

XI.

Beobachtungen über das Leuchtvermögen
von *Ceratium tripos* (MÜLL.).

Von Dr. OTTO ZACHARIAS (Plön).

Eingehendere Untersuchungen über die bei *C. tripos*, der bekannten marinen Peridinee, sich vorfindende Fähigkeit zur Lichtentwicklung hat zuerst der Kieler Arzt Dr. S. A. MICHAELIS (1830) angestellt¹⁾ und es gewinnt sogar den Anschein, daß dieser Forscher überhaupt der Entdecker des Umstandes ist, daß diese Dinoflagellatenspezies unter gewissen Bedingungen eigenes Licht auszusenden vermag. Durch MICHAELIS angeregt hat sich dann auch C. G. EHRENBURG²⁾ mit der Erscheinung des Ceratienleuchtens befaßt und darüber ausführlich gehandelt. Sehr viel später wendete F. v. STEIN³⁾ demselben Gegenstande seine Aufmerksamkeit zu, und ganz neuerdings (1898) ist J. REINKE⁴⁾ mit einem kurzen Berichte über das Leuchtvermögen des gleichen Panzergeißelers hervorgetreten. Vor kurzem (Oktober und November 1904) habe ich auch meinerseits Gelegenheit gehabt, die Lichtproduktion bei jener Peridinee zu beobachten. Meine Wahrnehmungen sind dazu geeignet, die Feststellungen REINKES teils zu bestätigen, teils aber noch zu ergänzen. Ich werde im Nachstehenden die von mir beobachteten Tatsachen zusammenstellen und die daraus sich ergebenden Schlußfolgerungen mitteilen.

1) Über das Leuchten der Ostsee. Hamburg 1830.

2) Über einen neuen, das Leuchten der Ostsee bedingenden, lebenden Körper. POGGENDORFFS Annal. der Physik und Chemie, 33, B. 1831.

3) Der Organismus der Infusionstiere, III. Abt., 2. Hälfte 1883.

4) Über das Leuchten von *Ceratium tripos*. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen etc. N. F., 3. Bd., Abt. Kiel 1898.

I. Zur Kenntnis des feineren Baues von *C. tripos*.

Die bilateral-asymmetrische Körperform der in Frage kommenden Spezies ist hinlänglich bekannt; ebenso die Zusammensetzung der Panzerhülle aus einzelnen Stücken (Apikalplatten, Äquatorialplatten, Gürtelband). Desgleichen die komprimierte Gestalt des ganzen Wesens, welche an die einer breitgedrückten Kugel erinnert. Von allen diesen Einzelheiten hat STEIN¹⁾ vorzügliche Abbildungen geliefert. Vorher waren auch schon von R. S. BERGM einige gute Zeichnungen publiziert worden.²⁾ Was die Struktur der Panzerhülle speziell bei *C. tripos* betrifft, so ergibt die Behandlung derselben mit Jodjodkalium und Schwefelsäure (zum Zweck des Nachweises der Zellulose-Reaktion) gleichzeitig auch die deutliche Anwesenheit zahlreicher Poren auf der Vorderfläche desselben, wogegen die Hinterseite davon gänzlich frei ist. Ich betone diesen Umstand, weil ich ihn nirgends besonders hervorgehoben finde. Sicher gilt dieses Merkmal wenigstens von den Oktober-Exemplaren aus der Kieler Förhde, an denen ich meine mikroskopischen Beobachtungen angestellt habe. Bei einer langhörnigen Varietät aus der Südsee (*Peridinium macroceros* EURB.) scheint STEIN (l. c. Taf. XVI, Fig. 9) auch auf der Hinter-, resp. Unterfläche Poren vorgefunden zu haben, wie seine Abbildung erkennen läßt. Dies ist aber wohl eine Ausnahme. Ich habe bei vielen Exemplaren genau auf diesen Punkt geachtet, fand aber immer wieder meine Wahrnehmung vom Fehlen jener winzigen Öffnungen auf der Ventralseite des Panzers bestätigt. Die Durchlöcherung setzt sich selten auch auf die Hörner fort, aber da, wo sie vorkommt, reicht sie meist nicht weiter als bis ins erste Drittel dieser Verlängerungen. Der Abstand der winzigen Öffnungen voneinander beträgt 2—3 μ . Gewöhnlich zeigen sie eine unregelmäßige Anordnung; doch habe ich manchmal auch mehrere parallele Reihen von Poren konstatiert. Eine ununterbrochene Serie von Poren findet man fast ausnahmslos am oberen und unteren Rande des Gürtelbandes. Die beiden Seitenhörner zeigten bei allen von mir untersuchten Ceratien eine spitzzulaufende Endigung, wogegen

¹⁾ Der Organismus der Infusionstiere, III. Abt., 2. Hälfte 1883. Taf. XVI und XVII.

