerade oder zuweilen auch gebogen oder eingeknickt) wechseln mit kreisrunden, ovalen oder länglichen Ringen mit engem oder weitem mittleren Ausschnitt. In anderen Fällen handelt es sich um

grosse kreisrunde flache Scheibchen oder kurze durchbohrte Cylinderstücke mit wechselnder Ausbildung der gerundeten Aussenfläche. Kurz die Gestaltung aller dieser Paramylonkörper im ausgebildeten Zustande ist eine sehr verschiedene¹⁾.

Alle diese Gestalten aber lassen sich zurückführen auf die Grundform eines einfachen Ringes. Bei zahlreichen der genannten Paramylonkörper besitzt in der That auch die erste Anlage die Gestalt eines kreisrunden, ovalen oder länglichen Ringes mit mehr oder minder grosser Weite des mittleren Ausschnittes und mit sehr wechselnder Breite des Rahmens. In einzelnen Fällen ist der Ring, der die erste Anlage des Paramylonkörpers darstellt, so stark in die Länge gedehnt, dass eigentlich nicht mehr von einem Ringe die Rede sein kann; der Ring ist zu einem Paare paralleler Stäbe, die an den Enden verbunden sind, ausgereckt worden. Zuweilen auch schliesst

1) Die grösseren Paramylonkörper der in Rede stehenden Euglenen haben bisher eine sehr verschiedene Deutung, zum Theil auch eine sehr verschiedene Auffassung ihrer Gestalt erfahren. Ehrenberg hatte dieselben als Samendrüsen gedeutet. Dieser Deutung widersprach Dujardin (Zoophytes. Infusoires. 1841. p. 334 ff.); doch vermochte er nicht, die Natur dieser Körper, die er mit den verschiedensten Reagentien geprüft hatte, genauer festzustellen; einmal fand er (p. 337) bei *Ph. pleuronectes* „au centre un grand disque bien transparent, à moitié entouré par une plaque marquée de zones et recourbée en arc de cercle qui paraissait être de même nature. Schmarjda (Kleine Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien. 1846. p. 17) erwähnt für *E. oxyuris* „2—3 durchsichtige Stellen (Samendrüsen?)“, welche in der Mitte des Körpers durch die grüngefärbte Substanz durchschimmern. Nach Perty (Zur Kenntniss kleinster Lebensformen. 1852. p. 57) ist *Ph. pleuronectes* „bald von gleichartiger grüner Masse erfüllt, bald hat er einen grossen durchsichtigen runden Fleck in der Mitte (Vakuole oder Nucleus?), bald einen grossen hellen Raum in der Mitte mit fast centralem dunkeln Kern“. Carter (Ann. and Mag. Nat. Hist. II ser. vol. 18 [1856]. p. 241, III ser. vol. III [1859]. p. 17) hat jene Körper bei *Phacus pleuronectes*, *Ph. ovum* und *Euglena oxyuris* beschrieben als hohlkugelige Körper, die auf einem früheren Entwicklungsstadium mit einer stark lichtbrechenden, ölartigen Substanz erfüllt zu sein schienen, späterhin aber einen deutlichen Kern einschlossen; er bezeichnete diese Körper als Eiweisszellen (glair-cell, glairy capsuled body), ohne über die Bedeutung derselben etwas näheres angeben zu können. Stein (l. c. p. 146) erkannte dieselben zuerst als Paramylonkörner, den kleineren Paramylonkörnern ganz analog; allein er fasste sie ebenfalls als hohlkugelige Körper auf, in deren Mitte „eine grosse, lichtere, augenscheinlich mit weicherer Substanz erfüllte Centralhöhle“ vorhanden sei. Erst Klebs (l. c. p. 40—42) erkannte, dass die ringförmigen Paramylonkörper, die „in der Mitte wie ausgehöhlt“ seien, „keine besondere Substanz in dieser Höhlung“ enthalten.

der Ring von seiner ersten Anlage an in der Mitte zusammen und stellt so eine geschlossene Scheibe von bald kreisrundem, bald ovalem bis schmal länglichem Umriss oder selbst ein schmales langes Stäbchen (*E. acus*) dar, und nur in einzelnen Fällen erinnert noch die wulstartige Verdickung der Seitenränder dieser Scheibe an die typische Ringgestalt, welche bei den in Rede stehenden Euglenaceen der ersten Anlage der meisten Paramylonkörper eigen ist.

Diese letzteren scheibenförmigen Formen führen dann hinüber zu den Paramylonkörnern der Euglenen mit pyrenoidhaltigen Chromatophoren. Bei diesen nämlich besitzt, wie früher dargethan ward, die erste Anlage der Paramylonkörner stets die Gestalt einer flachen oder gebogenen Scheibe, deren Rand nur zuweilen von Anfang an etwas stärker verdickt ist und dadurch an die Ringform der zuvor erwähnten Arten erinnert. Dagegen fehlen hier, soweit meine Beobachtungen reichen, ringförmige Anlagen der Paramylonkörner vollständig, und was an dünnen Ringen in den Zellen dieser Arten zu beobachten ist, stellt nur Auflösungsstadien älterer verbrauchter Paramylonkörper dar. —

Die ersten Anlagen der Paramylonkörper pyrenoidfreier Euglenen erscheinen im ausgebildeten Zustande stets sehr wesentlich vergrößert. Diese Vergrößerung aber stellt sich allgemein der Hauptsache nach als eine Verdickung heraus. Dagegen ist das Randwachsthum der ursprünglichen Anlagen meist kein sehr ausgiebiges, und auch die stabförmigen Gestalten nehmen nur wenig durch Längenwachsthum zu. —

Dieses Wachsthum der Paramylonkörner aber dürfte allem Anseheine nach durch Apposition neuer Substanzschichten auf die ursprüngliche Anlage erfolgen. Allerdings lässt sich hierfür aus den Thatsachen selbst ein direkt entscheidendes, beweisendes Moment nicht entnehmen. Allein alle diese Thatsachen sind mit dieser Annahme vollkommen im Einklange und lassen sich durch diese Hypothese aufs vortrefflichste erklären. —

Die Untersuchung der inneren Struktur der einzelnen Formen der Paramylonkörper hat mir bisher nur wenige Resultate ergeben. In einzelnen Fällen war an unveränderten scheibenförmigen Paramylonkörnern in der Flächenansicht eine undeutliche concentrische Streifung rings um den kreisrunden oder länglich - spaltenförmigen

mittleren Ausschnitt sichtbar geworden. Allein diese Schichtung fand ich in allen untersuchten Fällen nur äusserst schwach angedeutet, so schwach, dass ich in Anbetracht der gefährlichen Fehlerquelle, welche die Interferenz des Lichtes an den Seitenrändern des scheibenförmigen Paramylonkörpers darbietet, auf diese concentrische Streifung nur ein sehr geringes Gewicht legen möchte. Bei Anwendung schwächerer Quellungsmittel (z. B. verdünnter Schwefelsäure) sah ich zuweilen eine concentrische Streifung deutlicher hervortreten (*Ph. teres*), sodass ich diese Streifung in der That als den Ausdruck einer feineren Differenzirung der Substanz ansehen möchte. Bei Anwendung stärkerer Quellungsmittel (z. B. Kalilauge) pflegen die ganzen Paramylonkörner rasch zu verquellen; dies Verquellen aber erfolgt allgemein in ganz bestimmter und charakteristischer Art und weist dadurch ebenfalls aufs deutlichste auf eine innere Differenzirung in dem ausgebildeten verdickten Paramylonkörper hin.

Beim ersten Anblick scheint dieses Verquellen allgemein im Centrum des Paramylonkornes zu beginnen, die Mitte desselben auszuhöhlen und alsdann allmählich gegen die Peripherie fortzuschreiten. Bei genauerem Zusehen aber zeigt sich, dass der ganze mittlere Abschnitt des Paramylonkorns, der in der Flächenansicht des letzteren den mittleren Ausschnitt umgiebt, zuerst verquillt und so das ganze Paramylonkorn in einen ringförmigen (nicht hohlen) Körper verwandelt, dessen Reif durch fortschreitendes Verquellen der centralen Substanzmasse fort und fort immer dünner wird und schliesslich ebenfalls verschwindet, häufig nachdem er sich zuvor noch in mehrere dünne Reifen gespalten hat. In dem Falle, den ich am genauesten verfolgen konnte (*Ph. teres*), sah ich zuerst die Mitte der einen flachen Seite des scheibenförmigen Paramylonkörpers verquellen, dann dieses Verquellen längs des centralen Kanales gegen die gegenüberliegende flache Seite und gleichzeitig auch gegen die Peripherie des scheibenförmigen Körpers fortschreiten und schliesslich nur den äussersten Rand zurücklassen in Gestalt eines sehr dünnen Reifes, der zuletzt ebenfalls verquillt.

Dieser regelmässige Verlauf des Verquellens weist jedenfalls auf eine bestimmte innere Differenzirung der Substanz der verdickten Paramylonkörner hin. Allein zu einer genaueren Feststellung dieser inneren Differenzirung der Substanz bei den verschiedenen Formen

dieser Paramylonkörner sind doch die mitgetheilten Beobachtungen noch keineswegs ausreichend ¹⁾.

Auch durch Zerdrücken der Paramylonkörner habe ich bisher noch keine besseren Resultate erzielt. Freilich liess sich aus der Gestaltung der Bruchstücke solcher zerdrückten Paramylonkörner deutlich entnehmen, dass eine Differenzirung der Substanz im Inneren des einzelnen Paramylonkornes vorhanden sein müsse. Allein den genauen Verlauf der Schichten vermochte ich bisher auch aus solchen Zerdrückungs-Präparaten nicht zu erkennen ²⁾.

1) Klebs ist bei der Untersuchung der inneren Struktur dieser grösseren Paramylonkörner glücklicher gewesen als ich. Nach seiner Angabe (l. c. p. 41) besitzen dieselben (wie sämtliche Paramylonkörner der Euglenen) eine „concentrische Schichtung“, die „bei den grossen, abgeflacht cylindrischen oder scheibenförmigen Körnern“ „ohne Anwendung von Reagentien sichtbar“ ist, bei Anwendung von Quellungsmitteln aber überall deutlich hervortritt. „In der Seiten- und Scheitellansicht findet man den Cylinder aus parallel aneinander liegenden Platten gebildet. Man muss sich darnach vorstellen, dass ein solches Korn aus einer Anzahl dünner, flach aufeinander liegender Platten besteht, die selbst aus konzentrischen Ringen zusammengesetzt sind. Von der Peripherie nach dem Centrum nimmt in den Ringen aller Platten der Substanzgehalt ab, der Wassergehalt zu. Lässt man quellen, — so quellen die centralen Ringe sämtlicher Platten am stärksten auf und wölben sich oft stark vor, während die peripherischen Theile noch unverändert sind.“

Diese innere Struktur der Paramylonkörner, die Klebs hier beschreibt, dürfte, wenn sie sich bestätigte, der Theorie des Dickenwachsthums dieser Paramylonkörner wohl ziemlich grosse Schwierigkeiten bereiten. Ich selbst habe mich aber auch von dem thatsächlichen Vorhandensein der hier beschriebenen Schichtungen nicht zu überzeugen vermocht. Was ich von analog verlaufenden Linien zu sehen vermochte, schien mir überall eine sehr verdächtige Verwandtschaft mit Interferenzlinien der Randkanten zu besitzen, sodass ich diese Linien nicht als Andeutungen der inneren Struktur zu deuten wage. Doch ist vielleicht Klebs in der Wahl des Untersuchungs-Objectes, vielleicht auch in der Güte seiner optischen Hilfsmittel vom Glücke mehr begünstigt gewesen als ich, der ich andererseits vielleicht auch zu viel Rücksicht auf die Fehlerquelle der Interferenzlinien genommen habe.

Ganz unmöglich aber war es mir trotz aller meiner Bemühungen, die feinste Differenzirung der Substanz dieser Paramylonkörner, die Klebs ausserdem noch beschreibt, zu erkennen. Nach Klebs nämlich bestehen „die Ringe, welche die Platten bilden“, „selbst wieder aus mehr und weniger dichten Stellen“, aus welcher letzteren bei der Quellung zuerst die Substanz sich löst. Leider habe ich hiervon ganz und gar nichts zu erkennen vermocht.

2) Einfache „parallel aneinander liegende Platten“, wie Klebs aus dem Verlauf der Streifung unveränderter oder gequollener Körner annimmt (vgl. vorige Anm.), stellen diese Schichten aber wohl sicherlich nicht dar, eher ungleich grosse,

Das Eine aber lässt sich auch aus diesen noch ziemlich unvollständigen Beobachtungen mit Bestimmtheit ersehen, dass nämlich alle beobachteten Thatsachen der inneren Struktur der Paramylonkörner mit der Annahme eines Appositions-Wachsthums derselben vollkommen im Einklang sind, wenn sie auch ein solches Wachstum keineswegs als thatsächlich zu beweisen vermögen. —

Des Weiteren zeigte sich bei allen näher besprochenen pyrenoidfreien Arten der Euglenen ein constanter lokaler Zusammenhang zwischen Paramylonkörnern und Chlorophyllschicht. Die jüngeren Paramylonkörner erschienen sämmtlich den Chromatophoren theils auf der Innenseite der Chlorophyllschicht, theils auf der Aussenseite derselben dicht angelehnt. Auch von den älteren verdickten Paramylonkörnern lag stets ein grosser Theil den Chlorophyllträgern unmittelbar an, und nur ein Theil derselben war zeitweise fern von den Chromatophoren im farblosen Protoplasma vertheilt.

Diese auffallende Constanz des lokalen Zusammenhangs zwischen Chromatophoren und Paramylonkörnern musste natürlich den Gedanken nahelegen, dass dieser lokale Zusammenhang auch ein genetischer sei, dass die Paramylonkörner von den Chromatophoren angelegt und ausgebildet würden, und dass inmitten des farblosen Protoplasmas der Zelle nur solche Paramylonkörner anzutreffen seien, die von ihrer Bildungsstätte abgelöst und fortgeführt wurden und nun eine weitere Vergrösserung nicht mehr erfahren. Verbindet man diese Annahme mit der eben erwähnten Hypothese, dass die Paramylonkörner durch Apposition neuer Substanz vergrössert werden, so er giebt sich für die Entwicklung derselben die Annahme, dass dieselben von den Chromatophoren der Chlorophyllschicht (auf Kosten der eigenen Substanz) angelegt und unter fortgesetzter Apposition neuer Substanzschichten verdickt werden. Mit dieser Annahme stehen die sämmtlichen beobachteten Thatsachen vortrefflich im Einklang, lassen sich sämmtliche beobachteten Thatsachen sehr einfach und leicht erklären, wenn auch ein direkter Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme aus den Thatsachen selbst nicht entnommen werden kann.

uhrglasförmig gebogene und einander umfassende Scheiben; an diesen Scheiben selbst aber vermochte ich von einer concentrischen Streifung, resp. einer Zusammensetzung aus schmalen concentrischen Ringen gar nichts zu erkennen.

Dieser Einklang der beobachteten Thatsachen mit jener Annahme gilt insbesondere auch von den eigenthümlichen grösseren Paramylonkörnern. Dieselben liegen, wie im Einzelnen nachgewiesen ward, sämmtlich bei ihrer ersten Anlage und ebenso während ihrer weiteren Ausbildung einer Mehrzahl von Chromatophoren an, die in gemeinsamer Thätigkeit bei der Ausbildung des einzelnen Paramylonkornes zusammenwirken, analog wie zuweilen auch an der Verdickung eines einzelnen Amylumkornes mehrere Chromatophoren zugleich sich betheiligen¹⁾. Allein während in diesem letzteren Falle jedes einzelne Chromatophor anscheinend unabhängig thätig ist und selbständig fort und fort neue Verdickungsschichten dem entsprechenden angrenzenden Theile des Amylumkornes auflagert, sind bei der Anlage und Verdickung eines solchen grösseren Paramylonkornes die sämmtlichen Chromatophoren jener Gruppe einheitlich thätig und formen durch einheitliches Zusammenwirken die erste scheibenförmige Anlage und ebenso die sämmtlichen späteren Verdickungsschichten des einzelnen Kornes. — Dieses einheitliche Zusammenwirken mehrerer benachbarter Chromatophoren möchte auf den ersten Blick freilich etwas Befremdendes besitzen. Allein bei näherer Ueberlegung dürfte es doch durchaus nicht auffallend erscheinen, dass mehrere gleichartige Organe des einheitlichen Zell-Organismus (und das sind ja doch die Chromatophoren) in gemeinsamer und einheitlicher Thätigkeit zusammenwirken und ein einheitliches Paramylonkorn formen, an dem eine Zusammensetzung aus einzelnen Theilstücken als Produkten der einzelnen mitwirkenden Chromatophoren durchaus nicht nachzuweisen ist.

Auch die andere Thatsache, dass bei der Verdickung dieser grösseren Paramylonkörner die Chromatophoren keineswegs in dicht geschlossener Schicht diejenige Aussenfläche des Paramylonkornes bedecken, deren Verdickung sie durch Auflagerung neuer Substanzschichten bewirken, steht mit jener Theorie der Entstehung der Paramylonkörner nicht im geringsten im Widerspruch. Ist es ja doch auch bei den Amylumkörnern der Phanerogamen eine weit verbreitete Erscheinung, dass die Breite der Verdickungsschichten eines

1) Vgl. Schimper, Untersuchungen über das Wachsthum der Stärkekörner. Bot. Zeitung 1880. Taf. 13. Fig. 8, 13.

Kornes eine sehr viel grössere ist, als die Breite der Berührungsfläche des stärkebildenden Chromatophors; ja nicht selten werden bekanntlich bei den Amylumkörnern der Phanerogamen vollständig hohlkugelig geschlossene Verdickungsschichten von den einseitig angelagerten Chromatophoren abgeschieden. Daher kann die Thatsache, dass auch die Chromatophoren der Euglenen Verdickungsschichten der Paramylonkörner formen, die breiter, zuweilen sogar sehr viel breiter sind, als die Berührungsfläche von Chromatophor und Paramylonkorn, durchaus nichts Auffallendes, was mit jener Theorie im Widerspruch wäre, darbieten. Und ebensowenig kann es auffallend erscheinen, dass die kleineren Paramylonkörner vielfach den einzelnen Chromatophoren, von denen sie gebildet und verdickt werden, nicht mit der ganzen Verdickungsfläche anliegen, sondern nur mit einem Theile derselben sie unmittelbar berühren, mit einem anderen Theile aber seitlich über die Chlorophyllscheibe hinausragen. —

Somit stehen die sämtlichen Thatsachen der Beobachtung vortrefflich im Einklange mit jener Hypothese, dass bei den vorliegenden Euglenen die Paramylonkörner von den Chromatophoren angelegt und durch fortgesetzte Apposition neuer Substanz verdickt werden. Zu demselben Resultate aber hatte früherhin auch die Untersuchung der Paramylonkörner der Arten mit pyrenoidhaltigen Chromatophoren hingeführt. Es ergibt sich daher aus den mitgetheilten Untersuchungen allgemein für die Euglenen der untersuchten Gattungen *Euglena* und *Phacus* ¹⁾ das Resultat, dass die

1) In der vorliegenden Abhandlung sind die beiden Gattungen *Euglena* und *Phacus* in derselben Begrenzung wie in der Monographie von Klebs noch beibehalten worden, um nicht allzu viel neue Namen hier einführen zu müssen. Allein die Selbständigkeit beider Gattungen erscheint mir mehr als zweifelhaft. Schon Klebs wies (l. c. p. 80) darauf hin, dass auf das Vorhandensein resp. Fehlen metabolischer Beweglichkeit eine rationelle Unterscheidung von *Euglena* und *Phacus* nicht begründet werden könne. Klebs glaubte aber gleichwohl die Gattung *Phacus* aufrecht erhalten zu können, „weil sie sich auch in anderen Charakteren als eine einheitliche Gruppe erweist, besonders hinsichtlich der Körperform und des Baues der Paramylonkörner“. Hierin vermag ich Klebs jedoch nicht beizustimmen, da z. B. *Euglena oxyuris* und *E. tripteris* sowohl hinsichtlich der Körperform als auch hinsichtlich des Baues der Paramy-

Thatsachen sämmtlich vortrefflich im Einklange stehen mit jener genannten Hypothese, wenn auch aus den Thatsachen selbst kein eigentlich entscheidendes Moment zum Beweise derselben zu entnehmen ist.

Eine wesentliche Stütze aber erhält diese Theorie durch den Umstand, dass durch die mitgetheilten Beobachtungen eine sehr viel grössere Analogie der Paramylonkörner und der Amylumkörner, als bisher angenommen ward, nachgewiesen werden konnte. Denn zu der grossen Analogie der physikalischen und chemischen Eigenschaften tritt nun noch die Thatsache hinzu, dass die Paramylonkörner wie die Amylumkörner¹⁾ stets in direkter Berührung mit den Chromatophoren angelegt²⁾ und anscheinend auch vergrössert

lonkörner aufs Allernächste mit *Phacus triquetra* verwandt sind, viel näher jedenfalls, als diese Spezies selbst mit *Ph. ovum* und *Ph. teres* oder gar mit *Ph. pyrum* (die ich im Vorstehenden auch überall direkt wieder als *Euglena pyrum* Ehb. aufgeführt habe) verwandt ist.

1) Für die Amylumkörner der grünen Algen hatte ich selbst bereits in meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen (p. 160 Anm. 1) ausdrücklich hervorgehoben, dass „ich bei den Algen eine Bildung ächter Stärkekörner ausserhalb der Chromatophoren niemals zu constatiren vermochte“. Neuerdings hat Schimper dieselbe Beobachtung bei den verschiedensten Pflanzen gemacht und ausdrücklich dahin sich ausgesprochen (Bot. Zeitung 1883 p. 111): „Entstehung von Stärkekörnern frei im Zellplasma habe ich nie mit Sicherheit beobachtet; und ich glaube, dass auch in den von Strasburger (Bau und Wachstum der Zellhäute 1882 p. 154) beschriebenen Fällen die Abwesenheit der Plastiden nur scheinbar sein dürfte.“ Bei meinen eigenen Untersuchungen bin ich ebenfalls bisher stets zu demselben Resultate gelangt und stimme deshalb diesen Worten Schimper's durchaus bei. Auch Arthur Meyer (Chlorophyllkorn p. 60–62) hat sich jüngst in demselben Sinne ausgesprochen.

In allen bisher genauer untersuchten Fällen hat sich somit nachweisen lassen, dass die Amylumkörner bei ihrer Entstehung stets an geformte Chromatophoren gebunden sind. Diese Thatsache drängt zu dem Analogieschluss hin, dass dasselbe Verhältniss bei allen Amylumkörnern grüner Pflanzen obwalte (vgl. jedoch weiterhin p. 113. Anm. 1).

2) Allerdings bleibt hierbei eine gewisse Verschiedenheit zwischen Paramylonkörnern und Amylumkörnern bestehen. Denn während die letzteren in der grossen Mehrzahl der Fälle im Inneren der Chromatophoren angelegt werden, entstehen die ersteren stets ausschliesslich auf der Oberfläche derselben. Allein, wie schon oben p. 52 erwähnt ward, giebt es auch eine Anzahl von Amylumkörnern der Phanerogamen (bei Algen habe ich derartige Amylumkörner bisher noch niemals beobachtet), die in gleicher Weise wie die Paramylonkörner der Euglenen bereits bei ihrer ersten Entstehung den stärkebildenden Chromatophoren oberflächlich aufgelagert sind.

werden. Bei dieser weitgehenden Aehnlichkeit der beiderlei Gebilde aber ist es nun wohl erlaubt, für die Paramylonkörner die Analogie der Amylumkörner auch in einem Punkte zu verwerthen, der bei den ersteren nicht direkt sich entscheiden lässt, während bei den letzteren eine entscheidende Beweisführung möglich ist. Nun haben aber bekanntlich die Untersuchungen von Dippel¹⁾ und Schimper²⁾ über die Entstehung zusammengesetzter Amylumkörner zur Genüge bewiesen, dass hier die Verdickung durch Apposition neuer Substanzschichten erfolge. Und andererseits kann ja bei denjenigen Amylumkörnern, welche im Inneren von Chromatophoren angelegt und mehr oder weniger vollständig ausgebildet werden, eine Entstehung der Substanz auf Kosten der Substanz der Chromatophoren durchaus nicht zweifelhaft sein. Daraus folgt, dass für die Amylumkörner (wenigstens für eine grosse Zahl derselben) eine Entstehung aus der Substanz der Chromatophoren und eine Verdickung durch Appositions-Wachsthum vollständig gesichert erscheint. Bei der erwähnten grossen Analogie von Paramylonkörnern und Amylumkörnern aber muss dieser Umstand meines Erachtens für die Theorie der Paramylonkörner sehr wesentlich in's Gewicht fallen und für die obige Hypothese, durch welche, wie gesagt, die beobachteten Thatsachen vortrefflich sich erklären lassen, eine sehr gewichtige Stütze abgeben.

Ich glaube deshalb auf Grund der mitgetheilten Beobachtungen mit grösster Wahrscheinlichkeit die Behauptung aufstellen zu dürfen, dass, wie die Amylumkörner der grünen Pflanzen, so auch die Paramylonkörner der Euglenen von den Chromatophoren (auf Kosten ihrer Substanz) angelegt und durch fortgesetzte Apposition neuer Substanzschichten vergrössert³⁾ werden.

1) Dippel, Das Mikroskop. II. Thl. 1869. p. 26.

2) Schimper, Untersuchungen über das Wachsthum der Stärkekörner. Bot. Ztg. 1881. p. 185 ff., speziell p. 217—223.

3) Betreffs dieser Vergrösserung der einmal angelegten Paramylonkörper lässt sich freilich der obige Satz nicht ohne einigen Vorbehalt aufstellen.

Wie aus der vorstehenden Darstellung sich ergibt, sind zwar in manchen Fällen nicht nur die jüngeren, sondern auch die älteren Entwicklungsstadien der Paramylonkörper ausschliesslich in unmittelbarer Nähe der Chlorophyllkörper zu

Durch die mitgetheilten Beobachtungen ward der Nachweis geführt, dass die Paramylonkörner der Euglenen bei ihrer ersten Entstehung stets an die Chromatophoren der Chlorophyllschicht gebunden sind und aller Wahrscheinlichkeit nach aus der Substanz derselben gebildet werden. Die gleiche Abhängigkeit von den (gefärbten oder farblosen) Chromatophoren war in jüngster Zeit auch für die Entstehung der Amylumkörner der grünen Pflanzen nachgewiesen worden. Allein hieraus darf noch keineswegs der Schluss abgeleitet werden, dass die Bildung von Amylum- oder Paramylonkörnern allgemein an die Gegenwart geformter Chromatophoren gebunden sei. Dies ist vielmehr nur der Fall bei Organismen mit geformten Chromatophoren. Bei pflanzlichen oder thierischen Organismen dagegen, denen geformte Chromatophoren fehlen, werden die Amylum- resp. Paramylonkörner direkt aus dem Protoplasma des Zellkörpers gebildet.

Dies beweisen die nächsten Verwandten der oben beschriebenen grünen Euglenen, die farblosen Flagellaten¹⁾, von denen deshalb hier noch kurz die Rede sein soll.

finden. In anderen Fällen aber finden sich ältere Entwicklungsstadien der Paramylonkörper theils längs der Oberfläche der Chromatophoren, theils fern von den Chromatophoren inmitten des farblosen Protoplasmas vertheilt. Diese letztere Thatsache ward hier stets dahin erklärt, dass die Paramylonkörper auf den verschiedensten Stadien ihrer Entwicklung von ihrer Bildungsstätte abgelöst und in den einzelnen Abschnitten des Protoplasmas vertheilt werden, ohne daselbst weiter zu wachsen. Allein es könnte dies auch dahin zu erklären sein, dass die Paramylonkörper zwar sämmtlich längs der Oberfläche der Chromatophoren (und auf deren Kosten) angelegt werden, ihre spätere Ausbildung aber theils hier, theils inmitten des hyalinen Protoplasmas (und auf Kosten seiner Substanz) erfahren. Diese letztere Annahme, die bis jetzt allerdings durch nichts widerlegt werden kann, erscheint mir jedoch weniger einfach als die erstere und ist ausserdem wenigstens auf einige Paramylonkörper der Euglenen (die Paramylonschalen der Pyrenoide, die grossen lokal fixirten Paramylonkörper vieler Phacus- und Euglena-Arten) überhaupt nicht anwendbar. Deshalb halte ich es für geboten, von dieser letzteren Annahme vor der Hand ganz abzusehen, bis dieselbe wenigstens für einen einzigen bestimmten Einzelfall direkt nachgewiesen ist, bis dahin aber ausschliesslich die erstere Erklärungsweise anzuwenden. Allein es darf dies nicht ohne einigen Vorbehalt geschehen.

