

Energie der O-Ausscheidung zwischen D und E bedeutend größer als zwischen B und C.

Jedenfalls dürften die hier mitgetheilten interessanten Versuche dazu dienen, die Widersprüche, welche bisher zwischen den theoretischen Deduktionen und der experimentellen Erfahrung bestanden, einigermaßen zu heben und die Ansicht zu stützen, dass dem Chlorophyllfarbstoff eine aktive Rolle bei dem Assimilationsproceß zukomme.

Berthold (Göttingen).

Das Konsortialverhältniss von Algen und Tieren.

Seit Ehrenberg mittels stärkerer Vergrößerungen, als seinen Vorgängern zu Gebote standen, erkannte, dass die grüne Färbung vieler seiner „Magentierchen“ von rundlichen Körperchen herrührt, welche in der äußern Lage der Körpersubstanz zerstreut liegen, Carl Theodor von Siebold aber aussprach, dass „die grüingefärbten Körner und Bläschen, welche im Körper-Parenchyme von *Hydra viridis*, von verschiedenen Turbellarien (*Hypostomum viride* und *Typhloplana viridata* Sehm.) und von Infusorien (*Euglena viridis*, *Stentor polymorphus*, *Bursaria vernalis*, *Loxodes Bursaria* u. A.) eingebettet liegen, wahrscheinlich mit Chlorophyll nahe verwandt, wenn nicht identisch sind ¹⁾“, wurde einerseits das Vorhandensein dieser Körperchen bei verschiedenen niedern Tieren, andererseits die Richtigkeit von Siebold's Vermutung von einer Reihe von Forschern erkannt, und bis auf die neueste Zeit schien es begründet zu sein, dass gewisse niedere Tiere selbsterzeugtes Chlorophyll enthalten, welches sowol morphologisch als auch physiologisch dem Chlorophyll der Pflanzen entspricht.

Von jenen niedersten und niedern Tieren, welche Chlorophyllkörperchen enthalten, kennen wir zur Zeit eine ziemlich ansehnliche Zahl.

Unter den tierischen Protisten, d. h. Protozoen, sind hier zu nennen:

1) Viele Rhizopoden. Namentlich von den Amöben: *Amoeba Proteus*, *Dactylosphaera vitrea*; von den Monothalamien: *Diffugia pyriformis*, *Hyalosphaenia Pupilio*, *Heleopera pieta*, *Arcella artoerca*, *Cochliopodium pilosum*; von den Heliozoen: *Actinosphaerium Eichhornii*, *Rhaphidiophrys elegans*, *Rh. viridis*, *Acanthocystis turfacea*, *A. chaetoptora*, *A. aculeata*, *Heterophrys myriapoda*, *Chondropus viridis*, *Sphaerastrum Fockei*, *Ciliophrys infusionum*.

2) Viele Wimperinfusorien: *Vorticella Campanula* (= *V. chlorostigma*), *Epistylis plicatilis*, *Ophrydium versatile*, *Vaginicola crystallina*, *Euplotes Charon*, *E. Patella*, *Urostyla viridis*, *Uroleptus Piscis*,

1) Ueber einzellige Pflanzen und Tiere. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. I. 1849. S. 274.

U. hospes, *Stichotricha secunda*, *Spirostomum ambiguum*, *Blepharisma lateritia*, *Climacostomum virens*, *Stentor polymorphus*, *St. igneus*, *Bursaria chlorostigma*, *Cyrtostomum leucas*, *Microthorax sulcatus*, *Paramecium Bursaria*, *Loxodes Rostrum*, *Coleps hirtus*, *Lionotus Fasciola*, *Amphileptus longicollis*, *Lacrymaria Olor*, *Phyalina vermicularis*, *Holophrya Ovum*, *Enchelyodon farctus*, *Enchelys gigas*.

Unter den Metazoen:

3) Einige Coelenteraten, namentlich *Spongilla fluviatilis* und *Hydra viridis*.

4) Mehrere Turbellarien: *Vortex viridis*, *V. truncatus*, *Mesostomum viridatum*, *Hypostomum viride*, *Derostomum unipunctatum*, *D. Schmidtianum*, *Convoluta Schultzei*.

Auch eine See-Anemone (*Anthea Cereus* var. *smaragdea*), sowie die Gephyree *Bonellia viridis* und die Crustaceenart *Idotea viridis* sollen Chlorophyll enthalten; doch haben die genauen Untersuchungen von Sorby, Krukenberg und Geddes erwiesen, dass der grüne Farbstoff dieser Tiere mit dem Chlorophyll nichts gemein hat¹⁾. Hingegen dürften die kugeligen oder ovalen Körper, welche Carpenter in den oberflächlichen Kammern von *Orbitolites*, einer Polythalamie, beobachtete und als Fortpflanzungszellen deutete, Moseley aber für einzellige, parasitische Algen erklärte, mit den Chlorophyllkörperchen der Proto- und Metazoen identisch sein²⁾. Endlich scheinen auch die von Kühn unter dem Namen *Pleurococcus Bradypodis* und *Pl. Cholopodis* beschriebenen grünen Kügelchen, welche nach Weleker in ungeheurer Zahl in den Haaren des zwei- und dreizehigen Faul-tiers schmarotzen³⁾, in die Kategorie der Chlorophyllkörperchen zu gehören.

Der Sitz der grünen Körperchen ist bei den Protozoen ein verschiedener. Bei den Infusorien, Amöben und Monothalamien liegen die grünen Körperchen in jener tiefern Lage des Ektoplasma, welche in das Entoplasma übergeht, aus welcher sie sich auch tiefer hineindrängen, und, wie dies für *Paramecium Bursaria* längst bekannt, vom rotirenden Plasmastrome mitgerissen zu werden. Bei den Heliozoen hingegen erfüllen sie die sogenannte Marksubstanz (R. Hertwig), namentlich deren äußere, oberflächliche Lage.