²⁾ Der Organismus der Ciliöflagellaten. Morpholog. Jahrbuch. Bd. 7. S. 2. 1881. Taf. XII und XIII.

das Apikalhorn stets wie abgeschnitten aussieht. Dieses größte Horn ist von röhrenförmiger Beschaffenheit und trägt vorn eine feine Öffnung, welche von früheren Beobachtern übersehen worden zu sein scheint. Zum ersten Male sind diese eigenartigen Bauverhältnisse von F. SCHÜTT hervorgehoben¹⁾ und näher beschrieben worden. An Exemplaren von *Ceratium tripos*, welche zufällig so gerichtet sind, daß ihr Apikalhorn schräg nach oben ragt, kann man mit größter Deutlichkeit jene winzige Öffnung wahrnehmen und auch den feinen Kanal innerhalb des Hornes konstatieren. Die Ceratien der Kieler Bucht haben eine Gesamtlänge von 220 bis 230 μ . Sie besitzen eine große Anzahl rundlicher Chromatophoren von hellrostroter Färbung, welche dicht unter der dünnen Panzerhülle gelegen sind. Beim langsamen Absterben des Zellinhalts verändern diese Farbstoffträger ihr Kolorit in ein fahles Gelb. Gleichzeitig tritt aber jener Inhalt teilweise aus der ventral gelegenen Geißelspalte hervor. Nach meinen Wahrnehmungen dient er dann hauptsächlich den im Plankton mitanwesenden Rädertieren (*Synchaeta baltica* EHRB.) zur Nahrung.

An einzelnen Exemplaren konnte ich auch die Ansatzstelle und die Austrittsöffnung der Längsgeißel recht deutlich wahrnehmen und fand, daß sich dieser feine, 128—135 μ lange Protoplasmafaden an einer Stelle inseriert, welche etwas über der Mitte des vom Panzer umschlossenen Zellkörpers gelegen ist. Er erhält, wenn er sich hervorstrecken beginnt, Führung durch einen röhrenähnlichen Hohlraum, der aber am hinteren Ende einen Schlitz besitzt. Beim Hervordringen hat die Geißel die Gestalt einer enggewundenen Spirale — ich zählte 12—15 Windungen an derselben — und nur die letzten Ringelungen schlossen sich etwas loser aneinander. In der Gegend des Schlitzes angekommen, tritt das distale Ende der Geißel plötzlich hervor und die Streckung der ganzen Spirale ist das Werk der nächsten Sekunde. Es erfolgen die bekannten peitschenartigen Schwingungen, welche die taumelnde Fortbewegung ins Wasser verursachen, wenn das kleine Wesen nicht zufällig durch Deckglasdruck am Schwimmen verhindert wird.

¹⁾ Vergl. ENGLER und PRANTL: Die natürl. Pflanzenfamilien. 1896. I. Teil. Abteil. 1b, S. 17. — Außerdem: Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. XXXII, Heft 4, S. 18.

II. Die Bedingungen, unter denen das Leuchten von *Ceratium tripos* stattfindet.

Wenn man die Schilderung FRD. COHNS¹⁾ liest, so bekommt man eine nicht völlig zutreffende Vorstellung von der Betätigung des Leuchtvermögens der Ostsee-Ceratiem. Es heißt in der Beschreibung des Genannten: »Am Tageslichte zeigen die Peridiniem nichts Außergewöhnliches, aber in der Finsternis gewähren sie ein wunderbares Schauspiel. Ihr Körper wirft Blitze durch das Dunkel: bei jedem Drehen und Wenden schießt Strahl auf Strahl hervor. Nicht der Dreizack des Neptun, Jupiters Donnerkeil ist es, nach dessen Bilde sie gemacht scheinen.« Im Vergleich hierzu ist die Schilderung, welche v. STEIN in der Einleitung zu seiner Monographie der arthrodelen Flagellaten von dem Leuchtphänomen entwirft (S. 16 und 17 daselbst) bei weitem naturgetreuer und hinsichtlich des Details der ganzen Erscheinung den von mir selbst beobachteten Tatsachen vollkommen entsprechend. Meine eigenen Wahrnehmungen beziehen sich auf den Monat Oktober des laufenden Jahres (1904), also auf diejenige Jahreszeit, wo bekanntermaßen *Ceratium tripos* im Bereiche der Kieler Bucht in maximaler Anzahl zu finden ist. Trotz dieser üppigen Wucherung (und bei 8—10° C. Wassertemperatur) war aber im Hafen selbst keine Spur einer Lichtentwicklung zu entdecken. Auch beim Hin- und Herbewegen der Ruder beim raschen Fortführen einer Stange durchs Wasser zeigte sich keinerlei Aufblitzen der massenhaft die Flut durchsetzenden Peridineem. Anders aber verhielt sich die Sache mit einem Planktonfange, der im verdunkelten Zimmer beobachtet wurde. Hier zeigte sich schon nach wenigen Minuten ein lebhaftes Aufblitzen einzelner Punktwesen, welches im Verlauf einer Stunde sich zu einem Sternschnuppenfall in miniature gestaltete. STEIN nennt es »ein prachtvolles Feuerwerk«, und ich muß ihm in dieser ebenso richtigen wie naheliegenden Bezeichnung beistimmen. Scheinbar tritt das Funkeln der einzelnen Peridiniem ganz spontan auf und man möchte glauben, daß die Aussendung von Licht seitens dieser kleinen Wesen eine bloße Begleiterscheinung ihres Lebensprozesses und so selbstverständlich sei, als etwa die Atmung und die Fortbewegung dieser

¹⁾ Vergl. dessen Buch „Die Pflanze“, II. Bd., S. 372.

