Vorversuche zur Biologie von Hydra.

Von

Jovan Hadži.

(Aus der Biologischen Versuchsanstalt in Wien.)

Mit 7 Figuren im Text.

Eingegangen am 24. Mai 1906.

Die vorliegende Abhandlung enthält die Vorversuche zu einer experimentellen Biologie der Süßwasserpolyphen unter besonderer Berücksichtigung des Verhältnisses von *Hydra viridis* zu den Zoochlorellen. Wegen äußerlicher Umstände ist es mir unmöglich gewesen die Versuche zu vollenden und weil ich voraussichtlich auch nicht so bald wieder dazu kommen werde, sie fortzusetzen, sich jedoch bereits einige interessante Resultate ergeben haben, so habe ich mich entschlossen diese schon jetzt zu publizieren.

Seit dem Jahre 1882 (G. ENTZ, K. BRANDT) ist es bekannt, daß die grüne Farbe vieler niederen Tiere, auch von *Hydra viridis*, durch die Confervinee *Zoochlorella conductrix*¹⁾ (BRANDT) (*Chlorella c.* Beijerinck) verursacht wird. Viele Autoren (E. RAY LANKESTER, P. GEDDES, W. MARSHALL) behaupteten doch noch weiter, daß die grüne Farbe tierischen Ursprungs sei. Nach der Analogie mit den Flechten hat man dieses Zusammenleben der *Hydra* und *Zoochlorella*: Konsortialverhältnis (ENTZ), Symbiose (BRANDT) genannt.

Es steht außer Zweifel, daß *Zoochlorella* alles, was sie zum Lebensunterhalt braucht, von *Hydra* direkt, oder durch ihre Vermittlung bezieht. Sie wohnt gleich einem Parasiten in den großen Entodermzellen der grünen Hydra. In andern Zellen kann sie nicht existieren. Beim Wandern der Zoochlorellen in das Ei der *Hydra* gelangen oft einige derselben in die Ectodermzellen; sie werden immer bleicher, gehen ein und werden ausgestoßen.

¹⁾ BRANDT hat in seinem zweiten Artikel diesen Namen zurückgezogen, nachdem ENTZ bewiesen zu haben glaubte, daß diese grünen Körper bloß Ruhezustände verschiedener Algen sind.

Um jeden Zweifel zu beseitigen, ob die grüne Farbe von *Zoochlorella* wirklich chlorophyll ist, untersuchte ich den grünen Farbstoff der *Zoochlorella* auf folgende Weise: Eine große Anzahl gut ausgewachsener Hydren setzte ich in eine kleine Eprouvette, goß 95%igen Alkohol auf und ließ dieselbe etwa 20 Stunden im Dunklen stehen. Zugleich machte ich einen alkoholischen Extrakt von *Fagus sylvatica*-Blättern. Beide Extrakte stellte ich nacheinander vor das Spektroskop und konnte vergleichend die größte Übereinstimmung der Spektren konstatieren.

Die Zoochlorellen scheiden bei der Assimilation Sauerstoff aus; ganze Gasblasen von den grünen Hydren aufsteigen, sah ich nie. BLOMFELD (nach E. RAY LANKESTER, 1882, und BRANDT, 1883) hat in der Gasausscheidung von *H. viridis* 33,3% Sauerstoff nachgewiesen.

