Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

(Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, Abt. M. Hartmann.)

Über die Veränderung der Koloniebildung von *Eudorina elegans* und *Gonium pectorale* unter dem Einfluß äußerer Bedingungen.

IV. Mitt. der Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Phytomonadinen (Volvocales)

Von

Max Hartmann.

(Hierzu 4 Textfiguren und Tafel 12—15.)

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 375
I. Untersuchungen an *Eudorina elegans* 377
a) Bemerkungen über die normale Entwicklung von *Eudorina elegans* 377
b) Die experimentelle Erzeugung plattenförmiger Kolonien (*Gonium*-Formen) 380
II. Untersuchungen an *Gonium pectorale* 384
a) Bemerkungen über Bau und Entwicklung der agamen Formen von *Gonium pectorale* 384
b) Die experimentelle Erzeugung wenigzelliger und geißelloser Formen 387
c) Die experimentelle Erzeugung von Riesen- und kugeligen Formen (*Eudorina*-Formen) 391
Literaturverzeichnis 393
Tafelerklärung 394

Einleitung.

Die Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit waren Beobachtungen und daran anschließende Versuche, die ich in den Jahren 1902/03 an der Volvocinee *Stephanosphaera pluvialis* gemacht hatte.

Schon die ersten Untersucher dieser schönen Form hatten beobachtet, daß sie nicht nur in der typischen Ausbildung als achtzellige Kolonie in der freien Natur vorkommt, sondern auch als vierzellige, ja sogar als zwei- und einzellige Form. In meinen Kulturen konnte ich dieselbe Beobachtung machen und zugleich feststellen, daß Alter und Konzentration des Kulturmediums von großem Einfluß auf das Auftreten dieser atypischen Formen ist. Die beobachtete Abhängigkeit der Formbildung dieser einfachsten vielzelligen Gebilde von bestimmten Außenbedingungen schien mir damals ein vielversprechender Anknüpfungspunkt, um das entwicklungsmechanische Problem des typischen Zusammenschlusses gleichartiger Zellen zu spezifisch angeordneten Zellkomplexen einer kausalen Analyse zu unterziehen. Konnte man doch die Hoffnung hegen, hier wenigstens einige der äußeren Faktoren dieser Formbildung ermitteln zu können.

Nach Wiederaufnahme meiner Volvocineenuntersuchungen wurden daher auch diese entwicklungsphysiologischen Studien wieder in Angriff genommen und zwar an *Eudorina elegans* und *Gonium pectorale*, da das frühere günstige Untersuchungsobjekt bisher nicht zu erlangen war. Zu den Versuchen dienten Klone von *Eudorina elegans* und *Gonium pectorale*. Über die Kultur der ersten Form wurde schon in der 3. Mitteilung dieser Untersuchungsreihe eingehend berichtet (s. HARTMANN 1921 a). Die Kultur von *Gonium* vollzieht sich außerordentlich leicht, sie geht in allen bekannten Nährlösungen für Algen; diese Form läßt sich auch auf Agar, der mit solchen Nährlösungen hergestellt ist, leicht kultivieren. In der letzten Auflage meines Protozoenpraktikums findet man nähere Angaben über die Kultur dieser Form (HARTMANN 1921 b).

Die Versuche wurden in den Jahren 1916/17 und vor allen Dingen 1919—21 ausgeführt und vielfach wiederholt. Im Anfange zeigten sich einige merkwürdige Ergebnisse (wie das Auftreten von Riesenformen und von *Eudorina*-ähnlichen Formen bei *Gonium* und umgekehrt bei *Eudorina* die Umwandlung der kugeligen Kolonien in plattenförmige *Gonium*-Formen), welche die Hoffnung aufkommen ließen, daß es in Anbetracht der verhältnismäßig einfachen Mittel, die diese tiefgreifenden Umwandlungen auslösen, hier eventuell gelingen möge, wenigstens einige der physikalisch-chemischen Bedingungen der Formbildung aufzudecken. Hunderte von vielfach wiederholten Versuchen, sowie die eingehende Beschäftigung mit den Ergebnissen der Kolloidchemie führten mich aber schließlich zu der Überzeugung, daß es bei dem heutigen Stand der Kolloidforschung noch nicht möglich ist, auf dem eingeschlagenen Wege

tiefer in die Probleme der Formbildung einzudringen. Bei den lebendigen Systemen handelt es sich eben um Gemische verschiedener Kolloide und verschiedener echt gelöster Stoffe; die Wirkung der Kolloide und ihrer wichtigen elektrischen Eigenschaften aufeinander sind aber zurzeit noch kaum erforscht. So kann man nicht erwarten, die tiefgehenden Wirkungen wenn auch einfacher Änderungen der Außenbedingungen auf derartig komplexe Systeme in derselben Weise wie bei einfachen Kolloiden erklären zu können. Und da, wo dies doch vielfach geschieht, wie bei der oft kritiklosen Feststellung der Geltung der lyotropen Reihen für die verschiedenartigsten biologischen Vorgänge, tut strengste Kritik und Zurückhaltung not. Aus dieser Erkenntnis heraus verzichte ich daher auf die Wiedergabe der meisten Versuche, die ich seit 1916 ausgeführt habe, vollkommen, da sie doch nur anekdotenhafte Einzelbefunde, nicht systematische Kenntnisse zu bieten vermögen und beschränke mich auf die Darstellung einiger weniger durch ihre besonders auffallenden Resultate hervorstechender Versuche. Und auch hierbei enthalte ich mich vorderhand jeder theoretischen Ausdeutung der Ergebnisse.