Organismen im Wasser. Dies ist aber nicht der Fall, wie folgendes Experiment lehrt. Ich verschaffte mir mit Hilfe eines sehr feinen Gazeetzes eine recht bedeutende Menge Ceratien-Plankton und füllte damit ein großes, weithalsiges Glasgefäß an. In diesem begann in der Dunkelheit alsbald wieder jenes Blitzen und Funkeln, welches oben bereits geschildert worden ist. Es trat in diesen Behälter, der besonders reichlich mit Ceratien besetzt war, in einer der Anzahl derselben proportionalen Großartigkeit auf. Dies brachte mich auf den Gedanken, den konzentrierten Sammelfang sozusagen als Stammlösung zu benutzen und Verdünnungen daraus herzustellen. Mischte ich nun 100 ccm solchen Ceratienwassers mit gewöhnlichem Seewasser, so traten die Funken schon weniger oft in dem betreffenden Glase auf, als in dem Stammgefäße. Setzte ich die Kontrolle in der Weise fort, daß ich eine Reihe von kleineren Glaszylindern (4 Stück) nebeneinander stellte, in denen jeder folgende immer 50 ccm mehr Seewasser enthielt, als der vorhergehende, so ergab sich ein dem entsprechendes Seltenerwerden des raketartigen Aufblitzens der Ceratien, aber ohne Verminderung der Intensität der einzelnen Lichteffekte. Es lag nun nahe, jetzt den umgekehrten Versuch zu machen, insofern man den Inhalt aller 5 Zylinder mittels des Gazefilters wieder stark konzentrierte und in einem einzigen Literglase vereinigte. Alsbald (nach etwa 10 Minuten) war die frühere Häufigkeit des Auftretens leuchtender Punkte (der »Sternschnuppenfall«) wieder erzielt und das brillante Schauspiel aufs neue in völliger Integrität hergestellt.

Dieses Experiment zeigt ganz unwidersprechlich, daß das Blitzen oder Funkeln kein spontan eintretender Vorgang ist, sondern daß er öfter oder minder oft eintritt, je nachdem viel oder weniger Ceratien in einer bestimmten Wassermenge enthalten sind. Wenn nun aber 5000 Ceratien in — sagen wir 50 ccm Wasser — schweben und schwimmen, so werden sich offenbar weniger Zusammenstöße von zweien oder mehreren derselben ereignen, als wenn zehn- oder zwanzigtausend in derselben Quantität zugegen sind — dies ist ein ganz selbstverständliches Axiom der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Daß aber wirklich Stöße das Aufleuchten der Ceratien bewirken, ergibt sich aus dem grob-mechanischen Versuche, bei dem man ceratienhaltiges Wasser einfach aus 20–30 cm Höhe in eine leere Schale

herabgießt. Hier zeigt sich (in der Dunkelkammer), daß beim Aufschlagen des Wassers auf den Schalenboden sofort viele leuchtende Punkte zu erglänzen beginnen. Daß es aber nicht Stöße von großer Intensität zu sein brauchen, welche diese Wirkung erzeugen, geht aus dem weiteren Versuche hervor, daß frische, lebenskräftige Ceratien schon dann aufleuchten, wenn man den Teller, worin sie sich (in Wasser suspendiert) befinden, bloß an einer Seite aufkippt und wieder niedersenkt. Diese letztere Wahrnehmung, in Verbindung gebracht mit der Tatsache, daß die Anzahl der auftretenden Lichtblitze mit dem größeren oder geringeren Gehalte eines Wasservolumens an Ceratien zu- oder abnimmt, liefert den bündigen Beweis dafür, daß die blitzartige Lichtwirkung erst bei dem Zusammenstoße zweier oder mehrerer dieser winzigen Wesen in die Erscheinung tritt — daß sie somit durch den Reiz, den der Stoß auf die lebende Protoplasmanasse der Ceratien ausübt, erst innerhalb der letzteren ausgelöst wird. Auch auf andere leuchtfähige Meeresorganismen scheint Stoß und Erschütterung in ähnlicher Weise wie auf *Ceratium tripos* anregend zu wirken. Denn H. Molisch¹⁾ erzählt, daß man sich das Schauspiel des Meeresleuchtens bei einer Seereise nicht selten auch in der Badekabine verschaffen könne, wenn man den Wasserhahn daselbst öffnet und das Meerwasser im Finstern in die Wanne laufen läßt. Der Wasserstrahl soll dann von Lichtfunken reichlich durchsetzt sein und der Badende soll das eigenartige Vergnügen dabei haben, daß sein Körper von dem Lichte hunderter von kleinen Sternchen magisch beleuchtet wird.