1) In meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen hatte ich den Satz ausgesprochen: „Vielleicht dürfte es am zweckmässigsten sein, die chromatophorenhaltigen Flagellaten von den chromatophorenfreien zu trennen, ebenso wie man Algen und Pilze trennt, und dann die ersteren einfach den Algen anzu-

In seiner Monographie der Euglenaceen hat Klebs eine ganze Reihe farbloser Formen, denen „Chlorophyll“ vollständig fehle, aufgezählt. Klebs vereinigt dieselben theils mit einzelnen Arten chromatophorenhaltiger Euglenaceen als farblose Varietäten, theils reiht

schliessen.“ Demgegenüber meint Klebs (l. c. p. 62), dass weder bei den Flagellaten noch selbst bei den Algen der „Chlorophyllgehalt“ als Unterscheidungs- mittel, sei es auch nur von Spezies, dienen kann. Seiner Ansicht nach ist deshalb bei der systematischen Anordnung eine Trennung der farblosen von den grünen Formen der Euglenaceen, resp. der Flagellaten überhaupt, durchaus unzulässig.

Was zunächst den Werth des Fehlens von Chromatophoren (hiervon allein hatte ich gesprochen, nicht aber von dem Vorhandensein oder Fehlen des Chlorophylls!) als Mittel zur spezifischen Unterscheidung der farblosen Formen von analog gestalteten, chromatophorenhaltigen Arten betrifft, so dürfte die Auffassung von Klebs wohl kaum auf allgemeine Zustimmung rechnen dürfen. Ein constantes Fehlen eines morphologischen Charakters gilt ja allgemein in der Systematik als nothwendiger Anlass zur spezifischen Trennung einer Form von einer anderen, die constant im Besitze jenes Charakters ist. Dass aber die Anwesenheit resp. das Fehlen von Chromatophoren nicht zu den constanten Charakteren gehöre, das müsste doch wohl erst bewiesen werden, bevor man constant chromatophorenfreie Formen, wie *Euglena hyalina*, mit constant chromatophorenhaltigen, wie *E. viridis*, spezifisch vereinigen darf. — Zudem auch, warum gehört denn *E. hyalina* als farblose Varietät zu *E. viridis* und nicht zu *E. gracilis* oder *E. olivacea*? Wie ist ferner die chromatophorenfreie Varietät von *E. sanguinea*, die Klebs erwähnt, von einer analogen Varietät von *E. velata* oder *E. granulata* zu unterscheiden?

Etwas anders liegt die Frage, ob man solche chromatophorenfreie Arten generisch von chromatophorenhaltigen trennen soll. Da bekanntlich weder für Thallophyten, noch für Protozoen ein bestimmtes Prinzip existirt, nach dem man sich bei der Trennung der Genera zu richten hat, so erscheint die Abtrennung der chromatophorenfreen Arten als selbständige Gattung gänzlich dem sg. systematischen Takte des Monographen überlassen. Im einzelnen Fall wird man bald die Abtrennung, bald die Vereinigung für zweckmässiger erkennen müssen.

Was nun endlich die von mir angeregte Scheidung der chromatophorenhaltigen und chromatophorenfreen Flagellaten anbetrifft, so handelte es sich dabei ausdrücklich nur um eine Frage des künstlichen Systems. Ich verwies an der betreffenden Stelle (l. c. p. 14 Anm.) ausdrücklich auf die Trennung von Algen und Pilzen, und an der Stelle, an der ich diese Trennung besprach (l. c. p. 10 Anm.), hob ich speziell hervor, dass die chromatophorenfreen Pilze (und Schizophyten) „an sich noch keineswegs innerhalb eines natürlichen Systems zur systematischen Trennung von den Stammformen veranlassen“ könnten, dass aber gleichwohl diese Pilze „aus Gründen praktischer Zweckmässigkeit selbständig zusammengefasst zu werden verdienen.“ Ganz ebenso liessen sich meiner Meinung nach „vielleicht“ die Flagellaten in praktisch zweckmässiger Weise in zwei Gruppen trennen.

er sie als besondere hyaline Spezies den Gattungen der grünen Euglenaceen ein, theils fasst er sie nach dem Vorgange früherer Autoren in den besonderen Gattungen *Astasia*, *Rhabdomonas* und *Menoidium* zusammen und bildet daraus die Gruppe der

Demgegenüber bemüht sich nun Klebs, nachzuweisen, dass in dem natürlichen Systeme eine Trennung der chromatophorenhaltigen Euglenaceen von den chromatophorenfreien nicht statthaft ist (und die Durchführung dieses durchaus begründeten Bestrebens hat ihn wohl auch dazu geführt, einzelne Formen ersterer Art als Varietäten mit ähnlichen Formen letzterer Art zu vereinigen). Ich stimme ihm in dieser Frage des natürlichen Systemes vollkommen bei. Allein seiner Zeit handelte es sich für mich gar nicht um eine solche Frage, sondern um eine Frage praktischer Zweckmässigkeit, um die künstliche Trennung der flagellaten Infusorien von den Algen.

Die natürliche Systematik vermag zwischen den einfacheren grünen Algen, z. B. den Tetrasporeen, und den ciliaten Infusorien nirgends eine grössere Kluft aufzufinden, die an sich zur Aufstellung zweier grösserer Abtheilungen des Systemes nöthigte. Alle jene Organismen, die an diese Stelle des Systemes zu stellen sind, bilden kleinere Gruppen, welche sich durch einzelne, ziemlich unwesentliche Merkmale unterscheiden lassen, welche aber nirgends eine schroffe Trennung gestatten. Das natürliche System kann deshalb eine Trennung der Infusorien von den einfacheren grünen Algen als Abtheilungen zweier differenten organischer Reiche gar nicht anerkennen. — Gleichwohl aber ist aus Gründen praktischer Zweckmässigkeit, weil man einmal seit Alters gewohnt ist, die Infusorien zu den Thieren, die einfacheren grünen Algen zu den Pflanzen zu rechnen, eine Scheidung hier geboten. Eine solche Scheidung kann aber stets nur eine künstliche, d. i. eine willkürliche sein, die eben nur durch ihre praktische Zweckmässigkeit zu rechtfertigen und zu begründen ist.

Nun will ich durchaus nicht in Abrede stellen, dass man wohl noch eine zweckmässigere Trennung der Flagellaten ausführen kann als die damals von mir angeregte. Vielleicht möchte sich z. B. als Trennungsprinzip die Aufnahme geformter oder ungeformter Nahrungsmittel als zweckmässiger erweisen. Es wird sich das erst bei weiterer genauerer Kenntniss der so zahlreichen Flagellatenformen entscheiden lassen.

Klebs hat dagegen in seiner Monographie der Euglenaceen eine ganz andere Trennung vorgeschlagen, indem er die Grenze zwischen den Euglenaceen und Chlamydomonaden zur Grenze zwischen den Infusorien und Algen, somit also zwischen Thieren und Pflanzen, erhebt. Dass durch diese Grenze die beiden Gruppen der Euglenaceen und Chlamydomonaden unterschieden werden können, ist sicher richtig. Betrachtet man aber die hervorgehobenen Unterscheidungsmerkmale etwas genauer, so sind dieselben doch wirklich recht unbedeutend, jedenfalls viel zu unbedeutend, um zwei Hauptabtheilungen des natürlichen Systems zu trennen. Und ausserdem lässt sich aus Klebs' Darstellung auch gar kein eigentlich objektiver Grund erkennen, warum er statt der Grenze zwischen Chlamydomonaden und Euglenaceen nicht die Grenze zwischen Euglenaceen und Peranemeen (vielleicht dürfte gerade diese Grenze Manchem weit zweckmässiger

Astasiae als Unterabtheilung der Euglenaceen. Bei den meisten dieser Formen aber beschreibt er ausdrücklich das Auftreten mehr oder minder zahlreicher Paramylonkörner von analoger Gestaltung, wie sie bei den verschiedenen Formen der grünen Euglenaceen beobachtet werden.

Diese genannten Formen ernähren sich nach Klebs' Angabe nicht durch Aufnahme fester Nahrungsstoffe, sondern „durch Aufnahme organischer, in Wasser gelöster Substanzen“. Ihre Paramylonkörper können somit nicht von aussen aufgenommen sein, sondern müssen von dem Protoplasma der Zelle selbst gebildet werden.

Diese letztere Thatsache erscheint auf den ersten Blick etwas weniger sicher bei den Paramylonkörnern der Peranemeen, einer farblosen Flagellaten-Gruppe, welche sich den Astasiern sehr nahe anschliesst, von diesen aber sich wesentlich durch die Aufnahme fester Nahrungsstoffe unterscheidet. Klebs spricht sich deshalb (l. c. p. 96) für diese letztgenannten Formen dahin aus, dass es bisher nicht zu entscheiden gewesen sei, ob die Paramylonkörner „neu gebildet oder nur als Nahrung aufgenommen worden sind“.

Weiterhin kommen ganz analoge Paramylonkörner aber auch noch anderen Formen aus den verschiedenen Gruppen der flagellaten und ciliaten Infusorien zu, wie aus den Angaben der Autoren (namentlich den prachtvollen Abbildungen bei Stein) zu entnehmen ist. Von allen diesen Körnern aber gilt das Gleiche, dass bisher nicht sicher entschieden ist, ob dieselben als Nahrungsmaterial aufgenommen oder an Ort und Stelle neu gebildet sind.

Andererseits aber finden sich hyaline Formen ohne geformte Chromatophoren auch bei denjenigen Gruppen der Flagellaten, die

erscheinen, da die Peranemeen nach Art der *sg. höheren Thiere feste Nahrungsstoffe* aufnehmen, die Euglenaceen aber wie die Pflanzen nur gelöste Substanzen) oder mit Stein die Grenze zwischen Chlamydomonaden (und Volvocaceen) und Tetrasporeen zur Grenze zwischen Infusorien und Algen erhoben hat. Eine derartige Trennung von Infusorien und Algen, resp. von Thieren und Pflanzen würde jedenfalls ebenso berechtigt sein, wie die von Klebs vorgeschlagene, da es sich hierbei überall nur um eine künstliche und damit ziemlich willkürliche Trennung handelt.

Dadurch aber erscheint die Vertheilung der Flagellaten, die Klebs vorgeschlagen hat, ebenso gut als eine willkürliche, wie die Theilung, die ich selbst als die „vielleicht“ zweckmässigste in Anregung gebracht hatte.

von Seiten der Botaniker seit längerer Zeit zu den Algen gerechnet zu werden pflegen. Dahin gehört vor Allem *Polytoma Uvella* Ehb., welche zuerst Cohn unter dem Namen *Chlamydomonas hyalina* zu den Chlamydomonaden gestellt hat. Bei diesen Formen ist bereits seit längerer Zeit das Auftreten ächter Amylumkörner beschrieben worden, während andererseits ein vollständiges Fehlen von „Chlorophyll“ hervorgehoben wird, auch neuerdings noch durch Klebs (l. c. p. 110) bestätigt worden ist.

Für die vorliegende Frage der Entstehung der Paramylonkörner resp. der Amylumkörner musste nun eine genaue Untersuchung dieser Formen von dem grössten Interesse sein. Es haben sich bis in die neueste Zeit die geformten Chromatophoren sehr vieler Algen so vollständig der Beobachtung entzogen, dass ihr Vorhandensein in zahlreichen Fällen gänzlich in Abrede gestellt ward, in denen eine genauere Prüfung in neuerer Zeit dieselben gleichwohl nachzuweisen vermochte. Daher lag der Gedanke nur allzu nahe, es möchten auch in den genannten Fällen geformte Chromatophoren, an denen die Paramylonkörner resp. die Amylumkörner entstehen, wirklich vorhanden sein, sich jedoch der Erkennung bisher vollständig entzogen haben. Speziell lag diese Vermuthung nahe bei denjenigen Formen, die in allen übrigen Merkmalen ihrer Organisation mit bestimmten Gattungen chromatophorenhaltiger Organismen so vollständig übereinstimmen, dass sie diesen Gattungen als hyaline Spezies zugehört werden konnten. Ganz besonders aber musste dieser Gedanke nahegelegt werden durch die zahlreichen Formen, die Klebs als hyaline Varietäten der verschiedensten Euglenaceen beschrieben hat, zumal er nur bei zweien dieser Formen, *Euglena hyalina* Ehb. (l. c. p. 60) und *E. curvata* Klebs (p. 80) ausdrücklich das Fehlen der Chromatophoren hervorhebt, in allen übrigen Fällen aber nur von dem Fehlen des „Chlorophylls“ redet.

Ich selbst habe nun leider bisher von den hyalinen Formen der eigentlichen Euglenaceen¹⁾ keine einzige genauer untersuchen können.

1) Ich kann jedoch nicht unterlassen, hier die Frage aufzuwerfen, ob die sämtlichen hyalinen Varietäten der Euglenen, die Klebs beschreibt, wirklich selbständige Formen sind. Aus dem Studium der grünen Algen ist mir nur allzu wohl bekannt, dass vielfach bei Individuen, die unter ungünstigen äusseren Bedingungen wachsen, die sämtlichen Chromatophoren zur Bildung von Amylum

Dafür aber war es mir möglich, verschiedene Formen der Peranemeen mit Paramylonkörnern eingehender zu beobachten und vor Allem die genannte *Chlamydomonas hyalina* selbst auf die vorliegende Frage hin genauer zu prüfen. Als Resultat dieser Untersuchung aber muss ich zunächst für *Chlamydomonas hyalina* hervorheben, dass ich hier von einem geformten farblosen Chromatophor, das als Stärkebildner fungiren könnte, selbst mit allen Hilfsmitteln der modernen histologischen Forschung nicht die geringste Andeutung nachzuweisen vermochte. Ein Chromatophor fehlt meines Erachtens dieser Form vollständig, ihre deutlich ausgebildeten (durch Jodlösung blau gefärbten) Stärkekörner werden frei im Protoplasma der Zelle angelegt und ausgebildet.

Dasselbe Resultat ergab mir die Prüfung der untersuchten Peranemeen. Die Paramylonkörner dieser Formen (die meines Erachtens schon durch die Art ihres Zusammenhanges mit dem umgebenden Protoplasma zur Genüge beweisen, dass sie an Ort und Stelle neu gebildet, nicht als Nahrungsmaterial von aussen aufgenommen worden sind) entstehen frei im Protoplasma der Zelle, nicht an besonderen geformten Chromatophoren. Solche geformten Chromatophoren sind vielmehr in keiner Weise innerhalb des Protoplasmas der Zelle zu unterscheiden, weder an lebenden Zellen, noch an gehärtetem Materiale, das mittelst der verschiedensten Färbungs- und Aufhellungsmethoden präparirt worden ist.

Die Untersuchung dieser beiderlei Formen hat mich somit zu dem (wie ich gestehen muss) nicht erwarteten Ergebniss hingeführt, dass ich hier das Vorhandensein geformter Chromatophoren, die ich lange Zeit hindurch aufs Hartnäckigste aufzufinden mich bemühte,

aufgebraucht werden, die betreffenden Zellen resp. Zellreihen vollständig farblos werden ohne erkennbare Spuren von Chromatophoren. Solche „hyalinen Varietäten“ beobachtet man nicht selten bei Arten von *Oedogonium*, *Cladophora* u. a. Sollten nun nicht auch einzelne (oder sogar sämmtliche?) jener „hyalinen Varietäten“ der Euglenen analoger Natur sein? Bei einer dieser Formen *Ph. pleuronectes* β . *hyalina* weist ohnedies die Bemerkung von Klebs (l. c. p. 82), dass die Paramylonkörner „an die Stelle der Chlorophyllträger getreten“ seien, ausdrücklich auf eine solche Deutung hin. — Ich selbst beobachtete in einer Kultur von *E. mutabilis* mehrere Individuen, die fast völlig farblos waren. Ist etwa die hyaline Form von *E. acus* β . *mutabilis*, die Klebs (l. c. p. 79) beschreibt, eine ähnliche Bildung oder wirklich eine selbständige Form?

dennoch schliesslich vollständig in Abrede stellen, die Bildung von Amylumkörnern resp. von Paramylonkörnern im farblosen Protoplasma der Zelle aufs Bestimmteste behaupten muss.

Dadurch aber erscheint die Bildung von Paramylonkörnern resp. Amylumkörnern nur in den Zellen chromatophorenhaltiger Organismen an geformte (gefärbte oder farblose) Chromatophoren gebunden. Bei chromatophorenfreien Organismen aber werden die vorhandenen Amylum- und Paramylonkörner direkt aus dem farblosen Protoplasma der Zelle erzeugt und ausgebildet¹⁾. Im ersteren Falle gehört die Ausbildung geformter Körner zu den spezifischen Funktionen

1) Diese Thatsache, dass bei chromatophorenfreien Organismen das farblose Protoplasma direkt Stärkekörner zu erzeugen vermag, legt die Frage nahe, ob nicht dennoch das farblose Protoplasma chromatophorenhaltiger Pflanzen ebenso gut Stärkekörner auszubilden vermöge, wie das farblose Protoplasma jener chromatophorenfreien Organismen. Es wäre ja denkbar, dass in der Mehrzahl der Fälle allerdings die Amylumkörner und Paramylonkörner von geformten Chromatophoren angelegt und ausgebildet würden, dass aber zuweilen in einer Zelle, deren Chromatophoren frühzeitig zur Ausbildung der Stärkekörner verbraucht worden sind, diese Stärkekörner weiterhin von dem farblosen Protoplasma fortgebildet würden. Beispielsweise legen die Eizellen der Charen (vgl. Chromatophoren der Algen p. 126, 148—149, 160 Anm. 1) diesen Gedanken sehr nahe. Ebenso wäre es auch denkbar, dass in einer einzelnen Zelle chromatophorenhaltiger Pflanzen die Chromatophoren von Anfang an vollständig fehlten und in dieser Zelle gleichwohl Stärkekörner aus dem farblosen Protoplasma selbst angelegt würden.

Die Möglichkeit solcher Vorkommnisse lässt sich Angesichts der oben dargelegten Entstehungsweise der Stärkekörner von *Chlamydomonas hyalina* durchaus nicht in Abrede stellen. Doch ist bisher noch in keinem einzigen Falle mit genügender Sicherheit der Nachweis geführt worden, dass in einer Zelle chromatophorenhaltiger Pflanzen die Chromatophoren vollständig fehlten und gleichwohl Stärkekörner ausgebildet oder auch nur weitergebildet würden. In dem angeführten Falle der Eizellen von *Chara* habe ich stärkebildende Chromatophoren nur bei der ersten Anlage der grossen linsenförmigen Stärkekörner aufgefunden, dagegen späterhin in dem Inneren dieser Zelle Chromatophoren überhaupt nicht mehr nachzuweisen vermocht. Gleichwohl aber möchte ich auch in diesem Falle das vollständige Fehlen der Chromatophoren, die ja oft auch in anderen Fällen (z. B. in den Scheitelzellen ebenderselben Charen) recht schwierig nachzuweisen sind, noch nicht für ausreichend erwiesen halten, da ja gerade in letzterer Zeit für zahlreiche Fälle das anscheinende Fehlen von Chromatophoren als ein nur scheinbares sich herausgestellt hat. Ich glaube deshalb, dass bis jetzt die Analogie der sicher aufgeklärten Fälle gebietet, die bisher noch nicht hinreichend genau aufgeklärten Fälle vorläufig denselben anzureihen und die Entstehung von Stärkekörnern aus dem farblosen Protoplasma bisher allein auf diejenigen Organismen zu beschränken, denen Chromatophoren vollständig fehlen.

der besonders ausgestalteten Organe des Protoplasmas, als welche ja die Chromatophoren sich darstellen. Im letzteren Falle dagegen, in welchem solche besonderen Organe nicht ausgestaltet sind, resp. deren Ausformung unterblieben ist, erscheint auch die genannte Funktion an das Protoplasma selbst gebunden.

Unter den Formen mit chromatophorenhaltigen Zellen aber fügen sich, wie ich in vorstehender Darstellung zur Genüge glaube nachgewiesen zu haben, auch die grünen Euglenaceen, für welche Klebs (l. c. p. 41—42) neuerdings aufs Bestimmteste die Entstehung der Paramylonkörper im Protoplasma, unabhängig von den Chromatophoren, behauptet hatte, durchaus der angegebenen allgemeinen Regel: die Entstehung und Ausbildung ihrer Paramylonkörner ist stets an die Chromatophoren gebunden¹⁾.

III. Die Pyrenoide der Süsswasser-Bacillariaceen.

In dem ersten Theile der vorliegenden Abhandlung ist der Nachweis geführt worden, dass die Pyrenoide der Euglenen den Chromatophoren nicht aufgelagert, sondern eingelagert sind. Dadurch erweisen sie sich in Uebereinstimmung mit den Pyrenoiden der sämtlichen, früher von mir beschriebenen Algen, bei denen ich die Py-

1) Nachträgliche Anmerkung. Erst während des Druckes der vorliegenden Abhandlung erhalte ich Kenntniss von dem kürzlich erschienenen ersten Theile der Bearbeitung der Flagellaten von Bütschli (Bronn's Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Bd. I. Protozoen. Lief. 20—25). In diesem Werke hat Bütschli auch die Organisation der Euglenen ausführlicher behandelt, theils auf Grund eigener Untersuchungen, theils auf Grund der Klebs'schen Angaben. So schliesst er sich in Betreff der Gestaltung der Chromatophoren (p. 718—719) und Pyrenoide (p. 723) einfach der Darstellung von Klebs an. Ueber die Paramylonkörner, namentlich die grösseren, aber fügt er den Angaben von Klebs noch einige weitere Beobachtungen hinzu (p. 727—730), die zum Theil mit den Angaben der vorliegenden Abhandlung übereinstimmen, zum Theil durch dieselben berichtigt und erweitert werden.

renoide stets im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen gefunden hatte. Seit der Veröffentlichung dieser meiner Beobachtungen aber ist ausser für die Euglenen auch noch für einige Bacillariaceen des süssen Wassers das Vorkommen von Pyrenoiden, welche den Chromatophoren aussen angelagert seien, behauptet worden. Es bedarf deshalb im Anschluss an die vorstehende Besprechung der Euglenen auch die Ausbildung der Pyrenoide der erwähnten Bacillariaceen einer etwas eingehenderen Erörterung.

In meiner Abhandlung über „die Chromatophoren der Algen“ (p. 37—38) hatte ich bei einer Reihe mariner Bacillariaceen Pyrenoide beschrieben, dagegen für die Formen des süssen Wassers bemerkt, dass ich bei denselben bisher Pyrenoide noch nicht aufgefunden hätte. Zu Anfang dieses Jahres theilte nun Pfitzer in einer kurzen Notiz¹⁾ mit, dass die von mir „als Pyrenoide bezeichneten dichten kernähnlichen Körper schon 1872“ von ihm „bei einigen Cymbelleen und Gomphonemeen als bestimmt geformte Massen dichterem Plasmas beschrieben und abgebildet worden“ seien. „Die intensive Tinktionsfähigkeit dieser Gebilde“ habe er freilich erst jetzt constatirt. Das Auftreten von Pyrenoiden bei den genannten Süsswasser-Bacillariaceen aber beweise zugleich, dass Pyrenoide nicht auf die Meeresformen der Bacillariaceen beschränkt seien, wie es nach meinen Beobachtungen hätte scheinen können.

Noch bevor ich diese Angabe Pfitzer's kennen lernte, hatte ich selbst Gelegenheit gehabt, mich von dem Vorkommen von Pyrenoiden bei Süsswasser-Bacillariaceen zu überzeugen, indem ich bei *Frustulia saxonica* Rabh. in den Chromatophoren Pyrenoide auffand. Ich hatte dementsprechend auch bereits eine Notiz für die französische Uebersetzung meiner Abhandlung eingesandt, infolgedessen an Stelle der Angabe des deutschen Originals (p. 38): „während ich solche Bildungen bei Arten des süssen Wassers noch niemals beobachtet habe“, die französische Uebersetzung²⁾ die Angabe bringt: „je n'ai observé jusqu' à présent de semblables forma-

1) Pfitzer in Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. I (1883). Heft 1. pag. 47.

2) Revue des sciences naturelles de Montpellier. 3 série, tome 2. (1883). pag. 322.

tions parmi les espèces d'eau douce que chez le *Frustulia saxonica*. Von einer Identität dieser Pyrenoide von *Frustulia* und der „halbkugeligen dichten Plasmamassen zwischen Zellwand und Endochromplatten“, die Pfitzer früher für diese Spezies beschrieben, hatte ich jedoch damals nichts erkannt und hatte infolgedessen in der beigefügten kurzen Beschreibung der Chromatophoren¹⁾ auch nichts davon erwähnt.

Infolge der genannten Angabe Pfitzer's habe ich nun *Frustulia saxonica* aufs Neue untersucht und habe ebenso auch die sämtlichen übrigen Gattungen von Süßwasser-Bacillariaceen, bei denen Pfitzer früher jene „dichten kernähnlichen Körper“ beschrieben hatte²⁾, einer genaueren Prüfung unterzogen. Bei dieser Untersuchung aber bin ich zu Resultaten gelangt, die mit der jüngsten Angabe Pfitzer's keineswegs vollständig übereinstimmen. „Die bestimmt geformten Massen dichteren Plasmas“, die Pfitzer früherhin „bei einigen Cymbelleen und Gomphonemeen“ „zwischen Zellwand und Endochromplatte“ beschrieben und abgebildet hatte, haben zumeist mit den Pyrenoiden der betreffenden Spezies gar nichts zu thun, zum Theil entsprechen sie in der That den Pyrenoiden, liegen dann aber nicht, wie Pfitzer angegeben hatte, „zwischen Zellwand und Endochromplatte“, sondern sind im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen.

Was zunächst die bereits erwähnte *Frustulia saxonica* betrifft, so finde ich bei dieser Spezies, übereinstimmend mit Pfitzer's früherer Angabe (l. c. p. 59), „zwei den Gürtelbändern anliegende Endochromplatten“, welche in „der Zellmitte von der Wand“ sich entfernen, während eine ungefähr halbkugelige hyaline Plasmamasse an dieser Stelle „zwischen Zellwand und Endochromplatte eingeschaltet“ ist (Taf. I. Fig. 26). Allein ich sehe ausserdem noch den mittleren, einwärts gebogenen Abschnitt der einzelnen Platte deutlich

1) Les cellules du *Frustulia saxonica* renferment deux chromatophores de la forme de la plaque du *Licmophora flabellata*; ils n'y sont pas superposés, mais placés l'un à côté de l'autre.

2) Pfitzer, Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen. Bonn 1871.

verdickt¹⁾ und gegen die Zellmitte hin vorgewölbt; in der Gürtelbandansicht der Zelle aber sehe ich die einzelne Platte stets von den Enden her bis auf den mittleren verdickten Abschnitt in zwei (zuweilen drei) Lappen zerspalten²⁾ (Taf. I. Fig. 27). Dieser einwärts gebogene, verdickte Abschnitt der Platte aber enthält im Inneren ein deutlich erkennbares Pyrenoid³⁾. Die mittleren Abschnitte der beiden einander gegenüberliegenden Endochromplatten aber sind untereinander durch eine breite Protoplasmabrücke verbunden, welche wie bei allen Naviculeen den einzelnen Zellkern umschliesst.

In den beiden genannten wandständigen „Plasmamassen“ zwischen Zellwand und Endochromplatten kann ich nun nichts anderes erkennen, als Abschnitte des farblosen Protoplasma-Körpers der Zelle, Abschnitte derselben Art, wie sie auch sonst vielfach in Algenzellen angetroffen werden, deren wandständige Chromatophoren-Platten lokale Einbiegungen aufweisen, wie z. B. die rinnenförmig

1) Nach Pfitzer pflügt die Endochromplatte an der eingebogenen Stelle „etwas durchbrochen zu sein, so dass die halbkugeligen Massen mit der grossen, körnigen Plasmaanhäufung“ in der Mitte der Zelle „in Verbindung stehen“. Ich selbst habe solche Durchbrechungen des eingebogenen mittleren Abschnittes der Endochromplatte jedoch niemals constatiren können.

2) Pfitzer sind diese Einschnitte in der Mittellinie der Platten keineswegs entgangen, allein er sieht in denselben den Beginn einer Längstheilung der Platten. Ich finde jedoch diese Einschnitte ganz constant in allen Endochromplatten auch selbst jüngerer Zellen und glaube deshalb, dieselben als normale Einschnitte deuten zu müssen, nicht als Anfangsstadien der Zweitheilung jener Chromatophoren.