Auch bei den Metazoen kommen die grünen Körperchen durchaus nicht in denselben Gewebelementen vor.

Bei *Spongilla* ist es die Bindesubstanzschicht (F. E. Schulze, Mesoderm der Autoren), dieselbe Schichte, in welcher, nach den

1) Geddes, Further researches on animals containing Chlorophyll. Nature. Vol. 25. Nr. 639. Jan. 26. 1882. p. 303.

2) Vgl. Bronn's Classen und Ordnungen des Tierreichs. I. Protozoen. Neu bearbeitet von Bütschli. 1880. S. 139.

3) Vgl. Leunis, Synopsis der drei Naturreiche. II. T. 2. Aufl., bearbeitet von A. B. Frank. S. 1631.

Beobachtungen F. E. Schulze's, bei vielen marinen Schwämmen theils einzellige, theils fadenförmige parasitische Algen aus der Gruppe der Phycochromaceen und Florideen vorkommen¹⁾. Bei den Turbellarien werden die grünen Körperchen von den Gewebselementen des mesodermalen Körperparenchyms (Reticulum) eingeschlossen. Bei *Hydra viridis* hingegen finden sie sich ausschließlich in den großen Geißelzellen des Entoderms, und zwar nach Kleinenberg vorherrschend in deren basalem Teil, während sich im freien Ende der Zellen stets nur bräunliche und schwärzliche Körnchen anhäufen²⁾.

Um die Natur der grünen Körperchen der oben angeführten niedern Tiere zu ergründen, war es vor Allem notwendig ihren Farbstoff, welchen, wie oben bemerkt, schon von Siebold für Chlorophyll hielt, genau kennen zu lernen. Mit der Lösung der Frage nach der Natur des Farbstoffs befassten sich gleichzeitig Ferdinand Cohn und Max Schultze. Durch genaue mikrochemische Analysen gelang es dem Erstern für *Paramecium Bursaria*³⁾, dem Letztern aber für *Vortex viridis*, *Hydra viridis* und *Stentor polymorphus* zu begründen, dass der Farbstoff, welcher die grünen Körperchen färbt, in der That mit dem Chlorophyll der Pflanzen übereinstimmt⁴⁾. Zu denselben Ergebnissen führten für den Farbstoff von *Spongilla* und *Hydra* die spektroskopischen Untersuchungen von Sorby, und, wenigstens für *Hydra*, auch die von Ray Lankaster⁵⁾. Auch Cohn erwähnt gelegentlich, dass er sich mit Dr. Schröter schon im Jahre 1867 überzeugte, dass das Spektrum des alkoholischen Farbstoffextrakts von *Ophrydium versatile* genau wie das des pflanzlichen Chlorophylls sich verhält⁶⁾.

Dass nun der grüne Farbstoff der Tiere sich auch physiologisch ganz wie Chlorophyll verhält, wurde von Patriek Geddes nachgewiesen, indem er an *Convoluta Schultzei*, einer grasgrünen Planarie der Bretagner Küste, die höchst wichtige Entdeckung machte, dass dieselbe im Sonnenlichte 45—55% Sauerstoff ausscheidet⁷⁾.

Wenn man nun noch in Betracht zieht, dass die kleinen runden Körperchen, an welche sowol bei den meisten Pflanzen, als auch bei allen echtes Chlorophyll enthaltenden Tieren, der grüne

1) Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Spongien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XXXII. 1878. S. 147 und XXXIII. 1879. S. 25.

2) Hydra. Eine anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung. Leipzig 1872. S. 4.

3) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Infusorien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. III. 1851. S. 264.

4) Beiträge zur Naturgeschichte der Turbellarien. Greifswald 1851. S. 16.

5) Vgl. Semper, Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere. I. 1880. S. 88.

6) Ueber parasitische Algen. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. II. Hft. 1875. S. 88.

7) Sur la fonction de la Chlorophylle avec les Planaires vertes. Comptes rend. T. 87. 1878. p. 1005.

Farbstoff gebunden ist, ihrer Struktur nach scheinbar gänzlich übereinstimmen: so wird es kaum befremden, dass die grünen Körperchen der Tiere mit den Chlorophyllkörperchen der Pflanzen für identisch erklärt und als von den Tieren selbst erzeugt betrachtet wurden.

Dieser fast allgemein verbreiteten Auffassung stellen sich freilich auch manche Bedenken entgegen.

Erstens spricht gegen diese Auffassung die Erkenntniss der wahren Natur der sogenannten gelben Zellen der Radiolarien und gewisser Coelenteraten, mit welchen R. Greeff¹⁾ und A. Schneider²⁾ die grünen und gelben Körperchen der mit den Radiolarien so nahe verwandten Heliozoen, Semper aber die Chlorophyllkörperchen der Tiere überhaupt, wol mit Recht, für homologe Gebilde erklärte³⁾.

Diese gelben Zellen, welche bekanntlich in der extrakapsulären Sarkode gewisser Radiolarien und in den Entodermzellen der weiter unten anzuführenden Coelenteraten vorkommen, sind nach den Untersuchungen von Joh. Müller, Huxley, Haeckel, Cienkowski, R. Hertwig, K. Brandt und Geddes, rundliche oder ovale Körperchen von etwa 8—12 μ Durchmesser. Sie besitzen eine derbe Cellulose-Membran und einen durch eine Modifikation des Chlorophylls, nach Geddes durch Diatomin⁴⁾, gelbgefärbten protoplasmatischen Inhalt, in welchem häufig schon im frischen Zustande ein völlig homogener Kern sichtbar ist. Außer dem Kerne finden sich in jeder gelben Zelle noch eine Anzahl grober, stark lichtbrechender Körnchen, welche nach Haeckel⁵⁾, Cienkowski⁶⁾ und Geddes (l. c.) aus Amylum, nach Brandt aber aus einer ähnlichen Modifikation der Stärke bestehen, wie sie bei Florideen vorkommt⁷⁾. Die gelben Zellen vermehren sich, wie dies schon Joh. Müller bekannt war und von allen neuern Forschern bestätigt wurde, durch Theilung.