Die Lichtblitze und das Funkeln machen sich aber nur bei solchen Ceratien bemerklich, welche ganz frischen Fängen entstammen: schon nach 24—30 Stunden läßt die Lebenstätigkeit der in Glasbehältern aufbewahrten Organismen erheblich nach und viele sinken zu Boden, ohne darum schon tot zu sein. Diese geschwächten Individuen reagieren bei Erschütterung und Stoß auch nicht mehr mit intensiver, blitzartiger Lichtproduktion, sondern bei ihnen tritt das sogenannte »ruhige Leuchten« ein, von dem manche Autoren in ihren Berichten gesprochen haben. Dieses Leuchten ist nicht intermittierend, sondern ununterbrochen und hat einen mehr grünlich-weißen Schein, im Gegensatz zu den

¹⁾ Leuchtende Pflanzen, 1904, S. 19 (siehe dort die Anmerkung unter dem Texte).

von frischen Ceratien ausgehenden Lichtwirkungen, die dem nächtlichen Sterngefunkel vollkommen ähnlich sind. Jenes ruhige Licht überdauert den mechanischen Anstoß, auf den hin es erfolgt, etwa um 20 bis 30 Sekunden, und oft ist es so stark, daß man dabei die Zeiger einer Taschenuhr deutlich zu erkennen vermag.¹⁾

Was die Lebensdauer der Ceratien in den Behältern des Laboratoriums anbelangt, so habe ich sie 3—4 Tage nie übersteigen sehen. Es ist deshalb ganz unbegreiflich, wenn EMBEXBERG²⁾ erzählt, daß er das *Peridinium tripos*, welches ihm Dr. MICHAELIS aus Kiel in Menge zugesandt hatte (1832) einen Monat lang zu Berlin am Leben und leuchtfähig erhalten habe. Wie er das fertig gebracht hat, kann ich mir nicht erklären. Auch STEIN berichtet, daß es ihm nicht möglich gewesen sei, das ihm zu Untersuchungen dienende Ceratienmaterial länger als 4 bis 5 Tage lebendig aufzubewahren.³⁾

Ich muß hier auch noch eine Wahrnehmung anschließen, die ich an Ceratien gemacht habe, welche ich am 28. Oktober morgens im Kieler Hafen (bei Holtenau) auffischte, mit nach Plön nahm und dort alsbald untersuchte. Ich brachte die mit den betreffenden Planktonfängen angefüllten Gläser in meine gänzlich verfinsterte photographische Dunkelkammer, ließ sie dort erst eine Stunde stehen und wollte dann mit meinen Beobachtungen beginnen. Aber siehe da, nicht ein Fünkehen war in irgend einem der Behälter zu erspähen. Dieser Streik der kleinen Wesen dauerte bis nachmittags 5 Uhr; dann wurden sie leuchtfähig und blieben es bis spät in die Nacht. Am anderen Tage kontrollierte ich den Inhalt der Gläser zwischen 6 und 7 Uhr morgens, dann um 10 Uhr vormittags und schließlich um 3 Uhr nachmittags — aber weder durch Schütteln noch durch Anstöße war ein Leucht-

¹⁾ Wie es CLAPARÈDE und LACHMANN (*Études sur les Infusoires et les Rhizopodes* [1858—1859], S. 394) angefangen haben müssen, um die Erklärung abgeben zu können, daß sie bei wiederholten Versuchen mit *Ceratium tripos* nur negative Resultate hinsichtlich des Leuchtens erhalten hätten, bleibt rätselhaft.

²⁾ Organismus der Infusionstierchen, 1838, S. 255.

³⁾ Hierzu möchte ich auf Grund einer vereinzeltten Erfahrung bemerken, daß ich einige wenige Exemplare von *Ceratium*, die sich in einer großen Schüssel befanden, bedeutend länger leuchtkräftig erhalten habe. An diesen seit 28. Oktober aufbewahrten Peridineen ließ sich das Vorhandensein der Leuchtfähigkeit noch am 11. November d. J. nachweisen.

effekt hervorzubringen. Dagegen trat ziemlich lebhaftes Funkeln wieder gegen Abend nach 5 Uhr ein. Dasselbe erfolgte am 3. Tage zur gleichen Tages-, resp. Abendstunde. Offenbar waren die Ceratien des 28. Oktober nur von Eintritt der Dämmerung an disponiert, ihre Leuchtkraft zu betätigen. Hierzu im Gegensatz leuchteten die Ceratien eines Fanges vom 21. Oktober sofort nach meiner Rückkehr aus Kiel, als ich die Gläser in die Dunkelkammer gebracht hatte. Auch das noch ziemlich feuchte Netz wurde über und über leuchtend, wenn ich im Finstern sanft mit den Händen darüber hin strich, und es behielt diese Fähigkeit etwa 2 Stunden, bis die Gaze sich kaum mehr feucht anfühlen ließ. Möglicherweise hängt diese Verschiedenheit in der Disposition zum Leuchten mit der Wassertemperatur zusammen. Diese war am 21. Oktober zwischen 9 und 10° C.: am 28. Oktober aber nur zwischen 7 und 8° C. Erfahrungsgemäß ist eine höhere Temperatur dem Auftreten des Meeresleuchtens im allgemeinen günstiger, wie aus den Beobachtungen der verschiedensten Forscher hervorgeht.