3) In dieser Weise glaube ich jetzt am zweckmässigsten die Beschreibung der beiden Chromatophoren von *Frustulia saxonica* abfassen zu sollen. Als ich diese Spezies zuerst genauer untersuchte, fasste ich die Gestalt der Chromatophoren in die Angabe zusammen, dass jedes Chromatophor eine Doppelplatte darstelle, deren beide schmalen Platten etwas schräg gegen einander gestellt und in der Mitte durch eine kurze, etwas auswärts verschobene Brücke mit eingelagertem Pyrenoid verbunden seien. Ich suchte dadurch diese Chromatophoren an die Chromatophoren von *Licmophora flabellata* anzureihen, mit denen sie ja auch (namentlich deutlich die zweigespaltenen Platten) eine grosse Aehnlichkeit besitzen. Neuerdings aber glaube ich bei der Beschreibung dieser eigenthümlich gestalteten Chromatophoren der systematischen Verwandtschaft von *Frustulia* mit den übrigen Naviculeen (die ja meist zwei wandständige Endochromplatten an den Gürtelbandseiten besitzen) mehr Rechnung tragen zu sollen, und deshalb möchte ich jetzt die obige Darstellungsweise der früheren Beschreibung, die in der französischen Uebersetzung meiner Abhandlung zum Ausdruck gelangt ist (*deux chromatophores de la forme de la plaque du Licmophora flabellata*), vorziehen.

gebogenen Chromatophoren von *Spirogyra*. Dass sie besondere „geformte Inhaltskörper der Zelle“ darstellten, davon vermag ich mich nicht zu überzeugen; eine scharfe Abgrenzung derselben gegen das übrige Protoplasma der Zelle vermag ich nicht zu unterscheiden. Daher sehe ich in denselben einfach nur Abschnitte des Zell-Protoplasmas, Abschnitte, die, soweit ich zu erkennen vermag, auch nicht durch besondere Dichte oder durch „intensive Tinktionsfähigkeit“ vor dem übrigen Zell-Protoplasma ausgezeichnet sind. Pyrenoide aber stellen diese Plasmamassen keinesfalls dar; vielmehr sind Pyrenoide bei *Frustulia saxonica* an ganz anderer Stelle, und zwar im Inneren der Chromatophoren, ausgebildet. —

Der beschriebenen *Frustulia saxonica* schliesst sich nun, wie schon Pfitzer (l. c. p. 60) hervorhebt, im Bau der Einzelzelle *Colletonema vulgare* Thw. sehr nahe an. Ich fand bei dieser Spezies die Chromatophoren ganz ebenso gestaltet wie bei *Frustulia saxonica*. Die wandständigen Endochromplatten, welche mit längslaufenden Einschnitten in der Mittellinie den Gürtelbandseiten der Zelle anliegen, zeigen den mittleren Abschnitt etwas verdickt und gegen das Zellinnere hin eingebogen, während der dadurch gebildete Raum zwischen Zellwand und Endochromplatte von hyalinem Protoplasma ausgefüllt wird. Diese Protoplasmanmassen haben mit Pyrenoiden nichts zu thun, vielmehr finden sich solche Pyrenoide wohl ausgebildet in Einzahl im Inneren jener verdickten und eingebogenen mittleren Abschnitte der Endochromplatten. In der „mittleren körnigen Plasmamasse“ aber, welche die Mitte der ganzen Zelle durchsetzt, ist der einzelne Zellkern eingeschlossen. —

Während nun unter den Naviculeen die beschriebenen „dichteren Plasmamassen zwischen Zellwand und Endochromplatte“ ziemlich selten sind, finden sie sich sehr verbreitet bei den Cymbelleen und sind hier bei einzelnen Formen besonders deutlich ausgebildet.

Nach Pfitzer (l. c. p. 79—80) findet sich bei den Gattungen *Cymbella*, *Cocconema* und *Encyonema* eine einzelne wandständige Endochromplatte, welche mit ihrer Mittellinie der stärker gewölbten Gürtelbandseite anliegt. In der Mitte dieser Gürtelbandseite ist zwischen Zellwand und Endochromplatte eine dichtere Plasmamasse eingeschaltet, welche hier in Gestalt eines querlaufenden Plasmabandes die ganze Breite der Gürtelbandseite einnimmt und

beiderseits noch ein Stückchen auf die Schalen hinübergreift. Diese Plasmamasse soll nun nach Pfitzer's letzter Angabe ein Pyrenoid darstellen.

Ich habe den inneren Bau der Zelle der genannten Gattungen, von denen *Cymbella* und *Cocconema* meines Erachtens mit Recht neuerdings vereinigt werden, am deutlichsten und übersichtlichsten gefunden bei *Cymbella Ehrenbergii* Ktz. (Taf. I. Fig. 29–30). Bei dieser Spezies findet sich eine einzelne wandständige Endochromplatte mit ihrer Mittellinie der stärker gewölbten Gürtelbandseite anliegend. In der Mitte dieser Gürtelbandseite lehnt sich diese Endochromplatte der Zellwand nicht unmittelbar an, sondern ist nach dem Zellinneren hin eingebogen, so zwar, dass diese Einbiegung über die ganze Gürtelbandseite hinüberreicht und auch noch ein wenig auf die Schalen beiderseits hinübergreift. Bis auf diesen eingebogenen mittleren Abschnitt dringen in der Mittellinie der Platte von den Enden her zwei schmale Einschnitte vor¹⁾, und ebenso zeigen auch die Schalenansichten der Zelle je zwei längslaufende Einschnitte der Endochromplatte, der Längslinie der Schalen entsprechend. Jener eingebogene mittlere Abschnitt der Endochromplatte weist gegen das Zellinnere hin eine weit vorspringende, fast kugelige Verdickung auf und umschliesst im Inneren dieser Verdickung ein sehr deutlich ausgebildetes, fast vollständig kugeliges Pyrenoid. Die Plasmamasse aber, welche diese Verdickung der Endochromplatte mit der gegen-

1) Pfitzer hat diese beiden längslaufenden Einschnitte in der Mittellinie der Endochromplatte in seiner Abbildung von *Cymbella gastroides* (l. c. Taf. 4 Fig. 11 gr) ganz richtig dargestellt. Im Texte seiner Abhandlung (p. 79) deutet er diese Einschnitte jedoch als Anfangsstadien der Zweitheilung der ganzen Endochromplatte. Allein ich selbst habe diese Einschnitte hier ebenso wie bei allen analog gebauten Cymbelleen stets an sämtlichen Individuen beobachtet, auch wenn von einem Beginn der Zweitheilung an denselben noch gar nichts zu erkennen war. Ich glaube deshalb, diese Einschnitte nicht als den Anfang einer Theilung auffassen zu dürfen, sondern dieselben ebenso wie jene längslaufenden Einschnitte der Chromatophoren in der Mitte der Schalenseiten deuten zu müssen, nämlich als normale Einschnitte der vollständig entwickelten Endochromplatte.

Ich halte somit die genannten Einschnitte für durchaus analog den oben erwähnten mittleren Einschnitten der Endochromplatten von *Frustulia saxonica* (vgl. oben p. 117. Anm. 2) und deute in ganz gleicher Weise auch die analogen Einschnitte in der Mittellinie der Endochromplatten von *Anomoeoneis* und *Gomphonema*, von denen weiterhin noch die Rede sein wird.

überliegenden Zellwand verbindet, umschliesst den einzelnen (hier etwas nierenförmig gestalteten) Zellkern.

Es ist bei dieser Spezies ausserordentlich leicht, sich mit aller wünschbaren Sicherheit davon zu überzeugen, dass jene einwärts vorspringende Verdickung des mittleren Abschnittes des Chromatophors ein Pyrenoid eingeschlossen enthält. Dieses Pyrenoid setzt sich an der lebenden Zelle deutlich und scharf durch seine lichte Färbung (resp. Farblosigkeit) gegen die umhüllende, intensiv gefärbte Chromatophoren-Substanz ab. Und ebenso lassen gehärtete Materialien den kugeligen Körper des Pyrenoids stets scharf und deutlich hervortreten, mag derselbe nun ungefärbt oder durch die charakteristischen Färbungsmittel deutlich distinkt gefärbt sein. Ein Zweifel über die Bedeutung dieses kugeligen Körpers als Pyrenoid, und zwar als eingelagertes Pyrenoid, kann hier gar nicht obwalten.

Ebensowenig aber kann hier ein Zweifel bleiben über die Bedeutung der hyalinen Plasmamasse, welche an der Stelle jener Einbiegung der Endochromplatte zwischen die Zellwand und den eingebogenen mittleren Abschnitt dieser Endochromplatte eingeschaltet ist. Die Untersuchung lebender Zellen und ebenso die Prüfung gehärteten (farblosen oder gefärbten) Materiales lässt meines Erachtens gar keine andere Deutung dieser Plasmamasse zu als diejenige eines Abschnittes des allgemeinen Zell-Protoplasmas. Eine besondere Dichte dieser Plasmamasse vermag ich nicht zu erkennen, und ebenso wenig konnte ich an derselben eine grössere Tinktionsfähigkeit als an dem übrigen Protoplasma der Zelle unterscheiden, sodass also ein Grund, diese Plasmamasse als besonderen geformten Inhaltkörper der Zelle zu deuten, durchaus nicht vorliegt. —

Ganz analog, doch allerdings etwas weniger klar und deutlich ist der innere Bau der Zelle bei *Cymbella cymbiformis* Bréb. (*Cocconema cymbiformis* Ehrbg.). Auch hier (Taf. I. Fig. 28) ist der mittlere Abschnitt der Endochromplatte, die ganz analog wie bei *Cymbella Ehrenbergii* gestaltet und in der Zelle orientirt ist, etwas einwärts gebogen, sodass zwischen Zellwand und Endochromplatte ein spaltenförmiger Raum entsteht, der quer über die Gürtelbandseite verläuft und beiderseits noch ein wenig auf die Schalenseite der Zelle hinüberreicht. Dieser Raum ist, ganz wie Pfitzer's Abbildung (Taf. 4. Fig. 11) es darthut, mit farblosem

Protoplasma erfüllt. Jener eingebogene Abschnitt der Endochromplatte ist ferner ebenfalls verdickt, sodass er deutlich in das Zellinnere hinein vorspringt, und umschliesst in seinem Inneren ein deutliches Pyrenoid. Allein diese Verdickung ist hier weit weniger ausgiebig als bei *Cymbella Ehrenbergii*, und in gleicher Weise erscheint auch das Pyrenoid, das dieser verdickte Abschnitt des Chromatophors einschliesst, weit weniger ansehnlich und von weit flacherer, zumeist abgeflacht linsenförmiger Gestalt. Dazu erweist sich dasselbe auch als weit weniger substanzreich und tritt sowohl an der lebenden Zelle als an gehärtetem Materiale weit weniger durch grössere Dichte und Lichtbrechung vor der umgebenden Chromatophoren-Substanz hervor als bei jener Spezies. Ja, es ist hier an gehärtetem Materiale vielfach gar nicht möglich, die Grenzen des Pyrenoids genau anzugeben, da die Substanz desselben ohne scharfe Grenze in die nur wenig verschiedene angrenzende Chromatophoren-Substanz übergeht. An dem Vorhandensein dieses Pyrenoids im Inneren der Chromatophoren-Substanz aber lässt die genauere Untersuchung lebenden oder gehärteten Materiales gleichwohl keinen Zweifel übrig; und ebenso zeigt auch hier die genauere Beobachtung ganz zweifellos, dass jene Plasmamasse zwischen der Zellwand und dem eingebogenen mittleren Abschnitt des Chromatophors (die durchaus nicht durch eine besondere Tinktionsfähigkeit ausgezeichnet ist) eben nur einen Abschnitt des gesammten Protoplasma-Körpers der Zelle, keineswegs aber ein Pyrenoid darstellt. —

Dieser Spezies *Cymbella cymbiformis* reihen sich nun noch einige andere Formen von *Cymbella*¹⁾ (incl. *Cocconema*),

1) Dass übrigens innerhalb der Gattung *Cymbella* zuweilen auch eine andere Gestaltung der Chromatophoren auftreten kann als bei den oben erwähnten Formen, dafür fand ich ein Beispiel in *Cymbella lanceolata* Kirchner (*Cocconema lanceolatum* Ehrbg.). Bei dieser Spezies nämlich fand ich ein einzelnes Chromatophor von der Gestalt einer langen, schmalen Platte mit vielfach eingeschnittenen Seitenrändern in der Längsachse der Zelle zwischen den Mittellinien der beiden Schalen so ausgespannt, dass die zahlreichen Lappen der Seitenränder abwechselnd nach rechts und links umgebogen und den Schalen auf der Innenseite angelagert waren. Die ganze Zelle erhielt dadurch auf den ersten Blick gegenüber den übrigen Arten derselben Gattung ein durchaus abweichendes Aussehen. Und auch dadurch unterscheidet sich diese Art von den übrigen beschriebenen Spezies von *Cymbella*, dass ihren Chromatophoren die Pyrenoide vollständig fehlen.

die ich untersuchen konnte, mehr oder weniger enge an. Bei diesen Formen war überall jene Einbiegung des mittleren Abschnittes der Endochromplatte¹⁾ deutlich erkennbar, auch war überall dieser eingebogene Abschnitt verdickt und umschloss ein linsenförmig abge-

Pfitzer (l. c. p. 80) hat die Gestaltung des Chromatophors dieser Spezies ganz anders gedeutet. Nach seiner Auffassung besitzt nämlich bei *Cocconema lanceolatum* das Chromatophor eine ganz analoge Gestaltung wie bei den übrigen Arten der Gattung, nur zeigt dasselbe „stark zerschnittene Plattenränder, und namentlich pflegen die Längslinien“ der Schalen „durch kleine nach innen umgeschlagene Lappen der Endochromplatten dunkelbraun zu erscheinen“. Bei dem Materiale, das ich selbst untersucht habe, ward aber unzweifelhaft die genannte dunkelbraune Färbung der Längslinien durch die Profilansicht der median gestellten Platte selbst verursacht; der stärker gewölbten Gürtelbandseite, der sonst bei *Cymbella* der mittlere Abschnitt der Endochromplatte anzuliegen pflegt, fehlte hier ein wandständiges Chromatophor vollständig.

Durch diese abweichende Gestaltung des Chromatophors aber wird die vorliegende Spezies *Cymbella lanceolata* zu einem neuen Beispiel für die schon früher (Chromatophoren der Algen p. 33. Anm. 1) hervorgehobene Thatsache, dass auch bei den Bacillariaceen die Uebereinstimmung in der Gestaltung der Chromatophoren bei sämtlichen Spezies einer einzelnen Gattung zwar Regel, aber keineswegs ausnahmslose Regel ist.

1) An diesem eingebogenen mittleren Abschnitt des Chromatophors ist nicht selten bei den verschiedensten Arten von *Cymbella* und ebenso auch an den analog gestalteten Chromatophoren von *Frustulia* und anderer Bacillariaceen-Gattungen eine eigenthümliche Ausbildung zu beobachten, die noch einer kurzen Erwähnung bedarf. Jene Einbiegung der Chromatophoren-Platte erscheint in der Flächenansicht von aussen als eine kleine, verschieden gestaltete Grube. Von dem Rande dieser Grube entspringen nun öfter kleine lappenförmige Fortsätze des Chromatophors, die über diese Grube sich hinbreiten und dieselbe mehr oder weniger überdecken. Zuweilen wird dadurch diese Grube nach aussen fast vollständig abgeschlossen; und dann kann in der Schalenansicht der Zelle leicht der Anschein entstehen, als ob die farblose Protoplasma-Masse, welche Pfitzer bei *Cymbella* „zwischen Zellwand und Endochromplatte“ beschrieben hatte, wirklich ein Pyrenoid darstelle, das im Inneren der Chromatophoren-Substanz eingeschlossen sei. Eine genauere Untersuchung aber klärt leicht über die Ursache dieses Irrthums auf.

Die eben erwähnten Bildungen erinnern übrigens in ihrer ganzen Gestaltung durchaus an die dellentartigen Einbiegungen der Chromatophoren-Platten, die Pfitzer für *Suriella dentata* (l. c. Taf. 5. Fig. 2) und ich selbst (Chromatophoren der Algen p. 12 Anm. 1) für eine Spezies von *Nitophyllum* (die ich mit Unrecht als *Nitophyllum Gmelini* bezeichnet hatte, deren genauere Bestimmung aber bisher noch nicht möglich gewesen ist) beschrieben habe. In dem letzteren Falle aber hatte ich in dem eingebogenen Abschnitte des Chromatophors vergebens nach einem Pyrenoid, dessen Vorhandensein mir eben durch die Ausbildung dieser Einbiegung wahrscheinlich geworden war, gesucht.

flaches Pyrenoid. Allein diese Einbiegung war öfters nur wenig bedeutend, die Verdickung nur wenig auffallend und dementsprechend trat auch das Pyrenoid nur wenig deutlich hervor. Bei einigen anderen kleinzelligen Formen von *Cymbella* war die Einbiegung des verdickten pyrenoidhaltigen mittleren Abschnittes des Chromatophors sehr unbedeutend und kaum noch erkennbar, sodass nur die Analogie der vorher erwähnten, grösseren Arten eine besondere Berücksichtigung dieser äusserst schwachen Einbiegung veranlassen konnte. —

Die Gattung *Encyonema* fand Pfitzer (l. c. p. 79) bei seinen Untersuchungen im „Bau der primordialen Zelle“ durchaus übereinstimmend mit *Cymbella*. Ich war deshalb äusserst überrascht, als ich bei einer Untersuchung von *Encyonema prostratum* Ralfs erkannte, dass hier die einzelne Endochromplatte zwar ganz analog gestaltet, aber gerade umgekehrt orientirt ist wie bei den besprochenen Arten von *Cymbella*. Die Mittellinie dieser Endochromplatte lag nämlich nicht der stärker gewölbten, sondern der flacheren Gürtelbandseite an, und dementsprechend waren Zellkern und Pyrenoid gerade umgekehrt orientirt wie bei *Cymbella*. Die Einbiegung der verdickten Mitte der Endochromplatte war übrigens nur eine ziemlich geringe, diese Verdickung ebenfalls eine nur unbedeutende, und dementsprechend trat auch das flach linsenförmige Pyrenoid, das dieser Verdickung eingelagert war, nur sehr wenig deutlich hervor. Eine scharfe Abgrenzung dieses Pyrenoids gegen die angrenzende Chromatophoren-Substanz war an gehärtetem Materiale gar nicht möglich. —

An den kleinzelligen Formen von *Cymbella* war, wie gesagt, die Einbiegung der verdickten, pyrenoidhaltigen Mitte des Chromatophors nur sehr unbedeutend. Eine solche Einbiegung aber fehlte vollständig bei einer kleinzelligen Spezies von *Brebissonia*, die ich im Laufe des letzten Frühjahres auffand. Die einzelne Zelle dieser Spezies enthielt eine einzelne Endochromplatte, deren Mittellinie wie bei *Cymbella* der einen Gürtelbandseite anlag. Eine Einbiegung der Mitte dieser Endochromplatte an jener Gürtelbandseite war gar nicht zu erkennen, wohl aber war dieser mittlere Abschnitt deutlich ein wenig verdickt und enthielt im Inneren ein kleines, flach linsenförmiges Pyrenoid. Dieses Pyrenoid erschien sehr substanzarm und war an gehärtetem Materiale nur sehr schwierig gegen die angren-

zende Chromatophoren-Substanz abzugrenzen; allein seine Anwesenheit war gleichwohl sowohl an lebendem, als auch an gehärtetem Materiale leicht und mit Sicherheit nachzuweisen.

Die Analogie dieser genannten Spezies macht es mir nun sehr wahrscheinlich, dass der Beschreibung des inneren Baues der Zelle von *Brebissonia Böckii* (Ehrbg.) Grun., die Pfitzer (l. c. p. 76—77) giebt, die gleiche Struktur zu Grunde liegt. Nach Pfitzer besitzt die einzelne Zelle dieser Spezies eine einzelne Endochromplatte von analoger Gestalt und Orientirung wie in den Zellen von *Cymbella*, nur erscheint hier die „dichtere Plasmamasse zwischen Zellwand und Endochromplatte“ nicht als ein querlaufendes Band, sondern als ein grosser, halbkugelig Körper. Ich selbst habe *Brebissonia Böckii* bisher noch nicht untersuchen können, doch glaube ich nicht zu irren, wenn ich annehme, dass dieser grosse, halbkugelige Körper hier in der That ein einzelnes Pyrenoid darstellt, das jedoch nicht zwischen Zellwand und Chromatophor eingeschaltet, sondern im Inneren der Chromatophoren-Substanz eingeschlossen ist. Die Analogie der übrigen hier beschriebenen Bacillariaceen scheint mir diese Annahme sehr wahrscheinlich zu machen. —

Aus der letzten Cymbelleen-Gattung, die Pfitzer in seiner Darstellung noch aufführt, der Gattung *Anomoeoneis*, konnte ich die typische Spezies *A. sphaerophora* (Ktz.) Pfitzer selbst genauer untersuchen.

Nach Pfitzer (l. c. p. 78) liegt die einzige Endochromplatte, welche die Zellen dieser Spezies enthalten, mit ihrer Mittellinie der einen Gürtelbandseite an und greift mit ihren Rändern über die Schalenseiten bis auf die gegenüberliegende Gürtelbandseite hinüber. Auf den Schalenseiten schneiden zwei längslaufende Einschnitte, den Mittellinien der Schalen entsprechend, tief in die Endochromplatte ein, und dazu springt noch von dem Seitenrande her eine breite Bucht bis zur Mitte der Schale vor. An der Gürtelbandseite, welcher die Mittellinie der Endochromplatte anliegt, aber schiebt sich in der Mitte ein dichtes, querlaufendes Plasmaband, das in seiner Mitte am schmalsten ist, zwischen Zellwand und Endochromplatte ein, und diese letztere weist an dieser Stelle meist eine kleine Durchbrechung auf.

Von diesen Angaben Pfitzer's kann ich die Beschreibung der allgemeinen Gestaltung der Chromatophoren-Platte durchaus bestätigen (Taf. I. Fig. 25), nur muss ich den erwähnten Einschnitten, welche vom Rande her die Endochromplatte zertheilen, noch zwei längslaufende Einschnitte hinzufügen, welche in der Mittellinie der ganzen Platte vom Rande her ziemlich weit gegen die Mitte hin vordringen¹⁾. Zwischen diesen letzteren Einschnitten bleibt nur ein schmaler mittlerer Abschnitt übrig, in dem ich jedoch niemals eine Durchbrechung zu constatiren vermochte²⁾. Dagegen fand ich diesen Abschnitt, der der Zellwand direkt anliegt, stets deutlich verdickt, und diese Verdickung erstreckte sich, an Breite wesentlich zunehmend, beiderseits bis an die Kanten, in denen Gürtelbandseite und Schalen-seite zusammenstossen, um hier noch ein wenig auf die Schalen-seiten hinüberzugreifen. An diesen Kanten aber war im Inneren der verdickten Chromatophoren-Substanz je ein linsenförmiges, etwas gebogenes Pyrenoid eingeschlossen, die beiden linsenförmigen Pyrenoide der beiden Kanten aber standen unter einander in Verbindung vermittelt eines kurzen schmalen Stranges, der im Inneren des verdickten mittleren Abschnittes des Chromatophors quer über die Mitte der Gürtelbandseite hinweg lief.

Somit kann ich also bei der vorliegenden Spezies die letzte Angabe Pfitzer's, dass jenes querlaufende „dichtere Plasmaband“, das er früher beschrieben hatte, ein Pyrenoid darstelle, vollständig bestätigen. Allein seiner früheren Angabe, dass dieses Plasmaband zwischen Zellhaut und Endochromplatte eingeschaltet sei, vermag ich nicht beizustimmen. Ich sehe vielmehr dieses querlaufende Band

1) Vgl. oben p. 119. Anm. 1.

2) Pfitzer's Abbildung Taf. 3. Fig. 10s zeigt ganz deutlich die Mitte der Endochromplatte an der einen Gürtelbandseite durchbrochen und diese Durchbrechung von einem runden Körper, dem optischen Querschnitt des dichteren Plasmabandes, ausgefüllt. Diese Zeichnung entspricht durchaus den Bildern, welche man bei Betrachtung der Schalen-seite der Zellen bei etwas tieferer Einstellung des Mikroskopes erhalten kann. Allein diese Bilder sind nur mit der grössten Vorsicht zu verwerthen, da hier die genauere Gestaltung des Chromatophors aus der Profilsicht desselben nicht mit Sicherheit zu erkennen ist. Eine genauere Untersuchung etwas schräg liegender Zellen, namentlich von gehärtetem Materiale, dessen Plasmakörper sich ein wenig contrahirt hat, gestattet jedoch, das thatsächliche Verhältniss leicht und mit Sicherheit festzustellen.

ganz deutlich dem Inneren der Endochromplatte eingelagert, ebenso wie dies bei allen bisher beschriebenen Pyrenoiden der Fall gewesen ist.

Dieses Pyrenoid aber erscheint hier in ganz eigenartiger Gestalt. Zwei flach linsenförmige, etwas gebogene Körper stehen unter einander durch einen kurzen schmalen Strang in Verbindung, ganz ähnlich wie es vielfach bei noch nicht ganz vollendeter Zweitheilung eines einzelnen Pyrenoids beobachtet werden kann. In der That glaube ich denn auch die eigenthümliche Gestalt dieses Pyrenoids als eine unvollendete Theilung, als ein Theilungsstadium, das zum Dauerstadium geworden ist, deuten zu dürfen. Die Zweitheilung des einzelnen Pyrenoids, die hier wie anderwärts der Zweitheilung der ganzen Zelle vorangeht, wird hier sehr frühzeitig begonnen, aber nur sehr langsam zu Ende geführt, sodass fast in sämtlichen freischwimmenden Einzel-Individuen das unvollständig getheilte Doppel-Pyrenoid sichtbar ist und nur kurz vor der Zweitheilung der Zelle die Zweitheilung des Pyrenoids zum Abschluss gebracht wird. —

Ausser bei den bisher besprochenen Gattungen hat Pfitzer schliesslich noch für einige Gomphonemeen „dichte Plasmakörper zwischen Zellwand und Endochromplatte“ beschrieben (l. c. p. 89). Nach seiner Angabe besitzen die Arten von Gomphonema und Sphenella eine einzelne Endochromplatte, deren Mittellinie der einen Gürtelbandseite anliegt, und in der Mitte dieser Gürtelbandseite ein einzelnes querlaufendes dichteres Plasmaband, das nach der beige-fügten Abbildung (Taf. 3. Fig. 11_g, Gomphonema constrictum Ehrbg.) über die ganze Breite der Gürtelbandseite hinüberreicht.

Mir selbst ist es leider nicht möglich gewesen, die Spezies von Gomphonema, welche in Pfitzer's Abbildung (Taf. 3. Fig. 11) dargestellt ist, genauer zu untersuchen. Ich muss es deshalb dahingestellt lassen, ob das querlaufende hyaline Plasmaband, das diese Abbildung (Fig. 11_g) zeigt, dieselbe Bedeutung besitzt wie das querlaufende Plasmaband der Fig. 11. Taf. 4 (Cymbella gastroides), d. h. einer querlaufenden Einbiegung der Endochromplatte entspricht. Doch glaube ich dies nach Analogie anderer Arten von Gomphonema, die ich selbst untersuchen konnte, annehmen zu dürfen.

Ich selbst habe nämlich im Laufe des letzten Sommers und Herbstes wiederholt verschiedene Arten von Gomphonema unter-

suchen können. Bei denselben fand ich allgemein das einzelne wandständige Chromatophor, wie Pfitzer beschreibt, mit seiner Mittellinie der einen Gürtelbandseite angelehnt. Auf den Schalenseiten der Zelle drangen, den Mittellinien der Schalen entsprechend, schmale Einschnitte vom Rande bis nahe zur Mitte in die Chromatophoren-Platte vor, und ebenso fanden sich auch auf der einen Gürtelbandseite zwei derartige schmale Einschnitte, welche in der Mittellinie des Chromatophors vom Rande her vorsprangen und nur ein schmales Mittelstück ungetheilt liessen¹⁾. Dieses Mittelstück war ein wenig verdickt und umschloss in seinem Inneren ein flach linsenförmiges Pyrenoid von gerundetem Umriss.

Die Dichte der Substanz dieses Pyrenoides erschien bei den verschiedenen Arten ziemlich wechselnd, und dementsprechend war auch seine Sichtbarkeit (an lebendem oder gehärtetem, ungefärbtem oder gefärbtem Materiale) eine sehr verschiedene. Doch war es in allen untersuchten Fällen deutlich nachzuweisen, wenn auch seine Abgrenzung gegen die angrenzende Chromatophoren-Substanz mehrfach eine sehr undeutliche und verschwommene war, seine zuweilen sehr wenig dichte Substanzmasse ohne jede scharfe Grenze in die angrenzende Chromatophoren-Substanz überging.

Eine nicht unwesentliche Verschiedenheit aber wiesen die untersuchten Arten von *Gomphonema* dadurch auf, dass bei einzelnen Arten der mittlere, verdickte, pyrenoidhaltige Abschnitt von der Zellwand weg deutlich nach innen eingebogen war, bei anderen Arten diese Einbiegung sehr unbedeutend sich erwies, bei anderen Arten endlich von einer solchen Einbiegung eigentlich gar nicht mehr die Rede sein konnte²⁾. Zu den letzteren Arten zählte die Spezies, der die

1) Vgl. oben p. 119. Anm. 1.

