

Nachdruck verboten.

Übersetzungsrecht vorbehalten.

Über Cysten und Encystierung der Süßwasser-Cerastien.

Von

Dr. Géza Entz,
Zoologisches Laboratorium Utrecht.

(Hierzu 50 Textfiguren.)

Nach BÜTSCHLI'S (5, p. 987) Mitteilung soll die sog. dreihörnige Ruhecyste der Süßwasser-Cerastien LIEBERKÜHN schon in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts gezeichnet haben, aber erst in dem im Jahre 1883 erschienenen Atlas STEIN'S (36) wurden Abbildungen und Beschreibung publiziert. Später kamen in den Werken der Protistologen sowie Hydrobiologen Cysten verschiedener Süßwasserarten zur Veröffentlichung und zwar in den Publikationen von PENARD (29, 30), SCHILLING (32, 33), LEMMERMANN (22), WEST (44), BRUTSCHY (3), VIRIEUX (40, 41), HUBER und NIPKOW (15). Ich selbst hatte auch in drei meiner Mitteilungen (7, 8, 9) mit der Cyste von *Ceratium hirundinella* mich beschäftigt.

Auch über die Entwicklung der Cysten schrieben eingehender die Fachgenossen so PENARD (30), SCHILLING (33), FOLGNER (12), WESENBERG-LUND (43), HUBER und NIPKOW (15). Trotz diesen Mitteilungen mangelt es noch heute an einer ausführlichen Darstellung der Morphologie sowie Bildung der Cysten. In meinen Planktonprotokollen, seit 1902, häuften sich allmählich diesbezügliche Beobachtungen. Diese habe ich mit planmäßigen Untersuchungen — bezüglich des Inhaltes und Entstehung der Cysten — ergänzt und mit den Aufzeichnungen der Literatur verglichen.

Ich benutzte außer eigens gesammelten auch Proben von Dr. H. C. REDEKE, Direktor der zoologischen Station in den Helder. Für Überlassung dieses Materials möchte ich meinen innigsten Dank auch an dieser Stelle nicht unterlassen.

Von den Süßwasser-Ceratiem will ich die Cysten von *Ceratium hirundinella* (O. FR. MÜLLER) BERGH, *Ceratium cornutum* (EHRENBERG) CLAPARÈDE et LACHMANN, *Ceratium carolinianum* (BAILY) (= *C. curirostre* HUITFELD KAAS) besprechen; von der von v. DADAY (6) beschriebenen Art *Ceratium brachyceros* v. DADAY kenne ich die Cyste nicht; weder v. DADAY noch WEST (44) oder WOLOSZYŃSKA (45, 46) geben darüber eine Zeichnung oder Beschreibung. Ich habe in dem Material, das weil. Prof. v. DADAY mir gütigst zur Verfügung stellte, auch keine Cysten gefunden.

Zwischen den Formen von *Ceratium hirundinella* wurden von BACHMANN (1) und ihm folgend auch von HUBER und NIPKOW (15) drei Gruppen unterschieden und zwar:

- C. h. f. gracile* BACHMANN,
- C. h. f. austriacum* ZEDERBAUER,
- C. h. f. piburgense* ZEDERBAUER.

BRUTSCHY (2) bezeichnet die Formen der Cysten als

- C. h. furcoides*,
- C. h. typus curtum*,
- C. h. f. gracile* und
- C. h.*

Nachdem die von mir beobachteten Formen nicht mit allen diesen Formen sich decken, werde ich sie als

- C. h. f. typica* (O. FR. MÜLLER) BERGH,
- C. h. f. furcoides* LEVANDER und
- C. h. f. reticulatum* IMHOF.

benennen.

Ich will aber bemerken, daß ich darüber, ob die hier als Formen bezeichneten Gruppen morphologisch und systematisch einen Wert von Formen, Varietäten oder Modifikationen haben, heutzutage nichts äußern will. So lange diesbezüglich keine Experimente — ähnlich jenen HUBER's und NIPKOW's (15) gemacht wurden, ließ sich darüber diskutieren, nicht aber entscheiden (vgl. E. LINDEMANN (25)).

Bevor ich auf die Besprechung der Cysten und der Cystenbildung der Süßwasser-Ceratiem übergehe, muß ich noch einige Bemerkungen über die Encystierung mariner Ceratiem sowie der Peridineen überhaupt mitteilen.

Cysten und Encystierung gewisser mariner Ceraticien hatte JOLLOS (18) untersucht und besprochen; doch kann dies — wie JOLLOS selbst betont — mit der Cystenbildung der Süßwasserarten nicht verglichen werden. Nach JOLLOS Wahrnehmungen soll an *C. furca*, *C. tripos*, *C. fusus* an der Längsfurche Plasma in Form eines Schlauches hervorquellen. Ursprünglich ist dieser Plasmaschlauch nackt, langsam umgibt er sich aber mit einer immer dichter werdenden Membran. Natürlich soll auch der Kern in den Schlauch hineinwandern, dann aber soll die nun mit Membran umgebene Cyste vom Panzer sich ablösen. So soll eine abgerundete Cyste entstehen, welche dann durch Eindringen von Flüssigkeit anfangs kleinere, später größere Vakuolen (Safträume) bekommt, sich dehnt, die Membran an den Punkten — wo später die Hörner entstehen — durchbricht und in Hörner der beweglichen Form auswächst.

Diese ganze Untersuchung über die Cystenbildung ist an fixiertem und gefärbtem Material gemacht und JOLLOS betont (18, p. 200), daß der hier wiedergegebene Verlauf der Encystierung eigentlich nur eine auf die Kombination im fixierten Material gefundenen Stadien aufgebaute Vermutung darstellt. Wie sie aber auch sei, kann sie — wie JOLLOS auch betont — mit der Encystierung der Süßwasserarten nicht verglichen werden.

Von anderen Peridineen sind auch Cysten und Cystenbildung bekannt. All diese verschiedenen Cysten, zum Teil Teilungs-, zum Teil Freß- oder Ruhecysten, sind aber in ihrer Form — viele auch in ihrer Bildung — von den dreihörnigen Cysten der Ceraticien so verschieden, daß sie sich nicht vergleichen lassen. Einige Cystentypen scheinen doch in Form — und vielleicht auch in Bildung — mit den dreihörnigen Cysten der Ceraticien vergleichbar zu sein, nämlich gewisse von WOLOSZÝNSKA beschriebene (siehe PASCHER (28)). Diese Cysten haben auch Hörner und zwar zwei, an ihnen läßt sich (an der Stelle der Spiralfurche?) eine Einschnürung beobachten. Ähnliche Cysten von einem *Glenodinium* hatte ich auch beobachtet in Budapest (Orczykerter Teich 1. Juni 1911, Wassertemperatur +19° C; ferner Áttósüter See 19. Juni 1911, Wassertemperatur +20° C) (Fig. M—O). Die Länge der von mir beobachteten Cysten ist 25—27 μ , die Breite 20—24 μ . Ihr Inhalt braun mit einem roten (Augen?)Fleck. Ein anderes Exemplar ist ganz rot gewesen.

Nach SCHILLING (32) haben Cystodinen ähnliche „gehörnte Cysten“; vielleicht ist auch das von mir eben mitgeteilte *Glenodinium* eigentlich eine *Cystodinium*-Cyste.

Trotzdem diese Cysten an die dreihörnigen Cysten der Ceraticien

erinnern, denke ich sie, da die betreffenden Genera den Ceratien fern stehen, beiseite lassen zu dürfen und im folgenden allein die Cysten von Ceratien besprechen. Nach der Beschreibung der

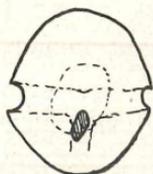


Fig. M.

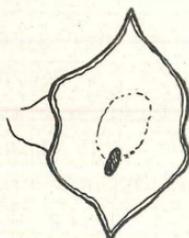


Fig. N.

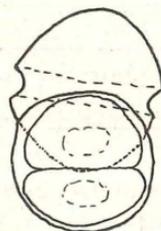


Fig. O.

Fig. M—O. *Glenodinium oculatum*. Teich aus dem Orczykert in Budapest. 1. Juni 1911. Fig. M. Schwärmer mit Augenfleck. Fig. N. Cyste mit Augenfleck und zwei Fäden unbekannter Natur. Fig. O. Teilungscyste mit zwei Sprößlingen mit der abgeworfenen Membran des Schwärmers. REICH. Obj. 7a, Comp. Oc. 6. Tubus O.

einzelnen Arten (I—V) will ich dann über Bildung der Süßwasser-Ceratien-Cysten im allgemeinen sprechen (VI), dann das Vorkommen der Cysten im Plankton behandeln (VII) und zuletzt die Resultate kurz zusammenfassen (VIII).

I.

Ceratium hirundinella (O. FR. MÜLLER) BERGH.
forma typica (Fig. A—L, P—B₁, Z₁).

Die Cyste der typischen Form von *Ceratium hirundinella* ist öfters gezeichnet und beschrieben worden. Gute Abbildungen finden wir bei PENARD (30), LEMMERMANN (22), ich habe sie auch abgebildet (8, 10) so wie BRUTSCHY (3), VIREUX (41) und HUBER und NIPKOW (15), doch sind an den Abbildungen — ausgenommen HUBER und NIPKOW — nur die Umrisse mehr oder minder treu, der Inhalt ist aber meist mit schematischer Anordnung der Bestandteile, ich möchte sagen impressionistisch wiedergegeben.

Beschreibungen dieser Cyste finden wir in den Arbeiten von BÜTSCHLI (5, p. 986—987), PENARD (30), ENTZ (8, p. 264—269; 10 p. 417), LEMMERMANN (22), GUYER (14, p. 375—377), JÖRGENSEN (17, p. 106), LIMANOWSKA (24, p. 564), BRUTSCHY (3), SCHILLING (32, p. 57; Fig. 63), HUBER und NIPKOW (15).

Die Umrisse der typischen Cyste, also einer und derselben Form, ist in großem Grade übereinstimmend. Dies läßt sich deutlich veranschaulichen, wenn man in gleicher Orientierung und Größe

reproduzierte Skizzen solcher Cysten übereinander zeichnet. Zu diesem Zwecke benutzte ich eine Figur PENARD's (Genfer See), ferner die Abbildung eines Exemplares aus dem Balaton-See und aus einem

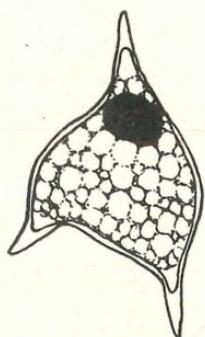


Fig. A.

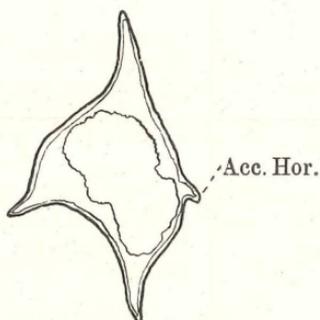


Fig. B.

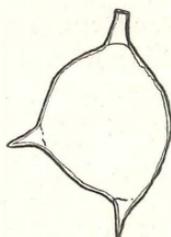


Fig. C.

Fig. A. *C. h. t.* Cyste aus Tata (Ungarn). Abbildung von der linken Seite. Kern an der Basis des Apicalhornes. Mit Reservestoffvakuolen im Plasma. Vergr. etwa $250\times$. Zeichenapparat.

Fig. B. *C. h. t.* Cyste aus dem Balaton, mit accessorischem Horn (Acc. Hor.) und geschrumpftem Inhalt. $250:1$.

Fig. C. *C. h. t.* Cyste mit dünner Membran, offenem Apicalhorn. Balaton-See. Umrisse. Herbst 1901. $200:1$.

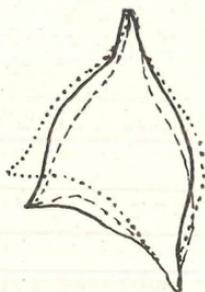


Fig. D.

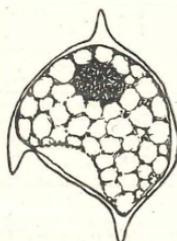


Fig. E.

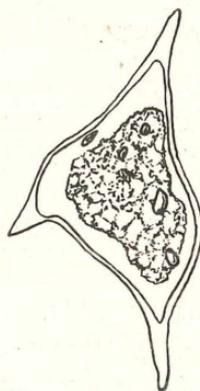


Fig. J.

Fig. D. *C. h. t.* Umrisse mit identischer Vergrößerung und gleich orientierten Cysten aus dem Balaton, dem Teiche bei Tata und Genfer See.

Fig. E. *C. h. t.* Cyste aus dem Teiche bei Tata mit geschrumpftem Plasma, Kern an der Basis des Apicalhornes, Reservestoffvakuolen. $250:1$.

Fig. J. *C. h. t.* Cyste mit geschrumpftem Inhalt. Balaton. $\pm 250:1$.

Teiche bei Tata (Totis). Beide Teiche in Ungarn. Wie aus der beigelegten Figur (D) ersichtlich, weichen die Umrisse minimal voneinander ab. Dies ist auffallend; es ist doch allbekannt wie ver-

schieden die freibeweglichen Ceratien sowohl in Größe wie in Form sind. Im Gegensatz zu der großen Variabilität in Form und Größe der freibeweglichen ist die Cyste in Form und Größe sozusagen konstant.

Die Cyste entsteht wie allbekannt (vgl. PENARD (30), SCHILLING (32, 33), WESENBERG-LUND (43), HUBER und NIPKOW (15), eigene Beobachtungen aus dem Teiche in Tata 7. Oktober 1909, sowie aus einem Kolk bei Lent 23. September 1916) innerhalb des Panzers der beweglichen Form (Fig. P, Q u. Fig. P₁); dies bringt es mit sich, daß die Cyste die Form — wir könnten sagen die Ausgußform — der beweglichen Form darstellt, mit verkürzten Hörnern und abgerundetem Querschnitte.

Die Zahl der Hörner (Fig. A, B) der beweglichen Form variiert zwischen 2, 3, 4; die Cyste

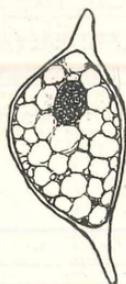


Fig. L.



Fig. Q.

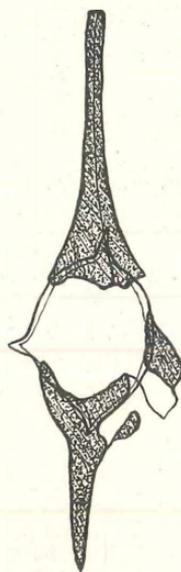


Fig. P.

Fig. L. *C. h. t.* Cyste aus dem Teiche in Tata (Ungarn), im Vergleich zu Fig. A um 90° gedreht. Kern an der Basis des Apicalhornes. Im Plasma Reservestoffvakuolen. $\pm 250:1$.

Fig. P u. Q. *C. h. t.* Eben entstandene Cysten, zum Teil noch vom gesprengten Panzer bedeckt. In Fig. Q ist das Apicalhorn noch nicht geschlossen. Tata. 200:1.

hat zumeist 3 Hörner: das Apicalhorn, Antapical- und Postäquatorialhorn, das akzessorische Horn ist selten vorhanden. Wie gesagt sind die Hörner der Cysten im Vergleich mit entsprechenden Hörnern der beweglichen Form kurz, die Cyste ist gedrunken, der Querschnitt abgerundet (Fig. R). Die Krümmungen der Seiten der beweglichen Form können aber bei gleicher Orientierung auch an der Cyste erkannt und die Hörner so identifiziert werden. Von, sagen wir, Rück- und Bauchseite erscheint die Cyste als dreihörnig, von der, sagen wir, lateralen linken und rechten Seite aber als ein kurzes, spindelförmiges zweihörniges Gebilde (Fig. L).

Die Länge der Hörner variiert wenig; das Ende ist geschlossen, doch ist das Apicalhorn bei Beginn ihrer Entstehung offen und schließt sich erst später (Fig. C, Q).

Daß die Zahl der Hörner öfters 3 als 4 ist, ersehen wir aus folgender Tabelle.

Tata 9. Oktober 1919	Bewegliche Form	Cyste
vierhörnig	97	4
dreihörnig	3	96
Summe	100	100

Diese beweist auch, daß das vierte Horn bei der Encystierung gewöhnlich verschwindet und zwar demzufolge, daß sich aus ihr — gemäß ihrer Kürze — das Plasma in den Cystenkörper einschmilzt.

Über die Verhältnisse und Maße der Cyste soll folgende Tabelle Auskunft geben.

$A - A'$ = Apex — Antapex Entfernung.

$A - P$ = Apex — Postäquatorialhornspitzen Entfernung.

$A' - P$ = Antapex — Postäquatorialhornspitzen Entfernung.

Fundplatz und Datum	$A - A'$	$A - P$	$A' - P$ in μ	Breite	Dicke
Balaton 11. November 1901	52	45	28,5	—	—
„ 2. April 1902	60	28	35,5	—	—
„ 28. Januar 1902	66	42	35,5	—	—
Tata 7. Oktober 1909	72	57	42	—	—
„ „ „ „	66	51	45	—	—
„ „ „ „	60	51	39	—	—
„ „ „ „	57	51	42	—	—
„ „ „ „	60	45	42	—	—
„ „ „ „	60	54	42	—	—
„ „ „ „	60	45	39	—	—
„ „ „ „	60	36	39	—	—
„ „ „ „	60	45	39	—	—
„ „ „ „	60	39	45	—	—
„ „ „ „	60	48	—	33	—
„ „ „ „	66	48	—	33	—
„ „ „ „	66	44	—	34	—
„ „ „ „	60	49	—	33	—
„ „ „ „	60	44	—	40	—
„ „ „ „	48	36	—	—	30
„ „ „ „	66	—	—	—	26
„ „ „ „	78	52	39	—	—
Zusammen	1297	908	552,5	173	56
Zahl der Individuen	21	20	14	5	2
Im Durchschnitt	61,8	45,5	39,5	34,6	28

Zur Charakterisierung der Verhältnisse der Cysten sollen noch folgende Angaben beigelegt werden.

ac = Apex — Antapex.

de = Querdurchmesser.

fg = Kernlängsdurchmesser.

hi = Kernquerdurchmesser.

<i>ac</i>	<i>de</i>	<i>fg</i>	<i>hi</i>	<i>ac</i> × <i>de</i>	<i>fg</i> × <i>hi</i>	$\frac{ac \times de}{fg \times hi}$
50,6	32	11,5	9,2	1632	108	15,1
50,6	32	13,8	9,2	1632	126	12,8
50,6	32	13,8	9,2	1632	126	12,8
50,6	32	13,8	9,2	1632	126	12,8
57,5	32	11,5	9,2	1856	108	17,2

Die Kernplasmarelation $\left(\frac{ac \times de}{fg \times hi}\right)$, also in der Cyste zwischen 12,8—17,2, an der freibeweglichen Form zwischen 33—85.