III. Beeinflussung der Leuchtfähigkeit durch chemische Wirkungen.

Als SPALLANZANI seinerzeit gewisse Quellen der Meerenge von Messina bezüglich ihrer Phosphoreszenz untersuchte, belebte er das scheinbar erloschene Leuchtvermögen einzelner dieser Tiere durch Kuhmilch und Urin. Nach solchem Vorgange gerät man leicht auf den Gedanken, es bei den Ceratien auch noch mit anderen, resp. stärkeren Reizmitteln zu versuchen. Auch MICHAELIS hat schon Experimente solcher Art angestellt und die Kieler Ceratien mit Säuren, Alkalien und Metallsalzen behandelt, wodurch das Leuchtvermögen in der verschiedensten Weise beeinflusst wurde. REINKE hat gleichfalls mehrere Versuche dieser Art ausgeführt und dazu Natronlauge, Jod, Eisenchlorid, Äther, Amylalkohol etc. benützt. Dieser Autor wandte übrigens auch die elektrische Reizung an und rief durch den konstanten galvanischen Strom, den er durch ceratienhaltiges Seewasser leitete, ein intensives Leuchten dieser Wesen hervor. Ich selbst habe mit einer ganzen Reihe von Chemikalien, die mir gerade zur Hand waren, experimentiert. Das Verfahren dabei war folgendes:

Die Säuren (Schwefelsäure, Eisessig, Chromsäure) als konzentrierte Lösung kamen in der Weise zur Verwendung, daß immer 4 ccm davon mit ebensoviel Wasser verdünnt wurde. Diese Dosis brachte ich in eine Kochschale von mittlerer Größe und da hinein wurde das Ceratienwasser von geringer Höhe (10—15 cm) herab aus einem weithalsigen Gefäß gegossen. Von den Salzen wurden konzentrierte Lösungen hergestellt, welche zur Hälfte mit Wasser versetzt und dann ebenso verwendet wurden, wie die Säuren und der absolute Alkohol. Die Ergebnisse gestalteten sich wie folgt:

1. Schwefelsäure. — Viele einzelne Sternchen rasch aufblitzend, aber schnell wieder erlöschend. Im ganzen schwache Wirkung (vergl. MICHAELIS l. c.)
2. Eisessig. — Ähnlich wie die vorige, aber noch schwächer im Effekt.
3. Chromsäure. — Ebenfalls ohne besonders markante Wirkung.
4. Kaliumkarbonat (Potasche). — Mehrere Sekunden andauerndes starkes Leuchten des Schaleninhalts und viele blitzende Sterne.
5. Bromkalium. — Aufleuchten von mittlerer Intensität und viele Sternchen, rasche Abnahme der Wirkung.
6. Kupfervitriol. — Geringer Leuchteffekt, wenige, winzige Sternchen.
7. Rhodanammonium. — Ganz unbedeutende Wirkung.
8. Eisenvitriol. — Dem vorigen sehr ähnlich, einige wenige Lichtblitze in der Flüssigkeit.
9. Natriumsulfit. — Schwaches, rasches Aufleuchten zahlreicher Ceratien, flüchtige Wirkung.
10. Kreosot (einige Tropfen in 4 ccm Wasser). — Großer Effekt: mildes, lange anhaltendes Phosphoreszieren.
11. Holzessig. — Von ähnlicher, nur etwas schwächerer Wirkung wie Kreosot.
12. Phenolphthalein. — Viel Sternchen, rasch aufblitzend und wieder verschwindend.
13. Offizinelle Jodtinktur. — Große Wirksamkeit, viele Funken und Sternchen von starker Intensität. Ich erzielte also einen ähnlichen Erfolg mit alkoholischer Jodlösung