Diese gelben Körperchen sind nun echte Zellen, und als solche für den nicht aus Zellen aufgebauten Radiolarienkörper etwas ganz Fremdartiges. Nachdem man die gelben Zellen auf die verschiedenste Weise gedeutet hatte, sollten die Untersuchungen von Cienkowski

1) Ueber Radiolarien und radiolarienartige Rhizopoden des süßen Wassers. Arch. f. mikroskop. Anatomie. V. 1869. S. 493.

2) Zur Kenntniss der Radiolarien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. XXI. 1871. S. 506.

3) Existenzbedingungen, I. S. 90.

4) Nature. Jan. 26. 1882. S. 303.

5) Amylum in den gelben Zellen der Radiolarien. Biologische Studien. I. Heft. 1870. S. 119.

6) Ueber Schwärmerbildung der Radiolarien. Arch. f. mikroskop. Anatomie. VII. 1871. S. 380.

7) Untersuchungen an Radiolarien. Auszug aus den Monatsber. der königl. Akad. der Wissensch. zu Berlin vom 21. April 1881 S. 399.

den Bann des Rätsels lösen. Genannter Forscher beobachtete nämlich, dass die gelben Zellen von *Collozoum inerme* fortleben und sich vermehren, auch wenn das Radiolar abgestorben und die Centralkapsel und das umgebende Protoplasma schon völlig zerstört waren. Es entwickelt sich um die gelben Zellen eine Schleimmembran, dann wird die Zelle durch amoeboiden Bewegungen frei und teilt sich. Bei ein und derselben Zelle kann sich die Neubildung der Schleimmembran mehrfach wiederholen und somit eine mehrfache Häutung der Zelle stattfinden. Aus diesen Beobachtungen konnte Cienkowski mit vollem Rechte den Schluss ziehen, dass die gelben Zellen keine Bestandteile des Radiolarienkörpers, sondern selbstständige Wesen, einzellige Algen sind, welche sich in die extrakapsuläre Sarkode der Radiolarien einmisten, um sich hier ungestört fortzupflanzen (l. c.).

Der nächste Forscher, R. Hertwig, welcher die Auffassung von Cienkowski zuerst entschieden zurückwies ¹⁾, neigte sich bald derselben zu ²⁾, um sich endlich Cienkowski ganz anzuschließen, und zwar auf Grund der Beobachtung, dass in den Entodermzellen gewisser Actinien (*Anthea Cereus*, *A. cinerea*, *Adamsia diaphana*, *Actinia aurantiaca*, *Sagartia troglodytes*) braungelbe oder gelbgrüne Zellen ganz konstant vorkommen, welche mit denen der Radiolarien gänzlich übereinstimmen, während dieselben in andern, nahe verwandten Actinien ganz fehlen, oder nur sporadisch angetroffen werden ³⁾. Dass die gelben Zellen der Actinien selbstständige Organismen sind, beweist auch der Umstand, dass sie sich in dem von den Actinien abgeschiedenen Schleime massenhaft vorfinden und in den Schleimfetzen fortleben und sich vermehren. Nach diesen Beobachtungen musste Hertwig seine frühere Auffassung aufgeben und mit Bestimmtheit behaupten, dass die gelben Zellen, welche scheinbar zur Organisation so verschiedener Wesen, der Radiolarien und Actinien gehören, eingedrungene selbstständige Wesen, das heißt, den Parasitismus im weitern Sinne genommen, einzellige parasitische Algen sind.

Die Richtigkeit der Cienkowski'schen Auffassung wurde ferner bestätigt durch K. Brandt, welcher die gelben Zellen zwei Monate den Tod ihres Wirts überleben sah und ferner beobachtete, dass die gelben Zellen auch nach dem Ausschwärmen der Zoosporen von *Sphaerozoum punctatum* und *Collozoum inerme* in den Resten der Radiolarien ganz in derselben Weise fortleben, wie in zu Grunde gegangenen Exemplaren. Sie können mithin bei der Fortpflanzung keinerlei Verwendung finden, wie dies von Joh. Müller vermutet wurde.

1) Zur Histologie der Radiolarien. 1876. S. 19.

2) Der Organismus der Radiolarien. 1879. S. 118.

3) Oscar und Richard Hertwig, Die Actinien anatomisch und histologisch untersucht. 1879. S. 39—44.

Zu denselben Ergebnissen führten auch die Untersuchungen von Geddes (l. c.), welcher außer den Radiolarien und den von Hertwig angeführten Actinien noch *Gorgonia verrucosa*, ferner eine Siphonophore (*Verella*) und eine Meduse (*Rhizostoma*) erwähnt, welche in ihren Entodermzellen gelbe Zellen beherbergen. Vom genannten Forscher erfahren wir auch, dass die Tiere mit gelben Zellen im Sonnenlicht Sauerstoff ausscheiden: u. z. enthält das ausgeschiedene Gas bei *Ceriatia aurantiaca* 21, bei *Gorgonia verrucosa* 24, bei *Verella* 24—25, bei *Anthea cereus* 32—38% Sauerstoff. Bei Radiolarien ließ sich zwar keine zur Analyse genügende Menge von Gas erhalten, soviel konnte aber doch konstatiert werden, dass das ausgeschiedene Gas sauerstoffhaltig ist.