Amplitudo der Kernplasmarelation an der Cyste ist 17,2 — 12,8, also ± 4 . Amplitudo der Kernplasmarelation an der freibeweglichen Form 85 — 33 = 52, das heißt, daß die Schwankung in der Größe der Kernplasmarelation in der freibeweglichen Form mehr als 10 mal so groß ist als in der Cyste. Dieser Vergleich beweist, daß die Kernplasmarelation in der Cyste, im Vergleich zur freibeweglichen Form, sehr konstant ist, in der freibeweglichen Form aber großen Schwankungen unterworfen ist. Es muß noch betont werden, daß die Kernplasmarelation in der Cyste noch konstanter sein kann, da bei meinen Messungen die Länge der Hörner — welche im Vergleich zur ganzen Größe der Cyste doch eine beträchtliche Rolle spielen und in ihrer Länge stark variieren — mitgerechnet werden. Ohne diese sollte dies Verhältnis noch konstanter sein. Daß in der freibeweglichen Form das meiste was das Verhältnis abändert, von dem Plasma aufgenommenen Wasser herrührt, ist von selbst verständlich; der Organismus wird bei der Encystierung wasserarm.

Das Cytoplasma der Cyste erscheint an der lebenden Cyste braungelblich. Diese Farbe kommt von den Chromatophoren her. Chromatophorenloses Plasma ist nur an kleinen Flecken zu sehen: das Plasma ist mit Chromatophoren und farblosen runden Gebilden (Reservestoffen) vollgepfropft (Fig. A, E, G, L).

An der lebendigen Cyste schmiegt sich das Plasma der Innenseite der Cystenmembran dicht an, an konservierten entstehen oft

zwischen Membran und Cytoplasma (Fig. E) verschieden große plasmolytische Räume. Im Frühjahr und Sommer lassen sich oft auch Cysten antreffen mit geschrumpftem Inhalt, welche abgestorben sind (Fig. B, J).

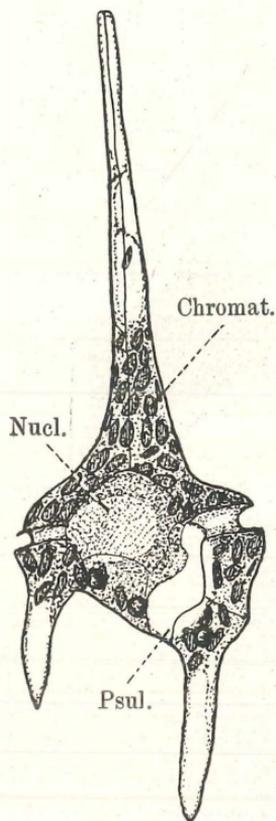


Fig. F.

Fig. F. *C. h. t.* Frei bewegliche Form aus dem Balaton (Sommer). Das Ende der Hörner hyalin, Pusule (Psul.) farblos, Kern (Nucl.) hyalin, Chromatophoren (Chromat.) nur im Zelleib. 250:1.

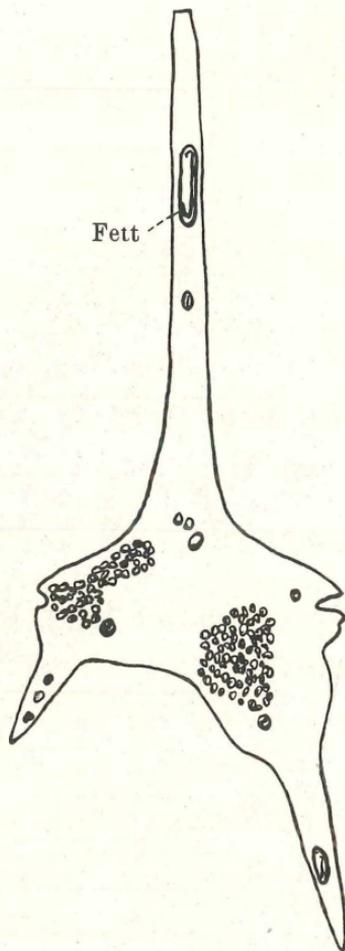


Fig. H.

Fig. H. *C. h. t.* Umriss der beweglichen Form mit Sudan III. Rotgefärbte Fetttropfen. Balaton (Sommer). \pm 300:1.

Das Cytoplasma selbst ist in den Schnitten durch größere und kleinere Räume zu einem wabigen Netzwerk gestaltet. Am besten läßt sich diese durch Reservestoffe verursachte Plasmastruktur mit einem „Collenchym“ vergleichen; die Räume sind mit den Zellen und

das Plasma mit den Verdickungen zu vergleichen (Fig. T). Die Räume sind zum Teil recht klein $1,5-2\ \mu$, zum Teil größer $5-7\ \mu$ im Durchmesser. Wie das eigentliche Cytoplasma feiner aufgebaut ist, konnte auch ich ebensowenig entscheiden, wie es — nach

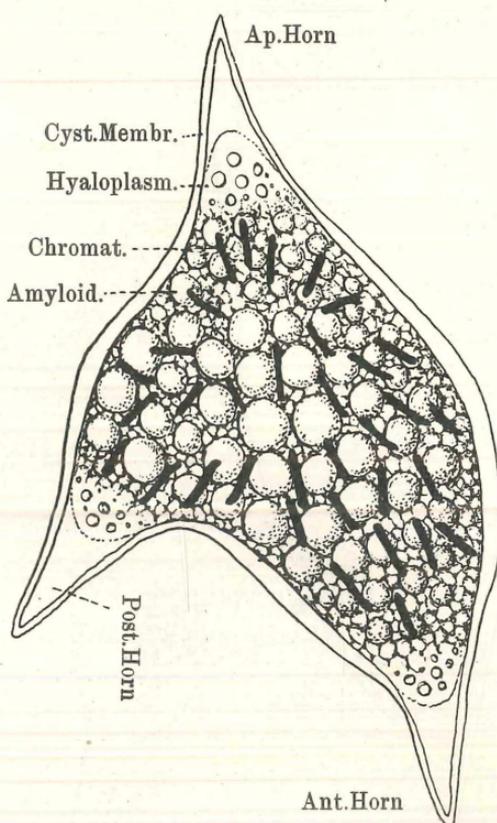


Fig. G.

Fig. G. *C. h. t.* Cyste aus dem Balaton. Nach dem Leben. Ap.-Hor. = Apicalhorn. Cyst.membr. = Cystenmembran. Hyaloplasm. = Hyaloplasmatischer Teil des Hornes mit Fett(?)Kügelchen. Chromat. = Chromatophoren. Amyloid. = Amyloider Reservestoff. Post.-Hor. = Postäquatorialhorn. Ant.Hor. = Antapicalhorn. $\pm 1800:1$.

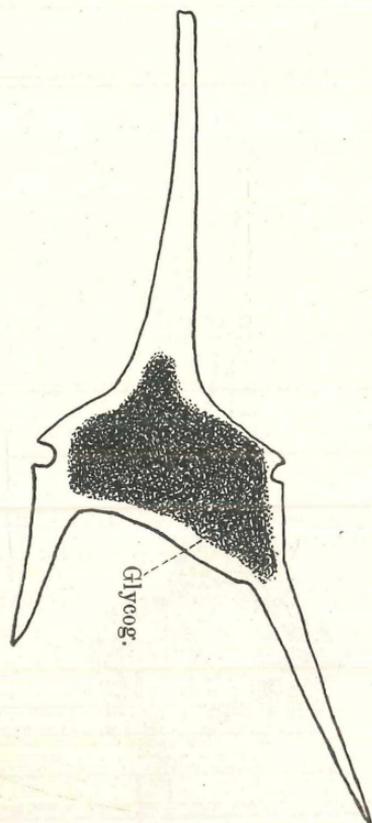


Fig. K.

Fig. K. *C. h. t.* Umriss der beweglichen Form. Glycog. = Glycogen mit Eisenchlorid-Tannin dunkelgrau sich darstellend. $\pm 250:1$. Lent (Holland).

meiner Überzeugung — niemand geglückt ist; denn wenn gesagt wird, daß man darin einen wabig-fädigen Bau mit Microsomen antrifft, ist dies eben nur eine impressionistische, schematische, bildliche Wiedergabe dessen, was wir als feineren Bau des Plasmas bezeichnen.

Das Cytoplasma hat in der Cyste nicht überall denselben — ich möchte sagen — größeren Aufbau; an der Stelle, wo die Hörner entspringen, sind nicht nur keine Chromatophoren und Reservestoffhohlräume anzutreffen, sondern es lassen sich hier in einem homogenen Ectoplasma-„Hügel“ stark lichtbrechende Kügelchen von ungefähr $0,1 \mu$ Größe konstatieren (Fig. G). Nachdem ich bei *Ceratium hirundinella furcoides* hier mit Sudan III sich rotfärbende — also fettartige — Tröpfchen angetroffen habe, denke ich, daß diese

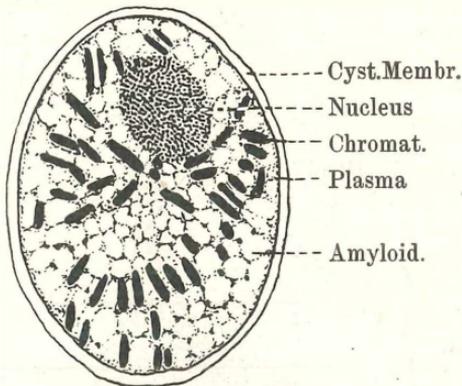


Fig. R.

Fig. R—B₁.
Ceratium hirundinella f. typica.

Fig. R—T. *C. h. t.* Querschnitte durch die Cyste.

Eisenhämatoxylin HEIDENHAIN.

Fig. R u. T ZEISS hom. Imm., Comp. Oc. 6 Zeichenapparat.

Fig. S Comp. Oc. 8.

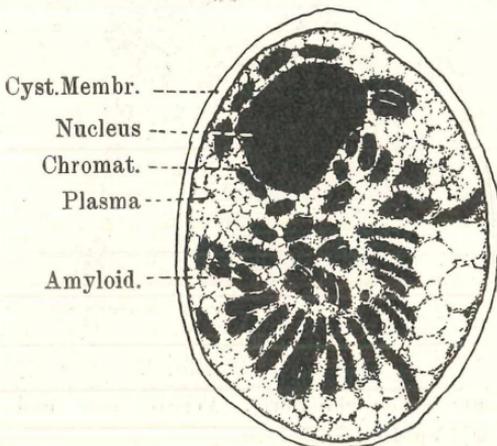


Fig. S.

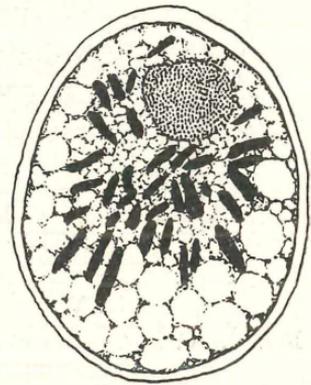


Fig. T.

winzigen Kügelchen auch an *Ceratium hirundinella typica* aus fetten Ölen bestehen mögen.

Zwischen vielen Tausenden untersuchten Cysten hatte ich nur in zwei Fällen 2 Kerne (Fig. W) angetroffen (Korrektion meiner Angabe 10, S. 417). Ob diese 2 Kerne, welche — wie die Abbildung zeigt — nebeneinanderliegende runde Gebilde sind, mit einer Teilung oder Autogamie (JOLLOS (18)), eventuell einem anderen

Sexualprozeß (ENTZ (8), ZEDERBAUER (48)) zusammenhängen, läßt sich schwer sagen. (Einen ähnlichen Fall beschreibt FERMOR (11) über Encystierung von *Stylonicchia postulata*). Denn daß es eine Teilung sein könnte, widerspricht der Zeit, in welcher die Cysten gesammelt wurden: nachmittags 4—5 Uhr! Für einen Geschlechtsakt spricht nichts.

Der Kern ist in seinen Umrissen abgerundet (Fig. A, E, L, R, S, T, W, X, Z), manchmal eckig, polygonal. Die Eckigkeit kann

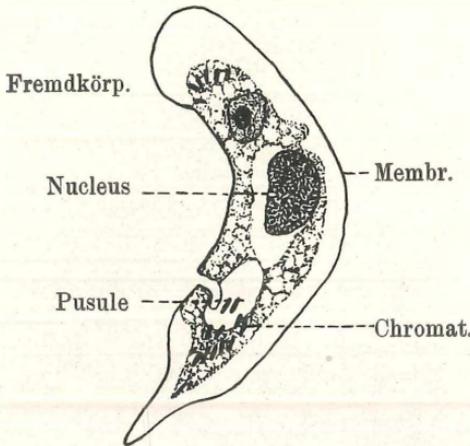


Fig. U.

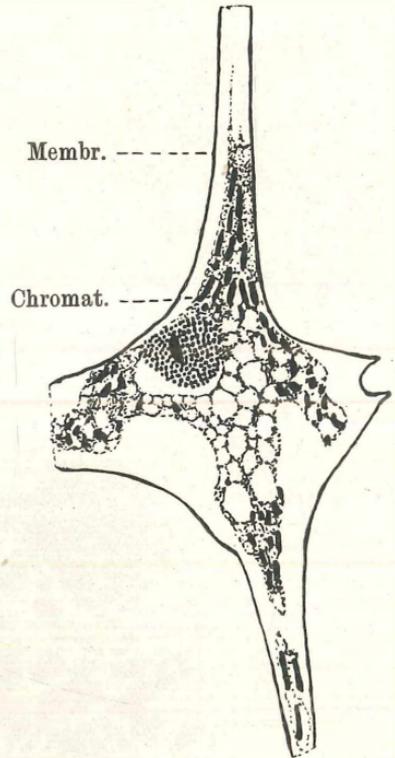


Fig. V.

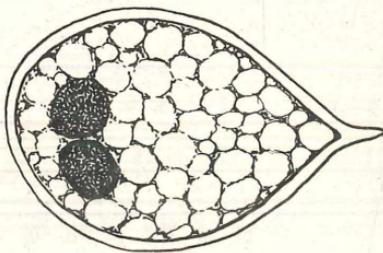


Fig. W.

Fig. U. *C. h. t.* Querschnitt durch die bewegliche Form. Vergrößerung und Färbung wie an Fig. R.

Fig. V. *C. h. t.* Längsschnitt durch die bewegliche Form. Vergrößerung und Färbung wie an Fig. R.

Fig. W. *C. h. t.* Cyste mit zwei Kernen. Tataer See. DELAFIELD'S Hämatoxylin.

entweder durch die Konservierung oder aber infolge des Druckes, den die Reservestoffe ausüben, entstanden sein, ähnlich den von Gregarinenstärke zusammengedrückten Kernen der Gregarinen. Ist dies der Fall, so muß die Kernsubstanz weniger konsistent sein, als es die Reservestoffe selbst sind.

Aus der beigegeführten Tabelle ist ersichtlich, daß der Kern nicht kugelförmig ist, seine Durchmesser weichen voneinander ab, er ist etwa elliptisch; einige Male habe ich auch länglich gestreckte Kerne beobachtet.

In der Cyste ist der Kern auch ungefähr an derselben Stelle, wo er auch in der beweglichen Form liegt (Fig. A, E u. Fig. X, Y): an der Basis des Apicalhornes. Der größte Kerndurchmesser bildet mit der Apex-Antapex-Richtung einen Winkel; wenn wir die Cyste

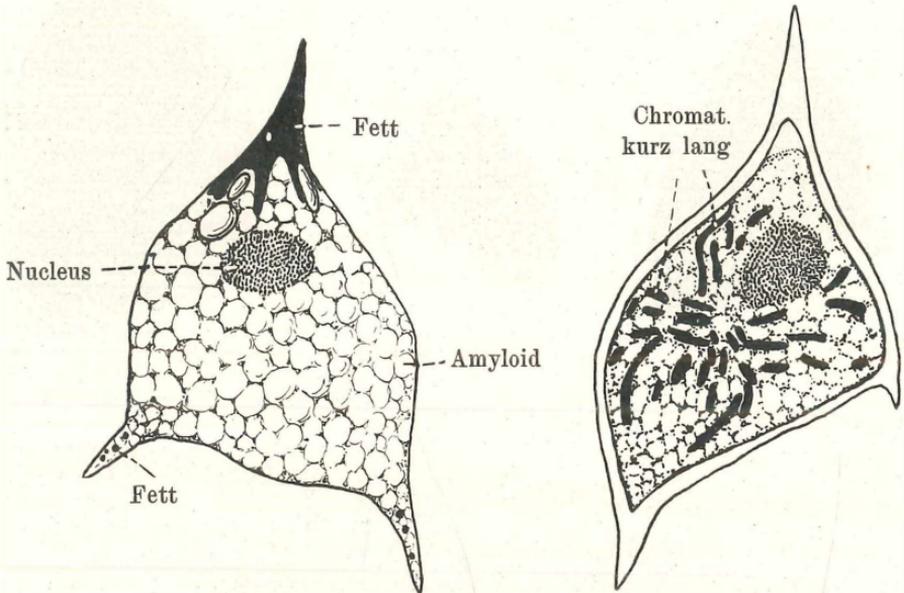


Fig. X.

Fig. Y.

Fig. X. *C. h. t.* Eben gebildete dünnwandige Cyste mit Sudan III behandelt. Fett. Im Plasma amyloide Reservestoffe. Totopräparat. Optischer Schnitt. Vergr. wie Fig. R.

Fig. Y. *C. h. t.* Längsschnitt durch die Cyste. Eisenhämatoxylin HEIDENHAIN. Zwischen den Chromatophoren sind lange und gebogene und kurze deutlich zu unterscheiden. Kern, Amyloid-Reservestoffraum. Vergr. wie Fig. R.

so orientieren wie eine geographische Karte, also mit Apicalhorn nach Norden, Postäquatorialhorn nach Westen und Antapicalhorn nach Süden, verläuft die Längsachse des Kernes von Nordwest nach Südost. Nucleolen und Kernmembran konnte ich nicht konstatieren (vgl. ENTZ 10, p. 417).

Wie ich in meiner Studie (10) dargelegt habe, besteht der Kern der Cyste aus äußerst kleinen im Durchmesser ungefähr $0,13 \mu$ großen Kügelchen, welche mit etwa ebenso großen Räumen voneinander getrennt sind (Fig. R, T, Y). Diese schwer beobacht-

baren Kügelchen sind in schiefen Reihen angeordnet. Ihre Zahl ist groß; wenn wir den Kern als eine Kugel auffassen, kann die totale Zahl ungefähr ausgerechnet werden.

Über die Größenverhältnisse des Kernes soll die beigelegte Tabelle Aufschluß geben.

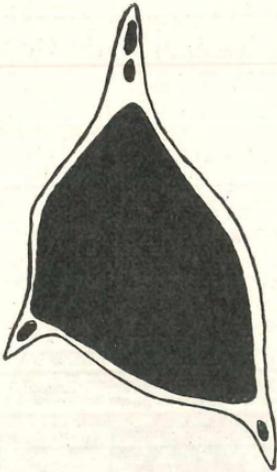


Fig. Z.

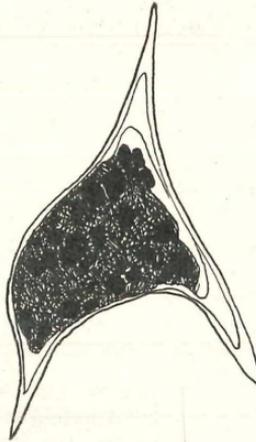
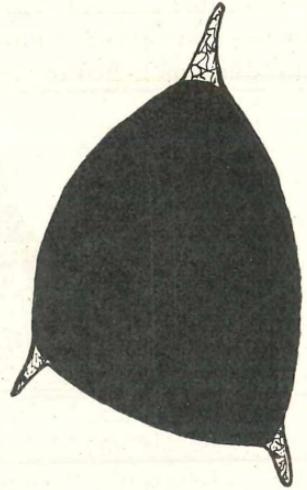
Fig. A₁.Fig. B₁.