- wie REINKE (l. c.) sie von seinem Versuche mit Jodjodkalium meldet.
14. Absol. Alkohol. — Starkes Aufleuchten mit vielen Sternen. Intensives und andauerndes Nachschimmern des ganzen Schaleninhalts. G. A. MICHAELIS schildert den Effekt desselben Reagens wie folgt: »Schönes, 10 Minuten dauerndes Leuchten. Dann erlöschen die einzelnen Punkte allmählich und 15 Minuten lang bemerkt man noch einen schwachen, milchigten Schimmer. Nach genauer Betrachtung entdeckt man immer, daß auch dieser von einzelnen sehr schwach erhellten Punkten ausgeht.« REINKE (l. c.) berichtet ebenfalls in diesem Sinne und sagt: »Alkohol rief schönes, starkes Leuchten hervor; es bedurfte eines sehr starken Zusatzes, um dasselbe erlöschen zu machen.«
15. Salmiakgeist (Liqu. ammonii). — Plötzliches starkes Aufleuchten: heller Schimmer von vielen Lichtpunkten herührend, aber kurzdauernder Effekt.
16. Quecksilberchlorid. — Außerordentlich starker Leuchteffekt. Maximales Funkeln und Blitzen: feuerwerkähnlicher Anblick. MICHAELIS scheint dieselbe Beobachtung gemacht zu haben, denn er sagt vom Sublimat: — In wenigen Sekunden verlöschendes starkes Leuchten, kein Phosphoreszieren.
17. Formalin. — Die Wirkung der verdünnten 40prozentigen Lösung des Formaldehyds stellte alle bisher verwendeten Reagenzien in den Schatten und erzielte einen geradezu wundervollen Leuchteffekt, der als solcher nur noch mit demjenigen des Quecksilberchlorids verglichen werden kann, obgleich er den dieses giftigen Salzes zweifellos noch übertrumpft.
18. Urannitrat. — Dieses Reagens war von einzigartiger Wirkung insofern, als es ein sehr andauerndes, mildes Leuchten verursachte, welches auf das Erglühen zahlreicher Ceratien zurückzuführen war, die aber dem Auge nur ganz punktähnlich erschienen. Ein intensiveres Aufblitzen konnte nicht beobachtet werden. Eine so andauernde Leuchterscheinung hat keines der vorher benutzten Reagenzien aufzuweisen gehabt.

Am 12. November experimentierte ich noch mit einer

Serie anderer Reagenzien, über deren Wirkung wie folgt zu berichten ist:

19. Osmiumsäure (von 1 Proz.). — Starkes, aber kurzes Aufleuchten einzelner Punkte. Auch beim Schütteln der so behandelten Ceratien kein längeres Nachleuchten. Ich wiederholte diesen Versuch mit Osmiumsäure noch zweimal, erhielt aber immer den gleichen, mäßigen Erfolg.
20. Salpetersäure (konz.). — Intensives Strahlen und Funkeln; langes, wundervolles Nachleuchten.
21. Salpetersäure (mit Wasser verdünnt, 5prozentig). — Fast gleich starkes Blitzen und Aufleuchten mit viel längerem Nachleuchten, als im vorigen Falle.
22. Pikrinsäure (mit Wasser verdünnt, 5prozentig). — Sehr starkes Funkeln und mäßig langes Nachleuchten.
23. Höllensteinlösung (5prozentig). — Großer Effekt in Gestalt eines wahren Sternenhimmels von leuchtenden Punkten und sehr langsames Verglimmen der ganzen Erscheinung.
24. Glyzerin (konz.) — Von dieser unschuldigen Flüssigkeit erhoffte ich nur wenig Wirkung, wurde aber aufs Angenehmste in dieser Hinsicht enttäuscht. Konzentriertes sowohl wie mäßig verdünntes Glyzerin brachten ein starkes Aufleuchten sämtlicher im Wasser vorhandenen Ceratien hervor, die als zahllose glühende Punkte hervortraten und es machte sich auch ein langes, ruhiges Nachleuchten bemerklich. Ich muß die Intensität der Glyzerinwirkung unfraglich mit derjenigen des Urannitrats in Parallele stellen und kann kaum entscheiden, ob die lichterregende Kraft des Glyzerins nicht noch bedeutender gewesen ist, als die des Uransalzes.

Nach allen diesen Versuchen muß ich dem Jod, dem Quecksilberchlorid und dem Formalin, also drei notorisch starken Protoplasmagiften, die Hauptwirkung bezüglich des Hervorrufens eines intensiven Leuchteffekts beimessen, wogegen die Osmiumsäure, trotz ihrer allbekannten giftigen Eigenschaft, betreffs ihrer Fähigkeit zur Erregung des Lechtvermögens bei *Ceratium tripos* keinen ersten Rang einnimmt. Außerdem ist in Beziehung auf

das Urannitrat und Glycerin zu konstatieren, daß deren beider Wirkung auf ceratienhaltiges Wasser namentlich in einem sehr schönen und anhaltenden Nachleuchten der von ihnen erregten Zellkörper besteht.

J. REINKE meint (bei Besprechung der auch von ihm erprobten Jodwirkung), er habe den Eindruck erhalten, daß die Ceratien, gerade bevor sie absterben, »gleichsam in der Todeszuckung«, noch soviel Leuchtstoff verbrennen, wie nur möglich ist (l. c. S. 3). Dieser Satz bildet doch aber bloß eine Umschreibung der nackten Tatsache, scheint mir, daß die *Ceratium*-Zellen beim schnellen Gerinnen ihrer Leibessubstanz einen maximalen Lichtstrom aussenden, der — wenn ihre Anzahl groß ist — sogar noch die nächste Umgebung des Versuchsgefäßes grünlich zu erhellen vermag. Warum sie sich jedoch in den obigen Fällen gerade im Augenblicke ihres Verscheidens mit einem besonderen Nimbus umgeben, wird durch REINKE'S Kommentar dazu nicht klargestellt und läßt sich überhaupt nicht ohne weiteres verstehen. Eine Erklärung aber für das Leuchten der Ceratien als Naturerscheinung kann vielleicht an der Hand des Nützlichkeitsprinzips im DARWINSchen Sinne gewonnen werden, wenn wir folgendes bedenken.