Um die Bedeutung des von Zoochlorellen ausgeschiedenen Sauerstoffs für die *Hydra* zu prüfen, stellte ich folgenden Versuch an: Vier gleiche Glasgefäße wurden mit Wasser, demselben Becken entnommen, in welchem die Hydren vorher lebten, gefüllt. In zwei Gläser setzte ich je fünf Stück von *Hydra viridis*; in andre zwei je fünf Stück von *Hydra fusca*. Ein Glas mit *H. viridis* und eines mit *H. fusca* stellte ich als Kontrollversuch auf eine für die Tiere günstig belichtete Stelle; andre zwei Gläser stellte ich unter den Recipienten der Luftpumpe, welche am Lichte stand. Durch Auspumpen der Luft wurde der Druck so weit erniedrigt, daß der größte Teil der Luft aus dem Wasser, in welchem sich die Tiere befanden, austrat. Durch das Schütteln gereizt zogen sich die Tiere zusammen; nachdem das Pumpen aufgehört hatte, streckten sie sich wieder. Jetzt wurde durch Einlassen von Kohlendioxidgegas der Druck mit dem äußeren ausgeglichen. Nach etwa zwei Stunden zogen sich die *H. fusca* zusammen und lösten sich von der Unterlage, *Hydra viridis* dagegen verhielten sich von früh nachmittag bis zum Abend normal, bewegten sich aber sehr wenig; in der Frühe waren alle zusammengezogen. Nachmittag nahm ich alle heraus: die grünen erholten sich, nachdem ich das Wasser gewechselt hatte, die grauen waren tot. Die als Kontrollversuch aufgestellten waren lebendig und munter. Unter diesen ungewöhnlichen Umständen zeigte sich also *Hydra viridis* widerstandsfähiger. Im Gegenteil dazu gehen die grünen Hydren im schlechten Wasser eher zugrunde als die braunen. Das beobachtete auch BRANDT bei andern »Phytozoen«; ENGELMANN sagt für *Zoochlorella*-haltiges *Paramecium* und *Vorticella*, »daß sie an größere Sauerstoffmenge angepaßt sind«. In mittels Durchlüftung

frisch gehaltenem Wasser leben die grünen Hydren auch im Dunklen sehr lang; ich hielt sie über 6 Wochen.

Um die angebliche Rolle der Zoochlorellen bei der Ernährung der grünen Hydren festzustellen, beobachtete ich die Lebens- und Ernährungsweise aufs genaueste. *Hydra viridis* ernährt sich stets von animalischer Kost und zwar mit Vorliebe mit kleinen Krebsen; je mehr sie fangen kann, desto mehr verschluckt sie, die überschüssige assimilierte Substanz wird durch Bildung von Knospen verbraucht. Wenn man sie hungern ließ, dann helfen ihr die Zoochlorellen gar nicht; sie lebt zwar sehr lange, zehrt aber von eigener Substanz: zuerst die Arme, dann den Leib bis sie zur Größe und Form ihres eignen Eies sinkt; die Zoochlorellen, inwieweit sie Platz haben, bleiben in den Entodermzellen, die überschüssigen werden ausgestoßen. Zu ähnlichem Resultate kam L. v. GRAFF, 1884. BBANDT, 1881, ENTZ, 1881, GEDDES (nach HAMANN), E. RAY LANKESTER, 1882, behaupteten die *Hydra* ernährt sich, wenn es ihr notwendig ist, von Zoochlorellen, teils direkt, teils durch die von Zoochlorellen gebildete Stärke. Niemand wies in den Entodermzellen von *Hydra viridis* freie oder gelöste Stärke nach. Es ist ein Irrtum, wenn man die rötlichen Körner in den Entodermzellen mit den Zoochlorellen in genetische Beziehungen bringt; das sind sicher nur Excretkörner, was auch GREENWOOD nachgewiesen hat. Selbst die durchschnittliche Größe der *Hydra* hängt von der Größe der alltäglichen Nahrungstiere (Futtermiere) ab. Grüne (wie die nichtgrünen) Hydren, welche sich von Daphnien ernähren, sind selbst fünfmal so groß, wie diejenigen, die sich von *Notus* (Rotatorium) ernähren, in der Mitte stehen diejenigen, die sich von *Cypris* ernähren. Wenn man die *Hydra*, welche sich von *Cypris* ernährt, allmählich an größere Nahrung (Daphnien) gewöhnt, so wächst sie an bis zu einer gewissen Größe und bleibt konstant, solange sie dieselbe Nahrung bekommt. In entgegengesetzter Richtung gelingt es auch *Hydra* zu verkleinern.