Fig. Z. *C. h. t.* Mit Methylenblau für Volutin nach A. MEYER behandelte Cyste mit dunkel gefärbtem Inhalt. Auch in den Hörnern sind dunkle Flecke zu sehen.

Fig. A₁. *C. h. t.* Mit Jodalkohol behandelte Cyste aus dem Balaton. Amyloidkörner tiefblau. Vergr. $\pm 250:1$.

Fig. B₁. *C. h. t.* Mit Jodjodkalium tiefblauen Inhalt zeugende Cyste. Hörner gelb Kolik by Lent. Vergr. $\pm 300:1$.

Fundort und Datum	Längs- durchmesser	Quer- durchmesser
Balaton 17. Oktober 1900	12,0	9,0
" 17. Oktober 1901	11,7	9,1
Tata 7. Oktober 1909	10,4	9,11
" " " "	11,7	11,7
" " " "	11,7	10,4
" " " "	11,7	7,8
" " " "	13,0	7,8
" " " "	13,0	7,8
" " " "	13,0	9,1
" " " "	14,3	9,1
" " " "	14,3	9,1
" " " "	14,3	9,1
" " " "	12,0	9,0
" " " "	10,0	7,8
" " " "	14,3	7,8

Chromatophoren. Die Farbe der Chromatophoren ist gelblich- oder rötlichbraun. Die Cysten selbst erscheinen dunkler oder blasser je nachdem wie viele Chromatophoren da sind und ob die Chromatophoren sich zusammengezogen oder mehr ausgebreitet haben.

Die Chromatophoren sind kleine Lamellen oder aber Stäbchen, zumeist gerade, können aber auch gebogen, ja sogar tordiert sein (Fig. S, Y). In überwiegender Zahl sind die Umrisse der Chromatophoren scharf und ganzrandig, manchmal konnte ich aber — in gefärbten Präparaten — auch solche beobachten, welche in Zipfel ausgezogen waren. Der Querschnitt ist rund oder elliptisch. Gewöhnlich sind die Chromatophoren 4—6 μ lang, doch habe ich auch 7—8 μ lange angetroffen; ihre Breite beträgt 1—1,3 μ .

Es ist ziemlich schwierig die Zahl der Chromatophoren anzugeben. In einem Totopräparat kann man sie überhaupt nicht zählen, wohl aber in Schnitten. Aus Schnitten läßt sich die Zahl der Chromatophoren in ungefähr 100 angeben. Jedenfalls ist ihre Zahl höher als 100, erreicht aber 200 selten oder gar nicht. In einem Schnitte hatte ich 45 (Fig. R), in zwei anderen 35 und etwa 70 gezählt (Fig. S). In allen drei Schnitten also 150 Chromatophoren. In allen Schnitten ist es ersichtlich, daß sich die Chromatophoren dicht aneinanderschmiegen, so daß sie als unregelmäßige, sternförmige Gebilde, oder lange tordierte Bänder erscheinen können (Fig. Y). Ob die tordierten Chromatophorensowie die „sternförmigen“ Chromatophoren zusammengeballte, zusammengekoppelte vorstellen, ist mir nicht klar geworden.¹⁾

¹⁾ Auf die Zahl der Chromatophoren der Cyste von *Ceratium hirundinella* läßt sich indirekt aus der Zahl der Chromatophoren anderer Peridineen schließen. Sehr leicht ließ sich die Zahl der Chromatophoren an dem von mir untersuchten *Gymnodinium Zachariasii* (9) zählen, welche an den Objektträger angetrocknet und nach GIEMSA gefärbt wurden. An 50 Individuen zählte ich:

Die Zahl	
der Chromatophoren	der Individuen
1—16	3
17—32	13
33—64	15
65—128	17
129	2

Nachdem an *Gymnodinium Zachariasii* die Chromatophoren ungefähr ebenso dicht nebeneinandersitzen als in der Cyste von *Ceratium hirundinella* können wir, wenn wir die Maße beider Peridineen in Verhältnis stellen, auf die Zahl der

In der freibeweglichen Form sind die Chromatophoren in fünf Flecken angeordnet (vgl. ENTZ 8, p. 248) und zwar sind — wie man dies an Schnitten gut sehen kann — alle Chromatophoren im Ectoplasma und mit ihrer Fläche parallel der Zelloberfläche orientiert (Fig. F u. Fig. U, V). In der Cyste nehmen die Chromatophoren auch eine charakteristische Anordnung an. Sie sind zumeist im innersten Entoplasma und gegen die Mitte konvergierend, also radiär und im ganzen vertikal auf die Kernoberfläche orientiert (Fig. R, S, T, Y). Diese Anordnung hatte nach BÜTSCHLI (5, S. 990) schon STEIN konstatiert, später hatte es KLEBS (19) hervorgehoben, daß in der Ruheform von *Gymnodinium* die Chromatophoren im Plasma um den Kern radiär angeordnet sind.

Einigemal hatte ich mit HEIDENHAIN'S Eisenhämatoxylin sich tief dunkel färbende 12—16 μ lange und 1—1,5 μ breite Schleifen zwischen den gewöhnlichen, d. h. 4—8 μ langen Chromatophoren gefunden; ob diese den langen Chromatophoren HUBER und NIPKOW'S entsprechen oder sich teilende Chromatophoren oder aber Mytochondrien sind, kann ich, ohne nähere Untersuchungen gemacht zu haben, nicht entscheiden (Fig. Y).

Auffallende Einschlüsse des Cystencytoplasmas sowie auch der beweglichen Form sind rotgefärbte, stark lichtbrechende Tropfen. An den beweglichen Formen sind sie öfter anzutreffen als an Cysten (vgl. ENTZ 8, p. 248). Sie kamen vor in den Cysten aus dem Balaton (20. u. 29. Juni 1901) und aus dem Lágymányos bei Budapest (19. August 1915); von den beweglichen Formen aus dem Teiche in Tata hatte ich keine roten Tropfen aufzeichnen können, ebenso nicht aus den Cysten, obzwar ich im Jahre 1902 (6. Oktober) sehr viel Cysten und bewegliche Formen untersucht habe.

So ein roter Fleck wurde von ZACHARIAS (47) als Stigma aufgefaßt. Heute wissen wir, daß diese Annahme nicht richtig ist,

Chromatophoren der Cyste von *Ceratium hirundinella* mit mehr oder minder großer Wahrscheinlichkeit schließen. Die Maße von *Gymnodinium Zachariasii* sind:

Länge 40—48 μ

Breite 30—32 μ ,

also ist ihr Multipel 1200—1506. — Die Maße von der Cyste von *Ceratium hirundinella* aber sind:

Länge 50—60 μ

Breite 40 μ ,

ihr Multipel ist 2000—2400, d. h. beide Zahlen verhalten sich ungefähr so wie 2 : 1, daß zufolge die Zahl der Chromatophoren in der Cyste von *Ceratium hirundinella* ungefähr das Doppelte derjenigen von *Gymnodinium Zachariasii*, also zwischen 100 und 200 sein kann.

doch besteht dem roten Fleck gegenüber auch heute keine eindeutige Antwort, es ist aber sehr wahrscheinlich, daß gefärbte Fette in den Flecken eine Rolle spielen. SCHÜTT (34) hatte darauf hingewiesen, daß gefärbte Öle an Peridineen sehr verbreitet sind. In den beweglichen Formen und Cysten von *Ceratium hirundinella furcoides* sowie an der typischen *Ceratium hirundinella* konnte ich mit Sudan III Fett leicht nachweisen (Fig. E₁), deswegen besteht die Möglichkeit, daß auch der rote Fleck aus roten Ölen besteht, aber bewiesen ist diese Annahme nicht. Es ist auch fraglich, ob der rote Fleck immer dasselbe Gebilde ist. An einigen beweglichen Formen konnte ich mit Sicherheit konstatieren, daß der rote Farbstoff an ein in das Plasma eingeschlossenes Fremdkörper gebunden ist. Nachdem aber an anderen Süßwasser Peridineen rotes Öl sehr verbreitet sein soll scheinen diese Befunde eher eine Ausnahme zu sein. So schreibt KLEBS (19, S. 381), daß die Cysten von *Cystodinium Steinii* und *C. batavense* mit roten Öltröpfchen voll sind, welche einen Excretstoff darstellen soll (19, p. 383). Nach PASCHER (27, p. 123) sollen in den entleerten Cystenhüllen von *Dinamoeba* kleine Plasmakörperchen und rote Ölkörperchen zurückbleiben. FOLGNER (12) schreibt, daß der panzerlose Schwärmer von *Peridinium cinctum* aus Excretsubstanz bestehende rote Schollen auswirft. An einigen Peridineen und auch an *Ceratium hirundinella* fand ich rote Tröpfchen im Plasma, welche anscheinend aus Öl bestehen. Ich untersuchte ein *Glenodinium* (Átlösuti tó bei Budapest 4.—6. September 1906), dessen Plasma rote, öglänzende Tropfen enthielt. Ich fand Individuen mit wenigen Tropfen, und solche, deren Plasma von diesen eine ziegelrote Farbe bekam. Diese roten Tropfen sind allein im Plasma eingeschlossen gewesen, nicht in Chromatophoren, wo sie aber trotzdem entstehen konnten als dessen Farbstoffumsetzungsprodukte. Die Farbe des Cytoplasmas ist grünlichgelb gewesen, darin erscheinen die roten Gebilde nicht wie abgerundete Tropfen, eher eckig wie feste Körper, ähnlich der Substanz, welche SUCHLANDT (38, p. 245) von den am Schnee lebenden *Glenodinium Pascheri* beschreibt. An dieser Art besteht dieser rote Farbstoff aus 2 μ langen Kristallen des Hämatochroms.

Roter Farbstoff kann also an Süßwasserperidineen, im Plasma, in Flüssigkeitstropfen, sowie in Form von Kristallen vorhanden sein, kann aber auch im Stygma (Glenodinien) oder Fremdkörper gebunden sein. Die Bedeutung ist unsicher. An den Stigmen von Glenodinien wohl mit der Lichtperzeption zusammenhängend, an den im Plasma zerstreuten als Excretstoffe funktionierend, in Fremd-

körpern vielleicht als Produkte der Verdauung. An *Ceratium hirundinella* erscheint dieser rote Stoff in ölarartig roten Tropfen und in Fremdkörper eingeschlossen. Wenigstens an *Glenodinium Pascheri* ist der Farbstoff kristallisiertes Hämatochrom.

In den frei beweglichen Formen habe ich oft vom dichten Plasma oder von einem hyalinen Stoff umgebene Fremdkörper angetroffen (Fig. U [vgl. ENTZ 8, p. 249]), ähnliche habe ich in den Cysten nie gefunden; sie müssen bei der Encystierung ähnlich wie PASCHER (27, p. 120) es von *Dinamoeba* beschreibt, ausgeworfen — oder resorbiert? — werden.

Kristalle sind in den beweglichen Formen verbreitet. In der Cyste der typischen Form von *Ceratium hirundinella* habe ich Kristalle nie gefunden, wohl aber in der Cyste von *Ceratium hirundinella reticulatum* (Fig. Q₁).

VON PENARD (30), HUBER und NIPKOW (15) und anderen Beobachtern wird der Inhalt der Cyste wie mit kleinen Kügelchen vollgepfropft dargestellt. Diese habe auch ich angetroffen (Fig. G) Nach meinen Untersuchungen bestehen die Kügelchen aus irgendeiner in das Plasma eingeschlossenen, anscheinend zähflüssigen, ziemlich stark lichtbrechenden Substanz. Dieser Stoff scheint konsistenter zu sein als es die Kernsubstanz ist, denn er drückt sich an die Oberfläche des Kernes ein.

Die Größe dieser Kügelchen ist verschieden, die größten sind 5—7 μ , die kleinsten 1,5—2 μ im Durchmesser. Diese Gebilde erfüllen die Cyste sozusagen total, aus ihrer Größe und Volum der Cyste läßt sich ihre Zahl mit 400—500 berechnen.

Die Kügelchen sind einfach lichtbrechend, werden mit Jodalkohol meistens braungelb, doch wird der Inhalt von einigen Cysten blau (vgl. 7, p. 18). Auch die Reservestoffe von *Ceratium hirundinella furcoides* geben dieselbe Reaktion. Mit Jodalkohol wurden 12 Cysten dunkelpurpur, nach Wasserzusatz schwarz. In zwei Stunden entfärbten sie sich im Wasser, aber wieder mit Jodalkohol behandelt wurden sie wieder schwarz (Fig. A₁). An *Ceratium hirundinella furcoides* habe ich mit Reaktionen dieser Substanz zu erörtern versucht und werde dort meine diesbezüglichen Beobachtungen und Folgerungen mitteilen. Hier will ich nur so viel bemerken, daß auch in der Cyste der typischen Form von *Ceratium hirundinella* mehrere Reservestoffe vorhanden sind, und zwar anscheinend wenigstens zwei Kohlenhydrate (viel), dann Fett (wenig) und auch Reserveeiweißstoffe, welche alle nicht in Plasten, sondern in das Plasma direkt eingeschlossen sind.

Alle diese Reservestoffe können an ein und derselben Art in sehr verschiedenen Prozentsätzen vorhanden sein, weshalb die Reaktionen — am auffallendsten die Jodreaktion — sehr verschieden ausfallen können.

Mit Sudan III konnte ich von 8 Cysten in einer rote Fettropfen nachweisen (Fig. X); mit der Osmium enthaltenden isotonischen Flüssigkeit DEKHUYZEN's wurde von 60 Cysten keine einzige auch nach 24 Stunden geschwärzt.

Mit Jodjodkalium wurde der Inhalt von 11 Cysten in einigen Minuten schwarz (Fig. 27).

Mit Chlorzinkjod wurde der Inhalt von 6 Cysten braunrot; die Cystenmembran beginnt an den Hörnern eine Lilafärbung anzunehmen, wird später ganz typisch lila.

Cystenmembran. Die Cyste wird von einer einheitlichen Membran umschlossen. Die Dicke dieser Membran ist verschieden, an den Enden der Hörner $1,7 \mu$, in der Mitte fast das Doppelte $2,6 \mu$ (Fig. G). Die äußere und innere Oberfläche ist glatt; eine Schichtung gibt SCHILLING (33, p. 56) für die Cystenmembran von *Ceratium cornutum* und VIRIEUX (41, p. 40) für *Ceratium carolinianum* (= *Ceratium curvirostre*) sowie auch für *Ceratium hirundinella* an. Letztere Angabe kann ich selbst bestätigen, aber diese Schichten hatte ich allein mit Immersion und stark abgeblendet sehen können und hatte im ganzen fünf Schichten gezählt (Fig. W₁).

Die Membran ist doppelt lichtbrechend, am auffallendsten an den dichten Stellen, an den Hörnern aber kaum bemerkbar.

Mit Chlorzinkjod wird sie lila gefärbt, besteht also aus Cellulose und zwar sowohl an der typischen Form wie auch an *Ceratium hirundinella furcoides*; nach SCHILLING soll die Cystenmembran von *Ceratium coruntum* aus einer Modifikation von Cellulose bestehen.

Der Panzer der beweglichen Form von *Ceratium hirundinella* besteht aus zwei Schichten. 1. Aus einer äußeren Schicht, welche mit Chlorzinkjod kaum lila gefärbt wird; 2. aus einer inneren Schicht, welche mit Chlorzinkjod auffallend lila gefärbt wird. Dies kann besonders an sich regenerierenden Individuen gut demonstriert werden, die neue Hälfte gibt eine schöne Cellulosereaktion, die alte nicht. Dies beweist, daß in die aus reiner Cellulose bestehende Membran mit der Zeit ein anderer Stoff sich einlagert (16. Februar 1907, Material 1902).

In die Membran der Cyste scheinen auch solche fremde (Pectin?) Stoffe eingelagert zu sein, welche dem Wassereindringen starken Widerstand leisten, da die Cystenmembran nach meinen Unter-

suchungen für wässrige Farbstofflösungen (Methylenblau) ungemein schwer durchgänglich ist, doch wird dann der ganze Inhalt tief blau gefärbt, und auch in den Hörnern konnten blaue Klumpen (Volutin?) wahrgenommen werden (Fig. Z).

II.

Ceratium hirundinella f. furcoides LEVANDER.

(Fig. C₁—O₁ und H₁, X₁, Z₁.)

In dem Peridineen-Werke STEIN'S (36) sind voneinander abweichende Formen von Ceratien-Cysten abgebildet. Die eine dieser Figuren ist schlank, das Apicalhorn etwas gebogen, endigt in einem kleinen Knopf, das antapicale und postäquatoriale Horn ist gerade und spitz. So eine Cyste wird auch von BRUTSCHY (3, p. 90—91 Fig. 12 a) abgebildet. Lange Zeit ist diese Cystenform mir aus Autopsie nicht bekannt gewesen, doch konnte ich aus dem Vergleich der Cystenzeichnung STEIN'S und der von mir entworfenen Zeichnungen der freibeweglichen Form von *Ceratium hirundinella furcoides* konstatieren, daß es in diesem Falle sich um die Cyste von *Ceratium hirundinella furcoides* handelt. Als ich nun durch freundliche Vermittlung Dr. H. C. REDEKE'S von einem Kolke bei Lent in Holland eine Planktonprobe (23. Sept. 1916) erhielt, in welcher ich zwischen vielen frei beweglichen Formen von *Ceratium hirundinella furcoides* und *Ceratium hirundinella reticulatum* auch etwa 1 Proz. Cysten antraf, konnte ich mich von der Richtigkeit der Annahme überzeugen. Zu meiner Freude wurde die Probe zur Zeit der Encystierung von *Ceratium hirundinella furcoides* gesammelt, dies beweist die Tatsache, daß einzelne Cysten noch in den auseinander fallenden Panzer von *Ceratium hirundinella furcoides* eingeschlossen gewesen sind.

Diese Cysten sind in Form und Größe von jenen der typischen Form ziemlich verschieden: ganz anders ist das Verhältnis der Hörner zur Cyste, auch ihr Inhalt ist nicht gleich mit jenen von *Ceratium hirundinella* und auch miteinander verschieden, da sie eben zur Zeit ihrer Entwicklung, d. h. zur Zeit der Encystierung gefischt wurden.