I. Untersuchungen an *Eudorina elegans*.

a) Bemerkungen über die normale Entwicklung von *Eudorina elegans*.

Bezüglich des Baues und der normalen Entwicklung von *Eudorina* verweise ich auf die in der III. Mitteilung (Hartmann 1921 b) gegebene Darstellung. Nur über einen Punkt seien hier noch einige ergänzende Bemerkungen angefügt. Ich hatte schon in der früheren Arbeit darauf hingewiesen, daß vor völliger Ausbildung der jungen Tochterkolonien eine Umkehr in der Polarität der Zellen zu beobachten ist. Kurz nach den Teilungen sind die jungen Tochterzellen so orientiert, daß der Kern an dem nach innen gelegenen, Chromatophor mit Pyrenoid am außen gelegenen Pol sich befindet (s. 1921 a, Taf. 2 Fig. 20). Ehe die Geißeln zur Ausbildung gelangen, erfolgt eine Umkehr, so daß bei der fertig ausgebildeten Tochterkolonie Kern und Geißel nach außen, und Chromatophor und Pyrenoid nach innen orientiert liegen (1921 a, Taf. 2 Fig. 21). Dieselbe Umkehr findet sich offenbar bei allen kugeligen Volvocineenarten; ich

fand sie auch bei *Volvox* und MERTON hat sie auch bei *Pleodorina* beschrieben.[1])

Damals konnte noch nicht ermittelt werden, ob die Umkehr in der Polarität der Zellen durch Umdrehungen der ganzen Zelle resp. Zellplatte oder durch Verlagerung der Zellteilung, speziell Wandern der Kerne zustande kommt. Da inzwischen mein Mitarbeiter, Herr Dr. BĚLAŘ, den Vorgang der Polaritätsumkehr der Kolonien von *Eudorina* eingehend im Leben verfolgt hat, sei an der Hand der beigegebenen Skizzen und Photographien dieselbe kurz geschildert.

Nach der Teilung sind die 32 Zellen einer jungen Kolonie von *Eudorina* zu einer napfartigen halbkugeligen Schale innerhalb der alten Zellmembran angeordnet, und zwar am hinteren Pol der alten Mutterzelle. Der Vorderpol der alten Mutterzelle ist durch die erhaltenen alten Geißeln deutlich erkennbar (Textfig. A a, Taf. 12 Fig. 1 unten). Die Kerne der Tochterzellen liegen in diesem Stadium, wie schon erwähnt, alle an der inneren konkaven Seite der Kolonie, die Pyrenoide an der äußeren konvexen. Die junge Kolonienanlage stülpt sich nun innerhalb von 1—1½ Stunden um, wie aus den beigegebenen Skizzen ohne weiteres ersichtlich ist. Es bildet sich dabei zunächst eine horizontale Platte (Textfig. A b, Taf. 12 Fig. 2, 3), dann schreitet der Vorgang weiter fort und es kommt zu einem Stadium, das dem Ausgangsstadium völlig entspricht, nur in umgekehrter Anordnung, d. h. die napfförmige oder halbkugelige Kolonie ist nun mit ihrer konvexen Seite nach dem Vorderpol der alten Mutterzelle gerichtet und im Innern der Tochterzellen liegen die Zellkerne an der konvexen Außenseite, die Pyrenoide an der konkaven Innenseite der Kolonieanlage (Textfig. A c, d, Taf. 12 Fig. 5, 6). Die Umstülpung schreitet nun noch weiter fort, bis der Napf zu einer völligen Kugel sich geschlossen hat (Textfig. A e—g, Taf. 12 Fig. 7—10), und jetzt entstehen auch die neuen Geißeln der kugeligen Tochterkolonien (Textfig. A h, Taf. 12 Fig. 12). Der hier mitgeteilte Vorgang der Bildung der Tochterkolonien ist zum Verständnis der im folgenden zu beschreibenden Umänderungen der *Eudorina*-Kolonien von Bedeutung. In ähnlicher Weise vollzieht sich auch die Sache bei *Volvox*. Von einer näheren Beschreibung kann hier abgesehen werden, da, wie ich aus dem Referat von

[1]) Meine früheren Angaben, daß diese auffallende Umkehr in der Polarität der Zellen bisher nirgends in der Literatur erwähnt sei, muß ich berichtigen; denn MERTON hat nicht nur diese Verhältnisse richtig abgebildet, sondern auch im Text erwähnt. Inzwischen hat sie auch KUSCHAKEWITSCH eingehend für *Volvox* beschrieben.