Nach JULES DE GUERNE¹⁾ werden die Mägen der Sardinen oft so vollgestopft (littéralement gorgés) von *Ceratium* gefunden, daß man nicht umhin kann, diese Peridineenspezies als ein direktes Nahrungsjekt jener Fische zu betrachten. Der bloße Augenschein lehrt hinsichtlich des von BARON DE GUERNE festgestellten Befundes, daß die Ceratien zu Milliarden und aber Milliarden von den Sardinen-schwärmen vertilgt werden, abgesehen davon, daß sie auch noch vielen anderen kleineren Seetieren zur Stillung ihres Nahrungsbedürfnisses dienen dürften, so z. B. nach HENSEN'S Versuchen den massenhaft im Meere lebenden Copepoden.²⁾ Wenn sich nun auch die Sardinen schwerlich durch das nächtliche Aufblitzen der kleinen Wesen in der Befriedigung ihres Appetites stören lassen werden, so ist es aber doch sehr wahrscheinlich, daß die Spaltfußkrebse, welche bekanntlichlichtscheu sind, die von den Ceratien erhellten Wasserschichten meiden und in dunklere Regionen hinabflüchten. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, hätte das

¹⁾ La Nature. Nourriture de la Sardine, 1887.

²⁾ V. HENSEN: Über die Bestimmung des Planktons, 1887, S. 94 und 95.

Leuchtvermögen dieser kleinen Wesen die Bedeutung eines Schreckmittels, und da es als solches während der ganzen Nacht wirksam bleibt, so würde mit Eintritt der Dämmerung eine bis Tagesanbruch dauernde natürliche Schonzeit für die Ceratien eintreten, in welcher sie von der Vertilgung durch die Copepoden gesichert sind. Die biologische Wichtigkeit einer solchen längeren Schutzfrist wird sofort verständlich, wenn wir uns die hinlänglich bekannte Tatsache vor Augen stellen, daß gerade die Fortpflanzung der Ceratien in die Nachtstunden fällt, wo die Assimilationstätigkeit zu der nur das helle Tageslicht den Anstoß geben kann, ruht. Indem nun die Scharen der Copepoden durch den intensiven Lichtschein, den jene winzigen Nahrungsproduzenten ausstrahlen, zeitweilig weggebannt werden, ist zugleich ein wirksames Schutzmittel für die zahlreichen in Teilung befindlichen *Ceratium*-Zellen gegeben, welche dadurch in den Stand gesetzt werden, durch eine massenhafte Vermehrung ihrer Anzahl, der tagtäglich über sie hereinbrechenden Vertilgungsgefahr wirksam zu begegnen. Welche außerordentliche Bedeutung der Besitz des Leuchtvermögens für die Lebensökonomie dieser kleinen (nach Pflanzenart sich ernährenden) Wesen hat, geht aus einigen Ziffern hervor, welche wir HENSEN verdanken: dieselben beziehen sich speziell auf die Ceratienvertilgung durch die Copepoden. Daß letztere die Ceratien wirklich fressen, stellte HENSEN¹⁾ durch eine ganze Reihe von Versuchen völlig außer Zweifel. Er fand dabei rechnerisch, daß ein Copepode in 24 Stunden etwa 8 Ceratien verzehrt. Nehmen wir diese letztere Zahl, die gewiß nicht übertrieben hoch ist, als durchschnittlich richtig an, so beläuft sich die Nahrung eines einzigen Copepoden im Jahre auf 4370 Stück. Jeder Planktonforscher, der Erfahrungen an Meeresfängen gemacht hat, weiß nun aber, daß die Annahme des Vorhandenseins von 1 Million Copepoden pro Quadratmeter Seeoberfläche keinesfalls zu hoch gegriffen ist. Dies würde dann eine Jahreszehrung für dieselbe Flächeneinheit von 4370 Millionen ergeben. Hieraus läßt sich entnehmen, in welchem Grade die Ceratien fortgesetzt der Vernichtung durch Copepodenfraß ausgesetzt sind. Daß ihnen also von Natur aus die Anlage (Disposition) zur Erlangung des Leuchtvermögens eingepflanzt wurde und daß dieses Vermögen sich namentlich auf geringe mechanische Anstöße hin betätigt —

¹⁾ l. c. S. 94 und 95.

beide Vorkehrungen sind so nützlich und lebenswichtig wie nur möglich für die betreffende Spezies, auch genau den Verhältnissen, unter denen sie im Meere lebt, angepaßt.