Gegen die Stärke zeigt *Hydra* eine besondere Abneigung, willig nimmt sie dieselbe nicht zu sich. Nachdem sie längere Zeit fastete injizierte ich in den Gastralraum Stärkekörner (künstliche). Den nächsten Tag fand ich einige ganz intakt im Gastralraume liegen (die meisten wurden ausgeworfen). Auch durch Kochen isolierte Kartoffelzellen wurden nicht verdaut. In einem einzigen Falle nahm eine gefräßige braune *Hydra* eine Kartoffelzelle zu sich, stieß sie aber bald aus. Wenn sich die Zoochlorellen sehr stark vermehren, so werden die überschüssigen, ebenso wie die Excretkörner ausgestoßen, weil

sie einen zu großen Druck auf die äußeren Zellwände ausüben. Nach GREENWOOD, was ich durch eigne Beobachtung nur bestätigen kann, verdauen die Hydren nicht ganz intracellulär, wie das früher allgemein angenommen wurde (METSCHNIKOFF für Cölenteraten; siehe auch KRUKENBERG, CHAPEAUX). Nach einer Vorverdauung im Gastralraum (Eiweißzellen) werden die Nahrungspartikelchen mittels Pseudopodien von den Nährzellen eingenommen und verdaut. Die injizierten Zoochlorellen werden weder von der Vorverdauungsflüssigkeit angegriffen noch von Nährzellen eingenommen. Ich injizierte in den Gastralraum einer *H. viridis* mittels einer Capillarröhre rote Blutkörperchen von einer Kröte. Nach kurzer Zeit untersuchte ich das Innere dieser *Hydra* und fand, daß die Blutkörperchen nicht in die Entodermzellen eingenommen wurden, sondern stark angegriffen in der Gastralraumflüssigkeit sich befanden: farblos, die Konturen schwer sichtbar, dagegen der Kern wohl zu sehen. Nach allem scheint es sehr unwahrscheinlich zu sein, daß die Zoochlorellen von *Hydra* verdaut werden, und was die Hauptsache ist: beobachtet hat es niemand. L. v. GRAFF, 1884, hat also vollkommen recht, wenn er sagt: »Die Algen oder Pseudochlorophyllkörper der *Hydra* haben keinerlei Bedeutung für die Ernährung derselben.«

Zoochlorella hängt an *Hydra* so fest, daß es bisher durch keinen Eingriff, weder chemischer noch physikalischer Natur, gelungen ist *Hydra* von ihren Symbionten zu befreien. Im Dunklen kann man *Hydra* sehr lange halten, die Zoochlorellen verbleiben und überleben sie noch um kurze Zeit. Ich setzte ganz junge, eben ausgeschlüpfte Hydren ins Dunkle; die Algen erhielten sich doch. In jedem Falle gingen früher die Hydren ein, als die Zoochlorellen.

Es scheint die *Zoochlorella* an dieses Leben in der Zelle weit (wenn auch nicht so weit, wie bei Turbellarien, siehe HÄBERLANDT) angepaßt zu sein, da wir nicht imstande sind, sie außerhalb der *Hydra* zu tüppigem Leben zu bringen. Die Verhältnisse, unter welchen sie im Tiere lebt, sind kompliziert und größtenteils unbekannt, daher ist es schwer sie künstlich nachzumachen. Von allen vielen Substraten, mit welchen ich versuchte eine Kultur von *Zoochlorella conductrix* anzulegen, bewährte sich noch am besten ein dünnflüssiges Agar-Agar-Präparat, das auf Objektträger gegossen mit den isolierten Algen in eine lichte Glasfeuchtkammer gestellt wurde. Anfangs vermehrten sich die Algen sogar, nach einiger Zeit (2—3 Wochen) zeigten sich schon Degenerationszeichen, nach 6 Wochen zerfielen sie ganz. BEIJERINCK versuchte es auch, es gelang ihm aber nicht; später

erwähnt er in einer Bemerkung, daß es ihm doch gelungen sei ein Substrat zu finden, sagt jedoch nicht, von was für einer Zusammensetzung es sei. FAMINTZIN ist es gelungen die Zoochlorellen aus *Paramaccium* am anorganischen Substrat zu kultivieren. Ebenso wenig gelang es je eine nicht grüne *Hydra* zu infizieren, weder durch Injektion (mittels einer Capillarröhre mit gleichzeitiger Verletzung des Entoderms) noch durch Transplantation, obwohl eine *H. fusca* mit einer *H. viridis* über 2 Stunden verwachsen war (WETZEL gelang es, dieselben 2 Tage zusammenzuhalten, die Algen gingen doch nicht über). Bei Protozoen gelang es mehrmals (W. SCHEWIAKOFF, G. KESSLER, S. PROWAZEK usw.). Dabei muß hervorgehoben werden, daß es mehrere Arten von intracellular lebenden Zoochlorellen gibt, die sich verschieden weit an intracelluläres Leben angepaßt haben. (BRANDT, 1882, hat zwei Arten beschrieben: *Z. conductrix* und *Z. parasitica*, jene von HABERLANDT beschriebene, in *Turbellaria acoela* lebende membranlose ist von diesen beiden verschieden, BEIJERINCK *Chl. infusionum*.)