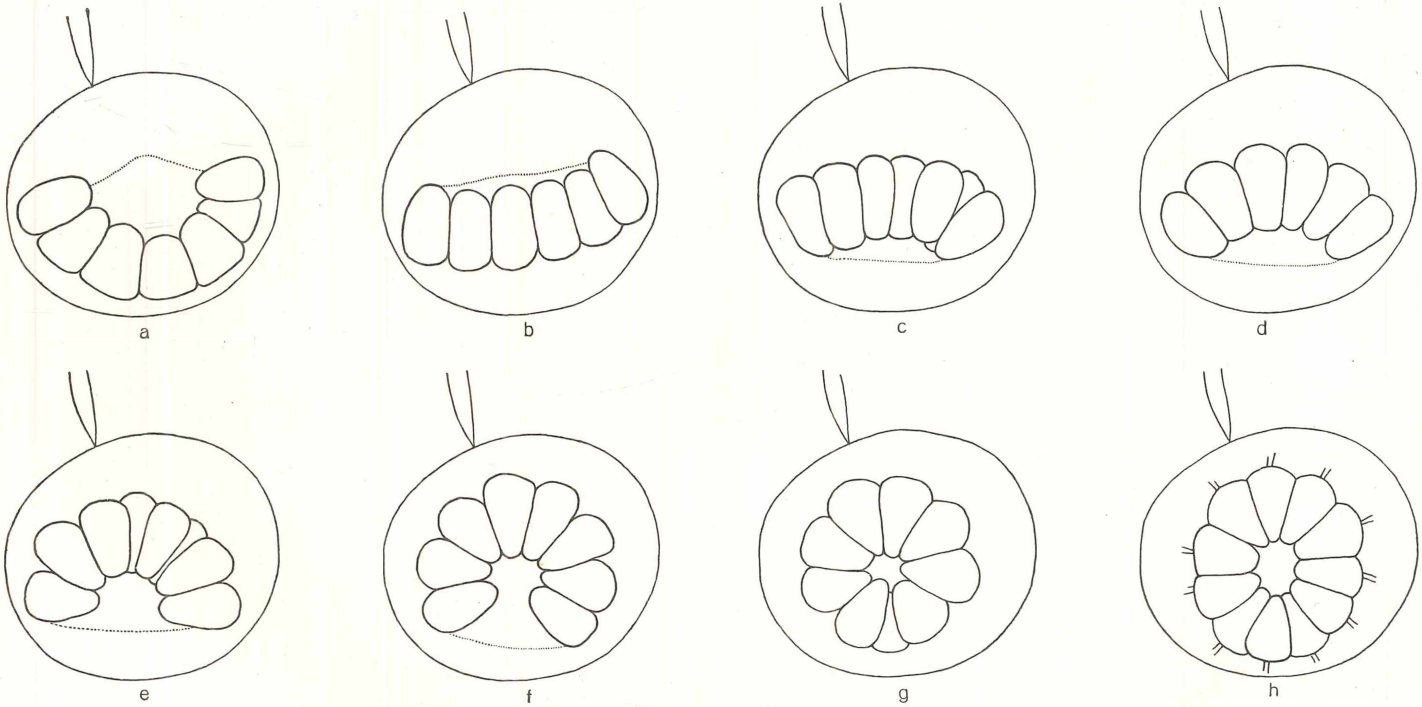


Fig. A. Halbschematische Darstellung der Umstülpung der jungen Kolonieanlage von *Eudorina elegans* nach dem Leben.

ZIMMERMANN nachträglich ersehen habe, für *Volvox* inzwischen der Vorgang von KUSCHAKEWITSCH eingehend beschrieben ist.

b) Die experimentelle Erzeugung plattenförmiger Kolonien (*Gonium*-Formen).

Von den verschiedenen entwicklungsphysiologischen Versuchsserien, die an *Eudorina* angestellt wurden, soll hier nur eine zur Darstellung kommen, nämlich die Umwandlung kugeliger *Eudorina*-Kolonien in *Gonium*-artige Platten. Von einer Schilderung der vielen Versuche über das Verhältnis von Wachstum und Teilung (speziell die Einwirkung verschiedener Ionen), über die Erzeugung von Riesenformen und überstürzten Teilungen, Abhängigkeit der Form von einzelnen Ionen usw. sei vorderhand völlig Abstand genommen, da auf diesem Gebiete, wie schon erwähnt, die erwartete Aufklärung in physikalisch-chemischer Hinsicht sich bisher nicht bringen ließ, vielmehr die Versuche äußerst widerspruchsvolle Resultate ergeben haben.

In Kulturen, die noch andere abnorme Koloniestadien aufwiesen, traten mehrmals plattenförmige *Gonium*-artige Kolonien von *Eudorina* auf und ich suchte die Bedingungen zu ermitteln, die die Entstehung dieser Plattenformen bewirken. Versuche mit verschiedenen Nährlösungen an der künstlichen Sonne (Beschreibung siehe in der III. Mitt.), ergaben, daß in Molischlösungen an der Nitralampe diese abnormen Kolonien stets in einem gewissen Prozentsatz auftraten.

Ehe auf die Analyse der Bedingungen näher eingegangen wird, die diese atypischen Kolonieformen auslösen, seien diese Formen selbst etwas näher beschrieben. Fig. 1 Taf. 13 zeigt das Ausschwärmen von 22 derartigen plattenförmigen jungen Kolonien nach Auflösung der Elternkolonie, die eine normale 32-zellige *Eudorina* war (10 der jungen Kolonien sind schon aus dem Gesichtsfelde geschwunden). Auf der nächsten Abbildung (Fig. 2) ist eine größere Anzahl derartiger plattenförmiger Kolonien zu sehen, die zum großen Teil bereits wieder in Fortpflanzung begriffen sind und dabei wieder „*Gonium*-Formen“ liefern. Die weitaus größte Mehrzahl dieser atypischen „*Gonium*-Formen“ sind nur 16-zellig (Fig. 2 und 5), doch finden sich auch solche, die die Normalzahl von *Eudorina* (32 Zellen) aufweisen (Fig. 6). Daneben kommen, wie auch sonst bei unregelmäßigen Teilungen, Formen mit Zellenzahlen vor, die zwischen 16 und 32 liegen, desgleichen Zahlen mit noch weniger Zellen, speziell vierzellige (Fig. 2 und 4) und einzellige (Fig. 2 und 3). Die Sechzehnerformen gleichen natürlich am