Daß sich, wie wir sehen, das Leuchtvermögen durch chemische Reize gleichfalls anregen und sogar über das in der freien Natur vorkommende Maß steigern läßt, bleibt fürs erste unerklärlich. Aber wenn das Protoplasma der Ceratiumzelle überhaupt auf äußere Reize reagiert und diese zeitweilig und in verschieden hohem Grade durch Lichtaussendung beantwortet, so darf erwartet werden, daß stärkste Reize auch die stärkste Lichtproduktion auslösen. Daß aber übermäßige Reize das Leben vernichten, wogegen solche von mittlerer Intensität es heben und fördern, ist eine uralte Erfahrung der Physiologie, welche durch die ärztliche Praxis fortgesetzt neue Bestätigungen erhält. Der Sublimatreiz ruft, wie unser Versuch zeigte, einen der stärksten Lichteffekte hervor; derselbe erlischt aber in kürzester Zeit, weil dadurch gleichzeitig die Zelle getötet wird. Die Zerstörung der mit Quecksilberchlorid überschütteten Ceratien setzt der Lichtproduktion in demselben Augenblicke ein Ziel, wo der Zellenleib der Zerstörung anheimfällt. Dies ist aber ein ganz zufälliges Verhältnis; denn wir beobachten bei Anwendung von Formalin dieselbe Stärke des Aufleuchtens, ohne daß die Erscheinung so rasch zu Ende geht, wie beim Sublimat. Wir gewahren ferner bei Behandlung der Ceratien mit Urannitrat einen sehr anhaltenden und sehr intensiven Lichtschein, mit dem ein relativ langsames Absterben der Zelle Hand in Hand geht. Ich will mit diesen Anführungen nur sagen, daß die Stärke des hervorgerufenen Leuchteffekts nicht an die Kürze seiner Dauer geknüpft ist, womit REINKE'S Ansicht, daß gerade die »Todeszuckung« es sei, welche das Maximum des Aufblitzens bedinge, nicht in Einklang zu bringen ist.

Wenn aber Prof. REINKE am Schlusse seiner Abhandlung besonders darauf hinweist, daß mechanische, thermische und chemische Einwirkungen — also ganz verschiedene Reize — eine identische Reaktion bei der *Ceratium*-Zelle auslösen und daß damit eine bemerkenswerte Analogie zu den spezifischen Sinnesorganen tierischer Nervenendigungen zu erblicken sei, so müssen wir ihm betreffs dieses Punktes im wesentlichen beistimmen. Ein gewisser Unterschied waltet allerdings bei dieser Parallele noch darin ob, daß die Ceratien zu manchen Zeiten überhaupt nicht

auf dergleichen äußeren Reize zu reagieren scheinen, wie mir das Material vom 28. Oktober d. J. bewies. Die damals gefangenen Ceratien betätigten ihre Leuchtfähigkeit nur in den Abend- und Nachtstunden, also zu der Zeit, wo sie dem Copepodenfraß am meisten ausgesetzt zu sein pflegen. Ihre spezifische Eigenschaft, die Einwirkung von sie treffenden Reizen mit Lichtaussendung zu beantworten, schlummerte also während des ganzen Tages, woraus vielleicht zu entnehmen ist, daß auch eine Anpassung dieser biologisch wichtigen Funktion hinsichtlich der Zeit besteht, wo sie als Schreck- und Schutzmittel — menschlich zu reden — am erwünschtesten sein muß. Hierin besteht demnach ein charakteristischer Unterschied zwischen den animalischen Sinnesenergien und dem damit parallelisierten Leuchtvermögen der Ceratien. Nichtsdestoweniger hat REINKE das Verdienst, auf die zwischen beiden Klassen von Phänomen offenbar bestehende Verwandtschaft zum erstenmal hingedeutet und betont zu haben, daß die Aktion der spezifischen Sinnesenergien in einer ähnlichen Rückwirkung ihre Grundlagen haben müssen, wie das Leuchten der Peridineen.

Meinerseits glaube ich durch die obige Argumentation (unter Zugrundelegung und Kombination notorischer Tatsachen) an dem speziellen Falle der Ceratien in befriedigender Weise gezeigt zu haben, worin die Lebenswichtigkeit, resp. Nützlichkeit des Leuchtvermögens für diese Panzerflagellaten liegt und inwiefern dasselbe als eine sehr wirksame Waffe im Kampfe ums Dasein, den diese winzigen Organismen Tag für Tag innerhalb ihres Wohnelementes zu bestehen haben, betrachtet werden muß.

Daß auch in anderen Gattungen der Familie der Peridineen der Besitz des Leuchtvermögens verbreitet ist, hat H. MOLISCH¹⁾ seinerseits an *Peridinium divergens* EURB. nachgewiesen, indem er konstatierte, daß speziell im Hafen von Triest die eben genannte Dinoflagellatenpezies einen ganz hervorragenden Anteil an der Erscheinung des Meeresleuchtens hat.

¹⁾ l. c. S. 18.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön](#)

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: [12](#)

Autor(en)/Author(s): Zacharias Otto [Emil]

Artikel/Article: [Beobachtungen über das Leuchtvermögen von Ceratium tripos \(MÜLL.\) 316-330](#)