2) Innerhalb der Gattung *Gomphonema* tritt somit dieselbe Verschiedenheit in der Ausbildung des pyrenoidhaltigen Chromatophoren-Mittelstückes hervor, die oben innerhalb der Gattung *Euglena* erwähnt ward. Auch bei *Euglena* wiesen die wandständigen scheibenförmigen Chromatophoren bald eine deutliche Einbiegung der pyrenoidhaltigen verdickten Mitte auf (*E. granulata* u. a.), bald lag das scheibenförmige pyrenoidhaltige Chromatophor fast flach der Innenseite der Zellhaut an (*E. gracilis*). Dieselbe Verschiedenheit konnte oben, wenn auch nicht innerhalb der Gattung *Cymbella*, so doch innerhalb der Gruppe der Cymbelleen (*Cymbella Ehrenbergii*, *C. cymbiformis*, — *Brebissonia*) constatirt werden. Auch anderwärts lässt sich dieselbe Verschiedenheit nicht selten

Abbildungen Fig. 23—24 der Taf. I. entnommen sind, *Gomphonema dichotomum* Ktz. (wenn anders die Bestimmung, die ich mit unzureichenden Hilfsmitteln während eines Ferien-Aufenthaltes in Cleve ausführen musste, richtig ist), bei der das Pyrenoid namentlich in der Gürtelband-Ansicht der lebenden Zelle aufs Deutlichste hervortrat. Zu den ersteren Arten aber dürfte wohl *G. constrictum*, die Art, die Pfitzer (l. c.) abgebildet hat, zu rechnen sein, da seine Abbildungen (Taf. 3. Fig. 11) entschieden für diese Deutung sprechen, dieselbe Gestaltung des Chromatophors, die diese Abbildungen zur Darstellung bringen, aber auch bei anderen Spezies von *Gomphonema* constatirt werden konnte.

Die vorstehende Darstellung hat hiermit die sämtlichen Gattungen von Süsswasser-Bacillariaceen, bei denen Pfitzer „dichte Plasmamassen zwischen Zellwand und Endochromplatte“ beschrieben hatte, berücksichtigt. Diese dichteren Plasmamassen erwiesen sich in der grössten Mehrzahl der Fälle als Abschnitte des farblosen Zell-Protoplasmas, welche lokalen Einbiegungen der Chromatophoren-Platte entsprechen. In einigen Fällen stellten sie wirklich Pyrenoide dar; allein diese waren dann stets der Chromatophoren-Platte eingelagert, nicht aufgelagert, also nicht, wie Pfitzer früher beschrieben hatte, „zwischen Zellwand und Endochromplatte eingeschaltet“. Dadurch aber wird Pfitzer's letzte Angabe, bei einigen Süsswasser-Bacillariaceen seien die Pyrenoide bereits 1872 von ihm „als bestimmt geformte Massen dichteren Plasmas beschrieben und abgebildet worden“¹⁾, nicht unwesentlich modifizirt.

Vor allem aber wird dadurch das Vorkommen aufgelagerter Pyrenoide, das durch diese Angabe Pfitzer's für die genannten Süss-

bei Gattungen mit wandständigen pyrenoidhaltigen Chromatophoren beobachten. Und meist ist damit auch eine bald reichlichere, bald weniger reichliche Ausbildung des Pyrenoids selbst verbunden, indem mit einer stärkeren Einbiegung des verdickten Chromatophoren-Mittelstücks meist eine beträchtlichere Grösse und eine bedeutendere Dichte des Pyrenoids Hand in Hand geht.

1) Einige jener farblosen Protoplasma-Massen, die Pfitzer hier beschrieben hat, und zwar die betreffenden Protoplasma-Massen von *Cocconema*, sind bereits, wie auch Pfitzer selbst (l. c. p. 79) hervorgehoben hat, von Ehrenberg (Infusionsthierchen als vollkommene Organismen p. 223) erwähnt und mit einigem Vorbehalt als Samendrüsen gedeutet worden.

wasser-Bacillariaceen behauptet worden war, als irrthümlich nachgewiesen und gezeigt, dass auch bei diesen Süsswasser-Bacillariaceen¹⁾ die Pyrenoide stets im Inneren der Chromatophoren-Substanz eingeschlossen, niemals den Chromatophoren aussen aufgelagert sind.

IV. Bau und Funktion der Pyrenoide.

Den mitgetheilten Beobachtungen zufolge haben sich also die bisher beschriebenen Fälle oberflächlicher nackter Pyrenoide sämtlich als irrthümlich herausgestellt; so weit bis jetzt die Thatsachen vorliegen, sind die Pyrenoide stets im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen. Meinen früheren Angaben über das Vorkommen der Pyrenoide sind somit keine besonderen Zusätze beizufügen. Wohl aber glaube ich, nach einer anderen Richtung hin die bisherige Kenntniss der Chromatophoren erweitern zu können.

Ich hatte bereits früher (Chromatophoren der Algen p. 50—51) darauf aufmerksam gemacht, dass der Grad der Lichtbrechung und die Substanzmenge der Pyrenoide lebender Algenzellen bei verschiedenen Arten eine sehr verschiedene sei, dass ferner vielfach bei derselben Alge die Pyrenoide zu verschiedenen Zeiten in sehr verschie-

1) Ausser den Arten der hier besprochenen Gattungen führen übrigens auch noch andere Süsswasser-Bacillariaceen Pyrenoide in ihren Chromatophoren. So fand ich z. B. bei einigen Formen von *Surirella* in dem einzelnen plattenförmigen Chromatophor, das vom Rande her durch zahlreiche Einschnitte in sehr unregelmässiger Weise zertheilt und zerschlitzt war, zahlreiche sehr kleine Pyrenoide eingelagert, die in solcher Weise über die Fläche der vielfach zerschnittenen Chromatophoren-Platte sich vertheilten, dass jeder Lappen in seiner Mitte ein einzelnes Pyrenoid enthielt. Bei anderen Arten derselben Gattung mit wenig zerschnittener Chromatophoren-Platte suchte ich bisher vergeblich nach Pyrenoiden.

Uebrigens darf es wohl der speziellen Bacillariaceen-Forschung überlassen bleiben, die Verbreitung der Pyrenoide bei den einzelnen Arten genauer zu verfolgen, ebenso wie die mannigfaltig variirte Gestaltung der Chromatophoren für die einzelnen Spezies eingehender festzustellen, wozu durch Pfitzer's Arbeiten ja ein so vortrefflicher Anfang gemacht ist.

denem Grade deutlich sind. In Zellen, deren Chromatophoren gewöhnlich sehr deutliche, glänzende Pyrenoide enthalten, werden zeitweise (namentlich bei der Entwicklung der Zoosporen) diese letzteren sehr undeutlich und äusserst schwierig erkennbar. Offenbar nimmt dabei die Substanzmenge der Pyrenoide mehr und mehr ab; doch ging in den sämtlichen beobachteten Fällen diese Abnahme der Substanzmenge niemals bis zum völligen Schwinden des Pyrenoides fort, mehr oder minder leicht hatte ich die Pyrenoide in allen Entwicklungsstadien der Zellen nachzuweisen vermocht.

Bei dieser Angabe hatte ich es unterlassen, ausdrücklich hervorzuheben, dass bei der Abnahme der Substanzmenge der Pyrenoide die bisherige Grösse derselben im Wesentlichen erhalten bleibe. Die Angabe, die Pyrenoide würden undeutlicher und nur schwierig erkennbar, blieben aber stets als solche erhalten, sprach ja schon deutlich genug die Thatsache aus, dass es sich hier im Wesentlichen um eine gleichmässige Verringerung der Substanzmenge im ganzen Pyrenoid, nicht um eine Verkleinerung des letzteren durch lokale Auflösung der peripherischen Substanzschichten wie etwa bei einem Krystalle handele. Doch sei dies hier nochmals ausdrücklich hervorgehoben und bemerkt, dass in den bisher beobachteten Fällen die Pyrenoide in ihrer ganzen Ausdehnung an Glanz und Dichte abnehmen, ohne an ihrer bisherigen Grösse wesentlichen Abbruch zu erleiden. Inwieweit dabei gleichzeitig eine geringe Abnahme der bisherigen Grösse stattfindet, mag dahin gestellt bleiben. Es war mir bisher nicht möglich, ein einzelnes Pyrenoid direkt zu verfolgen; ohne eine solche direkte Beobachtung aber ist bei der verschiedenen Grösse, die den einzelnen Pyrenoiden stets eigen ist, eine geringe Grössenabnahme derselben nicht mit Sicherheit festzustellen.

Eine solche sehr wechselnde Dichte und Deutlichkeit hatte ich speciell auch für die Pyrenoide von *Euglena viridis* hervorgehoben und ausdrücklich bemerkt, dass bei dieser Spezies die Pyrenoide „nur zuweilen durch stärkere Lichtbrechung von der umgebenden Substanz des Chromatophors sich deutlich abheben“. In den vorstehenden Mittheilungen sind nun noch einige weitere Beispiele von Pyrenoiden, die zumeist nur wenig deutlich hervortreten, beschrieben worden (*E. mutabilis*, *deses*, *olivacea*, die kleineren *Cymbella*-Formen). Eine genauere Untersuchung dieser Pyrenoide aber zeigte,

dass diese in allen den genannten Fällen, mochte nun die Dichte der Pyrenoide und damit ihre Deutlichkeit eine mehr oder minder grosse sein, eine scharfe Abgrenzung gegen die umgebende Chromatophoren-Substanz nicht gestatten, dass vielmehr die Substanz des Pyrenoids ohne scharfe Grenzlinie in die Substanz des Chromatophors übergeht. Und selbst bei substanzreicheren und dichteren Pyrenoiden (z. B. von *E. granulata*) war zuweilen dieselbe Unmöglichkeit einer scharfen Abgrenzung zu constatiren. — Diese Thatsachen finden sich nun auch sonst bei substanzarmen Pyrenoiden bestätigt. Je geringer die Dichte und die Lichtbrechung der einzelnen Pyrenoide ist, um so weniger ist es möglich, eine scharfe Grenzlinie des Pyrenoids anzugeben, um so mehr erscheint diese Grenze verwischt und unbestimmt. Je dichter und glänzender aber die Pyrenoide sind, um so schärfer hebt sich die Substanz derselben von der angrenzenden Chromatophoren-Substanz ab, um so deutlicher tritt eine scharfe Grenzlinie hervor. Und um so leichter gelingt es, die Pyrenoide als selbständige Körper innerhalb einer Höhlung der Chromatophoren-Substanz zur Contraktion zu bringen, während dies bei substanzarmen Pyrenoiden nur schwierig oder, wie in den oben beschriebenen Fällen von Euglenen und Bacillariaceen, gar nicht gelingt.

Hält man nun alle diese angeführten Thatsachen zusammen, so erscheint die Annahme, die Pyrenoide stellten selbständige Körper dar, welche in Höhlungen der Chromatophoren eingeschlossen sind (ähnlich wie Stärkekörner im Inneren der Chromatophoren), nicht zulässig. Ist auch die Abnahme der Dichtigkeit mit dieser Annahme immerhin noch wohl vereinbar, so lässt sich diese letztere doch nicht mehr vereinigen mit der Thatsache, dass die Begrenzung der substanzarmen Pyrenoide gegen die umgebende Chromatophoren-Substanz in vielen Fällen eine so wenig scharfe ist, ja in manchen Fällen eine scharfe Abgrenzung ganz unmöglich wird. Wohl aber sind alle diese Thatsachen sehr wohl vereinbar mit der anderen Annahme, dass die Pyrenoide Theile der Chromatophoren selbst, kleine Abschnitte derselben darstellen, in welchen eine besondere, spezifische Pyrenoid-Substanz in mehr oder minder grosser Menge abgelagert ist. In je geringerer Menge diese Pyrenoid-Substanz vorhanden ist, um so weniger deutlich setzen sich die substanzarmen

Pyrenoide gegen ihre Umgebung ab, um so mehr stimmen sie in ihrem ganzen morphologischen und chemischen Verhalten mit der angrenzenden Chromatophoren-Substanz überein (wie dies mehrere der oben beschriebenen Beispiele von Euglenen und Bacillaria-ceen (z. B. *E. viridis*, *olivacea*) aufs deutlichste darthun). Je reichlicher aber die spezifische Pyrenoid-Substanz in dem einzelnen Pyrenoid angehäuft ist, um so deutlicher und schärfer tritt dieses als selbständiger, stark lichtbrechender und farbloser Körper hervor, und um so mehr erscheinen die Eigenschaften dieser Pyrenoid-Substanz für das gesammte Verhalten des Pyrenoids chemischen Agentien gegenüber bestimmend und maassgebend.

Darnach wäre also in dem einzelnen Pyrenoid eine Grundsubstanz vorhanden, die mit der Grundsubstanz der umgebenden Chromatophoren-Abschnitte durchaus übereinstimmte und nur etwa durch geringere Dichte von derselben sich unterschiede. Diese Grundsubstanz wäre in den substanzarmen Pyrenoiden nur durch geringe Beimengungen verdeckt und müsste hier ziemlich leicht nachweisbar sein: in der That erwies sich ja auch die Masse der substanzarmen Pyrenoide mancher Euglenen in ihren Färbungs-Reaktionen nur wenig unterschieden von der Grundsubstanz der umgebenden Chromatophoren-Abschnitte. In den dichten, glänzenden Pyrenoiden mit reichlicher Ablagerung von Pyrenoid-Substanz aber würde diese Grundsubstanz sehr zurücktreten gegen diese letztere Substanz: und in der That ist es auch in Pyrenoiden dieser letzteren Art bisher noch nicht möglich, das Vorhandensein dieser Grundsubstanz direkt nachzuweisen. Durch den Einfluss härtender Reagentien coagulirt in diesen letzteren Fällen das ganze Pyrenoid zu einem einheitlichen Körper, der bisher eine bestimmte feinere Struktur (wie sie doch die Grundsubstanz desselben auch hier besitzen müsste) noch nicht mit Sicherheit erkennen liess und in seinem chemischen Verhalten sich nicht unwesentlich von der Grundsubstanz des umgebenden Chromatophors unterscheidet.

Leider fehlt es nun bisher noch vollständig an einem Lösungsmittel dieser Pyrenoid-Substanz, das ausschliesslich diese Substanz aus den Pyrenoiden herauszulösen geeignet wäre. Die bisherigen Lösungsmittel lösen sämmtlich die Pyrenoide, namentlich die dichteren, substanzreicheren, vollständig auf, ohne ein Gerüste von Chro-

matophoren-Grundsubstanz zu hinterlassen. Dies beweist freilich gegen das Vorhandensein einer solchen Grundsubstanz, die ja von der eingelagerten Pyrenoid-Substanz mit in Lösung übergeführt werden könnte, ganz und gar nichts. Allein es macht doch den Versuch, diese Grundsubstanz überall in den Pyrenoiden direkt darzustellen und damit die Richtigkeit der vorstehenden Hypothese direkt zu beweisen, vorläufig unmöglich. Andererseits aber ist die vorstehende Hypothese vortrefflich geeignet, die Gesammtheit der vorliegenden Thatsachen unter einen einzelnen Gesichtspunkt zusammenzufassen und dieselben zu erklären, während keine bisher bekannte Thatsache derselben widerstrebt. Dadurch erhält diese Hypothese meines Erachtens einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, und stehe ich deshalb nicht an, dieselbe hier meiner weiteren Darstellung zu Grunde zu legen. —

Dieser Anschauung zufolge würde also eine besondere, spezifische Pyrenoid-Substanz anzunehmen sein, die am reinsten in den dichtesten und glänzendsten Pyrenoiden anzutreffen wäre, deren spezifische Eigenschaften am reinsten in den Eigenschaften dieser Pyrenoide hervorträten. Ja, es wäre jener Anschauungsweise zufolge gar nicht unmöglich, dass in einzelnen sehr stark glänzenden und dichten Pyrenoiden die Grundsubstanz an Masse ausserordentlich zurückträte, die spezifische Pyrenoid-Substanz so sehr überwöge, dass diese Pyrenoide fast als Tropfen reiner Pyrenoid-Substanz anzusehen seien, die chemischen Eigenschaften derselben also fast direkt als die chemischen Eigenschaften der Pyrenoid-Substanz angesehen werden könnten. Da jedoch bisher noch kein Mittel bekannt ist, im einzelnen Falle bei sehr dichten und glänzenden Pyrenoiden bestimmt festzustellen, ob viel oder wenig Grundsubstanz der Pyrenoid-Substanz beigemischt ist und die Eigenschaften der letzteren modifizirt, so erscheint es bis jetzt noch nicht ausführbar, mit Sicherheit die Eigenschaften dieser Pyrenoid-Substanz zu ermitteln, zumal die dichten glänzenden Pyrenoide verschiedener Algen, wie ich bereits früher (l. c. p. 51—53) hervorgehoben habe, in ihrem chemischen Verhalten nicht unbeträchtlich variiren. Doch geht, wie ich ebenfalls bereits (l. c. p. 55—56) hervorgehoben habe, aus der grossen Analogie der Pyrenoide und der Chromatinkörper (resp. der Nukleolen) der Zellkerne soviel wohl mit einiger Bestimmtheit hervor, dass die

Pyrenoid-Substanz der spezifischen Substanz der Chromatinkörper sehr nahe steht und der gleichen Stoffgruppe wie diese zugehört, mit demselben Rechte wie diese zu den Nuklein-Substanzen gerechnet werden muss, wenn auch vielleicht in den Pyrenoiden verschiedener Spezies verschiedene Nukleine vorliegen mögen.¹⁾

1) Diesen Schluss glaubte ich in meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen aus den vorliegenden Thatsachen ziehen zu müssen, obwohl eine spezielle chemische Untersuchung der Pyrenoide damals nicht in meiner Absicht gelegen hatte. Ich gehe auch jetzt nicht ausführlicher auf diese letztere Frage ein. Allein zu einer kurzen Erörterung einzelner chemischer und physikalischer Eigenschaften der Pyrenoide sehe ich mich durch die Besprechung der Pyrenoide von *Spirogyra*, die Arthur Meyer jüngst seinem Aufsätze „Ueber Krystalloide der Trophoplasten und über die Chromoplasten der Angiospermen“ (Bot. Zeitung 1883 p. 493—494) eingeschaltet hat, veranlasst.

In dieser Besprechung zählt Arthur Meyer eine Reihe von chemischen und physikalischen Eigenschaften der Pyrenoide von *Spirogyra* auf, von denen er zwei meiner genannten Abhandlung entnimmt, acht andere aber neu hinzufügt. Von diesen acht Nummern bildet zunächst Nr. 5 „die Pyrenoide sind farblos und homogen“ bereits den Inhalt einer ausführlichen Erörterung in meiner Abhandlung (p. 46—50); ebenso ist die intensive Tingirbarkeit (mittelst Pikrinsäure) gehärteter Pyrenoide durch „Alauncochenille“ und „Nigrosinpikrinsäure“ (Nr. 7) nur eine spezielle Anwendung meiner allgemeinen Angabe (p. 54—55), dass die Pyrenoide durch die spezifischen Färbungsmittel der Chromatinkörper der Zellkerne „(Hämatoxylin, Karmin u. s. w.) sehr leicht und sehr intensiv“ gefärbt werden.

Sehr interessant war mir die Angabe von Nr. 3 und 4, dass Pyrenoide, die in Alkohol gehärtet sind, durch Kalilauge gelöst werden, solche dagegen, die in einer Lösung von Quecksilberchlorid in absolutem Alkohol gehärtet wurden, durch Kalilauge nicht mehr aufgelöst werden. Ich kann die erstere Angabe für Pyrenoide, die kurze Zeit (ca. 18 Stunden) in Alkohol gehärtet worden sind, durchaus bestätigen. Ausserdem aber kann ich noch hinzusetzen, dass Pyrenoide, die mittelst Pikrinsäure (ca. 18—24 Stunden lang) gehärtet wurden, kurze Zeit nach dem Auswaschen in Wasser durch Chloralhydratlösung und durch Essigsäure (man gestatte mir diesen bewährten prosaischen Namen an Stelle des poetischeren Ausdrucks „Eisessig“!), wie Meyer in Nr. 8 behauptet, und ebenso auch durch Kalilauge aufgequellt und gelöst werden, dagegen nach längerem (tagelangem) Liegen in Wasser weder durch Kalilauge, noch durch Essigsäure oder Chloralhydratlösung aufgelöst werden; selbst mehrtägiges Einlegen in concentrirte Essigsäure oder in Chloralhydratlösung vermochte die Pyrenoide nicht zur Lösung zu bringen.

Die Angabe von Nr. 6, wonach die Pyrenoide doppelbrechend sein sollen, hat mir sehr viel Zeit gekostet. Ich habe die nackten Pyrenoide verschiedener lebender Algen untersucht, sowohl solche, die stets nackt sind (*Bangia*, *Cymbella*), als auch solche, die nur zeitweilig nackt sind (*Urospora*, *Spirogyra*), und habe ferner die nackten Pyrenoide der verschiedensten gehärteten Algen geprüft;

Der vorstehenden Anschauungsweise gemäss erscheint es ferner sehr wohl möglich, dass zuweilen in den Chromatophoren so reichlich Pyrenoid-Substanz lokal angehäuft wird, dass diese bestimmend auf die Gestalt des ganzen Pyrenoids einwirkt. Gewöhnlich erweisen sich die Pyrenoide der lebenden Zelle als rundlich abgegrenzte Abschnitte des Chromatophors. Ueberwiegt aber einmal die Pyrenoid-Substanz bedeutend, so erscheint es sehr wohl möglich, dass die Pyrenoid-Substanz ihrem eigenen Krystallisationsstreben folge und

allein von Doppelbrechung habe ich nirgends auch nur die geringste Spur wahrzunehmen vermocht. Speziell waren bei den Pyrenoiden von *Spirogyra* alle meine Bemühungen, Doppelbrechung wahrzunehmen, vergeblich. Die nackten Pyrenoide von *Spirogyra* (die stärkeumhüllten Pyrenoide können natürlich zur Entscheidung dieser Frage gar nicht verwendet werden, da hier die Doppelbrechung der Stärkekörnchen das Resultat der Prüfung fälschen muss) zeigten sich im lebenden und im gehärteten Zustande stets ohne jede Doppelbrechung. Ich muss somit Meyer's Angabe, die Pyrenoide von *Spirogyra* seien doppelbrechend, entschieden in Abrede stellen.

Aufs allerentschiedenste aber muss ich einer anderen Angabe Meyer's widersprechen, der Angabe nämlich, dass die Pyrenoide von *Spirogyra* eine „meist eckige, seltener rundliche“ Gestalt besitzen. Ich habe unter den zahlreichen Pyrenoiden der verschiedensten Algen, die ich bisher eingehender untersuchen konnte, niemals eckige, vielmehr stets nur gerundete Pyrenoide angetroffen. Bei *Spirogyra* speziell waren die nackten Pyrenoide lebender und gut gehärteter Zellen in allen den zahlreichen Fällen, die ich untersucht habe, stets abgerundet, niemals eckig. An stärkeumhüllten Pyrenoiden ist im lebenden Zustande der Zellen über die genauere Gestalt der Pyrenoide gar nichts Sicheres zu ermitteln; an gut gehärtetem Materiale aber sah ich auch hier die Pyrenoide stets abgerundet. Nur an schlecht gehärtetem Materiale (und sei es auch „Pikrinsäurematerial“) sind zuweilen die Pyrenoide zu unregelmässig eckigen Gestalten coagulirt. Und namentlich ist es an gehärtetem Materiale nach dem Verquellen der einzelnen Körner der Stärkehülle leicht, eckige Pyrenoide aufzufinden, wie ein solches z. B. in der Fig. 32 bei Arthur Meyer dargestellt ist. Die unveränderten Pyrenoide aber, wie sie namentlich die nackten Pyrenoide stärkefreier lebender Zellen darstellen, habe ich stets nur abgerundet gesehen.

Für Meyer hatte es an der citirten Stelle ein besonderes Interesse, neben der Doppelbrechung auch eine eckige Gestaltung der Pyrenoide nachzuweisen, da er die Pyrenoide mit den sog. Krystalloiden der Chromatophoren von *Canna*, *Phajus* u. s. w. in Parallele zu stellen suchte. Ich bin mit dieser letzteren Zusammenstellung durchaus einverstanden, erkenne auch sehr wohl, dass diese Zusammenstellung sehr wesentlich erleichtert würde, wenn die Pyrenoide ebenfalls wie die genannten Krystalloide eckige Körper und doppelbrechend wären. Allein — das thatsächliche Verhalten der Pyrenoide in diesen beiden Punkten ist nun einmal ein anderes, von einer *Krystalloid-Natur der Pyrenoide* ist nichts zu bemerken, und muss ich deshalb Meyer's Angaben entschieden bestreiten.

unter Ausschluss oder unter Mitreissen der geringen Menge der Grundsubstanz zu einem Krystall (resp. Krystalloid) sich forme. Solche Krystalle von Pyrenoid-Substanz dürften vielleicht in den Krystalloiden vorliegen, welche zuerst von Schimper¹⁾ für die Chromatophoren von *Canna*, später von Schimper und Arthur Meyer²⁾ für die Chromatophoren von *Phajus* und von einigen anderen, meist monokotylen Pflanzen beschrieben worden sind. Wenigstens stimmen die bisher bekannten Eigenschaften dieser Krystalloide sehr gut mit den bisher bekannten Eigenschaften der Pyrenoide überein, und auch ihr unregelmässiges Auftreten im Inneren der Chromatophoren dürfte sehr für diese Annahme sprechen.³⁾

1) Schimper, Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. Bot. Zeitung. 1880. p. 891.

2) Schimper, Ueber die Gestalten der Stärkebildner und Farbkörner. Bot. Centralblatt. 1882. (n. 44) Bd. XII. p. 175 ff. — Arthur Meyer, Das Chlorophyllkorn. Leipzig 1883. p. 36—40.

3) Zu der vorstehenden Auffassung gelangte ich im Laufe des letzten Sommers bei einer wiederholten Untersuchung der Krystalloide aus der Rinde der grügefärbten Knollen von *Phajus*. Ich fand dabei, dass diese Krystalloide, die in Wasser sich lösen, durch die Härtungsmittel des Protoplasmas gehärtet und durch die charakteristischen Färbungsmittel der Zellkerne intensiv gefärbt werden, analog wie die Pyrenoide der Algen. Diese Thatsachen schienen mir die Annahme nahe zu legen, dass es sich in beiderlei Körpern, den genannten Krystalloiden und den Pyrenoiden, die beide in den Chromatophoren gebildet werden, um analoge Substanzen handeln möchte, die einerseits krystallisirt, andererseits amorph auftreten.

Eine analoge Auffassung hat Arthur Meyer zuerst öffentlich ausgesprochen in seinem bereits oben (p. 134 Anm. 1) citirten Aufsätze (Bot. Zeitung 1883. p. 492 ff.). Er hält die Pyrenoide und die genannten Krystalloide für „homologe Gebilde“ namentlich wegen des analogen Ortes ihres Vorkommens und ihrer Aehnlichkeit „in chemischer und physikalischer Beziehung“. Unter den übereinstimmenden chemischen Eigenschaften führt er ausser den eben genannten Momenten noch die Thatsache auf, dass beiderlei Körper in Chloralhydratlösung sich auflösen, ferner nach dem Härten in Alkohol durch Kalilauge gelöst werden, durch Behandlung mit Quecksilberchlorid aber für kalte Kalilauge unlöslich werden. Die Uebereinstimmung dieser Reaktionen vermehrt in der That die Zahl der übereinstimmenden chemischen Eigenschaften beider Körper und macht ihre substantielle Uebereinstimmung noch wahrscheinlicher. Allein die Uebereinstimmung der physikalischen Eigenschaften der beiderlei Gebilde, die Meyer ausserdem noch anführt, muss ich bestreiten. Während die Krystalloide als ächte Krystalle homogen und doppelbrechend sind und dabei bestimmte eckige Gestalten aufweisen, sind die Pyrenoide abgerundete Körper, nicht doppelbrechend und aller Wahr-

Andererseits erscheint es der vorgetragenen Anschauungsweise durchaus entsprechend, dass (wie es ja thatsächlich vielfach stattfindet) zeitweise die Menge der abgelagerten Pyrenoid-Substanz in dem einzelnen Pyrenoid eine sehr geringe sei, sodass dieses nur schwierig oder fast gar nicht von der Umgebung zu unterscheiden ist. Nahe verwandte Spezies können ferner hinsichtlich der Menge eingelagerter Pyrenoid-Substanz ihrer Pyrenoide wesentliche Unterschiede aufweisen, wie z. B. unter den oben beschriebenen Euglenen die *E. granulata* und *gracilis* in ihren Pyrenoiden weit reichlicher Pyrenoid-Substanz abgelagert enthalten, als die beschriebene

scheinlichkeit nach (vergl. Chromatophoren p. 47 ff.) im Inneren nicht homogen. Ich kann somit Meyer nur insoweit beistimmen, als ich ebenfalls eine chemische Uebereinstimmung der Pyrenoide und der genannten Krystalloide annehmen möchte. Eine physikalische Uebereinstimmung derselben aber muss ich in Abrede stellen.