Die auf beide Vermehrungsarten entstandenen Individuen (Personen) von *Hydra viridis* sind schon mit Zoochlorellen infiziert. Wie die Zoochlorellen zum erstenmal in die *Hydra* gekommen sind, wissen wir nicht. MÖBIUS meint, sie sind passiv »aufgenommen« worden, NUSSBAUM, daß sie vielleicht eingewandert seien. Wenn die Behauptung A. LANGS, daß die Knospen bei *Hydra* nur aus Ectoderm entstehen, richtig wäre, so müßten die Zoochlorellen ebenso wie in das Ei, auch in das Ectoderm einwandern. Wie es mir gelungen ist dieses Einwandern in das Ei zu verhindern (wortüber später), so müßte es auf dieselbe Weise auch bei der Knospe gelingen; das ist aber nicht der Fall. Ich untersuchte die Knospung auch histologisch an in FLEMMINGScher Lösung fixierten Tieren, und mit Hämatoxylin gefärbten Schnitten; nach dem Tatbestande kann ich nur die Beobachtung BRAEMS bestätigen, wonach die Knospe aus beiden Leibwänden ihren Ursprung nimmt. Das Entoderm verdickt sich bedeutend unter Zellvermehrung und Zoochlorellen-Anhäufung. Mit der Vermehrung der Zellen geht auch die Vermehrung der Zoochlorellen Hand in Hand, wie BEIJERINCK sagt: »rhythmisch«.

Das Einwandern der Zoochlorellen in das unreife Ei von *Hydra viridis* hat zuerst HAMANN ¹⁾ beschrieben, darin gibt sich ganz besonders die Anpassung der Alge an das Tier kund. Die Gemmulae von

¹⁾ KLEINENBERG beobachtete die Zoochlorellen im Ei von *H. viridis* viel früher, meinte aber, daß sie aus Leucoplasten entstehen wie bei Pflanzen.

Spongilla sind frei von Algen (BEIJERINCK), die von *Vortex helvus* = *viridis* M. Schultze auch (SEKERA, HABERLANDT, GEORGÉVITCH), ebenso die Eier von *Convoluta roscoffensis* (KEEBLE und GAMBLE).

Demnach scheint *Hydra* das einzige Metazoon zu sein, bei welchem die Zoochlorellen schon in das Ei eindringen. Dieser Umstand mußte einen Fingerzeig dafür abgeben, daß auf diesem Stadium bereits mit den Versuchen zu beginnen sei.

Grüne Hydren, bei welchen das Ovarium eben sichtbar geworden war, setzte ich in ein mit Durchlüftung versehenes Gefäß (mit Wasser aus dem Aquarium, in welchem die Hydren lebten) und dieses stellte ich unter eine lichtdichte Pappschachtel. Die Eier wuchsen viel langsamer (wegen Lichtmangel, F. REINKE) als unter normalen Verhältnissen, blieben dabei ganz algenlos weiß. Um zu sehen, ob der Lichtmangel an sich oder das chemisch nicht wirksame Licht denselben Effekt erzeugen würde, stellte ich solche Hydren mit ganz jungen Ovarien unter Kästchen mit farbigen Glaswänden und zwar: roten, gelben, grünen, blauen und violetten. In rotem und gelbem Lichte wandern die Zoochlorellen ebenso reichlich wie im Tageslichte ein, in blauem und violetttem spärlicher, in schwachem grünen gar nicht. Demnach erweist sich die Meinung HAMANNS, daß die Zoochlorellen passiv in das Ei eingeschleppt werden, als unrichtig¹⁾.

Die auf diese Weise algenlos gemachten Eier wuchsen bis zur normalen Größe (Abb. 1, 2, 4; die Größe der Eier von *Hydra* schwankt

Fig. 1.