Ein andres Bedenken gegen das Zusammengehören der Chlorophyllkörperchen und der sie beherbergenden Tiere bildet ferner der Umstand, dass die Chlorophyllkörperchen bei so verschiedenen niedern Tieren (Protozoen, *Spongilla*, *Hydra*, Turbellarien) vorkommen, insbesondere aber der Umstand, dass gewisse Arten bald mit, bald ohne Chlorophyllkörperchen angetroffen werden. Da wir nun voraussetzen können und jetzt durch Geddes Untersuchungen auch positiv wissen, dass die Chlorophyllkörperchen der Tiere ebenso funktionieren wie jene der Pflanzen, so wäre es wol ganz unerklärlich, dass dasselbe Tier einmal Organe von einer wichtigen Funktion besitzt, ein andres Mal aber ganz entbehrt.

Diese Bedenken gegen die allgemeine Auffassung veranlassten mich schon vor mehrern Jahren die Chlorophyllkörperchen der Protozoen einer genauen Untersuchung zu unterwerfen, deren Hauptergebnisse ich bereits im Jahre 1876 in ungarischer ¹⁾, nach dem Erscheinen der Publikationen von Brandt auch in deutscher Sprache veröffentlichte ²⁾.

Nach meinen Beobachtungen, welche durch die wichtigen neuern Forschungsergebnisse von Brandt ³⁾ bedeutend vervollständigt und erweitert wurden, sind die Chlorophyllkörperchen der Tiere kugel- oder eiförmige Körperchen von 1,5—6, durchschnittlich etwa 3 μ Durchmesser. Sie sind wie die Palmellaceen von einer farblosen, gallertig gequollenen Hülle, seltner von einer derbern Membran umgeben, welche Brandt in einigen Fällen nach Anwendung von Jod

1) Az alsodl rendi állatoknál előforduló levélcöldtestesekék természetéről. Kolozsvári orvos-természettudományi értesítő. 1876. Febr. 25.

2) Ueber die Natur der „Chlorophyllkörperchen“ niederer Tiere. Diese Zeitschr. I. Nr. 21. S. 646.

3) Ueber das Zusammenleben von Tieren und Algen. Sitzungsber. der Gesellsch. naturforschender Freunde zu Berlin 15. Nov. 1881. S. 140.

Unter demselben Titel. Diese Zeitschr. I. Nr. 17. S. 524.

Ueber die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren. Arch. f. Anat. u. Physiologie. Physiolog. Abt. 1882. S. 125. Taf. I.

und Schwefelsäure sich blau färben sah, also wol aus Cellulose besteht. Die Körperchen sind durchaus nicht gleichmäßig grün gefärbt, bestehen vielmehr, wie dies für die Chlorophyllkörperchen von *Hydra* schon von Kleinenberg erkannt wurde, aus einer farblosen, hyalinen Protoplasmamasse, welche von dem glänzend smaragdgrünen Farbstoff bedeckt wird, welch letzterer bald eine zusammenhängende Hüllschichte, bald einen mulden- oder sattelförmigen Körper darstellt.

Es ist Brandt's Verdienst den wichtigen Nachweis geliefert zu haben, dass die Chlorophyllkörperchen der Tiere je einen, oder, vor der Vermehrung durch Teilung, zwei oder mehrere Kerne enthalten, welche sich mit Haematoxylin oder Magdalarot leicht färben lassen und deutlich hervortreten. Außer dem Kerne enthalten die Chlorophyllkörperchen meist noch ein bald schärfer, bald schwächer umschriebenes, meist etwas seitlich gelagertes, kugelförmiges Körperchen, welches schon von Max Schultze erkannt und geradezu für den Kern gehalten wurde (l. c.); auch R. Greeff (l. c.) und A. Schneider (l. c.) erwähnen dasselbe von den Chlorophyllkörperchen des *Acanthocystis turfacea* und geben ihm dieselbe Deutung. Dieses Körperchen, welches sich bei Behandlung mit Jod nur selten deutlich blau färbt, ist jedenfalls mit dem sogenannten Chlorophyllbläschen (Naegeli), Amylunkern (De Bary), oder der Stärkekugel (Stein) der Algen und grünen Flagellaten identisch und hat mit dem echten Kern nichts gemein. Die kleinern, glänzenden, festen Körnchen, welche neben dem Amylunkern meistens noch vorkommen, färben sich durch Jod auch nur selten deutlich blau und scheinen mit den sogenannten Paramylunkörperchen der Euglenen identisch zu sein. Die verhältnismäßig großen Chlorophyllkörperchen des *Stentor igneus* enthalten gewöhnlich eine größere Anzahl ganz ähnlicher weinroter oder amethystfarbiger Körnchen, wie sie in manchen Algen, z. B. in den Cosmarien vorkommen. Dieselben Körnchen kommen auch massenhaft frei im Ektoplasma des *Stentor igneus* vor; da nun Chlorophyllkörperchen, welche mit den genannten Körnchen ganz erfüllt sind, massenhaft im Zerfallen anzutreffen sind, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die amethystfarbigen Körnchen, welche dem *Stentor igneus* die eigentümliche Färbung verleihen, sich in den Chlorophyllkörperchen bilden.

Mit starken Vergrößerungen konnte ich bei günstiger Beleuchtung an den Chlorophyllkörperchen der Infusorien noch zwei helle Stellen entdecken, welche abwechselnd verschwanden und wol als kontraktile Vacuolen aufzufassen sind; dieselben wurden schon von Balbiani beobachtet und in den Chlorophyllkörperchen des *Stentor polymorphus* als helle Flecke bezeichnet ¹⁾.