Welcher Art nun diese Substanz der Pyrenoide und jener Krystalloide sei, darüber hat Meyer sich nur in Bezug auf die Krystalloide näher ausgesprochen. Schimper hatte in einer kurzen Mittheilung (Botanisches Centralblatt 1882. XII. p. 177 u. 178) die Krystalloide von *Canna*, *Phajus* u. s. w. als Krystalle „aus lebensfähigem Plasma“ bezeichnet und hatte darauf in einer ausführlicheren Arbeit (Bot. Zeitung 1883. p. 154) ausdrücklich gesagt: „Das Eiweiss zahlreicher Plastiden tritt in der lebenden Zelle, theilweise oder ganz, vorübergehend oder dauernd, aus dem lebenden in den krystallisirten Zustand über“. „Ihrer chemischen Zusammensetzung nach sind“ diese Krystalle „jedenfalls mit lebendem Plasma nahe verwandt; sie vermögen nämlich direkt in solches überzugehen, ohne, wie die Proteinkrystalle der Samen, zuerst gelöst und in das Zellplasma aufgenommen zu werden, und ohne, wenigstens anfangs, ihre Krystallgestalt ganz aufzugeben.“

Dieser Deutung von Schimper gegenüber betont Arthur Meyer (l. c. p. 491—492), dass diese Krystalle einfache Proteinkrystalle darstellen, die vom Protoplasma sich wesentlich unterscheiden, die nicht direkt in lebendes Plasma übergehen, sondern wie andere geformte Reservestoffe erst gelöst werden müssen, bevor sie innerhalb des lebenden Protoplasmas weitere Verwendung finden. Ueber die speziellere Natur dieser Proteinstoffe spricht sich Meyer jedoch nicht näher aus, ebensowenig wie er sich genauer über die substanzielle Natur der Pyrenoide von *Spirogyra* äussert.

Ich selbst hatte, wie oben gesagt, schon früher hervorgehoben (Chromatophoren der Algen p. 56 Anm. 1), dass die Pyrenoide ihrer Substanz nach den Chromatinkörpern der Zellkerne durchaus analog seien und voraussichtlich ebenso wie diese als nukleinartige Körper angesprochen werden müssen. Ich möchte dementsprechend nunmehr auch die genannten Krystalle für Krystalle einer Nuklein-Substanz ansehen. — Eine genauere chemische Untersuchung wird über die Richtigkeit dieser Hypothese entscheiden müssen.

typische Form von *E. deses* mit sehr wenig deutlichen Pyrenoiden. Ja es können selbst die allernächsten Verwandten in diesem Punkte Verschiedenheiten aufweisen, wie die ebengenannte *E. deses* und die nächstverwandte *E. intermedia*, deren Chromatophoren nach Klebs (l. c. p. 73—74) der Pyrenoide vollständig entbehren.

Thatsächlich fehlen nun auch bei sehr vielen Chromatophoren die Pyrenoide gänzlich oder sind wenigstens in keiner Weise nachzuweisen, weder als besonders abgegrenzte Abschnitte der Chromatophoren, die durch eigenartige Struktur von der Umgebung unterschieden wären, noch als lokale Anhäufungen einer Substanz, die von der umgebenden Substanz durch physikalische oder chemische Eigenschaften sich unterscheiden liesse. Dies kann nun der vorgetragenen Anschauungsweise entsprechend entweder darin seinen Grund haben, dass Pyrenoid-Substanz in diesen Chromatophoren überhaupt nicht ausgebildet wird, und dann natürlich auch nicht bestimmte Abschnitte der Chromatophoren als Ablagerungsstätten dieser Substanz besonders ausgestaltet werden; oder es kann dies auch darauf beruhen, dass die gebildete Pyrenoid-Substanz sich gleichmässig in dem ganzen Chromatophor vertheilt, ohne an besonderen Stellen in grösserer Menge oder ausschliesslich abgelagert zu werden. Eine direkte Entscheidung dieser Frage ist nicht möglich, so lange kein Mittel bekannt ist, kleine Mengen der Pyrenoid-Substanz direkt mit Sicherheit nachzuweisen. Die bisherigen Erkennungsmittel erlauben eben nur, das Vorhandensein von Pyrenoid-Substanz da festzustellen, wo dieselbe in grösserer Menge abgelagert ist, d. i. in den Pyrenoiden; sie geben aber gar keine bestimmte Antwort auf die Frage, ob dieselbe Substanz in geringerer Menge, aber in gleichmässiger Vertheilung auch in den übrigen Abschnitten der pyrenoidhaltigen Chromatophoren vorhanden sei, resp. die ganze Masse pyrenoidfreier Chromatophoren durchdringe. Sollte diese Frage schliesslich in positivem Sinne beantwortet werden, so wäre damit die Kluft zwischen pyrenoidhaltigen und pyrenoidfreien Chromatophoren (und, wie schon erwähnt, kommen solche bei den nächstverwandten Spezies derselben Gattung vor) in sehr einfacher und leicht verständlicher Weise überbrückt. Sollte jedoch der endgültige Entscheid auf diese Frage negativ ausfallen, so würde eine weite Kluft die beiderlei Chromatophoren trennen, da das Vor-

handensein oder Fehlen von Pyrenoiden dann auf wesentliche Differenzen in der chemischen Thätigkeit der Chromatophoren hinweisen würde. Vor der Hand aber ist wenigstens die Möglichkeit einer Beantwortung jener Frage in ersterem Sinne nicht ausgeschlossen, wenn auch für jetzt kaum Momente aufzufinden sein dürften, welche für diese Möglichkeit eine grössere Wahrscheinlichkeit ergeben als für die entgegengesetzte¹⁾. —

Der vorgetragenen Auffassung vom Bau der Pyrenoide entsprechend können endlich Pyrenoide an den verschiedensten Abschnitten der Chromatophoren angelegt werden. Es kann ja doch nach dieser Auffassung Pyrenoid-Substanz eben so gut in einem inneren Abschnitt des Chromatophors abgelagert werden als auch in einem oberflächlichen Theile desselben. Im letzteren Falle würde es zur Bildung oberflächlicher Pyrenoide kommen, im ersteren würden die gebildeten Pyrenoide im Inneren der Chromatophoren eingeschlossen sein. Thatsächlich sind nun, wie oben nachgewiesen ward, bisher nur Pyrenoide der letzteren Art beobachtet worden; allein die Möglichkeit des Vorkommens oberflächlicher, den Chromatophoren aufgelagerter Pyrenoide kann der ganzen Auffassungsweise zufolge durchaus nicht in Abrede gestellt werden. Allerdings dürfte, wenn diese Auffassungsweise die richtige ist, die Grenze zwischen aufgelagerten und eingelagerten Pyrenoiden sehr schwer zu ziehen sein. Denn auch bei aufgelagerten Pyrenoiden, bei denen also einem oberflächlichen Abschnitt des Pyrenoids Pyrenoid-Substanz in reichlicherer Menge eingelagert ist, dürfte aller Analogie nach anzunehmen sein, dass die oberflächlichste Schicht dieses Abschnittes als Grenzschrift von Einlagerung völlig oder fast völlig frei bleibt. Eine solche Grenzschrift des Pyrenoids aber wäre dann (falls nicht etwa das ganze aufgelagerte Pyrenoid von dem Chromatophor als Ganzes sich abtrennen und selbständig zur Contraction sich bringen lässt) von einer dünnen umhüllenden Schicht des Chromatophors nicht anders als durch ihre Dicke zu unterscheiden, und

1) Vielleicht möchte die Thatsache, dass in den Chromatophoren mancher Monokotylen zeitweise Krystalloide ausgebildet werden, sehr dafür sprechen, dass eine gewisse Menge von Pyrenoid-Substanz stets das ganze Chromatophor gleichmässig durchdringt und nur zeitweise bei sehr reichlicher Anhäufung in Gestalt von Krystalloiden sich ausscheidet.

hier wäre dann dem subjektiven Ermessen ganz allein die Entscheidung, ob ein aufgelagertes oder eingelagertes Pyrenoid vorhanden sei, anheimgestellt. Jedenfalls aber kann bei dieser ganzen Anschauungsweise ein wesentlicher Unterschied zwischen aufgelagerten und eingelagerten Pyrenoiden nicht obwalten, aufgelagerte Pyrenoide erscheinen darnach ebensowohl möglich wie eingelagerte, welche letzterer Art die bisher wirklich beobachteten Pyrenoide allerdings ausnahmslos angehören. —

Durch die vorstehende Auffassung vom Bau der Pyrenoide wird nun auch die Frage nach der Bedeutung und Funktion dieser Gebilde einer Prüfung sehr viel mehr zugänglich gemacht, als dies bisher der Fall war. In meiner Abhandlung über die Chromatophoren der Algen hatte ich diese Frage nach der Funktion der Pyrenoide gänzlich unentschieden gelassen, da die vorliegenden Thatsachen sich ebensowohl mit der Annahme vereinigen liessen, dass die Substanz der Pyrenoide „eine leblose Reservesubstanz“ darstelle, als auch mit der Annahme, dass die Pyrenoide „einen Theil, ein Organ des lebendigen Leibes“ der Chromatophoren bilden (p. 65—66). Doch schien mir allerdings die Thatsache, dass die Pyrenoide während der ganzen Lebensdauer der Chromatophoren niemals vollständig aufgelöst werden, wenn sie auch noch so sehr an Substanzmenge abnehmen, gar sehr dafür zu sprechen, „dass die Pyrenoide nicht leblose Inhaltskörper der Chromatophoren, etwa geformte und aufgespeicherte Reservestoffe, darstellen, sondern vielmehr aktiv lebendige und wesentliche Theile dieser Chromatophoren, die an der Lebens-thätigkeit derselben einen wesentlichen und wichtigen Antheil nehmen“ (p. 140).

Die obige Auffassung vom Aufbau der Pyrenoide erlaubt nun, der Entscheidung dieser Frage hier etwas näher zu treten. Wie oben dargelegt ward, bestehen die Pyrenoide aus einem Abschnitt des Chromatophors, welchem Pyrenoid-Substanz in mehr oder minder reichlicher Menge eingelagert ist.¹⁾ Damit ist für jedes Pyrenoid

1) In welcher Weise diese Pyrenoid-Substanz der Grundsubstanz des Chromatophors, die meiner Auffassung nach eine netzfibrilläre Struktur besitzt, eingelagert sein mag, darüber lässt sich zur Zeit noch nichts Bestimmtes aussagen

eine Grundlage aus aktiv lebendiger Substanz, eben der Chromatophoren-Substanz selbst, gegeben, welche zur Erklärung aller der Erscheinungen, die an den Pyrenoiden auf eine lebendige Substanz hinweisen, vollkommen ausreicht. Beobachtet man ja doch an den Pyrenoiden niemals andere Lebenserscheinungen als an den Chromatophoren selbst. Und da nun das Vorhandensein von Chromatophoren-Substanz in den Pyrenoiden, wie oben dargethan ward, höchst wahrscheinlich ist, diese lebendige Substanz zur Erklärung aller Lebenserscheinungen der Pyrenoide aber vollkommen ausreicht, so erscheint die Annahme einer zweiten aktiv lebendigen Substanz in den Pyrenoiden durchaus überflüssig.

Ohnedies würde ja auch die Deutung der Pyrenoid-Substanz als aktiv lebendiger Substanz einen nicht unwesentlichen Unterschied zwischen den Pflanzen mit pyrenoidhaltigen und denjenigen mit pyrenoidfreien Chromatophoren statuiren, da bei dieser Auffassung den ersteren eine besondere, aktiv lebendige Substanz eigen sein würde, welche bei den letzteren (die ja nicht selten denselben Gattungen wie die ersteren angehören) vollständig fehlt oder doch wenigstens bisher nicht nachzuweisen ist. Ein solcher wesentlicher Unterschied nächstverwandter Pflanzen aber dürfte doch wohl kaum wahrscheinlich erscheinen.

Diese ganze Schwierigkeit aber fällt vollständig hinweg, wenn man von jener, wie gesagt, ganz überflüssigen Auffassung der Py-

Es wäre möglich, dass die Pyrenoid-Substanz die Zwischenräume zwischen den Fibrillen des unveränderten oder ein wenig aufgelockerten Gerüstwerkes des Chromatophors erfüllte. Wahrscheinlicher aber will mir die andere Annahme dünken, dass die Pyrenoid-Substanz die Fibrillen selbst durchtränkt, in einzelnen Abschnitten dieser Fibrillen (vielleicht nur im Inneren einzelner Abschnitte) der Substanz derselben beigemischt ist. In diesem Falle könnten dann die einzelnen Pyrenoide vielleicht nur stark angeschwollene, mit Pyrenoid-Substanz erfüllte Abschnitte einzelner Fibrillen darstellen (dann könnte natürlich von einem Gerüst der Chromatophoren-Grundsubstanz in dem einzelnen Pyrenoid nicht die Rede sein). Oder (und dies erscheint mir weit wahrscheinlicher) ein ganzer Abschnitt des Fibrillengerüsts des einzelnen Chromatophors wird zum Pyrenoid, indem seine sämtlichen Fibrillen unter Einlagerung von Pyrenoid-Substanz sich verdicken und seitlich mit einander zu mehr oder weniger lückenlosem Verbands zusammen-schliessen. Die deutlich netzige Struktur, die zuweilen, wie oben (p. 22) erwähnt, an gut gehärteten Pyrenoiden sichtbar ist, möchte sehr für diese letztere Annahme sprechen.

renoid-Substanz als aktiv lebendiger Substanz ganz absieht und ausschliesslich die Chromatophoren-Substanz als aktiv lebendige Substanz, als lebendige Grundlage der Pyrenoide betrachtet. Ich sehe daher in der eingelagerten Pyrenoid-Substanz keine lebendige Masse, die an der Lebensthätigkeit der Chromatophoren aktiven Antheil nähme, sondern erkenne in dieser Pyrenoid-Substanz nur einen Arbeitsstoff, der von der lebendigen, aktiv thätigen Grundsubstanz der Chromatophoren verbraucht und verarbeitet wird, zum Zwecke dieses Verbrauches aber bei den Pflanzen mit pyrenoidhaltigen Chromatophoren in den Pyrenoiden in grösserer Menge zeitweilig aufgespeichert wird. Ich sehe entsprechend in dem einzelnen Pyrenoid einen Abschnitt des lebendigen Chromatophors, in welchem Arbeitsmaterial zeitweise angehäuft ist, einen Abschnitt, der dadurch aber nicht aufhört, einen Theil des lebendigen Chromatophors selbst zu bilden, sodass ich in diesem Sinne auch jetzt noch an der Auffassung festhalte, die mir meine früheren Untersuchungen (l. c. p. 140) als sehr wahrscheinlich erscheinen liessen, der Auffassung nämlich, dass die Pyrenoide der Algen nicht als „leblose Inhaltkörper der Chromatophoren“, sondern als „aktiv lebendige und wesentliche Theile dieser Chromatophoren“ zu betrachten seien.¹⁾

1) Naturgemäss schliesst sich an die obige Erörterung unmittelbar die Frage an, inwieweit die gleiche Anschauungsweise auch auf die Chromatinkörper der Zellkerne sich übertragen lasse. Ich habe früher (Chromatophoren der Algen p. 167 ff) ausführlicher auf die grosse Analogie, die zwischen den Chromatinkörpern der Zellkerne und den Pyrenoiden obwaltet, hingewiesen und habe namentlich hervorgehoben (l. c. p. 56. Anm. 1), dass, wenn wirklich die Chromatinkörper ihrer Hauptmasse nach aus Nuklein bestehen, ebenso auch die Pyrenoide ihrer „Hauptmasse nach aus einem nukleinartigen Körper“ bestehen dürften. Dies legt nun den Gedanken nahe, die obige Auffassung vom Aufbau der Pyrenoide auch auf die Chromatinkörper der Zellkerne zu übertragen.

In der That halte ich denn auch die Auffassung, dass die Chromatinkörper der Zellkerne (kleine oder grössere) Abschnitte der netzfibrillären Grundsubstanz des Zellkerns (vgl. meine Auffassung vom Bau des Zellkerns in den Sitzungsber. d. niederrh. Ges. f. Nat. u. Heilkunde zu Bonn. 1880. p. 171 ff. und Chromatophoren der Algen p. 167 ff.) darstellen, in welchen eine anscheinend nukleinartige Substanz abgelagert ist, für höchst wahrscheinlich. Diese nukleinartige Substanz, das Chromatin Flemming's, erscheint mir als lebloses Arbeitsmaterial, das an einzelnen Stellen der lebendigen Grundsubstanz des Zellkerns in mehr oder minder reichlicher Menge angehäuft ist. Die Chromatinkörper selbst aber bilden mir Abschnitte der lebendigen, netzfibrillären Grundsubstanz, welche zeitweise

Die spezifische Pyrenoid-Substanz aber, welche in diesen Pyrenoiden angehäuft ist, betrachte ich, wie gesagt, nur als Verbrauchsmaterial, das für die Lebensthätigkeit der Chromatophoren zeitweilig

oder dauernd mit Nuklein-Substanz in mehr oder minder reichlicher Menge durchtränkt sind. Dabei können diese Chromatinkörper bald durch lokale Anhäufung von Nuklein-Substanz in kleineren Abschnitten einzelner Fibrillen der Grundsubstanz, bald durch Anhäufung von Nuklein-Substanz in einem grösseren Abschnitt des ganzen Fibrillen-Gerüsts entstehen und im letzteren Falle dann grössere Chromatinkörper erzeugen (wie z. B. die Nukleolen in den Zellkernen von *Chara*, *Nitella*, *Spirogyra* u. s. w.), die den Pyrenoiden durchaus ähnlich sind.

Zuweilen auch erscheint diese Nuklein-Substanz in der netzfibrillären Grundsubstanz der Zellkerne so reichlich angehäuft, dass dieselbe in Krystallgestalt sich selbständig ausscheidet, wie z. B. in den Zellkernen von *Lathraea* (Radtkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper. 1859; Strasburger, Studien über Protoplasma. p. 52—53), *Pinguicula* (Klein, *Pinguicula alpina* in Cohn, Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. III. p. 172—173), *Urtica* (Kallen, Protoplasma von *Urtica urens* in Flora. 1882. p. 79—80) u. s. w. Die sg. Krystalloide dieser Zellkerne stimmen ja in ihrem chemischen und physikalischen Verhalten mit den oben erwähnten Krystalloiden der Chromatophoren von *Canna* u. s. w. sehr nahe überein und dürften daher wohl zu den Chromatinkörpern der Zellkerne in ganz demselben Verhältnisse stehen, wie die letztgenannten Krystalloide zu den Pyrenoiden der Chromatophoren. —

Ganz dieselbe Auffassung dürfte ferner auch auf die Mikrosomen des Protoplasmas (dass ich meinerseits mit dem Ausdrucke „Mikrosomen“ keineswegs sämtliche kleinen Körnchen, die im Inneren des Protoplasmas sich vorfinden, bezeichne, habe ich bereits anderweitig (Bot. Zeitung 1882. p. 552 Anm.) ausdrücklich hervorgehoben), die in ihren Reaktionen den Chromatinkörpern der Zellkerne sich so nahe anschliessen, zu übertragen sein. Ich fasse dieselben auf als kleine Abschnitte des Fibrillengerüsts des Protoplasmas, in welchen eine leblose, (anscheinend) nukleinartige Substanz in mehr oder minder reichlicher Menge angehäuft ist. Dass diese Mikrosomen den Fibrillen des Protoplasmas eingelagert sind, lässt sich leicht bei der Bildung der Zellplatte constatiren (vgl. Strasburger, Zellbildung und Zelltheilung. III. Aufl. p. 342—343); in ihren Reaktionen aber stimmen dieselben so vollständig mit den Chromatinkörpern der Zellkerne überein, dass sie mit demselben Rechte wie diese als nukleinartige Körper aufgefasst werden müssen.

Ob auch die nukleinartige Substanz dieser Mikrosomen zuweilen in Krystallen (resp. Krystalloiden) sich ausscheidet, mag vorläufig dahingestellt bleiben. Manche kleineren Mikrosomen erwecken den Verdacht einer eckigen, krystallartigen Gestalt, ohne dass ihre geringe Grösse erlaubte, diese Vermuthung sicher zu begründen. Andere grössere Krystalloide des Zellprotoplasmas (z. B. die Krystalloide in den Zellen zahlreicher Florideen, mariner Siphonocladaceen u. s. w.) aber erscheinen in ihrer Zugehörigkeit zu den in Rede stehenden Substanzen noch zu wenig sicher gestellt. —

Sehr wohl möglich aber erscheint es mir endlich, dass eine analoge An-

abgelagert ist. Für welche Arbeitsleistung der Chromatophoren jedoch dieses Verbrauchsmaterial verwendet werde, darüber lässt sich bisher noch keine bestimmte Aussage machen. Ist doch sogar die chemische Natur dieser Pyrenoid-Substanz selbst zur Zeit noch keineswegs sicher ermittelt, ihre Nuklein-Natur noch keineswegs zweifellos festgestellt, wenn dieselbe auch mit gleicher Sicherheit behauptet werden kann, wie die Nuklein-Natur der Chromatinkörper der Zellkerne (deren Nuklein-Natur jetzt bekanntlich allgemein angenommen wird). Um so mehr erscheint die Verwendung, welche diese Substanz, die bisher nur mit Vorbehalt als nukleinartig bezeichnet werden kann, in der Lebensthätigkeit der Chromatophoren findet, zur Zeit noch völlig unsicher und zweifelhaft.

Gleichwohl aber bedarf die Beziehung dieser Pyrenoid-Substanz zu einer der Funktionen der Chromatophoren noch einer kurzen Beleuchtung, ihre Beziehung nämlich zur Bildung von Stärkekörnern. Wie oben dargethan ward, ist die Ausbildung geformter Stärkekörner (Amylum- und Paramylon-Körner) in allen bisher genauer geprüften Fällen chromatophorenhaltiger Pflanzen an die Chromatophoren gebunden. In den pyrenoidhaltigen Chromatophoren aber erscheint die Ausbildung der Stärkekörner in so auffallendem Zusammenhange mit den Pyrenoiden, dass der Gedanke, dieser Zusammenhang möchte nicht nur ein lokaler, sondern auch ein genetischer sein, sich unmittelbar aufdrängt. Wie ich nachgewiesen habe, häuft sich in den Amylumheerden der meisten grünen Algen rings um das Pyrenoid in der nächstangrenzenden Schicht des Chromatophors Amylum in ziemlich reichlicher Masse an, und ebenso lagert sich bei einer Reihe von Euglenen (und analog bei den Nematocysten und Bangiaceen) rings um den pyrenoidhaltigen Abschnitt des Chromatophors Paramylon (resp. Florideen-Stärke) in grösserer Menge ab und bildet die sg. Paramylonheerde. Diese

schauungsweise auch auf die Aleuronkörner der Samen zu übertragen sei, dass nämlich diese Aleuronkörner Abschnitte des lebenden Protoplasmas darstellen, in denen zeitweilig (beim Uebergang der Zelle in den Dauerzustand) eine eigenartige Protein-Substanz sich abgelagert. Diese Aleuronkörner würden alsdann nicht den Chromatophoren selbst gleichzustellen sein, wie van Tieghem (Traité de botanique p. 487) geglaubt hatte, sondern in gewisser Beziehung den Pyrenoiden dieser Chromatophoren entsprechen.

Thatsachen weisen mit grosser Entschiedenheit darauf hin, dass an der Bildung der Stärke die Pyrenoide einen sehr wesentlichen Antheil nehmen, dass die Pyrenoid-Substanz zur Bildung der Stärke von den Chromatophoren verwendet werde.

Allein dieser Thatsache steht die andere Thatsache gegenüber, dass von den pyrenoidhaltigen Chromatophoren ausserdem auch noch andere Stärkekörner fern von den Pyrenoiden und offenbar ganz unabhängig von denselben (gewöhnlich etwas später als die Körner der Amylumheerde, doch zuweilen auch früher) angelegt werden¹⁾. Und dazu kommt ferner, dass bei manchen Algen, namentlich bei allen Bacillariaceen, die pyrenoidhaltigen Chromatophoren niemals Stärkekörner ausbilden.

Aus dieser letzteren Thatsache folgt zunächst unzweifelhaft, dass die Pyrenoid-Substanz nicht in allen Fällen zur Bildung von geformten Stärkekörnern von den Chromatophoren verarbeitet wird. Und andererseits scheint die erstere Thatsache darauf hinzuweisen, dass von den Chromatophoren vielfach Stärkekörner ausgebildet werden ohne Zuhülfenahme von Pyrenoid-Substanz. Allein diese beiden Folgerungen sind doch keineswegs vollständig entscheidend gegen die Annahme, dass die Pyrenoid-Substanz zur Ausbildung von Stärkekörnern von den Chromatophoren verwendet werde. Es könnte ja sein, dass bei denjenigen pyrenoidhaltigen Chromatophoren, welche keine Stärkekörner ausbilden, die Pyrenoid-Substanz zur Ausbildung einer anderen, stärkeähnlichen Substanz, welche nicht in Gestalt bestimmt geformter Körner sich ablagert, verarbeitet wird (und als solche möchten vielleicht die sg. Fetttropfen der Bacillariaceen, die so vielfach längs der Fläche der Chromatophoren auftreten, angesehen werden können); dann aber würde die Pyrenoid-Substanz allgemein zur Ausbildung stärkeartiger Substanzen, welche theils in Gestalt

1) Die sehr naheliegende Vermuthung, dass auch diesen vereinzelt Stärkekörnern Pyrenoide, wenn auch vielleicht sehr kleine und substanzarme Pyrenoide, zu Grunde liegen möchten, hat sich bei genauer Untersuchung weder bei den untersuchten Euglenen, noch bei zahlreichen grünen Algen, die ich auf diesen Punkt hin eingehender prüfte, bestätigt. Ich habe bisher in keinem einzigen Falle besondere kleine Pyrenoide an den vereinzelt Stärkekörnern pyrenoidhaltiger Chromatophoren aufzufinden vermocht, ebensowenig wie es mir bisher gelungen ist, bei den Stärkekörnern pyrenoidfreier Chromatophoren kleine Pyrenoide, die der unmittelbaren Beobachtung sich leicht entziehen, nachzuweisen.

bestimmt geformter Körner abgelagert werden, theils in flüssigem Zustande verharren, Verwendung finden. Andererseits aber ist ja auch die Möglichkeit gar nicht ausgeschlossen, dass auch zur Ausbildung der vereinzelt Stärrkekörner, die nicht in unmittelbarer Nähe der Pyrenoide entstehen, Pyrenoid-Substanz verwendet werde, welche vielleicht in geringer Menge und in gleichmässiger Vertheilung innerhalb des ganzen Chromatophors vorhanden ist. Es wäre schliesslich aber auch gar nicht unmöglich, dass in dem einen Falle die lebendige Chromatophoren-Substanz zur Ausbildung von Stärrkekörnern Pyrenoid-Substanz verwendet, in anderen Fällen aber solche Stärrkekörner ohne Zuhülfenahme von Pyrenoid-Substanz verfertigt. Unter diesen Verhältnissen erscheint somit die Möglichkeit durchaus offen, dass trotz des direkten Widerspruches, welchen die angeführten Thatsachen auf den ersten Blick gegen die obige Annahme zu erheben scheinen, dennoch diese Annahme, auf welche die Ausbildung der Amylumheerde und Paramylonheerde mit solcher Entschiedenheit hinweist, wirklich dem thatsächlichen Verhalten entspreche. Allein von einem bestimmten Beweise dieser Annahme kann bisher noch gar nicht die Rede sein. Und so soll für diese Annahme denn auch hier nur die Möglichkeit hervorgehoben werden, ein genetischer Zusammenhang zwischen Pyrenoiden und Stärrkekörnern (auf den der lokale Zusammenhang der beiderlei Gebilde so deutlich hinweist¹⁾, dass eine Erörterung dieser Frage hier nicht um-

1) Auf einen solchen genetischen Zusammenhang von Pyrenoiden und Stärrkekörnern weist übrigens auch noch die andere Thatsache hin, dass vielfach beim Erlöschen der Stärrkebildung auch die Substanzmenge der Pyrenoide abnimmt. So ist bekanntlich bei grünen Algen die Thatsache sehr verbreitet, dass bei Beginn der Zoosporen-Bildung alle vorhandenen Stärrkekörner aufgezehrt, neue Stärrkekörner aber nicht mehr gebildet werden. Damit geht dann fast in allen Fällen Hand in Hand die Erscheinung, dass die Pyrenoide sehr substanzarm werden und schliesslich kaum noch erkennbar sind. Kultivirt man ferner gewisse grüne Algen z. B. einzelne Arten von *Spirogyra* längere Zeit im Halbdunkel, so erscheint nach einiger Zeit sämmtliche Stärrke aufgebraucht, und gleichzeitig sind die Pyrenoide so substanzarm geworden, dass sie nur schwierig deutlich zu erkennen sind, während sie dort, wo infolge sehr üppigen Wachsthums der Zellen momentan einmal alle Stärrke der Amylumheerde verschwunden ist (z. B. vielfach in Fäden von *Urospora*, die im Herbste frisch aus dem Meere geholt werden), substanzreich und deutlich erkennbar hervortreten. Alle derartigen Thatsachen lassen natürlich einen genetischen Zusammenhang zwischen Pyrenoiden und Stärrkekörnern sehr möglich

gangen werden konnte) nur als keineswegs unwahrscheinlich hingestellt werden ¹⁾).

und sogar nicht unwahrscheinlich erscheinen, doch trage ich in Anbetracht der oben hervorgehobenen, widersprechenden Thatsachen gleichwohl noch Bedenken, einen solchen Zusammenhang, sei es auch nur hypothetisch, direkt behaupten zu wollen.