meisten den normalen Kolonien von *Gonium pectorale.* Wie bei diesen (siehe nähere Beschreibung unten) finden sich in der Mitte 4 Zellen, darum ein Kranz von 12 Zellen. Wenn auch die Anordnung der einzelnen Zellen in der Platte vielfach nicht so regelmäßig ist, wie bei guten Kulturformen von *Gonium pectorale*, so konnte doch manchmal auch eine überraschende Übereinstimmung und Regelmäßigkeit zutage treten (siehe Fig. 2). Wie bei normalen *Gonium*-Kolonien strecken die vier mittleren Zellen ihre Geißeln direkt nach vorn, während die Geißeln des äußeren Zellkranzes infolge der Krümmung der Gallertplatte seitlich nach außen gerichtet sind. Auch die 32zelligen plattenförmigen Kolonien von *Eudorina* weisen eine ähnliche Anordnung auf, wie die Zellen der normalen *Gonium*-Formen, doch kommt hier zu dem Kranz von 12 Zellen, der die vier Mittelzellen umgibt, noch ein äußerer Kranz von weiteren 16 Zellen. Die Acht- und Vierzeller gleichen selbstverständlich ebenfalls den entsprechenden Formen von *Gonium* (siehe unten), desgleichen die Einzeller, welche bei diesen Versuchen meist keine Geißeln mehr aufweisen.

Wenn wir die eben geschilderten atypischen „*Gonium*-Formen" von *Eudorina* und ihre Entwicklung mit den Normalformen und ihrer Entwicklung vergleichen, so läßt sich ihr Zustandekommen leicht kennzeichnen als ein Stehenbleiben auf einem früheren Entwicklungsstadium, also als eine Entwicklungshemmung. Die oben für die normale *Eudorina*-Entwicklung beschriebene Umstülpung der napfförmigen jungen Kolonieanlage ist bei den „*Gonium*-Formen" nicht bis zum völlig kugeligen Zusammenschluß weitergeschritten, sondern ist auf dem Stadium, das ungefähr in umgekehrter Anordnung der Zellplatte der Ausgangsform entspricht (also etwa dem der Fig. 5, 6 Taf. 12 resp. Textfig. A c, d) stehen geblieben.

Nach dieser kurzen Schilderung wollen wir zur näheren Erörterung ihrer Auslösung übergehen. Wie schon erwähnt, traten die „*Gonium*"artigen Plattenformen von *Eudorina* regelmäßig in gewöhnlicher Molischlösung auf, wenn die Kulturen an der künstlichen Sonne gehalten wurden; selten einmal auch in Molischkulturen am Nordfenster (Tab. 1). In Benneckelösung dagegen unterblieb die geschilderte Wirkung gänzlich. Dagegen trat sie auch in Knoplösung zutage, wenn auch nicht so regelmäßig. Der Unterschied zwischen der Benneckelösung einerseits, der Knop- und Molischlösung andererseits besteht nun hauptsächlich in der Art der Stickstoffquelle. Im ersteren Falle ist der Stickstoff in Form von Ammoniak, im letzteren als Nitrat in der Lösung. Zwar ist auch der Phosphor bei der

Tabelle 1.

Plattenbildung von *Eudorina elegans* in Molischlösung an der künstlichen Sonne.

10. V. 21	Benn. 0,05 %	Benn. 0,05 % + NH_4Cl	Molischlös. Nordfenster	Molischlös. künstliche Sonne	Benn. 0,05 % + 10 Tropfen KNO_2
13. V. 21.	norm.	norm.	zieml. norm. vereinzelt unregelmäßig	Platten	norm.
15. V. 21	„	„	norm. einz. Platten	reichl. Platten	„

Benneckelösung in anderer Form gegeben als in der Knoplösung, nämlich im ersteren Falle als Dikaliumphosphat im zweiten als Monokaliumphosphat, wodurch die erstere Lösung eine leicht alkalische, die zweite eine leicht saure Reaktion erhält. Da aber auch die Molichlösung Dikaliumphosphat enthält, sie in dieser Beziehung also mit der Benneckelösung übereinstimmt, so kann auch die abweichende Phosphordarbietung nicht die Ursache sein, was auch durch andere Salzkombinationen und vor allen Dingen durch Untersuchung des Einflusses der H-Ionenkonzentration sich zeigen ließ. Denn durch die Herstellung derselben H-Ionenkonzentration der Benneckelösung wie in Knoplösung ließ sich nicht die erwähnte Wirkung erzielen. Es blieb daher nur übrig, die Wirkung der Molischlösung in ihrer abweichenden Stickstoffdarbietung zu erblicken. Die Richtigkeit dieser Vermutung mußte sich leicht prüfen lassen, wenn man in der Molischlösung das salpetersaure Salz durch ein Ammoniaksalz ersetzte. Das geschah durch Austausch der Nitrate mit NH_4Cl. In der Tat blieben in derartigen Lösungen die *Eudorina*-Kolonien völlig normal, während in den Parallelkulturen mit Nitrat die oben erwähnten Umänderungen eintraten (Tab. 2). Die Versuche wurden vielfach in mehreren Jahren wiederholt und stets mit gleichem Erfolg. Beigefügtes Protokoll (Tab. 2) mag als Beispiel eines solchen Versuches dienen. Damit erscheint festgestellt, daß das NO_3 die Ursache für die merkwürdige Formumwandlung der *Eudorina* darstellt.