Die Form der fertigen Cysten ist auch verschieden gewesen, weil zwischen den Cysten Cysten der typischen *Ceratium hirundinella* vorhanden waren, andere aber der besprochenen Zeichnung STEIN'S ähnlich gewesen sind. Diese sind schlank: die Länge der Distanz Apex-Antapex ist zu den anderen Maßen groß, ferner ist auch der

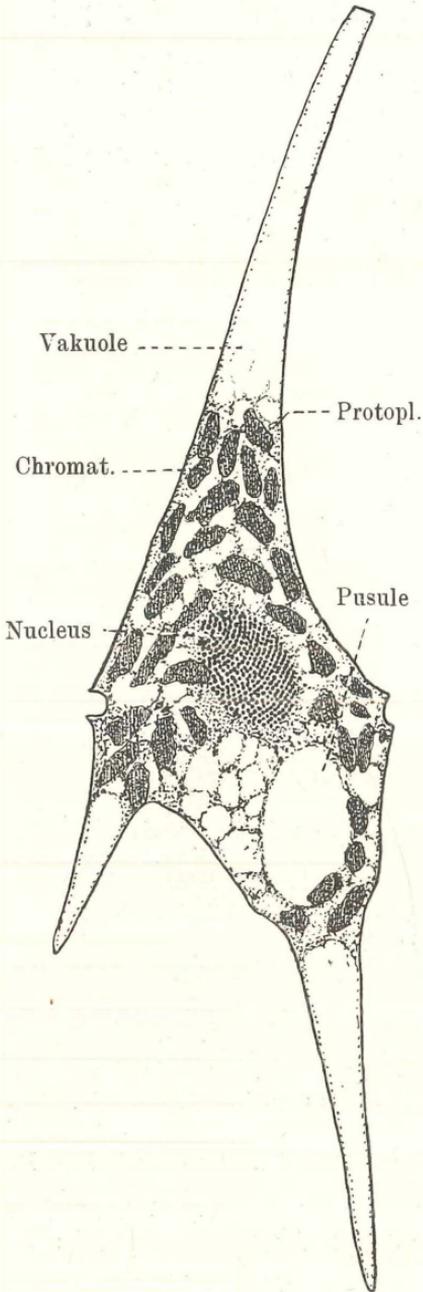


Fig. C₁.

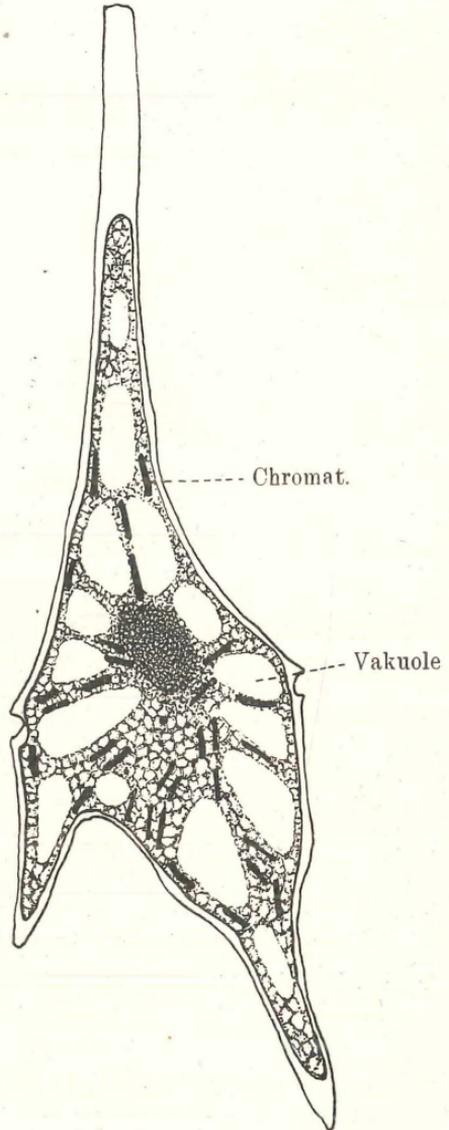


Fig. D₁.

Fig. C₁. *C. h. f.* Bewegliche Form mit hyalinen Hörnern, Chromatophoren, Pusule und Kern. Das Plasma ist im „Körper“ netzförmig angeordnet. Der Kern erscheint am lebenden Organismus ganz farblos. Vergr. wie Fig. R. Kolk by Lent.

Fig. D₁. *C. h. f.* Beginn der Cystenbildung. Plasma mit großen Saftäumen, Chromatophoren strahlenförmig angeordnet, Plasma von der Membran plasmolytisch sich ablösend. Kern am lebenden Organismus hyalin. Vergr. wie Fig. R.

Böschungswinkel der Cystenseiten ein anderer als an der typischen *Ceratium hirundinella*.

Die Hörner der Cysten sind in dem größten Teil ihrer Länge kompakt, aber die Länge des kompakten und des hohlen Hornteils ist fast an einem jedem Exemplar anders. Das Ende der Hörner ist meistens verkrümmt (Fig. G₁, U₁).

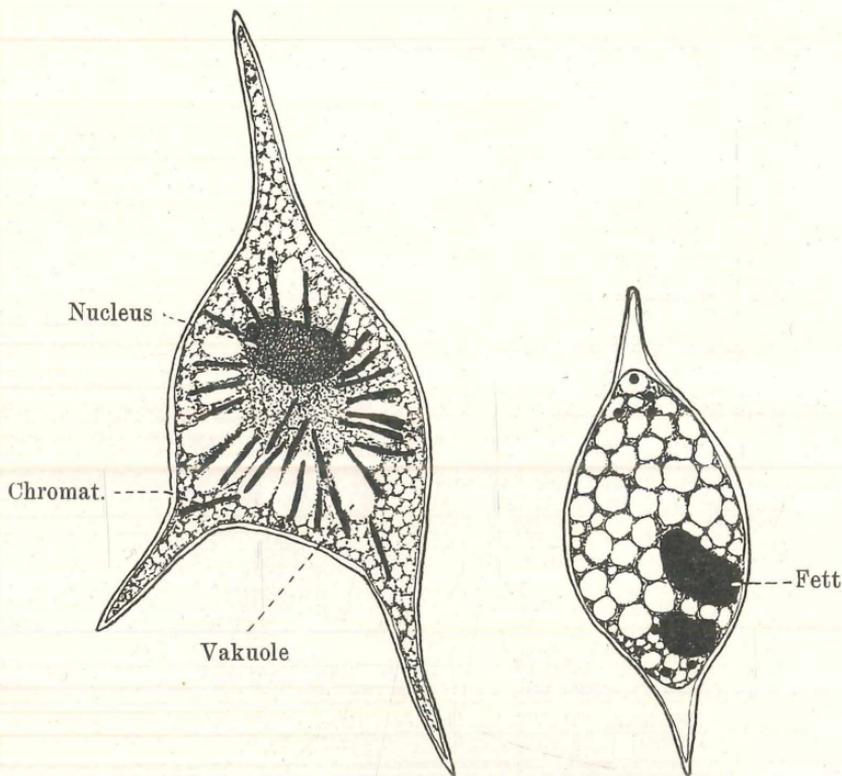
Fig. E₁.Fig. F₁.

Fig. E₁. *C. h. f.* Halbfertige Cyste. Dünne Membran, Plasma in den Hörnern, radiär angeordnete Chromatophoren und Safrträume. Vergr. wie Fig. R.

Fig. F₁. *C. h. f.* Cyste mit Sudan III behandelt. Mit schwarzen Flächen sind die rote Farbe zeigenden Fettöle. Cyste von der Seite. Vergr. wie Fig. R.

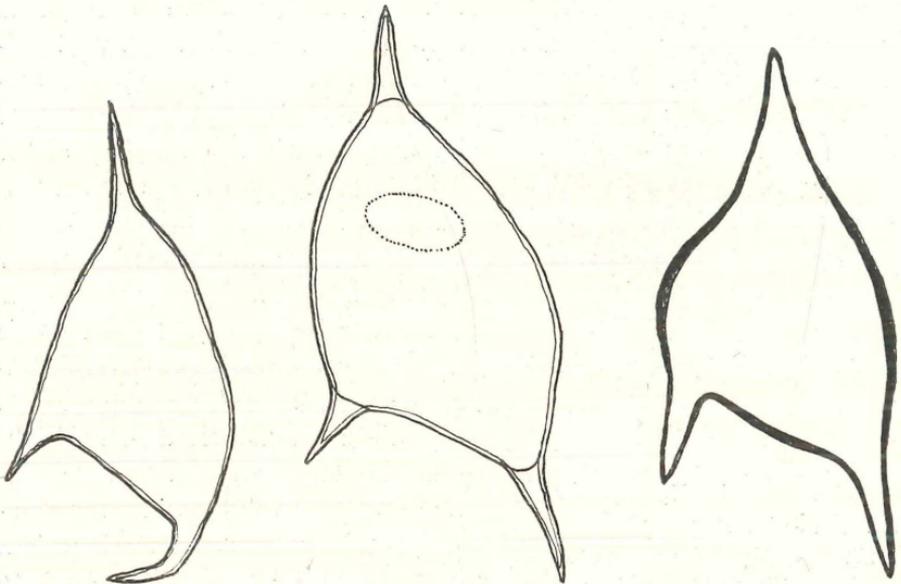
Die Dicke der Cystenmembran fand ich im Vergleich zu derselben von *Ceratium hirundinella* gering, am dicksten Teil — in der Mitte der Cystenwand — $1,3 \mu$, also nur so dick wie die dünnsten Stellen an der Cyste von *Ceratium hirundinella*, an den dünnsten Teilen ist die Membran nur etwa $0,65 \mu$. Der kompakte Teil der Hörner ist ungefähr $2,6 \mu$ dick.

Im Querschnitt ist diese Cyste fast kreisrund (vgl. Fig. F₁ und G₁—J₁). Über die Maße und die Verhältnisse einzelner „Körper-

teile“ und über ihre Verhältnisse zu der typischen Cystenform und der Form *Ceratium hirundinella reticulatum* soll folgende Tabelle Aufschluß geben:

	Apex Antapex in μ	Apex Postäquat. in μ	Antapex Postäquat. in μ	Akzessori- sches Horn in μ	Membran- dicke in μ	Kern		Kerncysten- größe Relation
						Länge in μ	Breite in μ	
<i>C. h.</i>	62,7	45,5	38,7	—	1,7—2,3	11,5—13,8	9,2	12,8—17,2
<i>C. h. f.</i>	104	91	52	—	0,65—1,3	16,0	10	104
<i>C. h. r.</i>	91	71,5	26	20	0,65—1,3	16,0	6	34

In der Cyste von *Ceratium hirundinella furcoides* hatte ich dieselben Bestandteile angetroffen als in der typischen Form, wenn auch vielleicht in anderer Anordnung.

Fig. G₁.Fig. H₁.Fig. J₁.Fig. G₁—J₁.

C. h. f. Umriss einiger Cysten. Fig. J₁ mit Chlorzinkjod tief lila geworden.
Vergr. wie Fig. B.

Der Kern ist auch hier der Basis der Apical-Kerne genähert (Fig. E₁, H₁, K₁, U₁), die Form ist etwas elliptisch, dies ist um so mehr auffallend als die Kernform der beweglichen rund ist. Oft ist auch der Kern dieser Form durch die Reservestoffe zu einem morgen-

sternförmigen Polygon deformiert. Ihre Maße sind in der Tabelle angegeben.

Der Innenraum der Cyste wird auch in dieser Form von Assimilatkügelchen ausgefüllt, zwischen welchen die stäbchenförmigen Chromatophoren auch hier radiär angeordnet sind (Fig. K₁). Die Chromatophoren sind 10 μ lang und 1,3 μ breit, also länger als an *Ceratium hirundinella* (4–6 μ , selten 7–8 μ). — Die fettglänzenden Assimilate lassen die Hörner frei, diese werden von einer homogenen mit Jod sich gelbfärbenden Masse (Ectoplasma?) erfüllt.

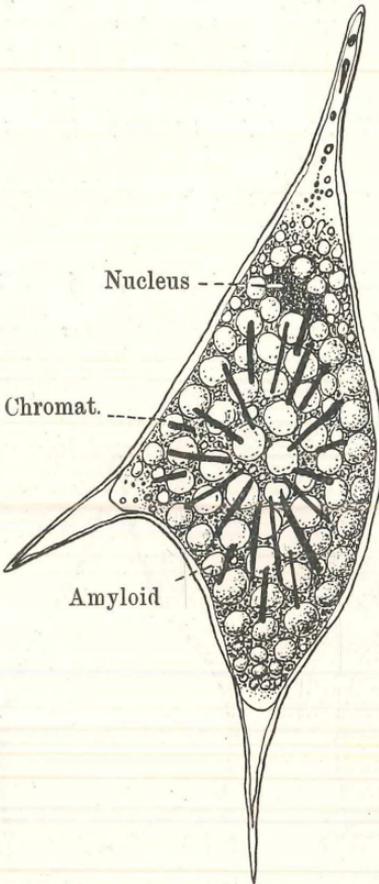


Fig. K₁.

C. h. f. Fertige Cyste. Plasma aus den Hörnern größtenteils zurückgezogen. Kern am Grunde des Apicalhorns, in diesem auch Öltropfen. Im Plasma Amyloid-Reservestoff-Kügelchen, radiär angeordnete lange Chromatophoren. Vergr. wie Fig. R.

Hörner bestehen aus einer sehr dünnen doppellichtbrechenden Schichte (Fig. J₁) sowie aus einer homogenen Füllmasse, welche mit wässrigem Methylenblau gefärbt wird, durch Jodjodkalium wird sie gelb gefärbt, Mucikarmin färbt sie nicht (Fig. Z₁).

In der Figur STEIN'S (31) ist in der Cyste von *Ceratium hirundinella furcoides* der Kern mehr minder in der Mitte von einem Hof mit Chromatophoren, 6 Öltropfen und kleinen Kristallen umgeben. An der Basis der Hörner ist das Plasma abgerundet, dieser Teil sitzt wie eine Kappe am Inhalt und darin sind stäbchenförmige Gebilde. Der Inhalt wird von der Membran durch eine hyaline Zone getrennt; das Cytoplasma der Cyste ist durch eine schräge Furche sozusagen in zwei Teile geschieden. All diese Einzelheiten der Zeichnung lassen es als sehr wahrscheinlich annehmen, daß STEIN eine plasmolysierte absterbende, oder eben im Ausschlüpfen begriffene Cyste abgebildet hatte.

Die Cystenmembran ist doppellichtbrechend, am stärksten die Seiten, die Hörner kaum. Die

Mit Chlorzinkjod nimmt die Membran die lila Farbe an, welches später ins dunkelblau übergeht, der Panzer der beweglichen Form reagiert hell rosa (Fig. J₁).

In Jodjodkalium bleibt die Membran ungefärbt, nach diesem aber mit verdünnter Schwefelsäure behandelt erscheint auch die leere Cyste prachtvoll lila (Fig. X₁).

In Kongorot nahm der Panzer der beweglichen Formen die rote Farbe an, die Cyste von *Ceratium hirundinella reticulatum* wurde auch rot, von 5 Cysten von *Ceratium hirundinella furcoides* wurde nur eine rot (Fig. F₁).

All diese Reaktionen weisen darauf hin, daß die Cystenmembran von *Ceratium hirundinella furcoides* der reinen Cellulose sehr nahe steht.

Daß die Cystenmembran verschiedener Peridineen aus Cellulose besteht, ist seit CARTER (1858) bekannt (zitiert nach SCHILLING (32, p. 235), daß es aber nicht immer aus Cellulose besteht, wissen wir aus den Mitteilungen KLEBS'. Nach ihm besteht die Cystenmembran von *Gymnodinium fuscum* und *G. aeruginosum* aus Schleim (19, p. 391); an anderen Arten (*Gymnodinium rotundatum*, *vorticella*, *fucorum*) aus einer näher nicht bekannten Substanz. Oft lagert sich zwischen Membran und Cytoplasma Schleim; so an *Dinamoeba* (PASCHER (27, p. 120)) und *Peridinium aciculiformum* (LEMMERMANN (22, p. 225)). Auch in den Cysten von *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoides* ist zwischen Membran und Cytoplasma eine vielleicht eiweißartige Substanz (kein Mucin, färbt sich mit Mucikarmin nicht), welche sich mit Jod gelb färbt (vgl. GOODEY (13)).

Mit Jodjodkalium, Chlorzinkjod wird das Cytoplasma selbst eingetrockneter Cysten gelb gefärbt. Diese Gelbfärbung ist natürlich nur an jenen Stellen zu konstatieren, wo keine Reservestoffe da sind. Methylenblau färbt das Cytoplasma der Cysten langsamer als an beweglichen Formen; ihre Membran ist eben geschlossen, die bewegliche Form hat aber offene Stellen (Längsfurche, Apicalöffnung, Poren). Der Inhalt der Cysten färbt sich sehr langsam, nach Stunden ist es noch immer sehr hell, aber die Anordnung der Bestandteile (radiäre Stellung der Chromatophoren) ist sehr deutlich.

Reservestoffe. Die Reaktionen und Eigenschaften der Reservestoffe von *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoides* sind, insoweit ich es bestimmen konnte, gleich. Die in größter Menge vorhandenen stark lichtbrechenden Kügelchen — welche ein Kohlenhydrat darstellen — sind einfach lichtbrechend, bestehen aus einem zähen, fast könnte ich sagen plastischem Stoffe. Mit Jodjodkalium nimmt diese Substanz eine dunkelrote, atropurpurne Farbe an. Diese

Farbe nahmen die Cysten in sehr kurzer Zeit an, so rasch, daß sie schon atropurpur waren, als die freibeweglichen noch ungefärbt waren.¹⁾ Erwärmte ich das Präparat, so verschwand die Farbe, stellte sich aber bei Abkühlung wieder ein.

Mit Eisenchlorid gebeizt und mit Tannin nachbehandelt, wird das Plasma der beweglichen Form von *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoides* grau bis schwarz, als Zeichen seines Glykogenreichtums (Fig. K).

Mit Chlorzinkjod nehmen die Schollen eine dunkellila Farbe an. Mit Jod und Schwefelsäure werden die Schollen tief indigo-, fast schwarzblau. Dünnes, wässriges Methylenblau färbt sie nicht. Mit Jodalkohol wurden zwischen vielen Cysten von *Ceratium hirundinella* einige blau gefärbt.

Nach all diesem erscheint es so, als ob in den Cysten von Süßwasser-Ceratien mehrere Kohlenhydrate als Reservestoffe vorhanden wären, welche in verschiedener Prozentage vorhanden sein können. Ob dies aber mit der Entwicklung der Cysten zusammenhängt oder von äußeren Umständen abhängt, ist mir nicht bekannt.

Über die Kohlenhydrate von Peridineen kann man aus der Literatur auch einige Angaben zusammenstellen. KLEBS schreibt (19, p. 400), daß Amylum an Süßwasser-Peridineen allgemein konstatiert wurde. An *Hypnodinium sphaericum* ist dies Amylum abgerundet oder eckig, flach, doppellichtbrechend, gibt die Jodprobe (19, p. 401), ist nicht in Chromatophoren, sondern in das Plasma eingeschlossen (19, S. 399). Nach SUCHLAND (38) erscheint das Amylum in *Gymnodinium Pascheri* in unregelmäßigen Körnern, ist 3 μ im Durchmesser und konzentrisch geschichtet. Nach BLACKMANN (KLEBS (19, p. 400)) soll das Assimilat von *Diplodinium lunula* mit Jod sich ganz schwärzen, ausgewaschen purpurrot, ist mit Amylum verwandt, aber damit nicht identischer Stoff.

An *Gymnodinium Zachariasii* konnte ich im antapicalen Teil mit Jod sich schwarzblau färbende, elliptische Körner beobachten (9, p. 401), etwa 10—20 an der Zahl von 3—6 μ Länge. Im peripherischen Plasma hatte ich eine mit Chlorzinkjod sich rötlich färbende Substanz konstatiert — und um den Kern wohl aus Eiweiß bestehende Reservestoffe.

Nach BERGH hat schon WARMING Stärkekörner bei Peridineen angegeben, nach seinen Untersuchungen (2, p. 202—216) ist in vielen

¹⁾ Mit Hilfe dieser Reaktion lassen sich Cysten sehr leicht im Präparat auffinden.