1) Obwohl somit ein genetischer Zusammenhang zwischen der anscheinend nukleinartigen Pyrenoid-Substanz und den Stärkekörnern bisher nur als möglich bezeichnet werden kann, so möchte ich doch nicht unterlassen, hier noch kurz auf eine Analogie hinzuweisen, die in dem Falle, dass jene Möglichkeit als Gewissheit sich herausstellt, die Bildung der Stärkekörner mit der Bildung der (in ihrem chemischen Charakter so ähnlichen) pflanzlichen Zellmembranen aufweist.

Die pflanzliche Zellmembran entsteht, wie ich anderwärts (Sitzb. d. nieder-rhein. Ges. für Nat. u. Heilkunde zu Bonn. 1880 p. 250 ff.) dargethan habe und wie Strasburger (Bau und Wachsthum der Zellhäute. 1882) seitdem für zahlreiche Fälle nachgewiesen hat, durch Umwandlung von Protoplasma. Bei diesem Umwandlungs-Prozesse werden in sehr vielen Fällen Mikrosomen, die, wie schon oben (p. 143 Anm.) bemerkt, anscheinend aus nukleinartiger Substanz bestehen, verbraucht und verwendet, in anderen Fällen aber sind solche Mikrosomen bei der Bildung der Membran-Lamellen nicht nachzuweisen.

In gleicher Weise entsteht nach Strasburger (Bau und Wachsthum der Zellhäute p. 147 ff.) (und ich selbst habe mich bereits früher dieser Theorie vollständig angeschlossen [vgl. Chromatophoren der Algen p. 150]) die Substanz der Stärkekörner durch Umwandlung der Grundsubstanz der Chromatophoren. Wird nun in der That, wie es oben als möglich hingestellt ward, die nukleinartige Pyrenoid-Substanz von den Chromatophoren zur Ausbildung der Stärkekörner verwendet, so würde zu der Analogie, die zwischen Stärkekörnern und Zellmembranen hinsichtlich ihrer Entstehung durch Umwandlung von protoplasmatischer Substanz obwaltet, noch die weitere Analogie hinzutreten, dass bei der Entstehung der beiderlei Substanzen in vielen Fällen nukleinartige Substanz, welche in geringerer oder grösserer Menge vorher abgelagert sich vorfand, verbraucht wird, in anderen Fällen aber solche lokal abgelagerte Nuklein-Substanz nicht mit zur Verwendung gelangt.

Es wäre aber auch gar nicht unmöglich, dass gleichwohl in beiden Fällen, sowohl bei der Entstehung der pflanzlichen Zellmembran, als auch bei der Ausbildung der Stärkekörner stets nukleinartige Substanz verbraucht wird, diese Nuklein-Substanz aber nur in einzelnen Fällen vorher in grösserer Menge lokal sich anhäuft in den Pyrenoiden resp in den Mikrosomen und dann leicht nachzuweisen ist, in anderen Fällen aber vorher nicht lokal angehäuft wird und dadurch bisher dem Nachweise vollständig entgeht.

V. Feinere Struktur der Chromatophoren.

Die feinere Struktur der Chromatophoren¹⁾ ist in letzterer Zeit wiederholt Gegenstand der Erörterung gewesen; bisher aber gehen die Resultate, zu denen die einzelnen Autoren gelangt sind, in dieser Frage noch ziemlich weit aus einander.

1) Im Interesse der Leser, die sich in letzter Zeit nicht speziell mit dem Studium der Chromatophoren beschäftigt haben, dürfte es von Nutzen sein, die zahlreichen neuen Benennungen, die für diese Körper neuerdings vorgeschlagen worden sind, einmal übersichtlich zusammenzustellen.

Von den grünen Chlorophyllkörpern oder Chlorophyllkörnern der sg. höheren Pflanzen hatte zuerst Dehnecke die „nicht assimilirenden Chlorophyllkörner“ (Inaugural-Dissertation. Bonn 1880) und bald darauf Schimper die „Stärkebildner“ (Bot. Zeitung 1880. p. 886) unterschieden. Der letztere Ausdruck war in der französischen Uebersetzung von Schimper's Abhandlung (Ann. sc. nat. VI sér. t. XI. [1881] p. 258) durch „corpuscules amylogènes“ wiedergegeben worden; statt dessen aber schlug Errera (L'épithème des ascomycètes. 1882. p. 74. Ann. 2) den Ausdruck „amyloplasten“ dafür vor.

In dem 4. Hefte seines *Traité de botanique* (p. 486 ff.) fasste dann Van Tieghem (1882) die bisherigen Chlorophyllkörper, Farbstoffkörper, Stärkebildner und Aleuronkörner als „leucites“ zusammen und unterschied darunter als „leucites actifs“ die „chromoleucites“ („xantholeucites“, „chloroleucites“) von den „leucites de réserve“ oder „grains d'aleurone“.

Der Ausdruck „Chromatophoren“ ward, soweit ich sehe, zuerst angewandt von Schaarschmidt für echte Chlorophyllkörper (Ueber die Theilung des Chlorophylls. Referat im Bot. Centralblatt 1880. I. p. 457), dann von Zopf für die Farbstoffkörper einer blaugrünen Alge (Botanisches Centralblatt 1882. [Bd. X] Nr. 14). Für die Farbstoffkörper der Bacillariaceen ist schon früher (soviel ich weiss, zuerst durch Pfitzer [Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Bacillariaceen 1871. p. 32]) der Ausdruck „Endochromplatten“ resp. „Endochromkörner“ in allgemeinen Gebrauch gelangt.

Ich selbst habe dann die „leucites actifs“ von Van Tieghem zusammengefasst als „Chromatophoren“ (zuerst erwähnt bei Strasburger, Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne [Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. 21] p. 4) und als Unterarten dieser Chromatophoren unterschieden „Chlorophoren“, „Erythrophoren“, „Phäophoren oder Melanophoren“ u. s. w. (Chromatophoren der Algen p. 4). Zu diesen Chromatophoren rechnete ich auch noch die verschiedenartigen Farbstoffkörper der Blüten und Früchte der Phanerogamen, die Stärkebildner u. a. ähnliche Bildungen, für die ich damals keine speziellen Benennungen vorschlug, für welche man aber leicht analoge Benennungen wie die eben genannten (z. B. „Amylophoren“ für die Stärkebildner) bilden kann.

Kurze Zeit nach der Publikation meiner Abhandlung über die Chromato-

Die ältesten Angaben über eine feinere Struktur der Chromatophoren rühren bekanntlich von Rosanoff her, der bei der Untersuchung der Chlorophyllkörper von *Bryopsis plumosa* (in Wasser) eine feine Areolenzeichnung beobachtete, welche „auf der Flächenansicht als Gitterung, auf der Durchschnittsansicht als radiale Streifung sich darstellt“. Hofmeister theilte diese Beobachtungen in seiner „Lehre von der Pflanzenzelle“ (1867. p. 369) mit und suchte dieselben für eine Theorie der feineren Struktur der Chlorophyllkörper zu verwerthen.

Längere Zeit hindurch blieb dann die vorliegende Frage ohne speziellere Bearbeitung, bis Pringsheim 1879 dieselbe wieder aufnahm und in der vierten Abtheilung seiner „Untersuchungen über das Chlorophyll“¹⁾ seine Beobachtungen über die feinere Struktur der

phoren der Algen fasste Engelmann (Bot. Zeitung 1883. p. 18 ff.) alle Farbstoffe der Chromatophoren lebender Zellen zusammen als „Chromophylle“ und bezeichnete die betreffenden Farbstoffkörper zusammenfassend mit dem Ausdrucke „Chromophyllkörper“.

Statt des Ausdrucks „Chromatophoren“ führte dann Schimper (Bot. Centralblatt 1882. XII. p. 175—176 und Bot. Zeitung 1883. p. 108) für die „Chlorophyllkörner, Stärkebildner und Farbkörper“ die zusammenfassende Bezeichnung „Plastiden“ ein und unterschied darunter „Leukoplastiden (Stärkebildner), Chloroplastiden (Chlorophyllkörper) und Chromoplastiden (Farbkörper“.

In gleicher Weise schlug Arthur Meyer (Bot. Centralblatt 1882. XII. p. 314 vgl. auch die ausführlichere Arbeit: Das Chlorophyllkorn 1883.) als zusammenfassenden Namen für Chlorophyllkörper, Farbstoffkörper und Stärkebildner den Ausdruck „Trophoplasten“ vor und unterschied „Anoplasten“ (Stärkebildner), „Autoplasten“ (Chlorophyllkörper) und „Chromoplasten“ (Farbkörper).

Neuerdings hat endlich Klebs (Ueber die Organisation einiger Flagellatengruppen 1883. p. 9, 34 ff.) den Ausdruck „Chromatophoren“ in sehr zweckmässiger Weise durch „Farbstoffträger“ übersetzt und gebraucht dementsprechend für die bisherigen Chlorophyllkörper den Ausdruck „Chlorophyllträger“. —

So ist also neuerdings in der Litteratur eine recht ansehnliche Auswahl von Benennungen für die früheren Chlorophyllkörper und Farbstoffkörper vorhanden und ist genügend Gelegenheit geboten, nach subjektiver Vorliebe unter diesen Benennungen zu wählen. Dass in der That von dieser Möglichkeit auch in ausgiebiger Weise Gebrauch gemacht wird, zeigt ein Blick in die neueste Litteratur. Für denjenigen Botaniker jedoch, der nicht spezieller die Litteratur der Chlorophyllkörper im Einzelnen verfolgt hat, stellt sich allmählich das Bedürfniss nach einer übersichtlichen Zusammenstellung dieser Terminologie heraus, und diesem Bedürfniss wollte die vorstehende Uebersicht, die hoffentlich vollständig ist, abzuhelpen suchen.

1) Monatsberichte der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom November 1879.

Chlorophyllkörper mittheilte. Es gelang Pringsheim, durch eine bestimmte Behandlung der Chlorophyllkörper mittelst Salzsäure ein Oel aus denselben auszuziehen und alsdann an den entölten Chlorophyllkörpern eine schwammförmig-poröse Struktur nachzuweisen. „Die Constanz und Gleichmässigkeit, mit welcher dieser schwammförmig-poröse Bau bei vorsichtiger Behandlung bei allen Chlorophyllkörpern hervorgerufen wird, erweist“ nach Pringsheim (p. 15 des Sep.-Abdr.) denselben „als die normale Struktur“ dieser Chlorophyllkörper. „Die festen Bestandtheile bilden das Gerüste, das Oel und der in demselben gelöste Chlorophyllfarbstoff durchtränken dasselbe und füllen seine Poren aus.“ „Nur die völlige Durchtränkung mit Oel lässt dasselbe im normalen Zustande homogen erscheinen.“

Dieselben Resultate finden sich dann später in Pringsheim's ausführlicher Arbeit „Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunktion in der Pflanze“¹⁾ weiter ausgeführt. „Die feste Grundsubstanz der Chlorophyllkörper, die ihre Form bestimmt, bildet“ „ein schwammförmiges Gerüste, welches im normalen Zustande von dem ölartig-flüssigen Träger des Farbstoffs und dem Hypochlorin durchtränkt ist“. Dieses schwammförmige Gerüste lässt sich durch eine Reihe verschiedenartiger Procedures von dem Oele befreien und isolirt zur Anschauung bringen. Gerade der Umstand aber, dass die „verschiedenen Behandlungsweisen, durch Wärme, durch Salzsäure, durch Lösungsmittel, durch Licht ganz ohne Einfluss auf die Erscheinung sind, zeigt offenbar, dass in dem Bau der entfärbten Chlorophyllkörper sich die normale Struktur und Organisation derselben im natürlichen Zustande ausdrückt“. Die Annahme, dass jene schwammförmig-poröse Struktur der entölten Chlorophyllkörper durch die Einwirkung der verschiedenen genannten Agentien aus der Struktur der intakten lebenden Chlorophyllkörper erst secundär hergestellt worden sei, wird somit nach Pringsheim durch die Uebereinstimmung der Wirkungsweise jener so sehr verschiedenen Agentien widerlegt.

Inzwischen hatte Frommann an den lebenden Chlorophyllkörpern selbst eine feinere Struktur nachgewiesen. Im Anschluss an seine Untersuchungen über die feinere Struktur des lebenden Protoplasmas fand er auch in den lebenden Chlorophyllkörpern der Phanerogamen

1) Pringsheim, Jahrbücher für wissensch. Botanik. Bd. XII. p. 311 ff.

eine sehr feine, netzfibrilläre Struktur deutlich erkennbar, das ganze Chlorophyllkorn durch ein Netzgerüste grün gefärbter Fibrillen dargestellt.

Die erste Publikation¹⁾ einer solchen netzfibrillären Struktur lebender Chlorophyllkörper (von *Rhododendron* und *Dracaena*, Februar 1879) durch Frommann reicht noch vor die Veröffentlichung der erwähnten Untersuchungen Pringsheim's (November 1879) zurück. Doch blieben diese Mittheilungen Frommann's unter den Botanikern zunächst ganz unbeachtet. Erst seine ausführlichere Veröffentlichung²⁾ aus dem Jahre 1880 lenkte etwas mehr die Aufmerksamkeit auf sich, ohne dass jedoch diese Anschauungen Frommann's botanischerseits Zustimmung zu finden vermochten³⁾.

Die Frage, inwieweit die beschriebene netzfibrilläre Struktur der lebenden Chlorophyllkörper mit dem schwammig-porösen Bau der Chlorophyllkörper, den Pringsheim beobachtet hatte, zusammenfällt, hat Frommann auch in seiner zweiten grösseren Abhandlung, die nach Pringsheim's erster Publikation erschienen ist, nicht weiter berührt. Dieser letzteren Frage aber bin ich selbst in meiner Abhandlung über die „Chromatophoren der Algen“ näher getreten.

Ich fand nämlich bei meiner Untersuchung der Chromatophoren der Algen einerseits Frommann's Angaben bestätigt⁴⁾, insofern ich bei mehreren Algen im lebenden Zustande eine sehr feine (au-

1) Sitzungsberichte der Jenaischen Gesellschaft für Medicin und Naturwissenschaften 1879, p. 56. Sitzung am 21. Februar.

2) Frommann, Beobachtungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protoplasmas der Pflanzenzellen. Jena 1880.

3) Dieses letztere Resultat hat zum grossen Theile darin seinen Grund, dass der Verfasser, abgesehen von der geringen Uebersichtlichkeit seiner Darstellung, manche Angaben mittheilt, die mit der heutigen botanischen Zellenlehre nicht zusammenzureimen sind und offenbar auf irrthümlichen Beobachtungen oder Deutungen beruhen. Allein diese Thatsache vermag doch durchaus nicht den Werth der zahlreichen richtigen neuen Beobachtungen, die Frommann's Abhandlung enthält, zu entkräften und rechtfertigt keineswegs die Geringschätzung, mit der z. B. Arthur Meyer (das Chlorophyllkorn p. 15) über Frommann's Arbeiten hinweggehen zu dürfen glaubt.

4) Allerdings hatte ich „eine so deutliche feinnetzige Struktur, wie sie Frommann“ für einige Chlorophyllkörper abgebildet hatte, bei den Algen „nirgends an lebenden Chromatophoren zu unterscheiden vermocht“. (Vgl. Chromatophoren der Algen p. 29. Anm. 1.)

scheinend netzige) Struktur der Chromatophoren nachzuweisen vermochte (p. 29); andererseits konnte ich, durchaus in Uebereinstimmung mit Pringsheim's Angaben, bei zahlreichen Algen durch Behandlung mit verschiedenen Reagentien eine schwammförmig-poröse Struktur der Chromatophoren sichtbar machen (p. 30); ausserdem aber gelang es mir, durch Behandlung der Chromatophoren mittelst Pikrinsäure vielfach die ersterwähnte Struktur der lebenden Chromatophoren zu erhalten, resp. an Chromatophoren, die mir im lebenden Zustande strukturlos erschienen, eine analoge feinere Struktur sichtbar zu machen. Beim Vergleiche dieser verschiedenen Strukturen fand ich nun, dass die Gerüste Pringsheim's in den meisten Fällen nicht einfach identisch waren mit den Strukturen, die an lebenden oder gut gehärteten Chlorophyllkörpern sichtbar wurden, von diesen vielmehr durch ein mehr grobmaschiges, deutlich schwammig-poröses Gefüge sich unterschieden¹⁾. Daher glaubte ich, bei der Beantwortung der Frage nach der ursprünglichen Struktur der intakten Chromatophoren nur die Resultate berücksichtigen zu sollen, welche an gut gehärteten Chromatophoren (die, wie gesagt, mit den lebend untersuchten Chromatophoren vielfach vollständig übereinstimmten) gewonnen waren, um meine Auffassung vom feineren Bau der intakten Chromatophoren gegen den Einwurf, dass es sich nur um secundäre Desorganisations-Erscheinungen handele, vollständig sicher zu stellen. Diese Beobachtungen an gut gehärteten und an lebenden Chromatophoren aber veranlassten mich, in Uebereinstimmung mit Frommann den Chromatophoren der Algen allgemein eine sehr feine Netzstruktur mit gefärbten Netzfibrillen zuzuschreiben.

In der Annahme einer feinen Gerüststruktur der Chlorophyllträger stimmte ich somit nicht nur mit Frommann, sondern auch mit Pringsheim vollständig überein. Allein die Chromatophoren-

1) Dass in ähnlicher Weise die feinere Struktur des Zellkerns durch Alkohol, verdünnte Salzsäure, verdünnte Pikrinsäure u. s. w. nicht vollständig unverändert erhalten, vielmehr vielfach modifizirt wird, das ist heutigen Tages unter den Histologen eine allgemein anerkannte Thatsache. Die Strukturen, die durch derartige Reagentien an Zellkernen nachgewiesen werden, gelten deshalb allgemein für sehr zweifelhaft, solange nicht ihre Identität mit der Struktur lebenden oder gut gehärteten Materiales nachgewiesen worden ist. Die Erfahrung aber hat gelehrt, dass diese Identität selten eine vollständige ist, dass die genannten Reagentien an Zellkernen meist allerlei Veränderungen der Struktur hervorrufen.

Gerüste, die Pringsheim abgebildet hat, vermochte ich nicht als die unveränderten Gerüste der intakten Chromatophoren anzuerkennen, glaubte vielmehr dieselben als mehr oder weniger veränderte Gestalten, die durch die Einwirkung der Reagentien aus den ursprünglichen Gerüsten hergestellt wurden¹⁾, deuten zu müssen. Und ebenso vermochte ich mich der Annahme, dass nicht nur das ganze Gerüstwerk selbst von einer gefärbten Lösung durchtränkt, sondern auch die Hohlräume des Gerüsts von dieser Lösung erfüllt seien, nicht anzuschliessen, entnahm vielmehr mit Frommann den beobachteten Thatsachen die Hypothese (p. 36 Anm. 2), dass nur die Fibrillen des Gerüsts gefärbt seien, die Zwischenräume des Gerüsts aber von einer farblosen Flüssigkeit erfüllt würden. —

Neuerdings sind nun noch von verschiedenen anderen Seiten über die feinere Struktur der Chromatophoren Angaben gemacht worden, die von den Resultaten meiner Beobachtungen mehr oder weniger weit abweichen. Es sei deshalb hier auf Grund einer wiederholten Prüfung der vorliegenden Frage, wodurch mir meine bisherige Auffassung durchaus bestätigt ward, auf diese neueren Angaben über die feinere Struktur der Chromatophoren etwas näher eingegangen.

Zunächst seien dabei die Angaben von Klebs über die Chromatophoren der Euglenen berücksichtigt.

Nach Klebs²⁾ nämlich geht die Einwirkung von Quellungsmitteln auf die Chromatophoren bei allen Arten der Euglenen in der Weise vor sich, dass „radiale, meist etwas geschlängelte, dichtere Streifen zwischen der Peripherie und der stark gequollenen Mitte auftreten, getrennt durch hellere Zwischenräume“. „Es gelingt“ ferner „durch mechanischen Druck, der oft wie ein Quellungsmittel

1) Die Art und Weise dieser Umwandlung des ursprünglichen, sehr feinen Gerüsts in ein grobmaschiges Gerüstwerk versuchte ich (l. c. p. 32 Anm. 1) nach Analogie der Veränderungen, die in dem feinetzigen Protoplasma durch Einwirkung gewisser Reagentien hervorgerufen werden, zu erklären und verständlich zu machen, ohne dass ich jedoch auf diesen Versuch ein besonderes Gewicht legen möchte.

2) Klebs, Ueber die Organisation einiger Flagellatengruppen. (Untersuchungen aus dem bot. Institut zu Tübingen I. 2.) p. 36—39:

wirkt, die Streifung in den Chlorophyllträgern von *Euglena* dieses hervorzurufen, ohne dieselbe in ihrem Leben zu schädigen. Hat der Druck nicht zu stark gewirkt, so geht nach einigen Stunden, genau wie bei dem durch Druck aufgequollenen Cytoplasma oder Kern, die Quellung zurück, das normale Aussehen zeigt sich wieder. Diese sehr charakteristische Quellungsart der Chlorophyllträger spricht ohne Zweifel für eine Differenzirung ihrer Substanz in stärker und schwächer quellungsfähige radiale Streifen. Ob die nach Einwirkung von Pikrinsäure hervortretende feinnetzige Struktur, die Schmitz für Farbstoffträger beschreibt, eine ursprüngliche, dem Leben eigene ist, könnte zweifelhafter sein.“

Was zunächst diese letztere Bemerkung betrifft, so hatte ich selbst die feine (als netzig gedeutete) Struktur, die ich an Pikrinsäure-Präparaten beschrieben habe, „zuweilen“ auch „bereits am lebenden Materiale“ beobachtet, wo dieselbe denn doch wohl sicher eine „ursprüngliche, dem Leben eigene“ Struktur sein dürfte, und hatte ferner den Pikrinsäure-Präparaten gerade deshalb (cf. p. 29 u. p. 32) ein besonderes Zutrauen geschenkt, weil die Pikrinsäure, „wie die direkte Beobachtung lehrt, die feinsten erkennbaren Struktur-Eigenthümlichkeiten des Protoplasmas, die feinsten Protoplasmafäden u. s. w. in den meisten Fällen fast unverändert in ihrer Gestalt zu erhalten pflegt“, und weil an solchen Präparaten die „gehärteten Chromatophoren in ihrer Gesamtförm unverändert“ erscheinen. Aus diesem Grunde erschien es mir gar nicht zweifelhaft, dass die feinere Struktur, die an solchen Präparaten hervortrat, mit weit grösserer Sicherheit als ursprüngliche Struktur der lebenden Chromatophoren angesprochen werden könne als die Strukturen, welche bei Anwendung anderer Reagentien (zu denen namentlich auch Wasser zu zählen ist) sichtbar zu machen sind.

Was nun aber speziell die Chromatophoren der *Euglenen* betrifft, so sagt darüber Klebs selbst (l. c. p. 38), dass sie „die empfindlichsten Organe der *Euglene*“ darstellen, „welche immer zuerst unter der Ungunst äusserer Verhältnisse leiden. Charakteristisch für alle in die Länge gestreckten Chlorophyllträger ist es, dass sie, sobald die äusseren Bedingungen sich in ungünstiger Weise verändern, scheibenförmig werden“. Und speziell für die Chromatophoren von *Euglena* dieses fügt er hinzu, dass sie „sich bei Einwirkung sehr

verschiedener Mittel, wie Druck, Hitze, Alkaloide, Salze, Farbstoffe abrunden und sich dabei zusammenziehen“. Gerade solche „durch Druck aufgequollene“ und abgerundete Chromatophoren von *E. deses* und ein „in Wasser“ aufgequollenes Chromatophor von *E. velata* aber bildet er dann ab (l. c. Taf. II Fig. 7), um die erwähnte Struktur, die nach ihm „ohne Zweifel“ für eine feinere Differenzirung der Chromatophoren „in stärker und schwächer quellungsfähige radiale Streifen“ sprechen soll, zu veranschaulichen. — Durch Anwendung von Untersuchungsmethoden, die nach Klebs' eigener Darstellung nicht einmal die äusseren Gestaltumrisse der Chromatophoren intakt erhalten, soll also die ursprüngliche innere Struktur derselben so vollständig unverändert erhalten werden, dass man dieselbe mit Sicherheit erkennen kann!!

Die Streifung selbst, die Klebs beschreibt, habe ich sehr schön an den Chromatophoren von *E. granulata* beobachten können. Zerquetscht man eine solche Euglene in Wasser, sodass nun die Chromatophoren „in Wasser“ aufquellen, so nehmen dieselben zunächst die Gestalt abgerundeter flacher Scheiben an; dann treten immer deutlicher feine radiale Streifen hervor, während der Aussencontur der Scheibe mehr und mehr unregelmässig gekerbt erscheint; darauf platzen nach einander einzelne der vorspringenden Wülste des Randes und fallen zusammen, indem die radial gestreckten Vakuolen, deren Schwellung das Hervortreten jener Wülste veranlasste, sich nach aussen entleeren.

Bei diesen Vorgängen handelt es sich meines Erachtens um Desorganisations-Erscheinungen, die beim Absterben der Chromatophoren eintreten, Erscheinungen derselben Art, wie sie beim Absterben von Chromatophoren in so mannigfaltig verschiedener Weise zu beobachten sind. Solche Gestaltungsvorgänge finden natürlich überall nur auf Grund der ursprünglichen feineren Struktur der Chromatophoren statt, sind aus dieser ursprünglichen Struktur durch Umänderung hervorgegangen. Allein sie sind doch immer Veränderungen dieser ursprünglichen Struktur und können deshalb zur Ermittlung dieser letzteren nur dann verwerthet werden, wenn zuvor genau bekannt ist, durch welche Art von Veränderung die bekannte modifizierte Struktur aus der ursprünglichen hervorgegangen ist. Dies letztere aber ist bisher bei der Desorganisation der Chromatophoren

durch Wasser noch keineswegs der Fall; und deshalb erscheinen mir jene Erscheinungen, welche die Chromatophoren der Euglenen beim Quellen in Wasser aufweisen, zur Zeit noch vollständig unbrauchbar, um die feinere Struktur der intakten Chromatophoren lebender Euglenen festzustellen.

Nun aber beschreibt Klebs (l. c. p. 37) ausdrücklich, dass er dieselben Erscheinungen wie beim Quellen der Chromatophoren in Wasser auch durch Anwendung von mechanischem Druck erzielt habe, ohne dass von einem Absterben die Rede gewesen wäre. „Es gelingt durch mechanischen Druck, der oft wie ein Quellungsmittel wirkt, die Streifung in den Chlorophyllträgern von *Euglena* dieses hervorzurufen, ohne dieselbe in ihrem Leben zu schädigen. Hat der Druck nicht zu stark gewirkt, so geht nach einigen Stunden, genau wie bei dem durch Druck aufgequollenen Cytoplasma oder Kern, die Quellung zurück, das normale Aussehen zeigt sich wieder.“

Ich selbst habe leider von *E. deses* ausreichendes Material nicht zur Verfügung gehabt, um diesen Versuch zu wiederholen. Die Beschreibung des Versuches aber, die Klebs giebt, ist bei der Wichtigkeit des erzielten Resultates leider eine allzu kurze. Klebs sagt leider nichts darüber, ob er wirklich an demselben Individuum, an dem er vorher die Streifung der Chlorophyllträger deutlich gesehen hatte, nach einigen Stunden eine Rückkehr der letzteren zu normalem Aussehen constatirt hat; und ebenso giebt er keine genauere Auskunft darüber, ob in den Chromatophoren nach einigen Stunden nur die Streifung verschwunden war, die Contraktion und Abrundung der Gestalt, die nach seiner Angabe (p. 38) bei Anwendung von Druck eintritt, aber noch zurückgeblieben war, oder ob diese Chromatophoren wirklich die typische Gestaltung der betreffenden Spezies wieder angenommen hatten und wirklich weiterlebten. Bei dieser Unvollständigkeit der Angaben von Klebs, die allen meinen eigenen Erfahrungen an Chromatophoren vollständig widersprechen¹⁾, wage ich es nicht, die beschriebene Beobachtung zur

1) Meinen eigenen Erfahrungen zufolge sind die Chromatophoren vielmehr überall sehr empfindliche Organe des Zell-Protoplasmas, die durch die verschiedensten äusseren Einwirkungen sehr leicht desorganisirt werden. Speziell alle Quellungs-Erscheinungen von Chromatophoren muss ich bis zum Beweis des Gegentheils für Anzeichen einer Desorganisation, Anzeichen des Absterbens der betreffenden Chromatophoren betrachten (vgl. weiterhin p. 161 Anm. 2).

Ermittelung des feineren Baues der Chromatophoren von *E. deses* zu verwerthen.