Andererseits aber konnte den NO_3-Anionen als solchen diese Wirkung doch nicht direkt zugeschrieben werden, sondern es mußte noch ein anderer Faktor wirksam sein. Denn dieser entwicklungs-

Tabelle 2.

Vergleich der Wirkung normaler Molischlösung mit einer Molischlösung, die nur NH_4Cl als Stickstoffquelle enthält (Mol. + NH_4Cl), auf die Plattenbildung von *Eudorina elegans*. Alle Kulturen an der künstlichen Sonne.

Eudorina Nr. 268 seit 8. IV. 21 in Molichlös. + NH_4Cl gezüchtet, normal			
23. IV. 21	Benn. 0,05	Molischlös. 0,05	Mol. + NH_4Cl
3. V.	norm.	Platten	norm.
10. V.	„	„	„

hemmende Einfluß der NO_3-Anionen trat, wie schon hervorgehoben, regelmäßig und reichlich nur an der künstlichen Sonne, nicht oder selten und dann vereinzelt bei Kulturen an dem Nordfenster mit seinem schwächeren diffusen Lichte auf. Auch der Umstand, daß in der Benneckelösung NO_3 ebenfalls vorhanden ist, hier aber diese Wirkung nicht sich geltend macht, sprach dafür, daß hier noch ein anderer Faktor als die direkte Wirkung des NO_3-Anions eine Rolle spielen muß. Es war dabei vor allem daran zu denken, daß durch die starke Beleuchtung die Molischlösung vielleicht eine Änderung erfährt, eventuell das Nitrat in Nitrit umgewandelt wird, dem dann die Wirkung zuzuschreiben sei. Versuche durch Zufügung von Nitrit diese Bildungen zu erzielen, führten jedoch zu keinem eindeutigen Resultat (s. Tab. 1).

Es hätte nun noch eine Möglichkeit gegeben, die Richtigkeit der obigen Vermutung experimentell zu prüfen. Bestand sie zu Recht, dann mußte eine Molischlösung, die einige Tage der starken Beleuchtung der künstlichen Sonne ausgesetzt war, später auch bei gewöhnlichem Nordfenster diese Wirkung ausüben. Leider aber konnte dieser Versuch nicht mehr ausgeführt werden. Denn unser *Eudorina*-Stamm reagierte jetzt (die Versuche waren $1^1/_2$ Jahre liegen geblieben) überhaupt nicht mehr in der oben beschriebenen Weise. Während von 1918—1923 der Stamm in jedem Jahre unter den erwähnten Bedingungen die abnormen Formen lieferte, blieb jetzt jegliche Reaktion der Molischlösung an der Sonne aus. So auffallend diese Umstimmung ist, so läßt sie sich doch den an anderen Protisten gewonnenen Erfahrungen eingliedern. Es handelt sich hier um Dauermodifikationen im Sinne von Jollos, „Anpassungen“

an veränderte physiologische Zustände (starkes Licht), wie sie bei lange geführten Kulturversuchen bei Protisten öfter zu beobachten sind. Die weitere Aufklärung auch dieser Frage muß daher auf spätere Zeiten verschoben werden, wenn andere *Eudorina*-Stämme zur Verfügung stehen.

Hervorgehoben sei noch, daß die plattenförmigen Kolonien der *Eudorina* nach rechtzeitigem Überführen in Benneckelösung wieder normale *Eudorina*-Kolonien liefern.

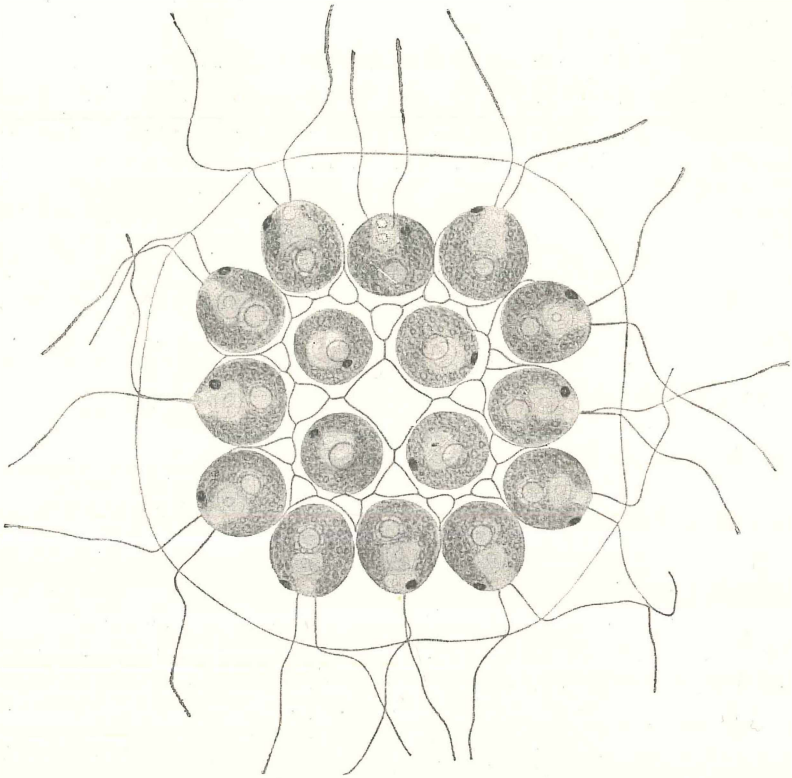
II. Untersuchungen an *Gonium pectorale*.

a) Bemerkungen über den Bau der Entwicklung der agamen Formen von *Gonium pectorale*.