Cerastien (*Ceratium tripos*, *fuscus*, *furca*, *cornutum* und *hirundinella*) Stärke oder ein Amyloid vorhanden, welche auch eine Schichtung aufweist.

An den beweglichen Formen von *Ceratium hirundinella* fand ich (8), daß eben an jenen Plätzen, wo die Chromatophoren vorkommen, auch ein mit Jod sich blau färbendes Assimilat da sein kann, doch kann dies zwischen mehreren Hunderten an einem Exemplar konstatiert werden, andere färben sich nicht blau. Hatte ich die Jodprobe an beweglichen Formen von *Ceratium hirundinella* so modifiziert, daß ich sehr viel Jodalkohol zum Präparat gab, dies verdunsten ließ, diese Prozedur wiederholte und nun Wasser zum Präparat gab, so wurden alle Cerastien tief blau gefärbt.

Fassen wir all das, was aus diesen Angaben abzulesen ist, zusammen, so müssen wir sagen, daß in den verschiedenen Peridineen verschiedene Kohlenhydrat-Assimilate vorkommen, welche immer im Protoplasma selbst und nicht in Chromatophoren eingelagert sind. Sie sind zähflüssig, plastisch oder starr, einfach- oder doppeltlichtbrechend, ungeschichtet oder geschichtet, rund, elliptisch, eckig oder in unregelmäßigen Massen. Ihre Größe schwankt zwischen 1,5—8 μ ihre Zahl 10—500; sie verhalten sich gegen Jod (und andere Reagentien) verschieden, mit Jod können sie braune, rote, purpurne blaue Farbe annehmen, können in ein und derselben Art in zwei oder mehreren Formen vorkommen, scheinen einmal echtes Amylum, dann mit Amylum sehr nahe verwandte (glycogenartige?) Stoffe zu sein. Auch nach meinen Untersuchungen ist dieser Körper ein amyloider Polyzacharid, sehr ähnlich der sog. Panzersubstanz der Ophryoscoleciden (Ciliaten).

Speziell in den Cysten von *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoides* scheinen diese verschiedenen Kohlenhydrate nach dem Stadium der Cystenentwicklung in abweichender Menge vorhanden zu sein. Es ist aber auch möglich, daß in diesem Falle wir es auch mit einem ähnlichen Stoff zu tun haben, wie jener welchen A. MEYER (26, p. 262) als Jogen bezeichnet hat. Entschieden ist die Frage der Kohlenhydrate keinesfalls.

Der Kohlenhydrat-Reservestoff der Cysten von Süßwasser-Cerastien scheint nach all dem Mitgeteilten keine echte Stärke — oder keine echte Stärke allein — zu sein, denn obzwar es sich mit Jod — wenigstens in gewissen Fällen — färben kann, ist es doch plastisch und einfach lichtbrechend scheint somit dem Glycogen und vielleicht noch mehr dem von A. MEYER als Jogen bezeichneten Kohlenhydrat näher zu stehen als der echten Stärke.

Fette. Obzwar seit den Untersuchungen SCHÜTT'S (34) allgemein angenommen wird, daß in der Peridineenzelle viel Reservefett vorkommt und zum Beispiel auch von HUBERT und NIPKOW gesagt wird, daß in den Cysten von *Ceratium hirundinella* die Reservestoffe „zumeist wohl Fettkörner“ (15, p. 343) sind, habe ich doch sowohl in den frei beweglichen Formen, wie auch Cysten im Vergleich zum Volum der Kohlenhydrate wenig mit Sudan III sich rot färbende Tropfen gefunden. Die größte Menge ist ein ungefähr mit der Größe des Kernes übereinstimmende Fettmasse an der Basis des Apical-Hornes gewesen (Fig. H, X, F₁). Auch an den frei beweglichen Formen ist das Fett im Vergleich zu den Kohlenhydraten als wenig zu bezeichnen.

Mit Mucikarmin konnte ich kein Mucin nachweisen.

Volutin konnte ich nach MEYER'S Methode in der Cyste nachweisen, nicht aber in der beweglichen Form, in welcher diese Reaktion auch MEYER (26) nicht gelang. Aber solche Individuen, welche eben im Stadium der Encystierung sind, geben ebenso die schöne blaue Färbung des Volutins wie die Cysten selbst (vgl. Fig. Z).

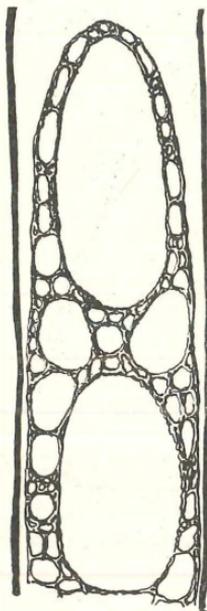
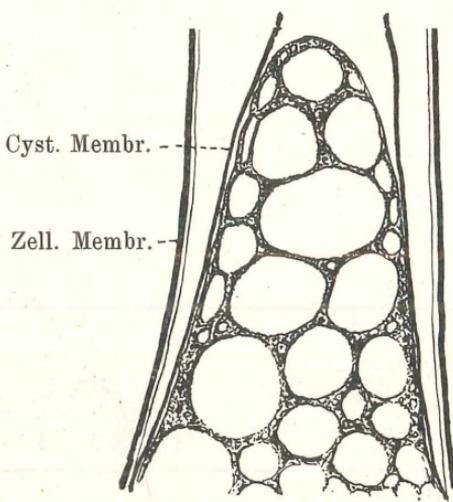
Ceratium hirundinella furcoides konnte ich in verschiedenen Stadien der Encystierung antreffen und mir ein Bild über den ganzen Prozeß der Encystierung entwerfen.

In der beweglichen Form ist das Protoplasma sozusagen wie ein Plasmodium vom Panzer eng umgeben (Fig. C₁). Es sind darin mit Zellsaft erfüllte ganz unregelmäßig verteilte Räume. Eine Membran haben diese Räume nicht.

Das erste Anzeichen — welches auf die Encystierung deutet ist, daß sich der Protoplast vom Panzer plasmolytisch trennt (Fig. D₁). Gleichzeitig treten im Plasma um den Kern große, radiär angeordnete Safräume auf. Die Spiralfurche ist noch wahrzunehmen, die Pusule nicht (Fig. D₁).

Langsam zieht sich das Cytoplasma von den Hörnern zurück, es entstehen immer mehrere und kleinere (Fig. L₁) Safräume. Zwischen diesen anfangs in die Länge gezogenen Safräumen ordnen sich die Chromatophoren radiär an (Fig. E₁). In den sich verkleinernden an Zahl zunehmenden Safräumen scheint der Inhalt konzentrierter zu werden; es wird mit Jodjodkalium rotbraun gefärbt, gibt also Glycogenreaktion. Die Hörner schrumpfen zu kleinen Plasmahöckern zusammen, ihr Inhalt wird homogen, wird mit Jod gelb (Fig. Z₁) mit Methylenblau blau gefärbt (Fig. Z). Das immer mehr sich zusammenziehende Plasma rundet sich ab, bekommt einen runden Querschnitt, demzufolge der Panzer gesprengt wird (Fig. P, Q).

Aus den Mitgeteilten ist es ersichtlich, daß bei der Encystierung der Zellinhalt physikalischen, vielleicht auch chemischen Veränderungen unterworfen ist. Er verliert Wasser, der Zellsaft konzentriert sich, die gelösten Reservestoffe fallen aus und sind als Volutin, Fett, Reservekohlenhydrate nachzuweisen. Von diesen Stoffen ist ein Kohlenhydrat (Glycogen?) ursprünglich vielleicht im Plasma der beweglichen Form diffus verteilt, da das ganze Plasma mit Jodjodkalium rotbraun gefärbt wird.

Fig. L₁.Fig. M₁.Fig. L₁—O₁.

Sehr stark vergrößert dargestellte Bildung des Apicalhorns einer Cyste.

Fig. L₁. *C. h. f.* Das Plasma hatte sich plasmotisch von der Membran entfernt, es entstehen aus den intraplasmatischen Safräumen mehr oder minder abgerundete Vakuolen. Entspricht dem Stadium der Fig. D¹.

Fig. M₁. *C. h. f.* Die „Vakuolen“ nehmen an Zahl zu, an Größe ab. Entspricht dem Stadium der Fig. E₁.

Die Oberfläche der Cyste wird anfangs von Plasma gebildet (mit wabiger Struktur und Gelbfärbung mit Jod), später gibt die an der Zelloberfläche entstehende Hülle der Cyste an den Hörnern die Reaktion des Glycogens, und nur wenn die Cyste ganz ausgebildet ist gibt die Membran Cellulosereaktion.

Über die Entstehung der Cystenhörner hatte ich die Beobachtung gemacht, daß dieser Teil, welcher zum Cystenhorn wird, ursprünglich große Safräume enthält (Fig. L₁), wenn nun das Horn langsam

kleiner wird, sind auch die Safräume klein (Fig. M₁), zuletzt ist der Inhalt der Hörner ganz homogen, ohne eine Spur von Safräumen (Fig. N₁) doch mit Öl(?) Kügelchen — Vakuolen(?). Also ist das Entstehen der Cystenhörner gerade das Gegenteil der Entstehung der beweglichen Form: an dieser ist zuerst ein hyaliner Plasmahöcker zu beobachten, in diesem entstehen kleine Vakuolen, welche sich dann zu größeren Safräumen entfalten.

Zwischen 150—200 Cysten von *Ceratium hirundinella furcoides* hatte ich auch drei leere gefunden, mit einem Riß. Dieser Riß ist

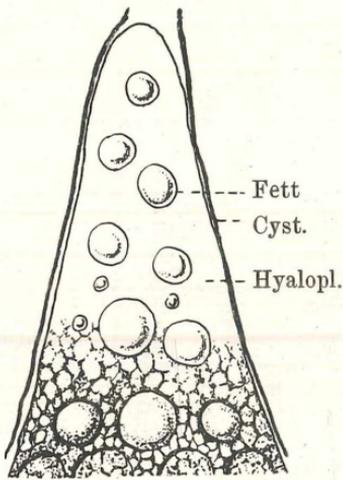
Fig. N₁.

Fig N₁. *C. h. f.* Durch Verschmelzung des zwischen den Vakuolen befindlichen Plasmas entsteht ein hyaloplasmatisches kegelförmiges Horn, an dessen Oberfläche die Membran entsteht. Im Plasma Ölkügelchen. Ende der Cystenmembran offen.

Entspricht dem Stadium der Fig. K.

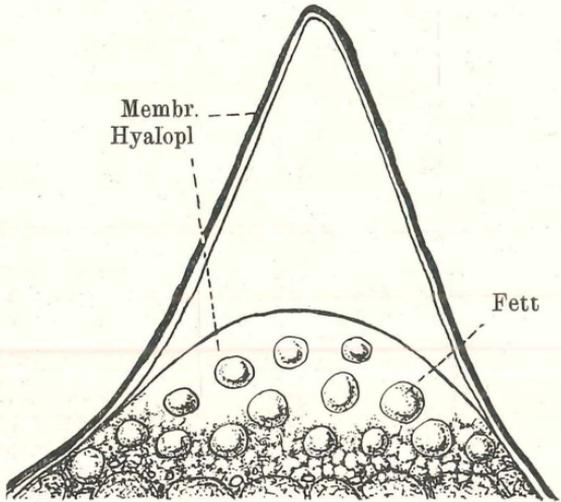
Fig. O₁.

Fig. O₁. *C. h. f.* Cystenmembran geschlossen. Das Plasma hatte sich noch weiter kontrahiert, bildet die hyaline Kappe mit Ölkügelchen. Stadium entsprechend Fig. G₁, vergrößert dargestellt.

eben an derselben Stelle gewesen, wo so einen auch STEIN abbildet (36, Taf. XIV Fig. 11) und HUBER und NIPKOW beschreiben. An diesem Riß — kaum kann es gezweifelt werden — ist der Inhalt ausgeschwärmt, wie es HUBER und NIPKOW beschreiben. An *Ceratium cornutum* soll nach SCHILLING (33) das *Gymnoceratium* die Cyste durch Auflösung der Membran sich entfernen.

Im Plankton von Lent sind (23. September 1916) Cysten von *Ceratium hirundinella furcoides* in ziemlich großer Zahl, etwa 1 Proz. dagewesen, so daß man von einer Massenencystierung sprechen kann.

Dr. H. C. REDEKE fand Cysten von *Ceratium hirundinella furcoïdes* (31) auch im Januar, als Stürme den Schlamm aufwühlten. Die ersten freibeweglichen Formen hatte er im April, die meisten (Maximum) im Juni gefunden, auch im August sind noch viele gewesen, dann nahm ihre Zahl ab, einige sind aber auch im Dezember noch vor handen gewesen. Nach BRUTSCHY (3, p. 90—91) erschien *Ceratium hirundinella furcoïdes* des Zuger Sees plötzlich am Ende des Sommers, im Oktober ist es in maximaler Zahl vorhanden gewesen, im Dezember verschwand die Art, nur einzelne Cysten konnten aufgefunden werden.

III.

Ceratium hirundinella f. reticulatum IMHOFF.

(Fig. P₁—S₁.)

Zwischen den von STEIN mitgeteilten Abbildungen der Ceratiën-Cysten bezieht sich eine (36, Taf. XIV Fig. J) auf eine Form, welche ich mit IMHOFF (16) als *Ceratium hirundinella reticulatum* bezeichnen will.

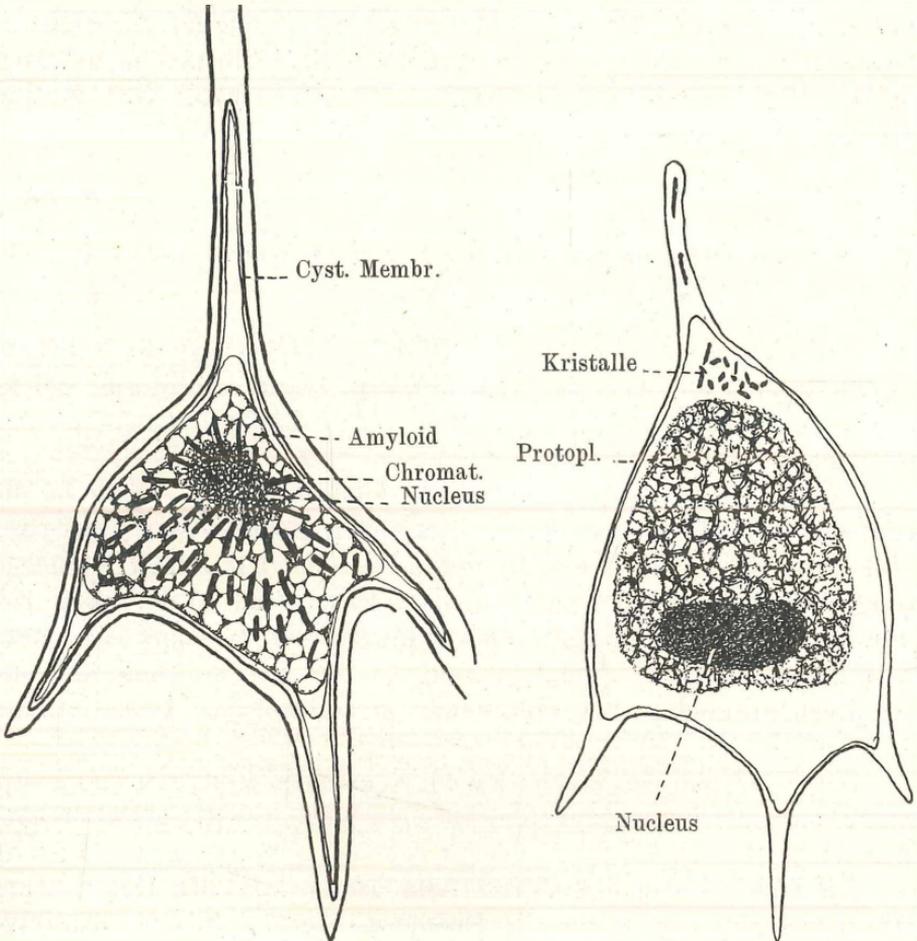
Diese Cyste hat 4 Hörner, das Plasma dringt nicht in die Hörner ein und an der Basis eines jeden Hornes ist — zwischen dem Plasmahalt und der Membran — eine mit feinen Körnchen volle Kappe zu sehen. Die Chromatophoren sind in der Mitte der Cyste um den Kern gelagert und STEIN ist der Meinung (BÜTSCHLI 5, p. 990), daß die Chromatophoren bei der Encystierung sich um den Kern gruppieren und miteinander verschmelzen. Diese letztere Annahme wurde von BÜTSCHLI bezweifelt.

STEIN zeichnet im Plasma kleine Kügelchen, gibt ferner in seiner Figur eine schief verlaufende Einschnürung wieder, erwähnt aber dies im Texte nicht.

Ähnliche vierhörnige Cysten fand ich im lebenden Material aus dem Teiche des Lágymányos in Budapest (Fig. P₁—S₁), ferner einige zwischen den Cysten aus dem Formolmaterial von Lent in Holland. Außer den vier Hörnern ist auch der Winkelabstand zwischen den Hörnern charakteristisch, wovon ein Vergleich der Abbildungen uns überzeugt. Das Apicalhorn einiger Exemplare endigt knopfförmig (auch STEIN zeichnet sie so) und in diesem Horn konnte ich ebenso wie STEIN 1—2 unregelmäßige, der Länge nach verlaufende Räume, Spalten unterscheiden.

Die lebenden Cysten sind ähnlich den Cysten von *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoïdes* gebaut; die Farbe

ist anders: sie sind grünlicher braun als die Cysten von *Ceratium hirundinella*. Die Chromatophoren ordnen sich auch in dieser Cyste radiär an. Die Maße sind anders als jene von *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoides*, wie dies aus der Tabelle (S. 153) zu konstatieren ist.

Fig. P₁.Fig. P₁—S₁.Fig. Q₁.

Ceratium hirundinella f. *reticulatum*. Cysten mit 4 Hörnern.

Fig. P₁. In Entstehung begriffene Cyste den Panzer sprengend. Im Plasma Kern, radiär angeordnete Chromatophoren, Amyloid-Reservestoffkügelchen. Vergr. wie Fig. R.

Fig. Q₁. *C. h. r.* Fertige Cyste mit geschrumpftem Inhalt, an der „Wurzel“ des Apicalhornes ein Haufen Kristalle. Vorgr. wie Fig. R.

Apex-Antapex Distanz = 91μ .

Apex-Postäquatorialhorn Distanz = $71,5 \mu$.

Apex-Akzessorisches Horn Distanz = 20μ .

Antapex-Postäquatorialhorn Distanz = 26μ .