1) Vgl. Claude Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. Paris 1878. p. 212. fig. 1. A—B.

Die Vermehrung der Chlorophyllkörperchen der Tiere geschieht, wie dies schon M. Schultze bekannt war, durch Teilung; sie spalten sich entweder successive in 2—4 Teile, oder aber, — und dies ist der häufigere Fall, — sie zerfallen durch simultane Teilung in 3—4 Teile; Gruppen von 3 Teilungsprösslingen werden am häufigsten angetroffen.

Nach der angeführten Beschreibung kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die sogenannten Chlorophyllkörperchen der Tiere ebenso wie die oben besprochenen gelben Zellen echte Zellen sind und morphologisch nur mit einzelligen Algen und durchaus nicht mit den Chlorophyllkörperchen der Pflanzen identisch sein können.

Dies beweist nun auch ihr physiologisches Verhalten, namentlich ihr selbstständig fortgesetztes Leben nach dem Absterben ihrer Wirte.

Um die Chlorophyllkörperchen in dieser Hinsicht zu prüfen, zerzupfte ich mehrere Exemplare des *Stentor polymorphus* mit feinen Nadeln, brachte sie in ein Uhrgläschen mit filtrirtem Quellwasser, das letztere aber auf einen kurzen Glaszylinder, welcher zur Verhütung der Verdunstung in eine mit einer Glasglocke bedeckte Wasserschale gebracht wurde. Das Ergebniss war, dass die Chlorophyllkörperchen durchaus nicht abstarben, sondern wochenlang lustig fortlebten und sich vermehrten. Allmählich entstand im Umkreise der zerfetzten Stentoren ein lebhaft grüner Hof, welcher sich nach der Lichtseite zu ausdehnte und in welchem nach einigen Tagen Gruppen von einzelligen Algen, namentlich *Scenedesmus*, *Rhaphidium*, *Pleurococcus*, ferner größere grüne Cysten, aus welchen Chlamydomonaden und Euglenen ausschwärmten, erschienen; einige grüne Zellen keimten sogar, und es entwickelten sich aus ihnen Fäden einer nicht näher bestimmten Alge. Wiederholte Versuche führten zu demselben Ergebnisse, mit dem Unterschiede, dass bald die eine, bald die andre Form von Algen vorherrschte.

Das selbstständige Leben der Chlorophyllkörperchen der Tiere wurde gelegentlich auch von andern Forschern beobachtet. So erwähnt Archer bei einer grünen Actinophryide die Geburt einer größern Anzahl augenloser, grüner Schwärmer mit je zwei Cilien¹⁾. Ferner erwähnt Perceval Wright, beobachtet zu haben, dass die winzigen Schwärmer einer grünen Alge, welche als Gast in andern Algen lebt, in den Körper eines *Epistylis* und der *Vaginicola crystallina* eindringen, um dort weiter fortzuleben²⁾. Auch die Beobachtung R. Greeff's, nach welcher gewisse Heliozoen, namentlich *Acanthocystis turfacea* und *A. spinifera*, ihre grünen Körperchen spontan ausstoßen³⁾, dürfte als ein Beweis für die Selbstständigkeit der Chloro-

1) Vgl. Leuckart, Bericht im Arch. f. Naturgesch. 38. Jahrg. 1872. II. S. 343.

2) Nature, Febr. 26. 1882. S. 362.

3) L. cit., S. 484 u. 493.

phyllkörperchen der Tiere sprechen, und ich möchte hiezu nach meinen eignen Beobachtungen noch das hinzufügen, dass *Acanthocystis aculeata* vor ihrer Encystirung ihre Chlorophyllkörperchen ganz konstant ausstößt, und dass diese ausgestoßnen Körperchen innerhalb der stacheligen Hülle, welche von dem encystirten Körper der *Acanthocystis* nicht ganz ausgefüllt wird, im Palmellenzustande sich rapide fortpflanzen und die bald zu enge Hülle sprengen, wodurch auch die encystirte *Acanthocystis* frei wird.

Aus diesen Beobachtungen glaube ich mit Recht den Schluss gezogen zu haben: 1) dass die Chlorophyllkörperchen nicht zu den Tieren, in welchen sie angetroffen werden, gehören, sondern gleich den gelben Zellen einzellige Algen sind; 2) dass verschiedene Algen und grüne Flagellaten die Fähigkeit besitzen im Protoplasmaleibe der Protozoen und der Zellen gewisser niederer Tiere in der Form kleiner, mit den Charakteren der Palmellaceen versehener Zellen zu leben, was in vollem Einklange steht mit der auf die Entdeckung des Palmellenzustands des *Stigeoclonium stellare* gegründeten Behauptung Cienkowski's: dass ein Teil der Palmellaceen nur als ein Vegetationszustand andrer Algen anzusehen sei¹⁾. Aus diesem Grunde konnte ich Brandt auch nicht beistimmen, wenn er diese kleinen Algen als verschiedene Species des neuen Genus *Zoochlorella* anführt, sondern schlug vor sie einfach Pseudochlorophyllkörperchen zu nennen. — Es dürften wol auch die gelben Zellen der Radiolarien und Coelenteraten als keine besondern Species des Genus *Zooxanthella* Brandt, oder *Phlozoon* Geddes angesehen werden.