Leider aber haben sich auch meine eigenen Methoden zur Ermittlung des feineren Baues der Chromatophoren, die Beobachtung lebenden oder gut gehärteten Materiales, bei den Euglenen bisher als erfolglos herausgestellt. Ich habe an den Chromatophoren dieser Organismen eine feinere Struktur bisher noch in keiner Weise zu constatiren vermocht und kann deshalb nur aus der Analogie der deutlich durchsichtigen Chromatophoren anderer Pflanzen die Hypothese herleiten, dass auch den Chromatophoren der Euglenen eine feinnetzige Fibrillenstruktur eigen sei. —

Während so Klebs ausschliesslich die feinere Struktur der Chromatophoren von *Euglena* berücksichtigt, ist von mehreren anderen Seiten die Frage nach der feineren Struktur der Chromatophoren allgemein erörtert worden.

So hat zunächst Tschirch in mehreren Mittheilungen¹⁾, die hauptsächlich den Chlorophyllfarbstoff behandeln, auch über die Struktur der Chlorophyllträger seine Ansicht dargelegt. Die beiden ersten dieser Mittheilungen (aus dem April, resp. Juni 1882) lernte ich erst kennen, als es zu spät war, dieselben noch in meiner Abhandlung über die „Chromatophoren der Algen“ zu berücksichtigen, es seien dieselben deshalb hier im Zusammenhang mit den späteren Mittheilungen desselben Autors besprochen.

Aus den zerstreuten Angaben aller dieser Mittheilungen erhellt nun, dass nach Tschirch die Grundsubstanz des einzelnen Chlorophyllträgers ein schwammartiges Gerüst darstellt, welches von einer ölartigen Masse (Lipochlor Pringsheim's), die den Chlorophyllfarbstoff enthält, durchtränkt ist; diese gefärbte Lösung aber erfüllt „durchaus nicht als homogene Masse das ganze Korn“, sondern

1) Tschirch, Vorläufige Mittheilung über das Chlorophyll (Sitzb. d. bot. Vereins der Prov. Brandenburg. XXIV. Sitzung am 28. April 1882) (zum grössten Theile abgedruckt im Bot. Centralblatt [1882] Bd. XI. p. 107—109), Beiträge zur Hypochlorinfrage (Abhandl. d. bot. Vereins der Prov. Brandenburg. XXIV. p. 124 bis 134), Untersuchungen über das Chlorophyll (III) (Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft I. p. 137—149, p. 171—181), Zur Morphologie der Chlorophyllkörner (Berichte d. deutsch. bot. Gesellsch. I. p. 202—207).

kleidet „etwa als dichter Wandbeleg die Wandungen der Maschen“ aus; das ganze schwammartige „Chlorophyllkorn“ aber ist nach aussen begrenzt durch eine dünne hyaline Plasmamembran, die als wesentlicher Theil dem Chromatophor selbst zugehört.

In seiner Auffassung des feineren Baues der Grundsubstanz schliesst sich Tschirch somit vollständig Pringsheim an und lässt diese Grundsubstanz ein schwammartiges Gerüste darstellen, das in dem einzelnen Chlorophyllkörper namentlich durch Einwirkung von Säuren sichtbar zu machen ist. Er beschreibt die Darstellung dieses Gerüstes durch Einwirkung der Säure auf ein intaktes Chlorophyllkorn, z. B. einer *Elodea*-Zelle¹⁾, in der Weise, dass zuerst das bisher grüne Korn sich gelb färbt, während noch „nichts von irgend einer Struktur am Korn zu bemerken“ ist, dasselbe vielmehr „als eine homogene Masse“ „erscheint“. „Bald jedoch treten die Wirkungen der Quellung, die die Säure an dem Plasmagerüst des Kornes hervorruft, dadurch klar hervor, dass das Maschenwerk des Gerüstes deutlich sich von den Balken abhebt“. — Die Frage, inwieweit dieses Gerüste bereits im Inneren des intakten Chlorophyllträgers vorhanden sei, wird von Tschirch nirgends näher berührt, vielmehr einfach die Identität dieses Gerüstes, das durch Säuren dargestellt worden ist, mit der Struktur der Grundsubstanz intakter Chlorophyllträger vorausgesetzt. Ich habe schon oben hervorgehoben, dass meine eigenen Beobachtungen mich dazu geführt haben, eine solche vollständige Identität in Abrede zu stellen, das schwammförmige Gerüste der Säure-Präparate als eine Modifikation des ursprünglichen Gerüstes lebender Chromatophoren anzusehen.

Wie somit Tschirch seine Auffassung von der Gestaltung der Grundsubstanz hauptsächlich auf Säure-Präparate, nicht auf die Beobachtung lebender Chlorophyllträger stützt, so sind es wohl auch weniger Beobachtungen an lebenden Chromatophoren mit deutlich erkennbarer Struktur, als wesentlich theoretische Spekulationen, die seine Ansicht über die Vertheilung der färbenden Lösung im lebenden Chlorophyllträger veranlasst haben. In seinen Beiträgen zur Hypochlorinfrage (p. 125) lässt er durch das Quellen der „Balken des Plasmagerüstes“ „die Maschen verengert und die Masse, welche den

1) Abhandl. d. Bot. Vereins d. Prov. Brandenburg XXIV. p. 125.

Schwamm durchtränkt, das Lipochlor Pringsheim's, — herausgepresst werden“. Darnach muss man annehmen, dass seiner damaligen Ansicht nach eine grün-gefärbte Flüssigkeit die Hohlräume des (farbloser?) Plasmagerüsts erfüllt. Allein neuerdings¹⁾ sagt er ausdrücklich: „Ich meine, dass der Chlorophyllfarbstoff wahrscheinlich in einer Flüssigkeit der Art der ätherischen Oele gelöst, den Plasmaschwamm durchtränkt, aber durchaus nicht als homogene Masse das ganze Korn erfüllt, sondern etwa als dichter Wandbeleg die Wandungen der Maschen auskleidet“. Darnach also wären die Hohlräume des Plasmagerüsts von farbloser Flüssigkeit durchsetzt, *alle Röhren des Gerüsts aber (die selbst aber wohl farblos sein sollen)* an ihrer Oberfläche von grüner Farbe überzogen. „Es stimmt dies auch zu der Vorstellung, dass der Chlorophyllfarbstoff der zu assimilirenden Kohlensäure die grösstmögliche Oberfläche darbieten müsse. Das Stroma ist daher nach meiner Auffassung nur schwammartig, um diese feine Vertheilung des Farbstoffs zu ermöglichen.“

Diese letzteren Sätze geben wohl den eigentlichen Grund an, der Tschirch zu jener Auffassung von der Vertheilung der färbenden Substanz im Inneren des lebenden Chlorophyllkorns veranlasst hat. Denn die direkte Beobachtung selbst mit den stärksten Vergrößerungen (Oel-Immersionen $\frac{1}{12}$ und $\frac{1}{18}$) lässt dies nicht erkennen. Diese Beobachtung vermag nicht einmal zu entscheiden, ob gefärbte Fibrillen einen farblosen Hohlraum durchsetzen, oder ob die Zwischenräume eines farblosen Fibrillengerüsts von gefärbter Flüssigkeit erfüllt sind. Ich glaube mich für das erstere entscheiden zu sollen, ohne dass ich jedoch wagen möchte, diese Entscheidung als die allein richtige hinzustellen. Ob aber dabei diese gefärbten Fibrillen in ihrer ganzen Masse grüngefärbt sind oder nur an ihrer Oberfläche von grüner Farbe überzogen, das vermag ich mit den jetzigen optischen Hilfsmitteln ganz und gar nicht zu erkennen. Hier können nur theoretische Gründe diese oder jene Auffassung als die wahrscheinlichere hinstellen; und so hat wohl auch Tschirch durch die erwähnten Spekulationen über den Zweck der schwammartigen Struktur des Stromas zu seiner Auffassung sich bestimmen lassen. —

Ebenso haben wohl auch wesentlich theoretische Gründe Tschirch

1) Berichte d. deutsch. bot. Ges. p. 206.

zu der Annahme seiner hyalinen Plasmahaut der Chlorophyllträger veranlasst. Ja, es scheint wesentlich die Pfeffer'sche Lehre, dass, wie Tschirch sich ausdrückt, „alle geformten Plasmakörper, gleichviel ob sie in Körnerplasma eingebettet oder von Zellsaft umgeben sind“, von einer Plasmahaut umhüllt seien, das Motiv zu sein, das Tschirch zu der Annahme dieser Plasmahaut der Chlorophyllträger veranlasste und ihn dieselbe in einigen Beobachtungsthatsachen direkt wahrnehmen liess. Ich selbst habe eine solche hyaline Plasmahaut bei meiner Beschreibung der Chromatophoren der Algen gar nicht erwähnt und kann auch jetzt von dem Vorhandensein derselben mich nicht überzeugen; deshalb sei hier auf die Gründe, die Tschirch für das Vorhandensein derselben anführt, und durch welche er die Existenz derselben neuerdings gegen die Angriffe von Arthur Meyer¹⁾ vertheidigt²⁾, etwas näher eingegangen.

Was zunächst die Resultate der direkten Beobachtung lebender Chlorophyllträger betrifft, so behauptet Tschirch, diese Membran in mehreren Fällen „so klar und deutlich“ gesehen zu haben, dass er niemals über ihre Existenz im Zweifel gewesen sei. Als besonders günstige Beispiele hierfür nennt er namentlich die Zellen von *Nitella* (speziell die Ränder des sg. Interferenzstreifens und der „nackten Stellen“, die man durch intensive Beleuchtung nach Pringsheim's Methode herstellen kann) und *Elodea* und citirt weiterhin auch die Blätter von *Mnium*, bei welchen es ihm ebenfalls „stets scheinen“ wollte, „als ob ausnahmslos eine Plasmamembran um jedes Korn vorhanden sei“. Weniger Gewicht legt er darauf, dieselbe Beobachtung bei „allen bisher untersuchten Landpflanzen“ gemacht zu haben, da hier leicht infolge der Einwirkung des Wassers (des Beobachtungstropfens) pathologische Neubildungen an den Chlorophyllträgern vorliegen könnten, während dies bei den erstgenannten Pflanzen ja nicht möglich sei.

Demgegenüber muss ich meinerseits hervorheben, dass ich niemals an lebenden Zellen weder bei Phanerogamen und Archeogoniaten, noch bei Algen (und diese befinden sich doch im Wasser des Beobachtungstropfens in ihrem natürlichen Medium) eine deut-

1) Arthur Meyer, das Chlorophyllkorn (Leipzig 1883). p. 13.

2) Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft I. p. 202—206.

lich und scharf conturirte hyaline Haut um die Chromatophoren unterscheiden konnte; nur undeutliche Interferenzlinien begleiteten den Randcontur der Chromatophoren und ahmten wohl zuweilen eine solche Plasmahaut nach¹⁾. Allein gleichwohl könnte ja doch eine solche hyaline Plasmahaut vorhanden sein, die der direkten Beobachtung der lebenden Zelle entgeht, weil sie sich zu wenig von dem umgebenden Protoplasma unterscheidet; kennen wir ja doch heutigen Tages genug Bildungen im Inneren des Protoplasmas, die der direkten Beobachtung lebender Zellen sich entziehen. Deshalb zog ich gut gehärtete und gefärbte Präparate der verschiedensten Pflanzen zu Rathe. Allein vergeblich; nirgends vermochte ich eine scharf conturirte Haut um das einzelne Chromatophor zu erkennen. Die Protoplasmaplatte, welche benachbarte Chromatophoren trennt, erwies sich überall in direktem und unmittelbarem Zusammenhang mit dem übrigen Protoplasma der Zelle, nirgends war ein besonderes Plasmahäutchen differenzirt²⁾.

1) Für die Zellen von *Elodea* giebt Tschirch (Berichte d. deutsch. bot. Ges. p. 204) an: „Die Plasmamembran ist hier übrigens auch an freischwimmenden Körnern deutlich sichtbar“. Ich habe ein ganzes unverletztes Blatt von *Elodea* im Beobachtungstropfen untersucht, sodass also pathologische Veränderungen der lebenden Chlorophyllkörper wohl zweifellos ausgeschlossen waren, vermochte aber von einer feinen hyalinen Haut rings um die einzelnen Chlorophyllkörper nichts zu erkennen. Wohl aber sah ich bei gewisser Einstellung des Mikroskopes jedes einzelne Chlorophyllkörperchen von einem ganz schmalen, deutlich abgesetzten Lichthof rings umgeben, der sehr wohl eine Hyaloplasmahaut vortäuschen könnte. Sollte Tschirch etwa diesen Lichthof als Hyaloplasmahäutchen gedeutet haben? Dann wäre es freilich begreiflich, dass er auch „an den Chlorophyllkörnern aller bisher untersuchten Landpflanzen stets eine Plasmamembran beobachtete“.

2) Zur Stütze der hyalinen Plasmamembran der Chlorophyllkörper führt Tschirch wiederholt an, dass eine solche Membran in mehreren Fällen auch schon von Naegeli beobachtet worden sei. An der citirten Stelle (Naegeli und Schwendener, das Mikroskop II. Aufl. p. 549—550) aber sind die Erscheinungen des Aufquellens, die an den Chlorophyllkörpern verschiedener Pflanzen bei der Einwirkung von Wasser hervortreten, näher beschrieben. Ein dünnes Häutchen, das von einer einseitig vorquellenden Vakuole blasenartig sich abhebt, wird dabei als hyaline Plasmamembran des Chlorophyllkörpers beschrieben, ohne jeden Beweis, dass dieses Häutchen auch an dem lebenden unveränderten Chlorophyllkörper bereits existirt habe. Die neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Zellenlehre dürften aber doch wohl zur Genüge gezeigt haben, dass Wasser an freigelegten Plasmakörpern die mannigfaltigsten Erscheinungen der Desorgani-

Doch, könnte eine solche Plasmamembran nicht gleichwohl vorhanden sein, nur vielleicht von allzu geringer Dicke, um als scharf conturirte Haut sichtbar hervorzutreten? Allerdings ist diese Möglichkeit nicht in Abrede zu stellen; doch müsste jedenfalls die Annahme einer solchen Haut durch hinreichend gewichtige Momente gestützt werden, wenn nicht diese Annahme als eine willkürliche erscheinen soll. — Tschirch hat versucht, durch verschiedene Momente seine Annahme eines solchen Plasmahäutchens zu begründen und zu stützen.

Ein sehr wesentliches und wichtiges Moment ist für Tschirch zunächst die Thatsache, dass vielfach benachbarte Chlorophyllträger lebender Zellen (z. B. von *Nitella* oder *Elodea*), die einander seitlich sehr nahe gerückt sind, ihre bisher gerundete Gestalt in eine deutlich polyedrische verändern, als ob sie einander gegenseitig abplatteten. „Dennoch liegen“ dann die grünen Körper „nicht an einander, sondern sind vielmehr durch eine allseitig gleich breite hyaline Zone von einander getrennt. Bestände diese Zone aus homogenem Plasma, das nicht zum Kerne gehört und in welches die Körner nur eingebettet wären, so wäre nicht einzusehen, warum sich dann die Körner, die sich in diesem Falle dann ja gar nicht berühren würden, gegen einander abplatten sollten, sie würden dann vielmehr die natürliche elliptisch-runde Form besitzen wie alle in Plasma eingebetteten, sich nicht berührenden Chlorophyllkörner.“ „Die Körner müssen daher hier eine farblose Plasmamembran besitzen, die sie allseitig umgibt und einen integrierenden Bestandtheil

sation hervorruft. Speziell beim Studium der so ausserordentlich empfindlichen Chlorophyllkörper kann Wasser nicht vorsichtig genug verwendet werden, muss jede Erscheinung, die infolge der Einwirkung von Wasser hervortritt, stets mit äusserster Vorsicht aufgenommen werden. Jenes Plasmahäutchen, das durch Wasser an den absterbenden Chlorophyllkörpern abgehoben wird, ist aber, wie gesagt, anderwärts gar nicht sichtbar zu machen. So bleibt nichts anderes übrig, als dieses Häutchen, das Naegeli hier beschreibt, für eine der zahlreichen Desorganisationserscheinungen, die so häufig an Chlorophyllkörpern beobachtet werden, zu erklären.

In gleicher Weise hat auch schon Mohl (*Vegetabilische Zelle* [1851] p. 47 und Ueber den Bau des Chlorophylls [Bot. Zeitung 1855 p. 89 ff.]) die Existenz des Grenzhäutchens, das Naegeli beschrieben hatte, an lebenden intakten Chlorophyllkörpern in Abrede gestellt, das Häutchen der Chlorophyllkörper, die in Wasser gequollen sind, für ein Kunstprodukt erklärt,

des Kornes bildet.“ „Nur durch Annahme einer Plasmamembran wird die polyedrische Form der Körner, deren grüne centrale Theile sich wie gesagt nicht berühren und die in ihrer Form doch sich so zweifellos gegenseitig bedingen, dass es unmöglich ist, hier an etwas Anderes als gegenseitige enge Berührung zu denken, verständlich“. ¹⁾

Diese ganze Schlussfolgerung von Tschirch ist nur verständlich bei der Voraussetzung, dass das Protoplasma der Zelle eine leblose Flüssigkeit darstelle, welcher die Chlorophyllträger als fremdartige Körper eingelagert sind. Unter dieser Voraussetzung ist allerdings nicht einzusehen, in welcher Weise die Chlorophyllträger sich gegenseitig abplatteten, resp. auf den einander zugewandten Seiten eine correspondirende Gestalt annehmen können, ohne einander direkt zu berühren. Nun aber ist das Protoplasma in Wirklichkeit durchaus keine leblose Flüssigkeit, sondern ein lebendiger Organismus, der bis in seine kleinsten Abschnitte aus bestimmt geformten Theilchen zusammengefügt ist. Dieser Organismus schliesst die Chlorophyllträger als innere Organe in sich ein. Wenn nun während der Gestaltungsänderungen dieses Organismus zuweilen einzelne dieser Chlorophyllträger einander auch sehr stark genähert werden, so bleiben sie doch stets durch eine Platte farblosen Protoplasmas getrennt, das seinerseits die eingelagerten, sehr bildsamen Chlorophyllträger in jeder beliebigen Gestalt formen kann, wenn nicht diese selbst, die ja ebenfalls keine leblosen Substanzballen, sondern lebendige, bis in die feinsten Einzelheiten bestimmt geformte Plasmakörper darstellen, sich schon aus eigener Kraft in dieser oder jener Weise formen. So können diese Chlorophyllträger auch leicht eine polyedrische Gestalt erhalten, als ob sie einfach durch gegenseitige Berührung einander abplatteten. — Die genannte Thatsache erscheint somit sehr wohl verständlich auch ohne Zuhülfenahme der Hypothese, dass jene Körper

1) Eine ganz andere Folgerung hat seiner Zeit H. Mohl aus denselben Thatsachen abgeleitet (Botanische Zeitung 1855. p. 109): „Bei gedrängter Lage“ der Chlorophyllträger „nimmt ihr Umkreis — eine sechsseitige, jedoch nicht scharfwinklige Form an; da diese Form unzweifelhaft Folge eines gegenseitigen Druckes ist, dieselbe aber vorhanden ist, ungeachtet sich die Körner nicht unmittelbar berühren, so lässt dieses wohl schliessen, dass dieselben in eine durch das Mikroskop nicht immer erkennbare schleimige Schichte eingesenkt sind, und dass durch die letztere der gegenseitige Druck vermittelt wird.“

eine farblose Plasmamembran besitzen, welche ein direktes Zusammenstossen der sich abplattenden grüingefärbten Körper verhindert. —

Ein zweites Moment, das, wie es scheint, die Ansichten von Tschirch über den Bau der Chlorophyllträger nicht unwesentlich beeinflusst hat, ist die „Frage, wie es kommt, dass in der lebenden Pflanze an den Chlorophyllkörnern, die doch oft im sauren Zellsaft liegen“, die Bildung von Chlorophyllan unterbleibt. Diese Frage beantwortet nämlich Tschirch schon in seiner ersten Mittheilung¹⁾ dahin, dass die Chlorophyllträger durch ein dünnes Häutchen, welches „im lebenden Zustande für Säuren nicht permeabel“ ist, eben jenes hyaline Plasmahäutchen, umhüllt und geschützt seien, sodass „erst im Tode der saure Zellsaft an das Chlorophyll“ herantreten und Chlorophyllan bilden kann. Und ebenso hebt er auch späterhin²⁾ die Bedeutung des Plasmahäutchens als Schutzorgan „gegen die Einwirkung schädlicher, im Plasma oder Zellsaft gelöster Agentien“ hervor: „Die Hyaloplasmahaut — schützt das Chlorophyllkorn sowohl gegen die Einwirkung der Pflanzensäuren des Zellsaftes, als gegen die Alkalien des Plasmas.“

Was nun diese angeblichen Funktionen des Hyaloplasmahäutchens im Einzelnen betrifft, so bedarf es zunächst in Wirklichkeit dieses Häutchens gar nicht, um die Chlorophyllträger gegen die schädlichen Einwirkungen der Säuren des Zellsaftes zu schützen, da, so weit die bisherigen Beobachtungen reichen, die Chlorophyllträger in der lebenden Zelle niemals mit dem Zellsaft in direkte Berührung kommen, vielmehr stets noch durch eine Schicht von Protoplasma von dem Zellsaft des Zelllumens und der Vakuolen getrennt sind. Die „Alkalien des Plasmas“ aber möchten wohl noch erst eines näheren Nachweises im lebenden Protoplasma bedürfen, bevor es nothwendig wird, für die Chlorophyllträger nach einem schützenden Organe gegen die Einwirkung derselben sich umzusehen. Des schützenden Organes, das Tschirch eben in jenem Plasmahäutchen postulirt, bedarf es also für den vorliegenden Zweck ganz und gar nicht; und erscheint somit auch das in Rede stehende Moment

1) Sitzungsab. d. bot. Vereins d. Prov. Brandenburg. XXIV. Sitzung vom 28. April 1882.

2) Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. I. p. 138—139, ebenso p. 204—205.

keineswegs geeignet, einen zwingenden Grund für die Annahme eines Plasmahäutchens der Chlorophyllträger, das die direkte Beobachtung nicht nachzuweisen vermag, abzugeben. —

Das wichtigste Moment jedoch, durch welches anscheinend Tschirch zur Annahme eines Plasmahäutchens der Chlorophyllträger bestimmt worden ist, scheint mir durch die Lehre von der allgemeinen Verbreitung der sg. Plasmahäutchen gegeben zu sein.

Pfeffer hat bekanntlich auf Grund genauerer Untersuchung der osmotischen Eigenschaften lebenden Protoplasmas die Behauptung aufgestellt, dass eine dünne Grenzschicht von bestimmten charakteristischen Eigenschaften sämtliche Protoplastkörper umhülle und die osmotischen Eigenschaften derselben bedinge.¹⁾ Diese Grenzschicht vergleicht er mit einer Niederschlagsmembran, wie sie bei Berührung zweier Lösungen, die mit einander Niederschläge erzeugen, gebildet wird. Dieser Vergleich aber hat vielfach dazu verleitet, dieses „Hyaloplasmahäutchen“ Pfeffer's wirklich als Niederschlagsmembran, als besondere, wenn auch oft sehr dünne, selbständige Haut aufzufassen, während von Pfeffer selbst ausdrücklich (Pflanzenphysiologie p. 32) nur die äusserste peripherische Schicht des Protoplasmas, welche durch bestimmte „physikalische, insbesondere diosmotische Eigenschaften“ ausgezeichnet ist, mit dem besonderen Namen „Hyaloplasmahäutchen“ belegt wird, ohne Rücksicht darauf, ob diese Schicht die morphologischen Eigenschaften eines selbständigen Häutchens besitze oder nicht.²⁾ Sein Begriff „Hyaloplasmahäutchen“ oder kurz „Plasmahäutchen“ ist somit im Grunde gar kein morphologischer Begriff; und wenn er aus rein physikalischen Gründen das Vorhandensein eines solchen „Häutchens“ an der Peripherie eines jeden Protoplastkörpers behauptet, so sagt er damit über das Vorhandensein eines besonderen selbständigen morphologischen Häutchens gar nichts aus, behauptet vielmehr nur, dass die peripherische Grenzschicht eines jeden Protoplasma-

1) Pfeffer, Osmotische Untersuchungen p. 121 ff.

2) Es mag hier unerörtert bleiben, inwieweit Pfeffer im Verlaufe seiner „Osmotischen Untersuchungen“ die obige Definition von Hyaloplasmahäutchen, wie er sie auch jetzt noch in seinem Lehrbuch der Pflanzenphysiologie (p. 32) entwickelt, festgehalten hat, und ob er nicht selbst in der Vergleichung dieses Plasmahäutchens mit einer Niederschlagsmembran gelegentlich etwas zu weit gegangen ist.

körpers eben jene bestimmten „physikalischen, insbesondere diosmotischen Eigenschaften“ besitze. Dies kann aber natürlich auch in allen denjenigen Fällen stattfinden, in welchen die morphologische Forschung ein besonderes morphologisches Plasmahäutchen an der Aussenfläche des Protoplasmakörpers gar nicht aufzufinden vermag.

So erscheint es als eine allzuweit gehende Folgerung aus Pfeffer's Lehre, wenn man durch seine Postulirung¹⁾ eines „Plasmahäutchens“ die Existenz eines wirklichen morphologischen Häutchens zu begründen sucht.²⁾ Ganz besonders aber ist dies der Fall, wenn man dies Verfahren auch noch auf die Chlorophyllträger auszudehnen versucht, von denen Pfeffer selbst (Pflanzenphysiologie p. 34) sagt: „Ob Zellkern, Chlorophyllkörner und andere geformte Gebilde innerhalb des Protoplasmas durch eine der Plasmamembran entsprechende peripherische Schicht abgegrenzt sind, ist nicht unwahrscheinlich, doch noch nicht sicher entschieden.“³⁾ Dem Autor des Plasmahäutchens selbst erscheint es somit noch nicht sicher ausgemacht, ob die peripherische Schicht der Chlorophyllträger die entscheidenden „physikalischen, insbesondere diosmotischen Eigenschaften“ wirklich besitzt; um so weniger dürfte somit aus seiner Lehre die Existenz eines morphologischen Grenzhäutchens der Chlorophyllträger zu folgern sein. —

1) Pfeffer selbst sagt (Osmotische Untersuchungen p. 122): „Hinsichtlich des diosmotischen Austausches und der osmotischen Druckhöhe ist es gleichgültig, ob die fragliche peripherische Schicht des Protoplasmas für sich nach ihrem Cohäsionszustande als Membran anzusprechen ist oder nicht. — Ob diese peripherische Schicht eine Membran ist, oder nicht, ist eben eine neue Frage.“ Und ebenso heisst es l. c. p. 123: „Die — Unterscheidung einer Plasmamembran ist nur mit Rücksicht auf diosmotisches Verhalten vorgenommen und in morphologischer Hinsicht vielleicht überhaupt nicht geboten.“

2) Es gehört nicht zu der vorliegenden Erörterung eine Entscheidung der Frage, ob es zweckmässiger sein dürfte, mit Pfeffer die entscheidenden „physikalischen, insbesondere diosmotischen Eigenschaften“ ausschliesslich der peripherischen Schicht des Protoplasmakörpers beizulegen oder dieselben als Eigenschaften des ganzen lebendigen Protoplasmaleibes, die in besonders hohem Grade in dem dichteren Theile desselben, dem sog. Hautplasma, lokalisiert sind, aufzufassen.

3) Vgl. Pfeffer, Osmotische Untersuchungen p. 147—148: „Ob die Plasmamembran“ der Chlorophyllkörper „schon innerhalb des Protoplasmas besteht, kann natürlich aus diesen Beobachtungen nicht sicher entnommen werden und zur Zeit vermag ich diese Frage nicht zu beantworten.“

Alle die angeführten Momente, auf die sich Tschirch bei seinem Versuche, das Vorhandensein eines Plasmahäutchens an der Aussenfläche der Chlorophyllträger nachzuweisen, stützt, erscheinen somit keineswegs geeignet, das Vorhandensein dieses Häutchens sicher zu stellen. Die direkte Beobachtung aber vermag, wie schon gesagt, ebenfalls nicht, dieses Häutchen nachzuweisen. Da bleibt meines Erachtens nichts anderes übrig, als von der Annahme eines solchen hyalinen Grenzhäutchens der Chromatophoren vor der Hand, so lange nicht entscheidendere Beweise für die Existenz desselben beigebracht werden können, ganz und gar abzusehen. —

In dieser Beurtheilung des hyalinen Plasmahäutchens der Chlorophyllkörper stimme ich vollständig mit Arthur Meyer überein, der in seiner Monographie¹⁾ über „das Chlorophyllkorn“ (p. 13) sich ebenfalls gegen die Existenz eines solchen Häutchens ausgesprochen hat. Dagegen weichen die Ansichten dieses Autors über die feinere Struktur lebender Chlorophyllkörper nach einer anderen Richtung hin nicht unwesentlich von den Ergebnissen meiner eigenen Beobachtungen über die Chromatophoren der Algen ab.