Normales Ei von
H. viridis (ohne Hülle).
REICHERT Oc. 2 Obj. 2.

Fig. 2.

Normales Ei von
H. fusca (ohne Hülle).
REICHERT Oc. 2 Obj. 2.

Fig. 3.

Ei von *H. viridis*
aus dem halbierten Ei
entwickelt.
REICHERT Oc. 2 Obj. 2.

Fig. 4.

Ei von *H. viridis*
im Dunkeln erzogen.
REICHERT Oc. 2 Obj. 2.

ziemlich), blieben dann (bis auf einen von etwa 20 Fällen) ohne sich zu furchen und die Hülle zu bilden, einige Stunden am Tiere, fielen dann ab und zerflossen, von Pilzen und Bakterien überwuchert. Nur ein Ei (von diesen 20) entwickelte sich weiter und schied die Kapsel

¹⁾ In neuester Zeit ist es KEEBLE und GAMBLE gelungen, die Art und Weise der Infektion der Embryonen von *Convoluta roscoffensis* durch eine Chlorophyceae aus dem Genus *Casteria* (also keine *Zoochlorella*) festzustellen. Es ist auch möglich geworden, die Tiere vor der Infektion zu schützen.

aus; dieses brachte ich allmählich ans Licht. Die *Hydra*, welche aus diesem Ei ausschlüpfte, war natürlich durchsichtig und algenlos, ging leider bald ein. Die Ursache des Todes kann ich nicht angeben. Wegen Mangel an geschlechtlich sich fortpflanzenden Tieren konnte ich leider die Experimente und Beobachtungen in diesem Jahre nicht weiter fortsetzen, behalte mir daher vor, die unterbrochene Arbeit später fortzusetzen, dabei in erster Linie vergleichend dasselbe Experiment mit den nicht grünen Hydren vorzunehmen, um konstatieren zu können, ob an dem frühen Tode der im Finstern entwickelten Eier von *Hydra viridis* der Mangel an Zoochlorellen oder eine andre Ursache schuld ist.

Da das Regenerations- und Regulationsvermögen von *Hydra* bekanntlich sehr groß ist, wäre es von Interesse zu wissen, wie groß die Entwicklungsfähigkeit der durch Schüttelung und Schneiden gewonnenen Eiteile und Eiblastomeren des *Hydra*-Eies ist. Zu diesem Zwecke stellte ich einige Versuche, welche ich ebenfalls wegen Mangel an *Hydra*-Eiern nicht fertigstellen konnte, und deren Fortsetzung ich mir daher noch vorbehalte.

Schon durch das Berühren und noch mehr durch leichte Schüttelung bereits eingekapselter Embryonen, kann man bewirken, daß die Tiere, die aus solchen Kapseln entschlüpfen, stets irgend eine Abnormität an sich tragen. Auf diese Weise bekam ich: zweiköpfige (stets [drei Stück beobachtet] mit sechs Armen), tentakellose, mit gegabelten Tentakeln usw.

Die Operationen mit den Eiern von *Hydra* sind sehr schwierig, erstens, weil das Ei bis zum Einkapseln sich am Muttertiere hält, zweitens, weil die Eier sehr zähflüssig und empfindlich sind, und sehr leicht zerfließen. Wenn man das reife Ei durch Stich mit der Nadel, durch Abzwicken von kleinen Eimassen beschädigt, verläuft die Entwicklung doch ganz ungestört.

Das unreife noch nicht abgerundete Ei durchschnitt ich ungefähr durch die Mitte und zwar samt dem Muttertiere. Es entwickelte sich meistens nur eine von den beiden Hälften. (Ob jene, welcher dabei das Keimbläschen zukommt?) In zwei (von etwa 15 bis 17) Fällen entwickelten sich einige Zeit die beiden Hälften, degenerierten aber bald (es entsteht an Stelle des Eies ein parenchymatisches Gewebe, die Reservesubstanz wird absorbiert). Die untere Hälfte des Muttertieres regenerierte gewöhnlich die Tentakel, die obere (Abb. 5, 6) regenerierte eine Fußscheibe nicht immer, sondern