Es sei hier noch erwähnt, dass sich die Umwandlung der Pseudochlorophyllkörperchen in erkennbare Algenarten auch in lebenden Infusorien beobachten lässt. Als geeignetes Objekt führe ich den *Stentor polymorphus* an, in welchem sich die Pseudochlorophyllkörperchen, wenn das Infusionstier längere Zeit hindurch im abgestandenen, durch frisches nicht erneuertes, oder den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzten Wasser gehalten wird, umwandeln. Solche Stentoren erscheinen dann als wahre lebende Sammlungen der genannten einzelligen Algen, Flagellaten und aus ein, zwei Zellen bestehenden, verkümmerten Algenfäden. Allmählich werden die umgewandelten Pseudochlorophyllkörperchen in das Entoplasma gedrängt, wo sie verdaut werden; auf diese Weise entsteht dann endlich aus dem grünen *Stentor polymorphus* jene farblose Varietät, welche von Ehrenberg unter dem Namen *St. Muelleri* beschrieben wurde.

Ein zweites instruktives Beispiel liefert *Stichotricha secunda*. Jene Exemplare dieses Infusionstiers, welche in torfigen Wassergräben oft

1) Ueber Palmellenzustand bei *Stigeoclonium*. Bot. Ztg. 1876. Nr. 2. 5.

massenhaft anzutreffen sind, sind stets mit gleichgroßen Pseudochlorophyllkörperchen angefüllt, während Exemplare, welche ich in größern stehenden Gewässern antraf, entweder ganz farblos waren, oder nur spärliche Pseudochlorophyllkörperchen enthielten, unter welchen einzelne *Scenedesmus*gruppen und andre Palmellaceen erkennbar waren. Dasselbe fand ich bei einer Turbellarie, dem *Vortex truncatus*, zwischen dessen spärlichen Pseudochlorophyllkörperchen ebenfalls der Art nach erkennbare Palmellaceen vorkommen.

Wenden wir uns nun zur wichtigen Frage: auf welche Weise die Pseudochlorophyllkörperchen in ihre Wirte gelangen?

Was die Heliozoen betrifft, so haben Hertwig und Lesser die obige Frage in den folgenden Worten schon beantwortet: „Sind die zur Nahrung dienenden Organismen nicht farblos, sondern chlorophyllgrüne Algenschwärmer, so verläuft selbstverständlich der Process der Assimilation in vollkommen gleicher (d. h. auf die besprochene) Weise, nur mit dem Unterschied, dass anstatt der graubläulichen, ovalen oder kugeligen Körper sich Chlorophyllkörner ausbilden. So wurden, als aus einer uns nicht näher bekannten Alge zahllose Schwärmer ausschlüpfen, die bis dahin fast farblosen Acanthocystiden binnen Kurzem mit Chlorophyllkörnern dicht gefüllt, während die kleinen Schwärmer massenhaft betäubt den Pseudopodien anhafteten. Wir glauben hiernach annehmen zu dürfen, dass die Chlorophyllkörner nicht als notwendig zum Bau und der Existenz der Heliozoen, bei denen sie vorkommen, angesehen werden dürfen und aus der Reihe der morphologisch wichtigen Körpereinschlüsse gestrichen werden müssen“¹⁾. — Auf dieselbe Weise gelangen nach meinen Beobachtungen auch die Infusorien zu ihren Pseudochlorophyllkörperchen. Es sei hier vor Allem bemerkt, dass alle jene Infusorien, welche sich durch den Besitz von Pseudochlorophyllkörperchen auszeichnen, entweder omnivor sind, oder aber sich hauptsächlich oder ausschließlich von einzelligen Algen und Flagellaten ernähren. Schon aus diesem Umstande, glaube ich, kann mit vieler Wahrscheinlichkeit der Schluss gezogen werden, dass die grünen Körperchen mit der Nahrung aufgenommen werden. Dass sich die Sache in der Tat so verhält, konnte ich an solchen Infusorien, welche nur selten Pseudochlorophyllkörperchen enthalten, auch durch direkte Beobachtung konstatiren. Hieher gehört z. B. *Coleps hirtus*, *Lionotus Fasciola*, *Enchelys gigas*, von welchen sich die zwei letztern nur in der Not statt andern Ciliaten, namentlich Vorticellen mit grünen Flagellaten und Palmellaceen begnügen. Ich beobachtete nun, dass sich in den genannten Infusorien, wenn sie in Ermangelung einer andern Nahrung ge-

1) Ueber Rhizopoden und denselben nahestehende Organismen. Arch. f. mikroskop. Anatomie. X. Suppl. 1874. S. 203.

zwungen wurden, Euglenen, Chlamydomonaden oder verschiedene Palmellaceen zu verschlingen, Pseudochlorophyllkörperchen entwickelten. Es ließ sich direkt beobachten, dass einige der reichlich aufgenommenen chlorophyllhaltigen Zellen aus dem verdauenden Entoplasma durch die Nachfolgenden in das Ektoplasma gedrängt wurden, wo sie nach glücklich überstandner Gefahr des Verdautwerdens durch sich schnell wiederholenden Teilungsakt in Pseudochlorophyllkörperchen zerfielen und das Ektoplasma zu ihrem Vegetationsgebiete occupirten.

Auch Brandt erwähnt, dass es Herrn G. Kessler gelang, durch Zusammenbringen von grünen Körpern aus *Spongilla* mit chlorophyllfreien Exemplaren von *Stentor coeruleus* die letztern binnen wenigen Stunden in grüne Stentoren zu verwandeln. Selbstverständlich war der Versuch mit allen Vorsichtsmaßregeln angestellt worden. Einem Wassertropfen, der nur die großen Stentoren und durchaus kein chlorophyllführendes Wesen enthielt, wurde etwas Spongillasaft, der durch Auspressen eines vorher abgespülten Stückchens einer lebenden *Spongilla* mit der Pincette erhalten war, zugefügt. Die Stentoren nahmen die grünen Körper alsbald in großer Menge auf und stießen sie weder aus, noch verdauten sie dieselben. Sie blieben auch dann grün, als Hr. Kessler sie für mehrere Stunden in reines Wasser setzte ¹⁾.