Der Bau und die Entwicklung der agamen Formen von *G. pectorale* ist zwar in der Literatur im großen und ganzen richtig beschrieben, doch bedürfen die Darstellungen in mancherlei Hinsicht verschiedener Ergänzung. In der letzten Auflage des Praktikums der Protozoologie (HARTMANN 1921) habe ich zwar schon eine genauere Darstellung dieser Verhältnisse gegeben (auch die Kulturmethoden sind daselbst eingehend beschrieben), doch scheint dieselbe wenigstens bei den Botanikern vollkommen unbekannt geblieben zu sein. Daher soll die schon dort gegebene Darstellung hier noch einmal etwas ausführlicher wiederholt werden.

Gonium pectorale bildet normalerweise Kolonien von 16 Zellen, die tafelförmig in einer leicht gebogenen Gallertplatte angeordnet sind (Textfig. B und Taf. 14 Fig. 1). Die Einzelzellen sind alle so orientiert, daß die vorderen mit den Geißeln ausgestatteten Enden nach einer Seite der Tafel und zwar nach der konvex gebogenen Seite gerichtet sind. Daher schwimmen die Kolonien schaukelnd, drehend, mit der konvexen Breitseite der Platte nach vorwärts. Die genauere Anordnung der Einzellen in der Gallertplatte zeigen die Textfig. B und die Fig. 1 auf Taf. 14. Um einen zentralen, rechteckigen oder quadratischen, mit Gallerte erfüllten Raum sind 4 Zellen angeordnet und zwar mit ihrer Längsachse in der Schwimmrichtung. Um diese 4 zentralen Zellen findet sich ein äußerer Kranz von 12 Zellen, die infolge der leichten Krümmung der Gallertplatte mit ihren Vorderenden seitlich nach außen gerichtet sind. Während die 4 zentralen Zellen bei der Ansicht von oben resp. vorn direkt vom Vorderpol aus uns entgegentreten, er-

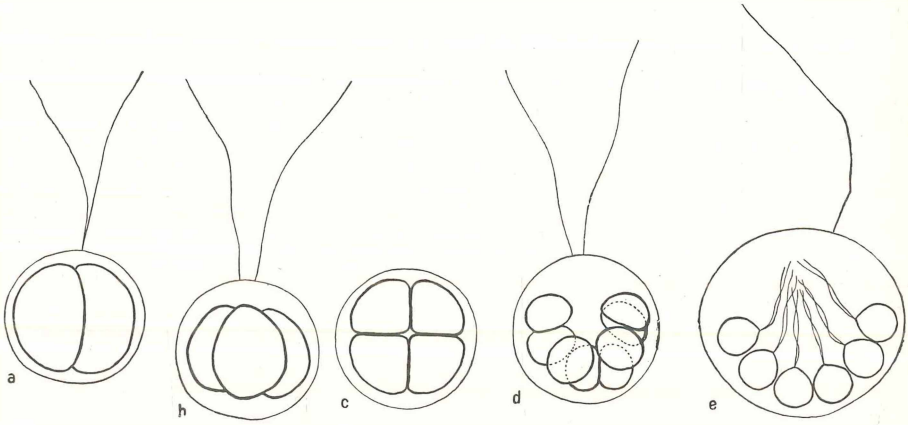
scheinen die 12 äußeren Zellen in verkürzt seitlicher Ansicht. Zwischen den Zellwänden des äußeren und inneren Zellkranzes finden sich dreieckige von Gallerte erfüllte Lücken.



Textfig. B. *Gonium pectorale*, erwachsene Kolonie nach dem Leben. Vergr. 800.

Die Einzelzellen sind leicht oval. Ihre Zellwände liegen am Vorderende dem Protoplasten dicht an, während sie nach hinten etwas abstehen und sich gegenseitig berühren und abplatten (Textfig. C, Taf. 14 Fig. 1). Jede Zelle besitzt einen becherförmen Chromatophoren mit einem Pyrenoid im hinteren Teil der Zelle. Davor liegt der bläschenförmige Kern mit Binnenkörper. Am vorderen Pol entspringen etwas voneinander getrennt die beiden Geißeln, die durch die Gallerte nach außen hervorragen. Oberhalb und unterhalb der zweiten Geißel liegt je eine pulsierende Vakuole seitlich davon ein großes Stigma. In Seitenansicht der Zelle ist nur eine Vakuole, bei etwas höherer oder tieferer Einstellung zu finden (die meisten Zellen der abgebildeten Figuren). Umgekehrt

sind bei Ansicht der Zelle von oben oder unten beide Vakuolen sichtbar, dagegen innerhalb der Gallerte nur eine Geißel (z. B. die obere mitlere und die beiden seitlichen mittleren Zellen der Textfig. B und die obere, sowie untere mittlere Zelle der Fig. 1 Taf. 14. Bei Ansicht vom Vorderpol schließlich sieht man beide pulsierenden Vakuolen und beide Geißeln kreuzweise angeordnet, z. B. untere mittlere Zelle von Textfig. B und vor allem zwei der Zellen des Innenkranzes von Fig. 1 Taf. 14. Die Geißeln entspringen von deutlichen Basalkörnern (Taf. 14 Fig. 1).



Textfig. C. *Gonium pectorale*, halbschematische Darstellung der Zellteilung nach dem Leben. a 1. Längsteilung, b 2. Teilung von der Seite, c desgl. von oben, d 3. Teilung (Achtzeller), e 4. Teilung (fertiger junger Sechzehnzeller im Durchschnitt). Vergr. 880.