das Ei (das sich indessen immer mehr abrundet) gleitet an das apicale Ende des Muttertieres, so, daß dieses sich nicht mit dem Apicalpole anzuheften imstande ist und gezwungen ist, liegend zu verharren. Ein halbes Ovocytt (Abb. 3) erlangte die normale Größe; die andern blieben nicht sehr dahinter zurück. Auch bei einer *Hydra*, die mit dem Ei der Länge nach entzweigeschnitten worden war, verheilten beide Hälften und die Eierhälften ebenfalls. Bis zur Einkapselung kam es noch, aber bis zum Ausschlüpfen kam keines der operierten Eier, meistens von Pilzen und Bakterien befallen. Bei einem *Hydra*-Ei, das eben die erste Furche angelegt hat, durchschnürte ich die eine Blastomere mittels eines Haares, die am Tiere verbliebene Hälfte furchte noch weiter, zerfloß jedoch, bevor sie sich eingekapselt hatte.

Fig. 5.

Fig. 6.

Hydra viridis. Nach der Operation eingetretene Regulation. Zwei verschiedene Stadien. REROUX
Oc. 2 Obj. 2.

Fig. 7.

Entstehung an der Knospe von *Hydra*.

Um die Möglichkeit der Kreuzung zwischen *Hydra viridis* und *Hydra fusca* (nach NUSSBAUM bestimmt) zu ersehen, besamte ich ein Ei von *Hydra fusca* mit dem Samen von *Hydra viridis*, das Ei legte nur erst 3—4 Furchen an und zerfiel. Weitere Versuche in dieser Hinsicht werden später gemacht, ebenso ist zu prüfen die Möglichkeit der parthenogenetischen Entwicklung der *Hydra*-Eier. KLEINENBERG gibt in seiner Monographie: »*Hydra*« (Leipzig, 1872) an, daß sich die durch Knospung entstandenen Hydren nicht ge-

schlechtlich fortpflanzen; ich hatte Gelegenheit einen ganzen *Hydra*-Stock (Abb. 7) zu beobachten, wobei eine *Hydra*, die sich noch am Muttertier befand, bereits ein junges Ovarium angelegt hat. Weiter beobachtete ich den folgenden Fall: am Mundpole einer bereits deutlich ausgebildeten Knospe von *Hydra viridis*, bildete sich ein Hoden; die weitere Entwicklung dieser Knospe beobachtete ich nicht.

Zusammenfassung der experimentellen Ergebnisse.

1) *H. viridis* besitzt eine größere Widerstandsfähigkeit gegen CO₂-Atmosphäre als *H. fusca*.

2) Im Dunkeln wandern die Zoochlorellen in das Ei von *H. viridis* nicht ein und doch sind die auf diese Weise algenlos gemachten Eier entwicklungsfähig.

3) Die durch Zerschneidung halbierten Ovocyten von *Hydra* stellen die normale Größe wieder her.

Literaturverzeichnis.

- M. W. BELJERINCK, Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und andern niederen Algen. Bot. Zeitung. 1890.
- F. BRAEM, Über Knospung bei mehrschichtigen Tieren, insbesondere bei Hydroiden. Biol. Centralbl. 1894.
- K. BRANDT, Über das Zusammenleben von Algen und Tieren. Biol. Centralbl. 1881—82.
- Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren. (1 Taf.) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1882.
- Über die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Tieren. (2. Artikel.) Mitteil. aus d. Zool. Stat. zu Neapel. IV. 1883.
- Über Symbiose von Algen und Tieren. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1883.
- MARCELLIN CHAPEAUX, Recherches sur la Digestion des Coelentérés. Archiv de Zoologie expérimentale et générale. Sér. III. Tom. I. 1893.
- TH. W. ENGELMANN, Über das tierische Chlorophyll. Archiv f. d. ges. Physiol. des Menschen u. der Tiere. 1883.
- G. ENTZ, Über die Natur der Chlorophyllkörperchen niederer Tiere. Biolog. Centralbl. 1881—82. Referat über einen am 25. Februar 1876 in Klausenburg gehaltenen Vortrag.
- Konsortialverhältnis von Algen und Tieren. Biol. Centralbl. 1882—83.
- A. FAMINTZIN, Beitrag zur Symbiose von Algen und Tieren. Mém. de l'Acad. imp. de St. Pétersbourg. S. III. T. 38. 1891.
- P. GEDDES, Sur la Chlorophylle animale et sur la Physiologie des Planaires vertes. Arch. de Zool. exp. et générale. VIII. 1879—1880.
- Further researches on Animals containing chlorophyll. Nature. 1882.
- J. GEORGÉVITCH, Sur le développement de la Convoluta Roscoffensis Graff. Compt. rend. 1889.
- L. v. GRAFF, Monographie der Turbellarien. I. Rhabdocoelida. Leipzig 1882.
- Zur Kenntnis der physiologischen Funktion des Chlorophylls im Tierreich. Zool. Anz. 1884.