Dies scheint aber doch nicht die einzige Art der Einwanderung der Pseudochlorophyllkörperchen zu sein, da, wie oben erwähnt, Wright bei einer *Epistylis* und der *Vaginicola crystallina* ein direktes Eindringen grüner Schwärmer beobachtete.

Für die Einwanderung der Pseudochlorophyllkörperchen in die Metazoen fehlen zur Zeit direkte Beobachtungen, doch dürften sie vermutlich mit der Nahrung in schon entwickelte Individuen eingeführt werden; nur *Hydra viridis* scheint eine Ausnahme zu bilden, da bei dieser, nach Kleinenberg's Beobachtungen, schon die Eier Chlorophyllkörperchen enthalten ²⁾.

Wie ist nun das Verhältniss zwischen den gelben und grünen Algen und ihren Wirten aufzufassen?

Cienkowski, welcher die gelben Zellen als selbstständige Algen zu allererst erkannte, nannte sie schlechtweg Parasiten. Wenn man die Bezeichnung Parasit im weitesten Sinne nimmt, kann der Ausdruck allerdings gebraucht werden. Will man aber genauer unterscheiden und unter Parasiten nur jene Organismen verstehen, welche aus den assimilirten Säften ihrer Wirte leben, dieselben ihres redlich verdienten Eigentums tückisch berauben, während sie selbst unfähig sind selbstständig zu assimiliren und außerhalb ihrer Wirte zu leben,

1) Arch. f. Anat. u. Physiologie. Physiolog. Abt. 1882. S. 137.

2) L. cit. S. 38.

so wird man sie unmöglich für Parasiten halten können, da sie doch auch innerhalb ihrer Wirte ganz nach Art und Weise freilebender, chlorophyllführender Organismen assimiliren und, wie wir oben zeigten, auch außerhalb ihrer Wirte leben und gedeihen. Aber auch mit den Raumparasiten und Symbionten können sie nicht recht in eine Kategorie gerechnet werden, da sie, — wie dies sogleich besprochen werden soll, — von ihren Wirten doch mehr als bloß Quartier beziehen, denselben gewisse, nicht unbedeutende Vorteile bieten, und mit ihnen ein auf Interessengemeinschaft beruhendes Konsortialverhältniss eingehen. Am treffendsten lässt sich das eigentümliche Verhältniss der Pseudochlorophyllkörperchen zu ihren Wirten mit jener Vergesellschaftung der Algen und Pilze vergleichen, welcher nach Schwendener und Bornet den Flechtenthallus bildet. So fasste ich das Verhältniss der Tiere und der sie bewohnenden Pseudochlorophyllkörperchen schon vor Jahren auf. So wurde es auch von Semper¹⁾ und Geddes aufgefasst, welcher Letzterer die gelbe Zellen beherbergenden Radiolarien geradezu „*animal lichens*“ nennt²⁾, sowie auch von Brandt, welcher für diese Art der Vergesellschaftung den Namen Phytozoen vorschlägt³⁾, und mit Recht hervorhebt, dass der Unterschied zwischen dem Consortium der Flechten und der Phytozoen darin besteht, dass der Pilz des Flechtenthallus kein unabhängiges Leben führen kann, während die Tiere, welche sich mit Algen zu Phytozoen verbinden, auch ohne die Algen ein vollkommen unabhängiges Leben führen können.

Aus diesem eigentümlichen Konsortialverhältnisse beziehen beide Konsorten ihre Vorteile: die Algen erhalten nicht nur ein sicheres Quartier und das zu ihrem Gedeihen nötige gedämpfte Licht, sondern auch in dem den Protoplasmaleib, beziehungsweise die Gewebe ihrer Wirte durchtränkenden Wasser reichlich Kohlensäure und stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte; sie werden von ihren Wirten sozusagen fortwährend begossen und reichlich gedüngt; die chlorophyllführenden Inwohner aber setzen durch ihren Assimilationsprocess stets Sauerstoff frei und zahlen ihre Miete mit der für die chlorophyllfreien Organismen unentbehrlichen Lebensluft.

Ich kann nicht umhin hier zu bemerken, dass die Beobachtung von Geddes, nach welcher die Exemplare der *Convoluta Schultzei* gleich den Schwärmsporen der Algen stets die Lichtseite des Aquariums aufsuchen⁴⁾, durchaus nicht neu ist; dieselbe Beobachtung machte M. Schultze an *Vortex viridis* schon längst⁵⁾; und dass die Protozoen, welche Pseudochlorophyllkörperchen beherbergen, auch stets

1) L. cit. S. 91.

2) L. c. S. 305.

3) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde S. 146.

4) Compt. rend. T. 87. 1878. S. 1093.

5) L. cit. S. 17.

die Lichtseite suchen, ist den Forschern ebenfalls längst bekannt und findet seine natürliche Erklärung darin, dass jene Individuen im Vortheile sind, welche die Sauerstofffabrikation ihrer grünen Inwohner am meisten zu befördern wissen, was sie dadurch bewerkstelligen, dass sie das zum Zersetzen der Kohlensäure unentbehrliche Licht aufzusuchen trachten. Wie es der Kampf um das Dasein ist, welcher zum Konsortialverhältnisse chlorophyllführender und chlorophyllfreier Organismen führte, so ist es auch der Kampf um das Dasein, welcher die Lebensweise, — um die Vorteile der Vergesellschaftung zu sichern, — modificirt und regelt.