Der Kern ist — im Vergleich zu den beiden anderen Ceratiem — stärker abgeflacht elliptisch. Länge $6,6 \mu$, Breite $2,6 \mu$, er befindet sich auch an der Basis des Apicalhorns. Das Plasma ist mit stark lichtbrechenden Kügelchen voll, welche wahrscheinlich aus demselben

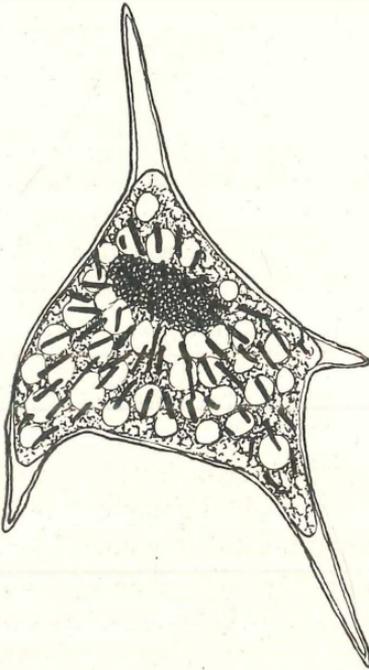


Fig. R₁.

Fig. R₁. *C. h. r.* Fertige Cyste. Plasma, Kern, Chromatophoren. Amyloid wie in Fig. P₁. Vergr. wie Fig. R.

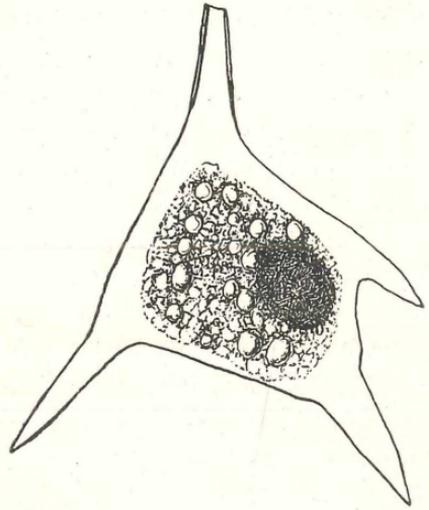


Fig. S₁.

Fig. S₁. *C. h. r.* In Entstehung begriffene Cyste, mit geschrumpftem Inhalt. Membran nur am Ende des Apicalhorns. Vergr. wie Fig. R.

Kohlenhydrat (Glycogen) bestehen, wie die Kohlenhydrate der beiden anderen Arten *Ceratium hirundinella* und *Ceratium hirundinella furcoides*.

An dieser Cyste hatte ich keine Reaktionen gemacht, kann also über die Natur seiner Einschlüsse diesbezüglich nichts mitteilen.

In einer Cyste, in welcher sich der Inhalt stark zurückgezogen hält, waren zwischen Cystenmembran und Plasma kleine stark lichtbrechende Körperchen, Kriställchen vorhanden (Fig. Q₁), ähnliche

hatte schon STEIN abgebildet. Von allen in der entleerten Cyste von *Dinamoeba* zurückbleibenden Kristallchen glaubt PASCHER (27, p. 123) daß sie Excretkörnchen sind; vielleicht sind sie auch in unserem Falle so zu deuten.

Cysten dieser Form hatte ich nur in wenigen Fällen beobachtet und zwar aus dem Lágymányos bei Budapest

19. August 1915

22. Juni 1916 in 0,1 Proz.

29. Oktober 1916.

22. August 1917 in 1 Proz.

ferner aus dem Plankton von dem Kolk bei Lent in Holland
23. September 1916.

In einem Falle hatte ich die Encystierung von *Ceratium hirundinella reticulatum* im Glasbehälter konstatiert. Am 15. August 1915 hatte ich frisches Wasser aus dem Teiche des Lágymányos (bei Budapest) gebracht und ließ es offen stehen, so daß aus dem Wasser nach einigen Tagen ziemlich viel verdunstet ist. Die Ceratien kamen an die Oberfläche und setzten sich am Wasserrand fest. Nach vier Tagen (19. August) fand ich zwischen vielen Hunderten angetrockneten ursprünglich beweglichen Formen auch drei Cysten. Bei der Entstehung dieser Cysten kann die erhöhte Temperatur und die Konzentrationsänderung eine Rolle gespielt haben.

Einmal (13. Juni 1913) fand ich auch ein Exemplar, welches ohne Cystenhülle, also nackt, anscheinend aus dem Panzer heraus kam ohne eine Hülle schon gebildet zu haben. Diese Form (Fig. S₁) stimmt mit der Form der fertigen Cyste ziemlich überein, doch sind die Hörner sehr kurz. Das Apicalhorn ist gerade wie abgeschnitten, die übrigen spitz ausgezogen. Am Apicalhorn ist ein Stückchen von einem Fremdkörper angehaftet gewesen ähnlich einem Teil der Cystenmembran.¹⁾

IV.

Ceratium cornutum (EHRENBERG) CLAPARÈDE et LACHMANN.

(Fig. T₁.)

Die Cyste dieser Art kenne ich aus Autopsie nicht, doch hatten sich damit STEIN (36), SCHILLING (32), FOLGNER (12), PENARD (30),

¹⁾ Ungefähr in der Mitte des Plasmas, etwas dem antapicalen Horn genähert, ist eine rotbraune, Chromatophoren enthaltende Masse gewesen, womit gewiß der Kern umgeben gewesen ist. Der größte Teil des Plasmas ist hyalin, doch ist der peripherische Teil mit ungefähr 2–3 μ großen, hyalinen (Reservestoff) Schollen vollgepfropft gewesen. Eine rote Masse (farbiges Öl?) hatte ich auch angetroffen.

VIRIEUX (41) beschäftigt, so daß wir über ihre morphologischen Eigenschaften sowie auch über ihre Bildung uns ein Bild entwerfen können.

Bei der Cystenbildung von *Ceratium cornutum* wird der Panzer nicht gesprengt: die Cyste entsteht zwar auch innerhalb des Panzers dieser zerfällt aber erst später in einzelne Platten.

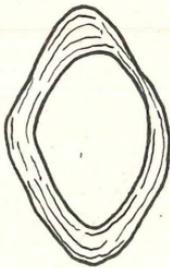
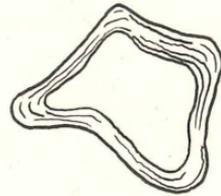
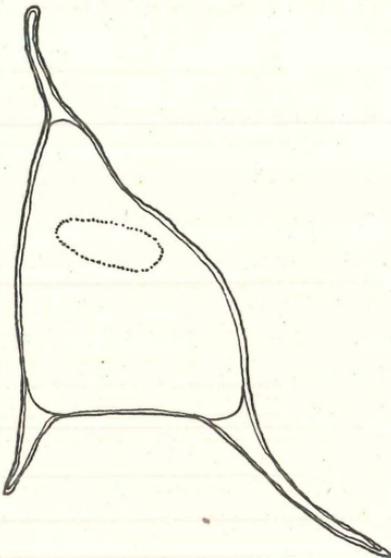
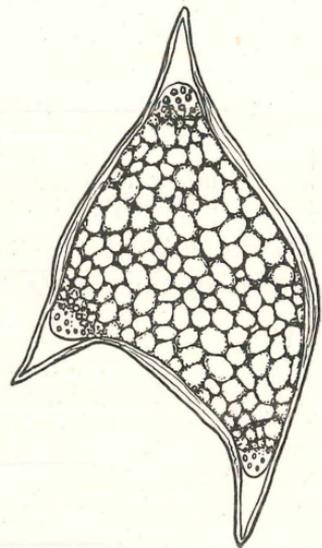
Fig. T₁.Fig. V₁.Fig. U₁.Fig. W₁.

Fig. T₁. Umriss und Schichten der Cysten. Membran von *C. cornutum* nach SCHILLING. Vergr. ± 750 .

Fig. U₁. Umriss einer Cyste von *C. h. furcoides* (Kolk by Lent.). Vergr. ± 750 .

Fig. V₁. Umriss und Schichten der Cystenmembran von *C. carolinianum* nach VIRIEUX. Vergr. ± 750 .

Fig. W₁. Cyste von *C. h. typica* mit geschichteter Membran und Inhalt. Balaton. Vergr. ± 750 .

Die Form der Cyste (Fig. T₁ nach SCHILLING) gleicht einer Zitrone, Hörner hat sie nicht. Anfangs (bei der Bildung) scheint die

Cyste nur eine dünne Umhüllung zu besitzen (STEIN 36, Taf. XIII Fig. 10, 11), wird aber später dichter mit Schichtung (SCHILLING (32), VIRIEUX (41)). Die Cystenmembran besteht aus modifizierter Cellulose (SCHILLING) mit Chlorzinkjod nimmt sie eine rotbraune Farbe an.

Das Innere der Cyste wird vom Inhalt ganz erfüllt, doch sollen nach STEIN's Figuren die Ecken der Cyste von *Ceratium cornutum* auch mit einer „Kappe“ so versehen sein, wie die Cysten von *Ceratium hirundinella*, auch in dieser Kappe werden von STEIN kleine Kügelchen abgebildet. Das Plasma soll — ähnlich mit anderen Arten — große Assimilatkügelchen enthalten.

Nach SCHILLING (32, p. 53) soll bei der Encystierung von *Ceratium hirundinella* das Plasma sich aus den Hörnern in den „Zelleib“ zurückziehen, wo es dann von einer dicken Membran umgeben wird.

Aus der Cyste entschlüpft *Ceratium cornutum* nach SCHILLING wie folgt (32): der Inhalt schwillt innerhalb der Membran an; infolge Dehnung wird die Membran dünner, an den „Polen“ stülpen sich die Anlagen der Hörner aus (Apex, Antapex) und die Membran wird in Fetzen abgeworfen, so daß im Beginn nur die Hörner wie aus einer Hülle heraustreten, später wird auch von hier die Membran abgeworfen. Nun wächst das Plasma zu den Hörnern aus (32, Taf. IX Fig. 23). Inzwischen befreit sich auch der übrige Teil, es entsteht die Furche und die Umrisse erreichen langsam die Form normaler Individuen (SCHILLING 32, p. 265).

In dem sich entwickelnden, hyalinen Horn zeichnet STEIN (36, Taf. XIII Fig. 13—15) wie auch SCHILLING kleine Vakuolen; auch ich hatte ähnliche Vakuolen in den heranwachsenden Hörnern sich eben aus der Teilung hervorgegangenen Formen von *Ceratium hirundinella* beobachtet und auch HUBER und NIPKOW erwähnen diese. Aus der Cyste soll nach STEIN (BÜTSCHLI 5, p. 987) immer ein nacktes Individuum — *Gymnoceratium* nach HUBER und NIPKOW — entschlüpfen. STEIN wie auch FOLGNER beschreibt diese aus der Cyste entschlüpften Gymnocerastien. In ihnen traf er einen runden Zellkern, Öltropfen und in dem antapicalen Teil eines Exemplares (Taf. XIII Fig. 15) sehr kleine — vielleicht Excret-Körnchen. In der beweglichen Form werden von STEIN (Taf. XIII Fig. 9) elliptische Chromatophoren, abgerundete Schollen (Assimilate?), ein rundes hyalines Gebilde (Pusule?) und kleine (Excret-)Körnchen angegeben. In den Gymnocerastien werden von ihm allein die Chromatophoren von all diesen nicht abgebildet.

V.

Ceratium carolinianum (BAILY) (= *C. curvirostre*
HUITFELD KAAS) (Fig. V₁).

WEST (45) und VIRIEUX (41) zeichnen die Cyste dieser Art. Die eigentümliche gekrümmte Form der Cyste ist für die Art charakteristisch und verriet zugleich, daß auch diese Cyste innerhalb des Panzers gebildet wird: die Form der Cyste ist auch in diesem Falle sozusagen eine Ausgußform des Panzerinhaltes der beweglichen Form. Aus den Zeichnungen ist es noch ersichtlich, daß die Cystenmembran von *Ceratium carolinianum* — wie an *Ceratium hirundinella* — im Gegensatz zu *Ceratium hirundinella furcoides* und *Ceratium hirundinella reticulatum* sehr dick ist.

An der Zeichnung VIRIEUX (Fig. V₁ nach VIRIEUX) ist es ferner ersichtlich, daß die Membran — wie von *Ceratium carolinianum* — geschichtet ist.

VIRIEUX hatte Cysten nur einmal und zwar im Oktober beobachtet (41, p. 81) und bemerkt, daß sie an die Cysten von *Ceratium cornutum* erinnern, doch ist ihre Membran nicht so dick.

VI.

Die Bildung und Entstehung der Cysten von
Süßwasser-Cerastien.

Außer direkter Beobachtung können wir auch den Verlauf der Cystenbildung aus den morphologischen Eigenschaften, substanziellen — chemischen — Bau der Cyste, ferner aus den Umständlichkeiten ihres Vorkommens, aus der Zeit, Art und Umständlichkeiten ihrer Entstehung folgern, am sichersten können wir aber daraus auf die Art ihrer Bildung schließen, was für ein Zusammentreffen äußerer Faktoren notwendig ist, um Cerastien (oder andere Peridineen) zur Encystierung zu zwingen.

Daraus, daß die Membran der Cyste geschichtet ist (*Ceratium cornutum*, *Ceratium carolinianum* und *Ceratium hirundinella*) oder nicht (*Ceratium hirundinella furcoides*, *Ceratium hirundinella reticulatum*), können wir folgern, daß die Membran an der Oberfläche des Cytoplasmas periodisch oder aber als eine einheitliche, ununterbrochene Abscheidung entsteht. Wenn die Cystenmembran auch auf einmal, ununterbrochen gebildet wird, muß sie doch längere Zeit brauchen, bis sie ausgebildet ist.

Ich denke mit dieser Annahme es erklären zu können, daß die Cysten einer und derselben Art auch verschieden dicke Cysten-

membran haben können, von einem Bruchteil von 1 μ bis 2,6 μ Dicke. Auch läßt es sich konstatieren, daß Cysten aus einem Fang alle ungefähr gleich dicke Membran besitzen, also alle ungefähr im selben Stadium ihrer Entwicklung da sind. Es müssen in einem Zeitpunkt gewisse äußere Faktoren und auch innere Bedingungen, Dispositionen so zusammengetroffen sein, daß dadurch die Ceratien zur Cystenbildung sozusagen gezwungen wurden.

Die Entstehung der Cystenmembran beginnt an *Ceratium hirundinella*, *Ceratium hirundinella furcoides* und *Ceratium hirundinella reticulatum* um die Mitte des Zelleibes, nun folgt die Membranbildung um das antapicale und postäquatoriale Horn und nur zu allerletzt breitet sich dieser Vorgang auch auf das apicale Horn aus. Dies ist die Ursache dessen, daß das apicale Horn im Beginn offen ist und sich erst später — ähnlich den anderen Hörnern — schließt.

Je ferner in der Entwicklung die Cyste fortgeschritten ist, desto größer wird die Differenz zwischen der Cyste und der beweglichen Form. Dies bezieht sich auch auf den Inhalt der Cyste; der Protoplast der Cyste beginnt bei der Cystenentwicklung sich auf gewisse Distrikte einzuteilen; in der Ecke zwischen den Hörnern und Körpern sind in der Cyste keine großen Assimilatschollen vorhanden, die Hörner werden von einer sehr dünnen Cellulosemembran umgeben und ihr Lumen wird von einer hyälinen Substanz erfüllt, welche auch an alten Cysten nach Behandlung mit Jodalkohol an *Ceratium hirundinella* farblos bleibt, an *Ceratium hirundinella furcoides* aber gelb gefärbt wird (Fig. Z₁).

Auch ich konnte es konstatieren, was übrigens — wie aus der Mitteilung KLEBS' (19, p. 386) ersichtlich ist — schon STEIN bekannt gewesen ist und auch von FOLGNER (12), SCHILLING (33), PENARD (29), WESENBERG-LUND (43) bestätigt wurde, daß die Cysten innerhalb des Panzers der freibeweglichen Formen entstehen (Fig. P, Q; Fig. P₁).

Während dieses Prozesses zieht sich das Protoplasma aus den Hörnern zurück, infolgedessen erscheint die Cyste abgerundet und am runden Cystenkörper sind die Ansatzstellen der Hörner als kleine Höcker zu beobachten. Weil aber das Plasma sich abrundet, bekommt die Cyste einen runden Querschnitt, die bewegliche Form hatte aber einen bohnenförmigen: der Panzer wird im wahren Sinne des Wortes gesprengt, er zerfällt in einzelne Platten (vgl. Fig. U mit Fig. S).

Bei der Durchmusterung von vielen Hunderten, vielleicht Tausenden von Cysten traf ich in ihnen sowohl in toto wie Schnittpräparaten keine Geißel- oder Basalkörper. Ich traf zwar faden-

förmige Gebilde, welche sich mit Eisenhämatoxylin sehr intensiv färbten, diese sind aber Chromatophoren; es ist aber nicht ausgeschlossen, daß sie Mitochondrien sind, mit den Geißeln glaube ich sie nicht in Verbindung bringen zu dürfen (vgl. Fig. Y).

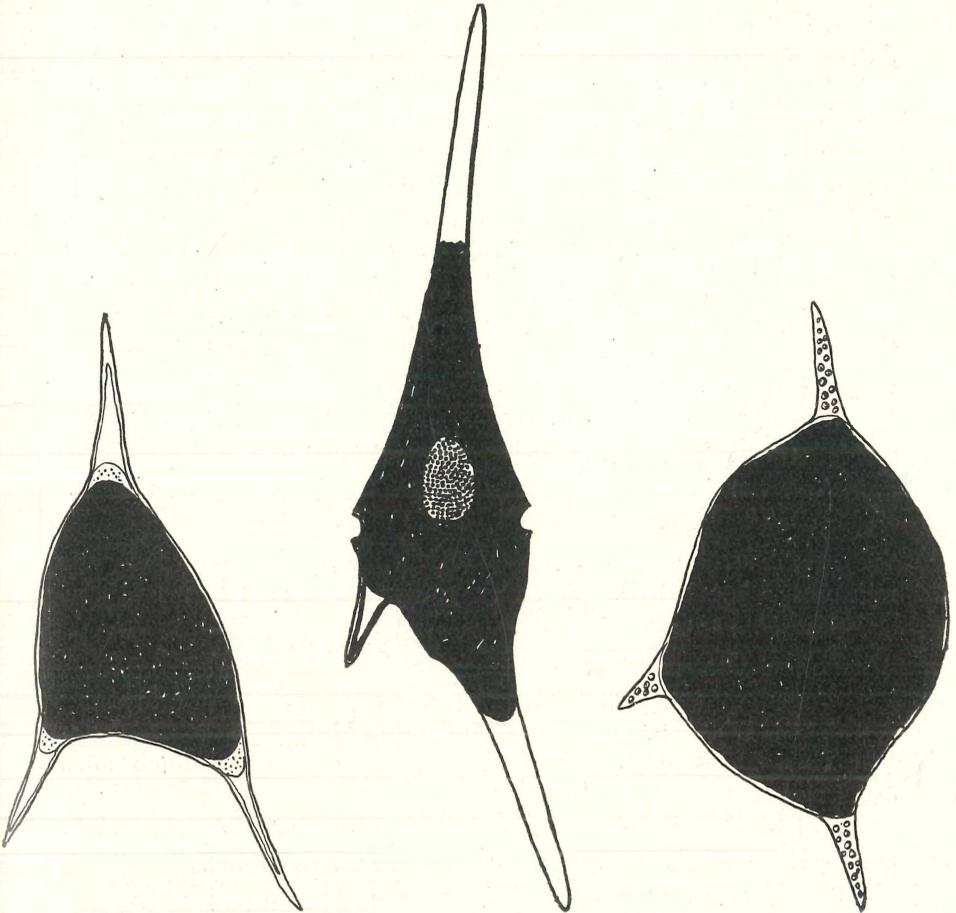
Fig. X₁.Fig. Y₁.Fig. Z₁.