- L. v. GRAFF, Die Turbellarien als Parasiten und Wirte. Festschrift. Graz 1903.
- M. GREENWOOD, On Digestion in Hydra, with some observation on the Structure of the Endoderm. The Journal of Physiology. 1888.
- G. HABERLANDT, Über den Bau und die Organisation der Chlorophyllzellen von *Convoluta Roscoffensis*. Als Anhang zu: L. v. GRAFF, Organisation der *Turbellaria acoela*. Leipzig 1891.
- O. HAMANN, Zur Entstehung und Entwicklung der grünen Zellen bei Hydra. Zeitschr. f. wiss. Zool. 37. 1882.
- F. KEEBLE and F. GAMBLE, On the isolation of the infecting Organism (»Zoo-chlorella«) of *Convoluta roscoffensis*. Proc. of the Roy. Soc. London. Ser. B. Vol. 77. No. 514. 1905.
- G. KESSLER, Ein Beitrag zur Lehre von der Symbiose. Arch. f. Anatom. u. Physiol. 1882.
- N. KLEINENBERG, Hydra. Eine anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchung. Leipzig 1872.
- C. F. W. KRUKENBERG, Vergleichend physiologische Studien (experim. Untersuchungen). I. Reihe. I. Abt. 1880.
- Vergleichend physiologische Studien (exper. Untersuchungen). II. Reihe. I. Abt. 1882.
- A. LANG, Über die Knospung bei Hydra und einigen Hydromedusen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1892.
- W. MARSHALL, Über einige Lebenserscheinungen der Süßwasserpolyphen und über eine neue Form von *Hydra viridis*. Zeitschr. f. wiss. Zool. 37. 1882.
- E. METSCHNIKOFF, Über die intracelluläre Verdauung bei Coelenteraten. Zool. Anz. 1880.
- Untersuchungen über die intracelluläre Verdauung bei wirbellosen Tieren. (2 Taf.) Arb. a. d. zool. Inst. d. Univ. Wien. T. V. 1884.
- M. MÖBIUS, Über endophytische Algen. Biol. Centralbl. 1891.
- M. NUSSBAUM, Über die Teilbarkeit der lebendigen Materie. II. Mitteil. Beiträge zur Naturgeschichte des Genus Hydra. (7 Taf.) Archiv f. mikr. Anatom. XXIX. 1887.
- S. PROWAZEK, Beitrag zur Kenntnis der Regeneration und Biologie der Protozoen. Archiv f. Protistenkunde. III. 1904.
- E. RAY LANKESTER, The mode of occurrence of Chlorophyll in *Spongilla*. Quart. Journ. Micr. Science. XIV. 1874.
- Chlorophyll in Turbellarian worms and other animals. Quart. Journ. Micr. Science. XIX. 1879.
- On the Chlorophyll-corpuscles and Amyloid deposits of *Spongilla* and Hydra. (1 Taf.) Quart. Journ. Micr. Science. XXII. 1882.
- F. REINKE, Grundzüge der allgemeinen Anatomie. Wiesbaden 1901.
- W. SCHEWIAKOFF, Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Bibl. zoologica. 5. 1889.
- Bemerkung zu der Arbeit von Prof. FAMINTZIN über Zoochlorellen in Protozoen. Biol. Centralbl. 1891.
- E. SEKERA, Einige Beiträge zur Lebensweise von *Vortex helluo* (*viridis* M. Schultze). Zool. Anz. XXVI. 1903.
- G. WETZEL, Transplantationsversuche mit Hydra. (1 Taf.) Archiv f. mikr. Anat. 1895.
- Transplantationsversuche mit Hydra. (1 Taf.) Archiv f. mikr. Anat. 1898.