Hervorgehoben sei noch eine eigentümliche streifige Struktur der äußeren Gallertzone, die nach geeigneter Vorbehandlung [1]) sichtbar wird (Taf. 14 Fig. 1). Die Angabe von HARPER, daß der Raum zwischen dem Innenkranz der Zellen eine wahre Öffnung darstelle, also nicht von Gallerte erfüllt sei, konnte nicht bestätigt werden.

Die agame Fortpflanzung vollzieht sich wie bei anderen Volvocineen in der Nacht. Dabei teilt sich jede Zelle innerhalb ihrer etwas vergrößerten Zellmembran, an der die alten Geißeln meist lange erhalten bleiben, durch 4 Zellteilungsschritte in 16 Tochterzellen. Die erste Teilung ist, wie die folgenden eine Längsteilung (Textfig. C a), durch eine zweite Längsteilung rechtwinklig zur ersteren entstehen direkt 4 übers Kreuz gestellte Zellen (Textfig. C, b, c). Durch zwei weitere Teilungsschritte bilden sich

[1]) Die Gonien wurden auf einem zuvor mit Hühnereiweiß bestrichenen Objektträger aufgeklebt und dann fixiert.

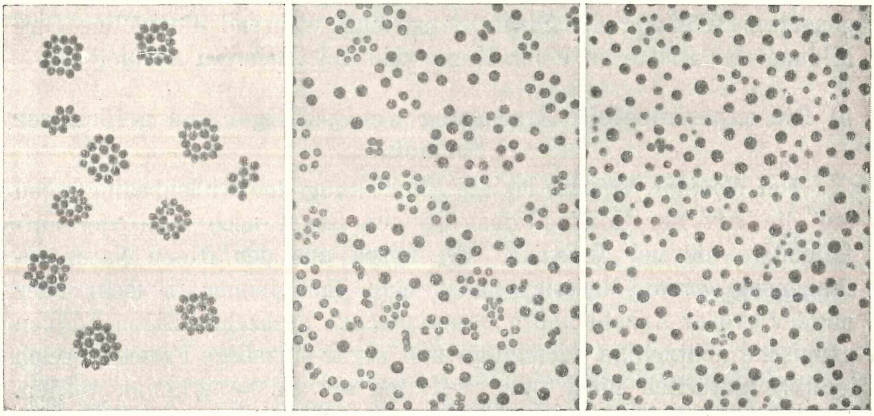
dann achtzellige und schließlich sechzehnzellige junge Tochterkolonien (d, e), die zunächst gegen den vorderen (alten) Geißelpol stark konkav eingewölbt sind. Die Anordnung der Tochterkolonie ist also die gleiche, wie sie oben für *Eudorina* im Anfangsstadium (Taf. 12 Fig. 1) beschrieben wurde und auf diesem Stadium werden bei den jungen *Gonium*-Kolonien bereits auch die Geißeln ausgebildet, die also zunächst nach der inneren also der konkaven Seite der Gallerthülle der jungen Tochterkolonie gerichtet sind. Erst nach dem Freiwerden der jungen Tochterkolonie findet auch bei *Gonium* die gleiche Umstülpung der Kolonieanlage statt, wie sie oben für *Eudorina* eingehend beschrieben wurde; doch geht sie nur bis zu dem Punkt, der ungefähr der ursprünglich entgegengesetzten Wölbung der Platte entspricht, während die völlige Umbildung der Platte zu einer Kugel wie bei *Eudorina* ausbleibt.

b) Die experimentelle Erzeugung wenig-zelliger und geißelloser Formen.

Bei *Gonium pectorale* ist die Einwirkung der Außenbedingungen auf die Art der Kolonieformen in der Regel noch eine viel auffallendere als bei *Eudorina*. Bei frisch aus der freien Natur gefangenem *Gonium*-Material findet man fast immer in mehr oder minder großer Anzahl neben den typischen sechzehnzelligen Formen atypische achtzellige, vierzellige und sogar einzellige Formen, welch letztere natürlich nicht ohne weiteres als solche erkannt werden. Die vierzelligen Formen sind, wie aus der Literatur hervorgeht, meist irrtümlich als eine besondere *Gonium*-Art, *Gonium sociale*, beschrieben worden (doch gibt es auch, wie wir noch sehen werden, ein echtes vierzelliges *Gonium sociale*). Die einzelligen Formen werden natürlich den früheren Beobachtern als *Chlamydomonas*-Arten erschienen sein. Der genetische Zusammenhang dieser Formen und die Abhängigkeit ihres Auftretens von Außenbedingungen läßt sich natürlich nur in Reinzuchten von Klonen feststellen.

Züchtet man *G. pectorale* in Benneckelösung von 0,05 Proz., so tritt sie fast ausschließlich als normale sechzehnzellige Kolonie auf und nur vereinzelt finden sich daneben achtzellige Kolonien, die, wie schon Harper festgestellt hat, so zustande kommen, daß bei der Fortpflanzung die jungen sechzehnzelligen Kolonien sich in zwei achtzellige spalten (Textfig. D a). Läßt man die Gonien längere Zeit in der gleichen Benneckelösung, dann stirbt die Kultur nach einiger Zeit (ca. 14 Tagen) ziemlich plötzlich ab (s. Protokoll Tab. 5 S. 392). In Knoplösung von gleicher Konzentration dagegen er-