Der Vorteil, welchen die Pseudochlorophyllkörperchen ihren Wirten gewähren, beschränkt sich aber durchaus nicht einzig auf die Lieferung von Sauerstoff, — sie bieten ihren Wirten auch Nahrung. Bei den Protozoen, namentlich den Infusorien ist es nicht schwer zu beobachten, dass einzelne der sich rapid vermehrenden Pseudochlorophyllkörperchen aus dem Ektoplasma in das verdauende Entoplasma geraten, wo sie gleich einer von außen aufgenommenen Nahrung verdaut werden. Von *Paramecium Bursaria* ist es, wie bereits oben hervorgehoben wurde, längst bekannt, dass ein Teil der Pseudochlorophyllkörperchen von der rotirenden Strömung des Entoplasma mitgerissen wird, und ich muss hier, Brandt gegenüber, welcher das Verdautwerden der Pseudochlorophyllkörperchen bezweifelt ¹⁾, hervorheben, dass nichts leichter ist, als die verschiedenen Phasen der Verdauung an diesen in das Entoplasma geratenen Körperchen zu konstatiren. Uebrigens haben eben die Untersuchungen von Brandt ergeben, dass die Radiolarien, Spongillen und grünen Infusorien im filtrirten Wasser, wo ihnen außer ihren Pseudochlorophyllkörperchen keine sonstige Nahrung zu Gebote steht, prächtig gedeihen, ja die Radiolarien können eben nur im filtrirten Wasser einige Zeit am Leben gehalten werden. Auch bei *Hydra viridis* überzeugte ich mich, dass die Pseudochlorophyllkörperchen verdaut werden: jene dunkelbraunen und schwärzlichen Körnchen, welche schon von Kleinenberg in den Entodermzellen der *Hydra viridis* beobachtet wurden ²⁾, sind eben nichts Andres, als die unverdaubaren Reste der verdauten Pseudochlorophyllkörperchen. Manche Infusorien werden durch diese bequeme Art der Ernährung ganz zufriedengestellt, nehmen auch kaum eine andre Nahrung von außen auf und strudeln nur Wasser in ihren Leib: zu diesen gehören z. B. *Paramecium Bursaria*, ferner die grünen Varietäten der *Vorticella Campanula* (= *V. chlorostigma*), *Vaginicola crystallina*, *Stichotricha secunda* u. s. w.; auch in der grünen *Acanthocystis turfacea* habe ich nie von außen aufgenommene Nahrung beobachtet. Andern grünen Tieren hingegen

1) Arch. f. Anat. u. Physiologie. Physiolog. Abt. 1882. S. 129.

2) L. cit. S. 4.

genügt diese Nahrung nicht, sie sind trotz dem Nahrungsvorrat, welchen sie in ihrem Innern beherbergen und züchten, doch recht gefräßig, wie z. B. *Hydra viridis*, welche an Gefräßigkeit den farblosen Arten durchaus nicht nachsteht. Bei Jenen spielen die Pseudochlorophyllkörperchen dieselbe Rolle, wie die Gonidien der Flechten, welche aus anorganischen Nährstoffen jene organischen Verbindungen hervorbringen, welche sowohl sie selbst, als auch den Pilz, resp. bei den Phytozoen das Tier ernähren. Geza Entz (Klausenburg).

Ursprung und centrale Verbindungen der Riechnerven.

Im Nachfolgenden will ich über einige neuere Arbeiten aus dem genannten Gebiete, sowie über meine eigenen diesbezüglichen Untersuchungen, welche an einem andern Ort in extenso mitgeteilt werden sollen, berichten. Dabei möchte ich vor Allem die Analogien, die der centrale Riechapparat mit den Centren andrer Sinnesgebiete aufweist, hervorheben, sowie den Umstand, dass sich hier die als physiologische Postulate zu erwartenden anatomischen Verbindungen leichter nachweisen lassen, als dies für viele andere Centralapparate möglich ist.

Wie sehr die Ausbildung des gesamten centralen Riechapparats bei den verschiedenen Tierklassen wechseln kann, ist bekannt. Broca teilt demnach (*Anatomie comparée des circonvolutions cérébrales*, *Revue d'Anthrop.*, 1878 und 1879) die Säugetiere ein in *Mammifères osmatiques*, bei welchen diese Gehirnteile wol entwickelt sind, und in *Mammifères anosmatiques*, bei welchen sie entweder fehlen (Cetaceen) oder nur eine geringe Entwicklung zeigen (Wasserraubtiere und Primaten — zu letzteren wären die Affen überhaupt zu zählen). Ich kam noch hinzufügen, dass ich mich wiederholt am frischen Gehirn des *Delphinus delphis* von dem gänzlichen Mangel des Tractus olfactorius, sowie der peripheren Riechnerven überzeugt habe.

Die durch die Siebbeinlöcher aufsteigenden peripheren Riechnerven erreichen den als Bulbus olfactorius bezeichneten kolbigen Körper, auf dessen feinere Strukturverhältnisse ich hier nicht eingehen werde. Ich will nur bemerken, dass derselbe keineswegs seiner Struktur nach mit der Hirnrinde zu analogisieren ist wie z. B. Schwalbe (*Lehrbuch der Neurologie* 1881) meint; dagegen spricht auch der Umstand, dass bei Vertebraten kein Nerv bekannt ist, dessen Fasern vom peripheren Endorgane direkt bis zur Großhirnrinde reichen, ohne jemals durch Ganglienzellen unterbrochen zu werden. Der Bulbus olf. ist vielmehr etwa der Ganglienzellenschichte der Retina oder aber den Ursprungskernen der meisten übrigen Nerven gleichzustellen. Vom Bulbus aus sieht man beim Menschen einen in seiner Grundform dreikantigen Strang (Tractus olfactorius) nach rückwärts verlaufen, dessen freie basale Fläche rein markweiß erscheint.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Entz Geza Sr.

Artikel/Article: [Das Konsortialverhältniss von Algen und Tieren 451-464](#)