Fig. X₁. Mit Jodjodkalium behandelte Cyste von *C. h. furcoides*. Amyloidkugeln tief rotbraun, Plasmakappen gelb. Vergr. ± 750 . Kolk by Lent.

Fig. Y₁. Bewegliche Form von *C. h. furcoides* mit Jodjodkalium behandelt. Im Plasma rotbraunes Amyloid, die Hörner gelb; nur Plasma. Vergr. ± 750 . Kolk by Lent.

Fig. Z₁. *C. h. t.* Noch nicht ganz ausgebildete Cyste, deren Inhalt mit Jodjodkalium tief rotbraun geworden ist. In den Hörnern ist das Plasma gelb mit Öltröpfchen. Vergr. ± 750 .

Auch Pusulen und Safträume fehlen in der Cyste. Wie die Safträume sich verkleinern und ihr Inhalt sich zu Reservestoffklumpen umwandelt, habe ich an *Ceratium hirundinella furcoides* verfolgt und bei dieser Art mitgeteilt; das Verschwinden der Pusulen habe ich aber nicht beobachten können.

Bei der Encystierung verliert der Organismus viel Wasser, Safträume und Pusulen verschwinden, das Plasma verdichtet sich. Bei der Encystierung muß sich der Inhalt der Ceratien-Zellen ganz umgruppieren. Die Reservestoffe und Chromatophoren lagern sich um den Kern. Der Kern behält seinen Platz, wird aber — infolge Flüssigkeitsverlust — auch in seiner Struktur dichter und wird durch die an ihm sich anschmiegenden Reservestoffe überall eingedrückt, so daß er wie ein polygonaler Körper mit Ecken und Kanten versehen (Fig. K₁, R₁) ist (*Ceratium hirundinella furcoides*). Auch die feinere Struktur des Kernes ändert sich, da das Chromatin in sehr kleine Kügelchen verteilt wird, welche nun in ungemein großer Zahl den Kern aufbauen (vgl. ENTZ (10, p. 416)).

Fremdkörper (Nahrung, Parasiten), kleine Kristalle, eventuell farbige Öle, werden größtenteils wahrscheinlich ausgeworfen oder aufgelöst, nur in seltenen Fällen konnte ich in der Cyste rote Öltropfen beobachten.

Aus dem Mitgeteilten ist es ersichtlich, daß die Encystierung mit einer ganzen Reihe Veränderungen verbunden ist, von diesen sind mir bekannt:

1. Das Abwerfen der Geißeln.
2. Das Sprengen und Abwerfen des Panzers.
3. Die Einschmelzung der Hörner und Abrundung des Körpers.
4. Das Einschmelzen der Safträume und wahrscheinlich auch der Pusulen.
5. Die Eliminierung von Flüssigkeiten und verschiedener Festkörper (Nahrung, Parasiten, Excretstoffe, Öle, Kristalle).
6. Die Umgruppierung des Cytoplasmas mit ihren Einschlüssen, Reservestoffen und Chromatophoren.
7. Die Veränderung der Kernstruktur.
8. Die Entstehung einer einheitlichen, zusammenhängenden Cystenmembran.

Die bei der Encystierung sich abspielenden Erscheinungen können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

1. Formveränderung des Protoplasten (Einschmelzung der Hörner, Abrundung).

2. Abwerfen (Geißeln, Basalapparat?) resp. Einschmelzen alloplasmatischer Organellen (Pusulen, Basalkörper?).

3. Entfernen plasmafremder Körper (Zellsaft, Nahrungscyste, Exkretkörner, Parasiten, farbige Öle).

4. Sprengen und Abwerfen des Panzers und Entstehen einer zusammenhängenden, einheitlichen Cystenmembran.

5. Umgruppierung des Plasmas (Cytoplasma, Kern, Chromatophoren, Reservestoffe).

6. Entstehung resp. Umformung leichtflüssiger und leicht umwandelbarer Stoffe zu Reservestoffen mit mehr oder minder fester und resistenter Substanz (Glycogen, Amylum, fette Öle, Reserve-eiweißarten, Volutin (?) (an *Ceratium hirundinella furcoides*).

Alle diese Veränderungen bringen es mit sich, daß aus der freibeweglichen Form mit großer äußerer und innerer Oberfläche (Wabenstruktur, Safräume) mit viel Wasser und leicht umwandelbaren Arbeitstoffen ein Ruhekörper — die Cyste — entsteht, mit kleiner äußerer und innerer Oberfläche, mit resistenten, schwer umwandelbaren, widerstandsfähigen Ruhe(Reserve-)stoffen, welche infolge Wasserverlust und der Formveränderung ein großes spezifisches Gewicht bekommen und auf den Grund sinken. Im Schlamm begraben kann die Cyste jahrelang (nach HUBER und NIPKOW's Bestimmung im tiefen Schlamm des Züricher Sees $6\frac{1}{2}$ Jahre) ruhen, kann aber bei günstigen Umständen die Membran sprengend ins Freie geraten und von neuem tätiges Leben beginnen.

Wieviel Zeit die Cystenbildung in Anspruch nimmt, kann ich direkt nicht angeben, doch läßt es sich darauf aus gewissen Erscheinungen der Encystierung, sowie aus dem Vergleich mit der Encystierung anderer Peridineen, schließen.

Zur Cystenbildung scheint Zusammentreffen gewisser Faktoren die Ceratiem zu zwingen. Auf dies läßt sich daraus schließen, daß Cysten in den Planktonproben in einem gegebenen Zeitpunkt in sehr großer Zahl vorhanden sind. Man könnte von einer Encystierungsepidemie sprechen. Diese Encystierungserscheinung hatte ich beobachtet am 17. Oktober 1901 nachmittags 3 Uhr in einer Probe aus dem Balaton (Balatonfüred, Ungarn) und dann aus dem Teiche von Tata (Ungarn) am 6. Oktober 1909 nachmittags zwischen 4 bis 5 Uhr. Doch kann man vereinzelt Cysten auch im Sommer, ja sogar im Frühjahr auffinden; dies beweist, daß zur Encystierung nicht allein äußere Faktoren notwendig sind. — Wenn allein diese genügen würden, müßten, wenn die Cystenbildung eintritt, alle Ceratiem in Encystierung begriffen sein; nachdem aber dies nicht der Fall ist,

muß zur Cystenbildung auch noch eine im Organismus selbst vorhandene Disposition, Bedingung beikommen.¹⁾

In beiden Fällen hatte ich die Cystenbildung von ein und derselben Art (*Ceratium hirundinella*) im Herbst, also in derselben Jahreszeit und selben Tagezeit (Nachmittag) angetroffen. Doch die eine um 3, die andere um 4 Uhr. Diese Zeitdifferenz ließ sich auch an den Cysten erkennen: die Cysten von 3 Uhr sind dünnwandig gewesen, es konnte eben nur eine Anwesenheit der Membran konstatiert werden, die aber von 4–5 Uhr hatten eine dichte, bis fünf Schichten aufweisende Hülle. Wenn in dieser Erscheinung kein Zufall, sondern ursächlicher Zusammenhang ist, so muß die Membran in einer Stunde entstanden sein. Nachdem aber die Membranbildung das Endstadium der Encystierung ist, ist es wahrscheinlich, daß der Encystierungsprozeß einige Stunden in Anspruch nimmt. Auch an anderen Peridinen entsteht die Cystenhülle in kurzer Zeit. An *Cystodinium bataviense* in 5 Minuten (KLEBS 19, p. 380), an *Cystodinium Steinii* auch in einigen Minuten und das Zurückziehen des Plasmas hatte sich auch innerhalb einer Stunde abgespielt (KLEBS 19, p. 384).

VII.

Vorkommen der Cysten im Plankton.

HUBER u. NIPKOW haben mit ihren Schlammuntersuchungen bewiesen, daß die im Herbst entstandenen Cysten auf den Grund sinken und hier bis zu den Wasserzirkulationen im Frühling ruhen, um dann mit diesen in das Plankton geratend und zur Ausschlüpfung gebracht sich zu neuen Individuen zu entwickeln. Dies ist die Ursache, daß Cysten im Plankton selten sind; man findet sie, bevor sie hinuntersinken und wenn sie durch Stürme oder Zirkulation in das Plankton gebracht werden. Aber man findet sie trotzdem das ganze

¹⁾ Solch eine im Organismus selbst vorhandene Bedingung, Disposition stelle ich mir nicht „mysteriös“ vor. Es ist doch bekannt, daß auch bei der Teilung nicht nur äußere Faktoren, sondern auch dem Organismus eigene Bedingungen, Dispositionen mitwirken. In dem Falle der Teilung sind diese Bedingungen im Wachstumszustand gegeben. Alle Peridineen, welche durch Wachstum die Möglichkeit der Teilung besitzen, teilen sich bei geeigneten äußeren Umständen. Nur in diesem Falle können äußere Bedingungen die Teilung auslösen. So irgendwie kann es auch mit der Encystierung stehen: ist die sagen wir Kernplasma-relation encystierungsreif, so können äußere Faktoren die ebenso reifen zur Encystierung zwingen, die sagen wir unreifen encystieren sich nicht. Dies kann die Ursache dessen sein, daß nicht alle Ceratien zur Zeit der Encystierung sich encystieren und daß einzelne sich encystierende fast in jedem Monat aufgefunden werden können.

Vorkommen von Cysten von *Ceratium hirundinella*.

Fundort und Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Fundort und Jahr	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Novbr.	Dezbr.
Balaton 1901—1902	28	22	20	2 10		4 13 16 23	2		15	7 17	10	
Tata 1909				16						6 10		
Lágymányos 1913						10						
1915									10			
1916				25	14	4 21		6 19 27 3	10 16 23	10 17		
1917									6			
Gödör 1910											24	
Orczykert 1910						16	2					
Auf 100 Beweg- liche fiel im Plankton												
Lágymányos 1916				1	1	0,1		0,1 0,1 0,2	0,3		1 1	
Tata 6. Okt. 1909								0,1 0,01 4				
	≡	≡	≡	≡≡≡≡	≡	≡≡≡≡	≡	≡	≡≡≡≡	≡≡≡≡	≡	

Jahr hindurch, wovon die beigelegte Tabelle uns überzeugen kann, in welcher ich meine diesbezüglichen Beobachtungen zusammengestellt habe.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß Cysten sowohl im Balaton, wie auch in anderen Seen und Teichen der Umgebung von Budapest im Plankton in geringerer oder größerer Zahl immer anzutreffen sind. Gegen und im Herbst ist die Percentage größer und zur Zeit der Massenencystierung kann sie auf 90 % steigen. In den seichten Seen Ungarns sind im Plankton Cysten immer anzutreffen, wie sich diesbezüglich tiefe alpine Seen verhalten, ist mir nicht bekannt, jedenfalls aber sind sie nach HUBER u. NIPKOW im Tiefenschlamm von 100 m im Züricher See immer in großer Zahl zu entnehmen. Doch sind nach HUBER u. NIPKOW nicht in allen Jahren gleichviele Cysten im Schlamme begraben. Die Ursache kann vielleicht darin gesucht werden, daß in manchen Jahren die Ceratien am Ende der Saison, ohne sich zu encystieren, in großen Mengen zugrunde gehen (SELIGO-DANZIG 35, p. 47).

Massenencystierungen sind nur vom Ende der Saison mir bekannt. Ich fand sie sowohl im Tata (6. Oktober 1909) als auch im Balaton (17. Oktober 1901) im Herbst; auch SCHILLING berichtet, daß er die Cysten im Neudorfer Moor von Juli und August (33, p. 56) und vor dem Eintritt des Winters in größerer Zahl antraf (32, p. 298). VOIGT (42) berichtet, daß im Dratzig-See am 8. Oktober 1900 viele Cysten waren; nach VIRIEUX (42, p. 50) sind Cysten *Ceratium hirundinella* in den Juraseen im Herbst häufig. PENARD beobachtete auch eine Encystierungsepidemie im Herbst(?).

Aus der Tabelle ist zu konstatieren, daß in den Teich- und Seeplankton Ungarns Cysten im Jahre gewöhnlich 1 % nicht erreichen. Im Teiche des Lágymányos waren sie (1916) im

April und Mai	in 1 %,
Juli und August	0,01—0,1 %,
September	0,2—4 %,
Oktober	1 %.

Daß Cysten im Frühling häufiger sind als im Sommer, scheint mit der Frühlingszirkulation, welche HUBER u. NIPKOW annehmen, in ursächlichem Zusammenhang zu stehen. Cysten scheinen das ganze Jahr gebildet — oder aus dem Schlamme heraufgebracht zu werden — aber jedenfalls ist der Herbst die Zeit, welche zur Cystenbildung am geeignetsten ist.

Über die Dispositionen, sagen wir innere Bedingungen, welche bei der Encystierung eine Rolle spielen, wissen wir nichts. Die

äußeren Faktoren können experimentell schneller erforscht werden. Zwischen diesen wird Konzentrationsänderung respektive Percentage gelöster Salze, Ionenkonzentration und Temperaturdifferenz gewiß eine Rolle spielen.

Über eventuellen Einfluß des Salzgehaltes und Konzentrationsänderung kann ich nur diese Bemerkung machen, daß ich in den von mir beobachteten Fällen der Massenencystierung nichts konstatieren konnte, was auf eine plötzliche Salzgehalt- oder Konzentrationsänderung schließen ließ: nach lang andauerndem regenlosem, warmem Wetter habe ich sie beobachtet, die Konzentrationsänderung oder Grad der günstigen, zwingenden Konzentration könnte also in diesen Fällen nur langsam kumuliert die nötige Höhe erreicht haben.

Cysten fand ich bei folgender Wassertemperatur:

Orczykertitó	16. Juni 1910	+ 23° C	maximum	0,1 %	Cysten
„	2. Juli 1910	+ 22° C	„	0,1 %	„
Gödör	24. Oktober 1910	+ 9° C	„	0,1 %	„
Tata	26. April 1909	+ 15° C	„	0,1 %	„
„	6. Oktober 1909	+ 15° C	„	90 %	„
Balaton	12. Februar 1901	± 0° C	„	0,01 %	„
„	17. Oktober 1902	± 15° C	„	90 %	„

Wenn aus diesen Angaben etwas abzulesen wir berechtigt sind könnte gesagt werden, daß in den seichten Teichen und den Seen Ungarns $\pm 15^{\circ}$ C die optimale Wassertemperatur der Cystenbildung ist.

Auch muß erwähnt werden, daß bei der Encystierung der Einfuhr der im Wasser lebenden anderen Organismen in Betracht gezogen werden kann, da nach WESENBERG-LUND (43) Peridineen und speziell auch Ceratien aus dem Wasser verschwinden, wenn darin Cyanophyceen sich stark vermehren. Im Teiche von Tata hatten sich aber zur Zeit der Massenencystierung (6. Oktober 1909) Cyanophyceen (*Aphanisomenon flos aquae* RALFS) ungemein vermehrt und in Buchten eine Wasserbüte gebildet.

Über das latente Leben der Cysten läßt sich zurzeit wenig sagen. Nach den exakten Untersuchungen HUBER und NIPKOW's kann die Cyste im kühlen Grundwasser des Züricher Sees ihre Keimfähigkeit $6\frac{1}{2}$ Jahre lang erhalten, ältere Cysten keimen nicht.

Wie in den Cysten das Leben sich im latenten Zustand erhält und abspielt, ist uns ebensowenig — oder gar nicht — bekannt, wie von anderen Organismen. Ob im latenten Cystenleben ein Stoff-

umsatz — eventuell mit reversibelen Vorgängen ähnlich dem Leben der Succulentenpflanzen — Platz hat oder nicht, ist unbekannt. HUBER und NIPKOW berichten nichts darüber, ob sie einen Unterschied in den Cysten lebensfähiger und toter Cysten gefunden haben. Ich traf einigemal Cysten an, welche von den Herbst-Cysten verschieden gewesen sind. Der Inhalt erfüllt nicht den ganzen Cystenraum, es war zwischen Protoplast und Membran ein mit Flüssigkeit erfüllter Raum vorhanden, aber die Chromatophoren sind in Farbe wie normale gewesen. Solche Cysten fand ich im Balatonplankton am 20. Juni, 10. November 1901 und am 22. Februar, 4. April 1902.

Das Leben cystenbildender Organismen wird durch die Encystierung in zwei voneinander stark abweichende Perioden geteilt, in frei bewegliche mit lebhaftem Stoffwechsel mit Vermehrung verbundene Stoffproduktion, dies verläuft während der Saison; im Winter aber, in der Cystenruhe, ist das Leben latent, ohne Stoffproduktion und wenn vorhanden, dann von minimalem (und eventuell reversiblem) Stoffumsatz. Daß diese „Vita minima“ nicht ad infinitum dauern kann, beweisen HUBER und NIPKOW, nach deren Beobachtungen ältere als $6\frac{1}{2}$ jährige Cysten von Ceratien nicht keimen. Während die bewegliche Form durch Stoffproduktion und Propagation sozusagen ein expansives Leben hat, spielt das Leben der Cysten innerhalb einer Zelle, also innerhalb der biologischen Lebenseinheit sich ab. Das Leben der Cyste, das Leben innerhalb der Cyste, der Zelle, der biologischen Einheit ist sozusagen als ein verkehrtes, ein reziprokes Leben im Vergleich mit dem Leben der beweglichen durch Vervielfertigung der biologischen Einheit der Zelle sich vermehrenden Form.

Wie sich das latende Leben der Cyste abspielt und wie es erhalten wird, ist uns ganz unbekannt, noch kann man darauf schließen, daß die Lebensprozesse der Cyste minimal, wie man sagt, latent sind und in minimalen Umsetzungen vielleicht auf reversibelen Umgruppierungen organischer Stoffe beruhen. Diese Prozesse können ähnlich sein diesen, welche bei anderen kürzere oder längere Zeit latent lebenden Wesen sich abspielen. Es kann Ähnlichkeit haben mit dem Leben in der Zelle ruhender Samen oder überhaupt ruhender Pflanzenteile — vielleicht auch Tieren im Winterschlaf. Ob da reversibele Umgruppierungen sich abspielen oder eine Zeitlang die Lebensprozesse überhaupt suspendiert werden können — wie in der Nähe der absoluten 0 Temperatur — ist gar nicht bekannt. Die lange Dauer des latenten Lebens ($6\frac{1}{2}$ Jahre an Ceratien-Cysten, 16 Jahre an *Peridinium cinctum*-Cysten) scheint dafür zu sprechen,

daß es sich nicht um Stoffumsetzung, sondern um Lebenssuspension handeln kann. Keimfähige Cysten sind morphologisch unverändert.