Nach Meyer's Auffassung nämlich besteht das lebende Chromatophor aus einer farblosen (oder vielleicht ganz schwach gefärbten) Grundmasse, welcher zahlreiche kleine, „dunkelgrüne Körner oder Kugeln“ (p. 23), von Meyer „Grana“ genannt, in unregelmässiger Vertheilung eingelagert sind. In diesen Grana ist die Hauptmasse der grünen färbenden Substanz des Chromatophors, wahrscheinlich einer farblosen Grundmasse beigemischt, enthalten. Wirkt Wasser auf ein Chromatophor ein, so wird entweder das ganze Korn homogen oder es höhlen sich die Grana aus, das ganze Chromatophor erhält infolgedessen eine vakuolig-poröse Struktur. Ebenso erhält dasselbe durch Einwirkung von Alkohol eine eigenthümlich schwammig-poröse Beschaffenheit, während Ueberosmiumsäure die Chlorophyll-

1) Eine kurze vorläufige Mittheilung über die gewonnenen Resultate hat A. Meyer auch in Nr. 48 des Botan. Centralblattes von 1882 (Bd. XII Nr. 9) unter dem Titel „Ueber Chlorophyllkörner, Stärkebildner und Farbkörper“ veröffentlicht.

träger in ihrer ursprünglichen Gestalt sofort erhärtet und auch die Grana unverändert erhält.

Darnach stimmt also Meyer zunächst darin vollständig mit mir überein, dass durch die Einwirkung von Alkohol auf die Chlorophyllkörper ein Gerüst hergestellt wird, das nicht einfach identisch ist mit der Struktur der Grundsubstanz des intakten Chromatophors, vielmehr aus letzterer erst hergestellt wird. Ebenso findet er, wie auch ich für die Chromatophoren der Algen angab, dass durch gewisse schnell erhärtende Reagentien die ursprüngliche feinere Struktur der Chlorophyllträger sich unverändert erhalten lässt (Meyer fand hierzu in den meisten untersuchten Fällen die Ueberosmiumsäure geeignet, ich selbst dagegen hatte für die Algen die Pikrinsäure günstiger gefunden). Dagegen weicht seine Ansicht vom Bau des lebenden Chromatophors nicht unwesentlich von derjenigen ab, die ich selbst für die Chromatophoren der Algen ausgesprochen hatte; während ich selbst nämlich diesen letzteren Chromatophoren allgemein eine sehr fein-netzige Gerüst-Struktur mit grün gefärbten Fibrillen zusprach, lässt Meyer allgemein die Chlorophyllträger aus einer farblosen (oder doch fast farblosen) Grundsubstanz mit eingelagerten dunkelgrün gefärbten Körnchen bestehen.

Diese Auffassung Meyer's lässt sich mit anderen Worten auch dahin ausdrücken, dass in dem einzelnen lebenden Chlorophyllträger eine farblose, vakuolig-poröse Grundsubstanz vorhanden sei, deren Hohlräume von einer dunkelgrünen (homogenen oder im Inneren differenzirten) dichten Substanz ausgefüllt sind. Durch diese Ausdrucksweise tritt der wesentlichste Unterschied dieser Auffassung von Meyer gegenüber der meinigen noch deutlicher hervor, da, abgesehen von der verschiedenen Ansicht über die Vertheilung des grünen Farbstoffes, beide Auffassungen hauptsächlich dadurch auseinander gehen, dass Meyer im Inneren des Chromatophors kleine selbständig abgeschlossene Hohlräume annimmt, die mit dichter Substanz ausgefüllt sind, ich selbst dagegen das Vorhandensein eines netzfibrillären Gerüstwerkes mit vollständig freier Kommunikation sämtlicher Maschenräume behauptete.

Nun war freilich meine genannte Ansicht nur für die Chromatophoren der Algen ausgesprochen worden, während Meyer seine Untersuchungen ausschliesslich an angiospermen Phanerogamen aus-

geführt hat. Allein es hat wohl Keiner von uns Beiden bei der Abfassung seiner Abhandlung, noch einer unserer Leser beim Lesen derselben die Ansicht gehegt, dass in diesem wichtigen Punkte die Chlorophyllträger der beiderlei Pflanzenklassen so wesentlich von einander verschieden sein würden. Es frug sich also, in welcher Weise diese Differenz der Ansichten zu erklären sei. Und da zeigte mir denn bald ein Vergleich der Pflanzen, die Meyer speziell untersucht hatte, dass es sich hier wesentlich um eine differirende Deutung des gesehenen Bildes handele, dass die Beobachtungen selbst durchaus übereinstimmen.

In meiner Abhandlung über „die Chromatophoren der Algen“ hatte ich hervorgehoben, dass man zuweilen auch an lebenden Chromatophoren eine feine innere Struktur wahrnehmen könne. „So sah ich z. B. bei *Spirogyra majuscula* die lebenden Chromatophoren in ihrer ganzen Masse sehr deutlich derbunktirt, in der Weise, dass zahlreiche dunklere Punkte die heller grüne Chromatophoren-Substanz durchsetzten.“ Dasselbe Bild beschrieb ich an anderer Stelle (p. 36. Anm. 2) mit den Worten: Diese lebenden Chromatophoren aber zeigen „in der (grün) gefärbten Körpermasse dunklere Punkte durch ein heller gefärbtes Netzwerk getrennt“. Diese Beschreibung entspricht nun durchaus den Abbildungen, die Meyer von lebenden Chlorophyllträgern angiospermer Phanerogamen giebt. Und in der That fand ich denn auch beim Vergleich lebender Chlorophyllträger aus den Knollen von *Phajus grandifolius* oder aus den Blättern von *Vallisneria spiralis*, *Asphodelus luteus* und *Tropaeolum majus*, die nach Meyer's Angabe (p. 26, 23 u. 42 [nur nennt Meyer hier *Tropaeolum minus*, nicht *Tr. majus*]) die Körnchenstruktur sehr deutlich zeigen sollen, den Bau der Chlorophyllträger genau in Uebereinstimmung mit jener Beschreibung der Chromatophoren von *Spirogyra*. Die dünnen Schnitte durch das Blattgewebe waren dabei direkt, ohne Zusatz eines Wassertropfens, untersucht und nur ganz unverletzte Zellen aus der Mitte des betreffenden Schnittes berücksichtigt worden, sodass eine Veränderung der ursprünglichen Struktur der Chlorophyllträger hier ebensowenig anzunehmen ist, wie bei den Zellen der erwähnten *Spirogyra*, die ja im Wasser des

Beobachtungstropfens in ihrem ursprünglichen Medium eingeschlossen waren.¹⁾

Beim Vergleich einer Anzahl weiterer Pflanzen ergab sich ferner, dass die obige Beschreibung auch genau die Gestaltung der Chlorophyllträger in den Blättern von *Aloe*, *Aspidistra* und *Dracaena* wiedergibt, Pflanzen, die Frommann seiner Zeit untersucht und in seinen „Beobachtungen über Struktur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen“ beschrieben hatte.²⁾

Dasselbe gilt ferner von den lebenden Chlorophyllträgern aus den Blättern von *Mnium*, die Strasburger's³⁾ jüngsten Angaben über den feineren Bau der Chlorophyllträger zu Grunde gelegen haben. Und endlich finde ich, dass diese Beschreibung auch vortrefflich den Abbildungen entspricht, die Mikosch⁴⁾ von den Chlo-

1) Dies übereinstimmende Resultat der Beobachtung an den wasserbewohnenden Spirogyren beweist wohl zur Genüge, dass auch in den untersuchten Schnitten chlorophyllhaltigen Gewebes phanerogamer Pflanzen die beobachteten Chlorophyllträger noch in vollständig intaktem Zustande vorlagen. Dagegen scheint mir allerdings ebenso wie Tschirch (Berichte d. deutsch. bot. Ges. I. p. 205) die Untersuchung von Schnitten, die in Wasser liegen, nur von ziemlich zweifelhaftem Werthe, ihre Ergebnisse ziemlich unsicher zu sein, da erfahrungsgemäss die Chromatophoren der Phanerogamen gegen die Einwirkung von Wasser, selbst gegen gelinden Druck ausserordentlich empfindlich sind, wenn auch noch nicht ganz so empfindlich, wie die Farbkörper phanerogamer Blüten und Früchte (vgl. die Angaben von Schimper [Bot. Zeitung 1883. p. 128–129] und von Arthur Meyer [das Chlorophyllkorn p. 10]). „Vakuolenbildung bei der Einwirkung von Wasser oder anderer Flüssigkeiten, sogar solcher, welche sonst die Struktur des Plasma nur wenig verändern, ist“, wie Schimper (in Strasburger, Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne p. 104) mit Recht sagt, „bei Chlorophyllgebilden und ihren Verwandten, namentlich den Stärkebildnern, sehr häufig.“

Dass jemals ein einzelnes Chromatophor, aus seiner Mutterzelle freigelegt, weiterwachsen oder auch nur weiterleben könnte (Reinke, Allgemeine Botanik p. 62; vgl. Schimper in Botanische Zeitung 1883. p. 112 Anm. 2), erscheint mir nach allen Ergebnissen meiner Beobachtungen im höchsten Grade unwahrscheinlich.

2) Allerdings habe ich aus diesen Gattungen nicht genau dieselben Spezies wie Frommann untersuchen können, doch zeigt die Uebereinstimmung der Beobachtungsergebnisse, dass dies hier von keinem wesentlichen Belang ist.

3) Strasburger, Ueber den Theilungsvorgang der Zellkerne (Archiv für mikroskopische Anatomie Bd. 21) p. 4 u. 104.

4) Mikosch, Ueber Vermehrung der Chlorophyllkörner durch Theilung (Oesterreich. botanische Zeitschrift 1877. Nr. 2).

rophyllträgern von *Hartwegia comosa* und zuletzt Schaarschmidt³⁾ von den Chlorophyllträgern von *Hartwegia comosa*, *Böhmeria biloba* und *Vallisneria spiralis* gegeben haben.

Stimmen so die unmittelbaren Beobachtungsergebnisse aller genannten Beobachter vortrefflich überein, so gehen doch die Deutungen des gesehenen Bildes sehr weit auseinander. Der Botaniker ist seit längerer Zeit gewöhnt, alles, was im Inneren der Zelle, namentlich im Plasma sich findet, sofort für körnig zu erklären, wofür nur der erste Anblick eine derb- oder feinpunktirte Masse aufweist. So redet man noch immer allgemein von körnigem Protoplasma auch da, wo das derbpunktirte Aussehen des Protoplasmas von einer fein-fibrillären Netzstruktur desselben herrührt, isolirte Körnchen aber vollständig fehlen. So hat man bis in die letzte Zeit stets von feinkörniger Beschaffenheit des Zellkerns gesprochen, während die neueren Untersuchungen über den Zellkern doch nachweisen, dass demselben eine ganz andere feinere Struktur eigen ist. Dementsprechend haben denn auch die meisten Autoren bisher jenes Bild der derbpunktirten Chlorophyllträger dahin gedeutet, dass hier kleine Körnchen einer Grundmasse eingelagert seien, und nur über die Vertheilung der färbenden Substanz im Inneren des Chlorophyllträgers gehen die Ansichten auseinander. So finden Mikosch und Schaarschmidt sehr kleine Körnchen oder Tröpfchen in der grünen Grundmasse des Chlorophyllträgers vertheilt, so findet Strasburger kleine Mikrosomen dem grüngefärbten „Chromatoplasma“ eingebettet, so findet endlich A. Meyer seine dunkelgrün gefärbten Grana einer anscheinend farblosen Grundmasse eingelagert.

Demgegenüber haben Frommann und ich das beobachtete Bild ganz anders gedeutet. Unsere früheren Untersuchungen über die feinere Struktur des Protoplasmas und der Zellkerne hatten uns gelehrt, dass bei diesen Bestandtheilen der Zelle eine netz-fibrilläre Struktur sehr mannigfaltiger Ausbildung vorhanden sei. Diese netz-fibrilläre Struktur zeigt vielfach unter schwächerer Vergrößerung ein deutlich feinkörniges oder feinpunktirtes Ansehen. Das veranlasste zu näherer Ueberlegung, in welcher Weise ein solches feiner oder derber

3) J. Schaarschmidt, A chlorophyll és a növényi sejtmag morfológiájához. 1881.

punktirtes Ansehen eines Körpers zu Stande kommen könne. Diese Ueberlegung aber zeigte mir, dass für die mikroskopische Untersuchung ein ganz ähnliches Bild zu Stande kommen muss, wenn einer homogenen Grundmasse kleine kugelige Körnchen anderer Lichtbrechung in gleichmässig dichter und regelmässiger Anordnung eingelagert sind, und wenn ein regelmässiges, sehr engmaschiges Netz-Gerüstwerk feiner Fibrillen von einer Zwischenmasse anderer Lichtbrechung durchsetzt wird. Nach genauer vergleichender Prüfung des vorliegenden Falles der Chromatophoren bin ich dann zu der Auffassung gelangt, dass hier dem beobachteten Bilde die letzterwähnte Struktur zu Grunde liege und habe deshalb ebenso wie Frommann¹⁾ den Chromatophoren eine sehr fein-netzige Gerüststruktur zugesprochen.

Die Entscheidung, welche dieser beiden differirenden Auffassungen nun die richtige sei, ist durchaus nicht einfach. Die direkte Beobachtung der bisher untersuchten und beschriebenen lebenden Objekte dürfte zu einer solchen Entscheidung ganz ungeeignet sein. Es handelt sich hier um viel zu feine Struktur-Verhältnisse, als dass mit unseren jetzigen optischen Hilfsmitteln eine sichere Entscheidung zu erzielen wäre. Eine solche direkte Entscheidung am lebenden Objekte wird nur durch Auffinden eines sehr viel günstigeren Untersuchungsmateriales möglich werden können.

Dennoch glaubte ich, mich für die letzte der genannten Deutungsweisen entscheiden zu sollen, weil ich in einzelnen Fällen an gehärtetem Materiale die feinnetzige Gerüststruktur ganz deutlich zu erkennen vermochte. Ich erwähnte schon oben, dass nach A. Meyer die Ueberosmiumsäure zuweilen die Chromatophoren erhärtet, ohne die Grana irgendwie zu verändern. Dasselbe hatte ich bei den Algen für die Pikrinsäure beobachtet, die in mehreren untersuchten Fällen die Chromatophoren in solcher Weise erhärtete, dass an denselben eine Veränderung der Gestaltung gegenüber der lebenden

1) Leider hat Frommann dieses Gerüste der Chlorophyllkörper in seinen Zeichnungen etwas zu schematisch dargestellt. Ich sehe z. B. bei *Aspidistra* und *Aloe* die Vertheilung der dunklen Punkte in den Chlorophyllträgern nicht selten genau so regelmässig wie in Frommann's Figuren 2 und 12; allein die feinen Fädchen, welche in den genannten Figuren diese Punkte verbinden, vermag ich trotz aller aufgewandten Mühe nicht zu unterscheiden.

Zelle in keiner Weise zu beobachten war. Ich glaubte deshalb den Pikrinsäure-Präparaten fast dasselbe Zutrauen schenken zu dürfen wie den lebenden Objekten. An solchen Pikrinsäure-Präparaten, die durch verschiedene Färbungen noch übersichtlicher und instruktiver gemacht worden waren als die hellgrün gefärbten Chromatophoren lebender Zellen, aber fand ich zuweilen eine feinnetzige Gerüststruktur so deutlich erkennbar, dass kein Zweifel an dem Vorhandensein derselben übrig blieb.

Es war dies dieselbe Struktur, die ich vielfach sonst in der Grundsubstanz der Zellkerne oder im Protoplasma selbst beobachtet hatte, und war für mich in der That diese Analogie des Protoplasmas von grösstem Gewichte. Im Protoplasmaleibe der Pflanzenzellen hatte ich vielfach eine feinfibrilläre Gerüststruktur direkt und deutlich beobachtet, in anderen Fällen war diese Struktur nur schwierig deutlich erkennbar, in anderen Fällen aber war nur eine derbere oder feinere Punktirung direkt wahrzunehmen; die zahlreichsten Uebergänge aber führten von der ersteren zu der letzteren Struktur hin und machten es fast unzweifelhaft, dass überall dieselbe Struktur, wenn auch in wechselnden Grössenverhältnissen, vorliege. Da fand ich nun in den Chromatophoren, die ja doch mit dem Protoplasma in so vielen Beziehungen eine ausserordentliche Analogie darbieten, dieselbe derb- oder fein-punktirte Beschaffenheit wie in dem Protoplasma selbst. Was lag da näher, als der Versuch, diese derb- oder fein-punktirte Beschaffenheit auch hier auf dieselben Strukturverhältnisse wie im Protoplasma zurückzuführen? Und dementsprechend schrieb ich für die Chromatophoren der Algen (p. 32—33): „Es liegt nahe anzunehmen, dass diese Punktirung allgemein auf einer sehr feinen Netzstruktur mit zahlreichen, mehr oder minder engen Maschenräumen beruht, analog wie bei dem Protoplasma selbst, das zuweilen deutlich eine derartige Netzstruktur besitzt, vielfach jedoch nur eine Andeutung dieser Struktur in Form einer sehr feinen Punktirung wahrnehmen lässt.“

Diese meine Auffassung möchte ich jetzt ausdrücklich auch auf die Chlorophyllkörper der Archegoniaten und Phanerogamen ausdehnen und auch für diese hypothetisch eine feinfibrilläre Netzgerüststruktur annehmen. In dieser Weise möchte ich jetzt auch bei diesen Pflanzen die feinere oder derbere Punktirung, die man an

lebenden Chlorophyllträgern beobachtet, deuten. Doch vermag ich diese Auffassung auch heute nicht durch gewichtigere Momente zu stützen als früherhin. Hält man sich an die Thatsachen allein, so erweisen sich dem Beobachter die lebenden Chlorophyllträger mehr oder minder feinpunktirt. Dieses Bild kann aber herrühren ebensowohl von der Anwesenheit zahlreicher kleiner Körnchen oder Tröpfchen, welche die Hohlräume eines vakuolig-porösen Körpers ausfüllen, wie neuerdings Arthur Meyer annimmt und ebenso Mikosch und Schaarschmidt und (nach A. Meyer l. c. p. 23) früherhin bereits für einzelne Fälle Mohl und Böhm angenommen haben, als auch von einer feinnetzigen Gerüststruktur, wie Frommann und ich voraussetzen. Für die letztere Deutung spricht die Analogie des Protoplasmas und der Zellkerne, für die erstere Deutung fehlt bisher jegliche Analogie unter den Organen des lebenden Zellkörpers. —

Ist somit eine direkte Entscheidung der Frage, ob ein netzfibrilläres Gerüstwerk in den Chromatophoren vorliegt oder ob kleine dichte Körnchen oder Tröpfchen einer zusammenhängenden Grundmasse eingelagert sind, durch unmittelbare Beobachtung zur Zeit noch nicht möglich, so ist es noch weniger möglich, aus dem beobachteten Bilde der Chromatophoren direkt zu ersehen, in welcher Weise der grüne (resp. braune oder rothe) Farbstoff vertheilt ist. Sind in einer grüngefärbten Grundmasse kleine Körnchen oder Tröpfchen stärkerer Lichtbrechung vertheilt, so kommt bei den obwaltenden Dimensionen der fraglichen Körper im Mikroskop dasselbe Bild zu Stande, wie bei der Vertheilung grüngefärbter Körnchen oder Tröpfchen in einer schwächer lichtbrechenden, farblosen oder schwach gefärbten Grundmasse. Und ebenso muss das Bild, welches das einzelne Chromatophor der Beobachtung darbietet, stets dasselbe sein, mag eine grüngefärbte Zwischenmasse die Zwischenräume zwischen den farblosen Fibrillen eines Netzgerüstes durchsetzen, oder mag eine farblose Zwischenmasse die Zwischenräume eines gefärbten Netzgerüstes erfüllen, und mögen im letzteren Falle die Fibrillen in ihrer ganzen Masse grün gefärbt oder nur an ihrer Oberfläche von einer grünen Farbschicht überzogen sein. Mir selbst will es freilich scheinen, als ob die färbende Substanz die Gerüstfibrillen vollständig durchtränkt; allein mit Bestimmtheit zu behaupten oder durch die Thatsachen direkt zu be-



Fr. Schmitz del.

C. Laue lith.

weisen, vermag ich diese Ansicht zur Zeit noch nicht. Ganz dasselbe aber gilt auch von der Ansicht Arthur Meyer's, dass der Farbstoff in den dichten eingelagerten Körnchen gebunden, die Grundmasse selbst farblos oder doch nur schwach gefärbt sei, und ebenso auch, wie schon oben bemerkt, von der Ansicht von Tschirch, der die einzelnen Gerüstfibrillen nur an ihrer Oberfläche von einer Farbschicht überzogen sein lässt. Durch direkte Beobachtung zu beweisen sind alle diese verschiedenen Auffassungen von der Vertheilung der färbenden Substanz im Inneren der Chromatophoren bisher noch nicht.

Bonn, im Anfang Dezember 1883.

Erklärung der Abbildungen*).

Tafel I.

Fig. 1. *Euglena acus* Ehb. (Jodwasser-Nigrosin-Präparat.) Lang ausgestrecktes Individuum in Oberflächen-Ansicht; die stabförmigen Paramylonkörper, der Zellkern und die Hauptvakuole durchschimmernd. — Vergr. c 800.

Fig. 2. *E. acus*. (Jodw.-Präp.) Ein einzelnes dünnes Paramylonstäbchen in einen schmalen Spalt der Chlorophyllschicht eingeschaltet. — 800.

Fig. 3. *E. mutabilis*. (Jodwasser-Hämatoxylin-Präp.) Gerade ausgestrecktes Individuum in Oberflächen-Ansicht. An den röhrenförmig gebogenen Chlorophyllscheiben treten die Pyrenoide deutlich hervor; im farblosen Protoplasma zahlreiche kleine Paramylonkörner vertheilt. — 800.

Fig. 4—7. *Phacus pleuronectes* Nitzsch. (Jodwasser-Nigrosin-Präp.) Fig. 4 u. 7. Individuen in Oberflächen-Ansicht, von der Bauchfläche aus gesehen. Eine Anzahl der kleinen Chlorophyllscheibchen gekantet und dadurch weit dunkler als die übrigen; in der Mitte der Bauchseite der grössere Paramylonkörper in eine Lücke der Chlorophyllschicht eingefügt; in Fig. 4 auf der

*) In den meisten der vorliegenden Abbildungen von Euglenen (Fig. 1—22) verbindet eine feine Linie die Insertionsstelle der Zilie mit einem kleinen Knötchen innerhalb der uhrglasförmig gebogenen Augenscheibe. Die Bedeutung dieser Linie soll demnächst bei anderer Gelegenheit eingehender erörtert werden.

Innenseite der Chlorophyllschicht ein kleinerer Paramylonring ausgebildet. — Fig. 5—6. Optische Durchschnitte durch die Mitte der grösseren Paramylonkörper, senkrecht zur Bauchfläche der Individuen. In Fig. 5 hat der Paramylonkörper bei seinem Dickenwachsthum die Chlorophyllschicht der Rückenseite noch nicht erreicht; in Fig. 6 hat derselbe diese Chlorophyllschicht durchbrochen und berührt die Zellhaut der Rückenseite. — 800.

Fig. 8. *Ph. triquetra* Duj. (Jodw.-Nigrosin-Präp.) Oberflächen-Ansicht der Bauchseite. Eine kreisrunde dünne Paramylonscheibe zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet, darunter der Zellkern durchschimmernd. — 800.

Fig. 9. *E. oblonga*. (Jodw.-Nigr.-Damarlack-Präp.) Oberflächen-Ansicht. Von der tangential verlaufenden Chlorophyllschicht, die mehrere Pyrenoide enthält, entspringen zahlreiche bandförmige Fortsätze, welche radial zur Zellwand hin strahlen und dieser als schmale, schräg gerichtete Streifen sich anlehnen. Paramylonkörner in dem Damarlack unsichtbar. — 800.

Fig. 10. *E. deses* Ehb. (Jodw.-Nigr.-Präp.) Ausgerecktes Individuum in Oberflächen-Ansicht. Stabförmige Paramylonkörper, Zellkern und Hauptvakuole durchschimmernd; Pyrenoide der Chromatophoren sehr rudimentär. — 800.

Fig. 11. *E. geniculata* Duj. (Jodw.-Häm.-Damm.-Präp.) Ausgerecktes Individuum im optischen Längsschnitt. In dem Damarlack sind die Paramylonkörner, welche die pyrenoidhaltigen Mittelstücke der sternförmigen Chromatophoren umschliessen, unsichtbar. In der Mitte des Zellkörpers der Zellkern, am Vorderende die Hauptvakuole und der Augenfleck. — 800.

Fig. 12. *E. viridis* Ehb. (Jodw.-Häm.-Präp.) Optischer Längsschnitt eines etwas gekrümmten Individuums. Das sternförmige Chromatophor zeigt deutlich das pyrenoidhaltige Mittelstück mit der Hüllschicht der hier noch sehr kleinen Paramylonkörner. Im hinteren Zellende der Zellkern, im vorderen die Hauptvakuole und der Augenfleck. — 800.

Fig. 13—15. *Ph. ovum* (Ehb.) Klebs. (Jodw.-Nigr.-Präp.) Fig. 13 u. 14. Oberflächen-Ansicht zweier Individuen, welche sehr deutlich die Paramylonringe erkennen lassen. — Fig. 15. Rand des optischen Längsschnittes von Fig. 14 mit dem Durchschnitt der Chlorophyllschicht und des eingeschalteten Paramylonringes. — 800.

Fig. 16—18. *Ph. teres*. (Jod.-Häm.-Präp.) Fig. 16. Oberflächen-Ansicht; mehrere Paramylonringe zwischen Zellhaut und Chlorophyllschicht eingeschaltet. — Fig. 17. Theil des optischen Längsschnittes von Fig. 16 mit der Hauptvakuole, dem Augenfleck und dem Durchschnitt eines Paramylonringes zwischen Chlorophyllschicht und Zellhaut. — Fig. 18. Ein kleiner Paramylonring einem einzelnen Chromatophor der Chlorophyllschicht angelagert. — 800.

Fig. 19. *E. pyrum* Ehb. (Jodw.-Nigr.-Präp.) Optischer Längsschnitt durch die Mediane der beiden scheibenförmigen Chromatophoren. Die pyrenoidhaltige verdickte Mitte dieser Chromatophoren auswärts von einer uhrglasförmig gebogenen Paramylonscheibe bedeckt; auf ihrer Innenseite mehrere kleinere Paramylonkörnerchen. — 800.

Fig. 20—21. *E. granulata*. Fig. 22. *E. obtusa*. (Jodw.-Häm.-Damm.-Präp.) Fig. 20 u. 22. Oberflächen-Ansicht ausgereckter Individuen. Zellkern, Hauptvakuole und Augenfleck durchschimmernd; die pyrenoidhaltigen Chromatophoren in der Zeichnung nur schematisch skizzirt, in ihrer speziellen Gestaltung nicht

genauer ausgeführt; die Paramylonkörper im Dammarlack unsichtbar. — Fig. 21. Einzelne Chromatophoren. *a* Ansicht eines einzelnen Chromatophors von der Fläche; das pyrenoidhaltige Chromatophor uhrglasförmig gebogen mit gelapptem Rande, dessen Lappen meist einwärts geschlagen sind. *b–e* optische Durchschnitte senkrecht zur Fläche mit den Durchschnitten der beiderseits beschalteten Pyrenoide; in *b* sind die Randlappen des Chromatophors über der einen dickeren Paramylonschale zusammengeschlagen bis zur Berührung; in *c* sind diese Randlappen seitwärts ausgestreckt, beide Paramylonschalen dünn; in *d* biegen sich beide Randlappen, in *e* nur einer derselben auswärts, während in *d* beide Paramylonschalen gleich dick, in *e* die äussere dicker ist; in *b* und *c* treffen die beiden Paramylonschalen mit ihren Rändern genau aufeinander, in *d* und *e* sind dieselben ein wenig gegen einander verschoben; in *e* besteht das Pyrenoid aus zwei gesonderten Hälften, die einander nicht ganz genau entsprechen; in *d* sind zwei derartige Hälften zur Bildung eines einzelnen Pyrenoids verschmolzen; in *c* und *b* sind die beiderseitig vorspringenden Pyrenoide vollkommen symmetrisch. — Fig. 20 u. 22 Vergr. c. 600; Fig. 21 Vergr. 800.

Fig. 23–24. *Gomphonema dichotomum* Ktz. (Lebende Zelle.) Fig. 23. Schalenansicht mit dem durchschimmernden Pyrenoid; Fig. 24. Gürtelbandansicht. — c. 550.

Fig. 25. *Anomoeneis sphaerophora* Pfitzer. (Pikrinsäure-Häm.-Präp.) Chromatophor eines Individuums, welches mit einer Längskante dem Substrat aufliegt. — 550.

Fig. 26–27. *Frustulia saxonica* Rabh. (Pikr.-Häm.-Präp.) Fig. 26. Schalenansicht; Fig. 27. Gürtelbandansicht eines kleineren Individuums, dessen Chromatophor dreispaltig ist. — 550.

Fig. 28. *Cymbella cymbiformis* Bréb. (Jodw.-Nigr.-Präp.) Schalenansicht.

Fig. 29–30. *Cymbella Ehrenbergii* Ktz. (Lebende Zellen.) Fig. 29. Gürtelbandansicht (von der stärker gewölbten Gürtelbandseite her gesehen); Fig. 30. Schalenansicht. — 550.