Wir sahen, daß in der protoplasmatischen groben Struktur der beweglichen Form und der Cyste eine große Differenz da ist. Diese Differenz kann vielleicht auch zur Erklärung der Ursache der verschiedenen Lebensformen beider Stadien beitragen. Das Plasma der Cyste ist auf eine minimale äußere und infolge der Struktur auch innere Oberfläche zusammengeschrumpft — weil sehr viel Wasser bei der Encystierung entfernt wurde. Die freibewegliche Form aber hat eine größere äußere Oberfläche als die Cyste und infolge der Safträume und wabiger Plasmastruktur eine noch viel größere innere Oberfläche. Das Plasma kann an einer sehr großen Oberfläche mit Wasser und in dem Wasser gelösten Stoffen in Berührung kommen und kann zu ihrer Arbeit notwendige Stoffe leicht verschaffen und ihre Arbeit vollbringen. Wir können in bezug auf die Struktur, die zwischen der beweglichen Form und der Cyste besteht, angeben, daß zwischen beiden ungefähr so ein Verhältnis da ist, als zwischen einem kompakten Körper, Stoff und dessen Emulsion; es ist eine Struktur in der Plasmastruktur der beweglichen Form gegeben, welche mit der Struktur der kolloidalen Körper sich vergleichen läßt. Aus der abweichenden Plasmastruktur der Cyste und der beweglichen Form läßt sich zum Teil durch ihre verschiedenen Lebensäußerungen — latentes und tätiges Leben erklären. Es ist auch in diesem Fall das Verhältnis zwischen der Lebensarbeit der Cyste und der beweglichen Form, welches als reziprok angegeben werden kann; das Leben der Cyste spielt sich im Innern der biologischen Einheit, innerhalb einer einzigen Zelle ab.

Die ausgebildete Cyste sinkt infolge ihres großen spezifischen Gewichtes auf den Grund der Gewässer, wo im Schlamme begraben sie ruht und wenn durch Frühlingswasserzirkulation oder durch Stürme sie nach oben befördert wird, schlüpft aus ihr der Sprößling aus (vgl. HUBER u. NIPKOW). Als Reiz kann die Erwärmung des Milieus (HUBER u. NIPKOW), vielleicht aber auch mechanische Reize wirken. Letztere Beobachtung wird von KLEBS (19, p. 397) von *Gymnodinium minimum* mitgeteilt.

Wie die Frühlingsformen die Cysten von *Ceratium cornutum* verlassen, wurde von FOLGNER (12) mitgeteilt; neuerdings hatte HUBER und NIPKOW (15) das Ausschlüpfen der von ihnen als Gymnoceratien bezeichneten noch panzerlosen Individuen so pünktlich beschrieben, daß ich diesbezüglich mit der Erwähnung ihrer Arbeit mich beschränken kann.

Interessant ist es, daß die Cysten verschiedener Peridineen ja vielleicht bei verschiedenen Ceratienarten nicht auf derselben Weise verlassen werden. Von *Ceratium cornutum* berichtet SCHILLING (32) und FOLGNER (12), daß ihre Gymnoceratien die Cyste durch dessen Aufquellung, Dehnung und Auflösung verlassen. Im Gegensatz dazu schreibt HUBER und NIPKOW, daß *Ceratium hirundinella* durch einen Riß aus der Cyste entschläuft. STEIN (36) zeichnet Cysten mit so einem Riß und auch ich beobachtete es an der Cyste von *Ceratium hirundinella furcoides*. Von *Hypnodinium* berichtet KLEBS (19, p. 40), daß es dadurch in das Freie kommt, daß die Zelle sich teilend, die Teilhälften einen Druck auf die Cystenmembran ausüben, diese wird verdünnt und zerreißt endlich. An *Gymnodinium rotundatum* springt die Cystenhülle (welche nicht aus Cellulose besteht), die Zelle teilt sich und die zwei Abkömmlinge treten in einer großen Schleimmasse nach außen; dieser Schleim quillt dann an und verschwindet so langsam und so wird die Bewegung der Schwärmer möglich gemacht (KLEBS 19, S. 393). Die Membran von *Cystodinium* quillt auch vor dem Entschlüpfen der Schwärmer an (KLEBS 19, p. 393). Die Schwärmer von *Dinamoeba* entschlüpfen nach PASCHER (27, p. 122) infolgedessen aus der Cyste, daß die in den zwei Enden der Cystenhörner sich befindlichen Schleimmassen verquillen, auch die Cystenmembran wird erweitert und durch den durch die Verquellung entstandenen Riß kommen die Schwärmer in das Freie.

Von den Faktoren, welche bei dem Ausschwärmen eine Rolle spielen, haben HUBER und NIPKOW vieles experimentell erforscht und gezeigt, welche große Rolle die Erwärmung dabei spielt. Ich fand die ersten Gymnoceratien oder halb gepanzerte Protoceratien in der dritten Woche des März, als das Wasser in der Umgebung von Budapest und auch des Balaton wenigstens täglich die Höhe von $\pm 15^{\circ}$ C erreicht hatte. Daß aber außer der Erwärmung auch andere Faktoren — Konzentrationsänderung und mechanische Reize — eine Rolle spielen können, beweist die Feststellung KLEBS, nach welcher *Gymnodinium minimum* durch den mechanischen Reiz des fließenden Wassers zum Ausschlüpfen gezwungen werden kann (19, p. 397).

Was die Faktoren betrifft, welche bei der Encystierung der Ceratien eine Rolle spielen können, lassen sich — wie schon erwähnt — bis heute unanalysierbare sog. innere Bedingungen, Dispositionen und schon der Analyse zugängliche äußere Faktoren unterscheiden. SCHILLING (32) schreibt, daß diesbezüglich in erster Linie

1. die Temperaturveränderung des umgebenden Mediums;
2. Veränderung der Menge der im Wasser gelösten Substanzen;

3. absorbierte Stoffe (Gase), Oxygen und
4. die Prozentage dieser Stoffe eine Rolle spielt.

Daß diese alle gewiß eine Rolle spielen, zeigten die Experimente von KLEBS (19). Ich selbst denke, daß *Ceratium hirundinella reticulatum* eben durch diese Faktoren (Erwärmung, größere Konzentration gelöster Salze, Änderung verschlungener Gase (Oxygen)) zur Encystierung gezwungen wurde. *Peridiniopsis Borgei* konnte ich zur Encystierung zwingen, wenn ich zum Grabenwasser, worin sie lebten, Leitungswasser goß; auch bei der Mare Sporco (Massenencystierung mariner Peridineen, hauptsächlich *Gonyaulax*-Arten) sollen Regengüsse — also Änderung der Temperatur, des Salzgehaltes und der verschlungenen Gase — eine Rolle spielen. Aber bewiesen ist es nicht (KOFOLD).

VIII.

Zusammenfassung der Resultate.

1. An Cerätien-Arten und Rassen sind auch Form und Maße der Cysten charakteristisch, sie können zu den Art- resp. Rassenmerkmalen herangezogen werden.
2. Die Größe der Cysten aller Cerätien-Arten variiert sehr wenig, so daß die Größe der Cysten im Gegensatz mit der variablen Größe der beweglichen Form als konstant angenommen werden kann. Die Ursache der Größenkonstanz scheint mit der konstanten Wassermenge der Cysten in Zusammenhang zu stehen.
3. Mit der Größenkonstanz der Cysten hängt auch eine konstante Kernplasmarelation der einzelnen Arten zusammen.
4. An allen bis jetzt diesbezüglich studierten Süßwasser-Cerätien bildet sich die Cyste innerhalb des Panzers, welcher früher oder später durch Sprengung der Form (*Ceratium hirundinella*) der sich entwickelnden Cyste abgeworfen oder aufgelöst wird (*Ceratium cornutum*).
5. Die Cyste hat an allen Formen der Form ihrer Entstehung entsprechend eine Ausgußform des Panzers der beweglichen Form, sie hat kürzere (oder keine) Hörner als die freibewegliche Form und ihr Querschnitt ist mehr oder minder kreisrund.
6. Die Cyste hat eine ununterbrochene, einheitliche Membran, welche anfangs dünn ist, mit der Zeit dicker wird, an gewissen Arten ist sie geschichtet (*Ceratium cornutum*, *Ceratium carolinianum*, *Ceratium hirundinella* nach VIRIEUX und mir), an anderen aber (*Ceratium hirundinella furcoides*, *Ceratium hirundinella reticulatum*) konnte eine Schichtung nicht beobachtet werden.

7. Die Membran der Cysten besteht an den untersuchten Arten aus mehr oder minder reiner Cellulose (*Ceratium cornutum*, *Ceratium hirundinella*, *Ceratium hirundinella furcoides*).

8. Die Membran scheint durch Ausscheidung und durch Umwandlung dieses ausgeschiedenen Stoffes zu entstehen; an der Plasmaoberfläche scheint zuerst die Membran aus Glycogen zu bestehen, welche dann in Cellulose umgewandelt (?) wird.

9. In der Cyste sind nur gewisse Organe aufzufinden und zwar: Plasma, Kern, Chromatophoren, Reserve- und eventuell Exkretstoffe. Nicht aber Geißeln und Basalapparat, Pusulen, Safttraumvakuolen und Fremdkörper.

10. Als Reservestoffe konnte ich in den Cysten folgende ausweisen:

- a) Glycogen immer sehr viel;
- b) und ein anderes Amyloid, vielleicht Jogen, selten, dann aber viel;
- c) fette Öle nicht viel;
- d) Reserveeiweiß (Volutin) ziemlich viel.

11. Wasser ist in der Cyste in ziemlich geringer Menge vorhanden.

12. Die Encystierung scheint gewöhnlich am Ende der Saison in Form einer Epidemie abzulaufen, einzelne Cysten lassen sich auch zu anderen Jahreszeiten finden. Die Encystierung scheint in einigen Stunden, von Mittag bis 3—4 Uhr nachmittags, vollendet zu sein. Die Cystenbildung scheint nicht nur von den äußeren, sondern auch von inneren Bedingungen, Dispositionen abzuhängen. Von den äußeren Faktoren scheint die Konzentration, Temperatur, vielleicht auch Unbeweglichkeit oder Bewegtheit des Mediums eine Rolle zu spielen. Alle diese sind experimentell nicht erprobt, so wenig wie etwa den inneren Bedingungen nachgegangen ist.

13. Bei der Encystierung ist die ganze Zelle einer Umgruppierung ihrer Bestandteile und Organe unterworfen. Einige Organe und Teile werden abgeworfen, so der Panzer, die Geißeln mit Basalapparat; gewisse Organe werden eingeschmolzen: Pusulen, Vakuolensaftträume; andere Bestandteile werden ausgeworfen: Flüssigkeiten, Exkretstoffe, Fremdkörper. Das Plasma und die Chromatophoren gruppieren sich um, Kern und Plasma bekommen eine andere — sagen wir eine Ruhe- — Struktur und die Kernplasmarelation wird anders.

14. Durch diese Umarbeitung, Umprägung der ganzen Zellorganisation wird es erreicht, daß aus dem Arbeitsorganismus der

beweglichen Form ein Ruheorganismus, die Cyste, entsteht, welche ihr Leben jahrelang ($6\frac{1}{2}$ nach HUBER und NIPKOW) erhalten kann. In der Zeit des Cystenlebens kann der Lebenslauf als ein reciproker dem Leben der beweglichen Form entgegengestellt werden.

15. Das latente Leben in der Cyste kann mit dem latenten Leben anderer Organismen verglichen werden und kann auch vielleicht so wie diese eventuell mit langsam sich abspielenden und reversibelen (?) Prozessen, oder aber mit zeitlicher Lebenssuspension erklärt werden.

Literaturverzeichnis.

- 1) BACHMANN, H. (1911): Das Phytoplankton des Süßwassers. Jena.
- 2) BERGH, R. S. (1882): Der Organismus der Cilioflagellaten. Eine phylogenetische Studie. Morph. Jahrb. Bd. 7 p. 177—288. Mit Tafel 12—16.
- 3) BRUTSCHY, A. (1913): Monographische Studien am Zugersee. Arch. f. Hydrobiologie u. Planktonkunde Bd. 8 p. 43—108.
- 4) BRESSLAU, E. (1923): Hüllebildung und Gehäusebau bei Protozoen. Microcosmos Bd. 16 Heft 6 p. 97—104. 12 Figuren.
- 5) BÜTSCHLI, O. (1885): Dinoflagellata. BRONN's Klassen u. Ordnungen des Tierreiches Bd. 1 Protozoa, II. Abt. p. 906—1029. Taf. 26—28.
- 6) DADAY, E. (1907): Plankton aus dem Viktoria-Nyanza. Sammelausbeute von A. BORGERT 1904—1905. Zool. Jahrb., Abt. f. Syst., Geogr. u. Biol. d. Tiere Bd. 25 p. 245—262.
- 7) ENTZ, G. jun. (1904): Beiträge zur Kenntnis des Planktons des Balatonsees. Resultate d. wiss. Erforschung d. Balatonsees Bd. 2 I. Teil Anhang.
- 8) — (1909): Über die Organisationsverhältnisse einiger Peridineen. Mathem. Naturwiss. Berichte aus Ungarn Bd. 25.
- 9) — (1913): Über ein Süßwasser-Gymnodinium. Arch. f. Protistenk. Bd. 29.
- 10) — (1921): Über die mitotische Teilung von *Ceratium hirundinella*. Arch. f. Protistenk. Bd. 43.
- 11) FERMOR, X. (1893): Die Bedeutung der Encystierung bei *Stylonichia pustulata* EHRBG. Zool. Anz. Bd. 42.
- 12) FOLGNER, V. (1899): Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte einiger Süßwasser-Peridineen. Österr. Bot. Zeitschr. Jahrg. 49.
- 13) GOODEY, TH. (1913): The excystation of *Colpoda cucullus* from its resting cysts, and the nature and properties of the cyst membran. Proc. Roy. Soc. Vol. 86 p. 427. (Siehe DOFLEIN p. 353.)
- 14) GUYER, O. (1911): Beiträge zur Biologie des Greifensees unter besonderer Berücksichtigung der Saisonvariation von *Ceratium hirundinella*. Arch. f. Hydrobiol. u. Planktonkunde Bd. 6 p. 231—270, 363—414. 6 Taf., 28 Fig.
- 15) HUBER, G. u. NIPKOW, F. (1922): Experimentelle Untersuchungen über die Entwicklung von *Ceratium hirundinella*. Zeitschr. f. Botanik Bd. 14 p. 337 bis 371. Mit 12 Abbildungen im Text.

- 16) IMHOF, O. E. (1884): Resultate meiner Studien über die pelagische Fauna kleinerer und größerer Süßwasserbecken der Schweiz. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 40 p. 154—178.
- 17) JÖRGENSEN, E. (1911): Die Ceratien. Eine kurze Monographie. Intern. Revue d. ges. Hydrobiol. und Hydrogr. Biol. Suppl. Serie 2 zu Vol. 4 p. 1—129.
- 18) JOLLOS, V. (1910): Dinoflagellatenstudien. Arch. f. Protistenk. Bd. 19 p. 178 bis 206, Tafel 7.
- 19) KLEBS, G. (1912): Über Flagellaten- und Algen-ähnliche Peridineen. Verh. d. Nat.-Med. Ver. Heidelberg N. F. Bd. 11 p. 369.
- 20) LAUTERBORN, R. (1895): Protozoenstudien. I. Kern- und Zellteilung von Ceratium hirundinella O. F. M. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 59.
- 21) LEMMERMANN, E. (1900): Beiträge zur Kenntnis der Planktonalgen. VIII. Peridinales aquae dulcis et submarinae. Hedwigia Beiblatt Bd. 49.
- 22) — (1904): Das Plankton schwedischer Gewässer. Ark. f. Botanik Bd. 2 p. 1—209.
- 23) — (1906): Das Vorkommen von Süßwasserformen im Phytoplankton des Meeres. Arch. f. Hydrobiol. u. Planktonkunde Bd. 1 p. 409—427.
- 24) LIMANOWSKA, H. (1912): Die Algenflora der Limmat vom Zürichsee bis unterhalb des Wasserwerkes. Arch. f. Hydrobiol. u. Planktonkunde Bd. 7 p. 331—408, 523.
- 25) LINDEMANN, E. (1923): Eine Entwicklungshemmung bei Peridinium Borgei und ihre Folgen. Arch. f. Protistenk. Bd. 46 p. 378—382.
- 26) MEYER, A. (1920): Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. Jena, G. Fischer.
- 27) PASCHER, A. (1915): Studien über die rhizopodiale Entwicklung der Flagellaten. II. Über eine neue Amöbe — Dinamoeba varians — mit dinoflagellatenartigen Schwärmern. Arch. f. Protistenk. Bd. 36.
- 28) — (1923): Neue oder wenig bekannte Protisten. VIII. Neue oder wenig bekannte Flagellaten. VII. Arch. f. Protistenk. Bd. 46 p. 141—148.
- 29) PENARD, E. (1888): Recherches sur le Ceratium macroceros Genève. Thèse p. 1—145.
- 30) — (1891): Les Péridiniacées du Léman; extrait du VI^me Bulletin des travaux de la Société botanique de Genève.
- 31) REDEKE, H. C. (1903): Planktononderzoekingen in het Zwanewater by Callentrog. Haarlem.
- 32) SCHILLING, A. J.: Die Süßwasser-Peridineen. Flora, N. R. 49. Jahrg. oder d. ganze Reihe 74. Jahrg.
- 33) — (1913): Dinoflagellaten (Peridineae). in: Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs u. d. Schweiz Heft 3.
- 34) SCHÜTT, F. (1895): Die Peridineen der Plankton-Expedition. I. Teil. Ergebnisse d. Plankton-Expedition. Kiel u. Leipzig.
- 35) SELIGO-DANZIG (1908): Tiere und Pflanzen des Seeplanktons. Mikrobiologische Bibliothek Bd. 3 p. 47.
- 36) STEIN, F. (1883): Der Organismus der arthrodelen Flagellaten.
- 37) STEUER, A. (1903—1904): Urtiere als Schädlinge mariner Fischerei. Österr. Fischereizeitung Bd. 1.
- 38) SUCHLAND, O. (1916): Dinoflagellaten als Erreger von rotem Schnee. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 34 p. 242—249.

- 39) VIRIEUX, M. J. (1912—1913): Quelques Alges et quelques Périidinéens de Franche Comté. Contribution à l'étude des Alges de la Région Jurasienne. Bull. de la Soc. d'Hist. anat. du Doubs p. 1—12. 15 Textfig.
- 40) — (1913): Plankton du lac Victoria Nyanza. Voyage du CH. ALLAND et R. JEANNEL en Afrique Orientale 1911—1912.
- 41) — (1916): Recherches sur le plankton des lacs du Jura Central. Annales de Biologie Lacustre T. 8 p. 1—192.
- 42) VOIGT, M. (1902): Beiträge zur Kenntnis des Planktons pommerscher Seen. Forschungsberichte Plön Bd. 9.
- 43) WESENERG-LUND, C. (1908): Plankton investigations of the Danish lakes. 2 vols. Kopenhagen.
- 44) WEST, G. S. (1907): Report on the freshwater Algae incl. Phytoplankton of the third Tanganyka Expedition. Lin. Soc. Journ. Botany Vol. 38.
- 45) WOLOSZYŃSKA, J. (1913): Über die Süßwasserarten der Gattung Ceratium SCHRANK. Odbitha z. crasopisna Kosmos p. 1262—1273.
- 46) — (1914): Studien über das Phytoplankton des Victoriasees. Hedwigia Bd. 55 p. 184—223.
- 47) ZACHARIAS, O. (1905): Hydrobiologische und fischereiwirtschaftliche Beobachtungen an einigen Seen der Schweiz und Italiens. Forschungsberichte Plön Teil XII p. 169—302.
- 48) ZEDERBAUER, E. (1904): Geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung von Ceratium hirundinella. Ber. d. deutsch. bot. Ges. Bd. 22 p. 1—8.
-