scheinen die Gonien ebenfalls als Sechzehnzeller, gehen jedoch nach einiger Zeit fast ausschließlich in Acht- und Vierzeller, zuletzt sogar in Einzeller über (Textfig. D b). In stärker konzentrierten Knoplösungen 0,1 Proz. usw. vollzieht sich dieser Übergang noch bedeutend rascher. Man könnte zunächst nach dem Schicksal der Gonien in Benneckelösung annehmen, daß die Erschöpfung der Nährlösung an Nährsubstanzen der Grund für das plötzliche Absterben sei. Dieselben Ursachen könnten auch in der Knoplösung wirken, da ja auch das Auftreten wenig-zelliger Formen, die natürlich durch die Hemmung der Teilung bei der Fortpflanzung und durch das Zurückgehen der 4 Teilungsschritte auf 2, 3 oder gar einen, her-



a b c

Textfig. D. *Gonium pectorale.* a Normale Kultur (Sechzehnzeller vereinzelte, Achtzeller) aus Benneckelösung von 0,05 Proz.). b Vier- und Achtzeller aus Knoplösung 0,01 proz. 18tägige Kultur. c Ein- und Vierzeller aus alter Knopagarkultur. Vergr. 130.

vorgerufen werden, durch Mangel an Nahrung bedingt sein konnte. Doch scheint dieser Grund nicht ausreichend, da ja in Knoplösung von höherer Konzentration, die also mehr Nährsalze enthält, die Hemmung der Teilung sogar noch rascher eintritt, als in der weniger konzentrierten Lösung. Auch das ganz plötzliche Absterben der ganzen Kultur in der Benneckelösung macht es doch wahrscheinlicher, daß die Anhäufung giftiger Substanzen es sind, die in einem Falle den Tod, im anderen Falle die Hemmung der Teilung verursachen.

Hand in Hand mit der Veränderung des kolonialen Aufbaues gehen auch in älteren Kulturen Veränderungen im Protoplasten

vor sich, von denen die Auflösung oder das Unsichtbarwerden des Pyrenoids und der Verlust der scharfen Begrenzung des Chromatophoren am auffallendsten sind (Taf. 14, Fig. 2). In diesem Zustand vermögen sich die atypischen *Gonium*-Zellen in derselben Knoplösung noch wochen-, resp. monatelang am Leben zu erhalten und sich langsam zu vermehren. Wie schon erwähnt, vollzieht sich der Übergang in diese atypischen Formen in Knoplösung von stärkerer Konzentration von 0,1—0,2 Proz. bedeutend rascher, besonders bei frisch oder noch nicht lange kultiviertem Material. In diesen stärker konzentrierten Lösungen werden außerdem die Einzelzellen in der Regel größer wie in der niederen Konzentration (s. Textfig. D).

Die Vierzeller gleichen nun ganz der als *Gonium sociale* genannten zweiten *Gonium*-Art, so daß der Gedanke naheliegt, die beiden Arten seien identisch und nur durch Milieu bedingte Modifikationen. Das trifft in der Tat für viele derartige Formen zu. Die meisten in der freien Natur als *Gonium sociale* auftretenden Vierzellformen, erweisen sich tatsächlich, wenn man sie in Kultur nimmt als solche Modifikationen von *Gonium pectorale*, da sie sich in frischer Nährlösung von 0,05 Proz. in normale Sechzehnzeller umwandeln. Da die ersten Beschreiber, wie Cohn u. a. immer ihr *G. sociale* gemischt mit normalen Sechzehnzellern antrafen, so scheint es ziemlich sicher, daß es sich hier nur um solche Modifikationen auch bei ihnen handelte. Die Angaben von Warming, wonach der Unterschied zwischen den beiden *Gonium*-Arten hauptsächlich darin bestünde, daß der freie Raum, in dem die vier inneren Zellen zusammenstoßen, bei *G. pectorale* rechteckig, bei *G. sociale* dagegen quadratisch sein solle, trifft ebenfalls nicht zu. Auch hier handelt es sich um einfache Modifikationen, die sowohl bei Vierzellern, wie bei Sechszehnzellern auftreten können (s. Fig. 2, 3 Taf. 15 und die Fig. der Taf. 14). Mehrere Jahre glaubte ich, daß es überhaupt kein vierzelliges *G. sociale* gäbe, da alle in der Natur gefundenen *G. sociale*-Formen sich in der Kultur als Modifikationen von *G. pectorale* erwiesen. Immerhin gibt es auch echte *Gonium sociale*-Formen, die sich morphologisch auch noch durch ihre geringere Zellgröße von *G. pectorale* unterscheiden und die in Kultur stets nur als Vierzeller auftreten (auch bei Kulturen in 0,05 proz. Benneckelösung) und die daher streng erblich von den *G. pectorale* verschieden sind (Fig. 1 und 2 Taf. 15). Im Laufe von 8 Jahren habe ich allerdings erst einmal einen echten *G. sociale*-Stamm in Kultur bekommen.

Wie schon erwähnt, sind die Einzeller, die ja auch in diesem Zustand in der freien Natur vorkommen, von den Angehörigen der

Gattung *Chlamydomonas* nicht zu unterscheiden und daher von den älteren Beobachtern wohl immer als *Chlamydomonas*-Arten angesehen worden. Aber auch hier handelt es sich nur um einfache Modifikationen, denn auch sie kehren bei Zurückführung in Benneckeoder Knoplösung von 0,05 Proz. entweder sofort nach 12—24 Stunden, also bei der nächsten Teilung, oder erst allmählich nach mehreren Teilungen zur Sechzehnerform zurück. Letzteres ist der Fall, wenn man die Gonien längere Zeit als Ein- bis Vierzeller hält. Man kann das, wie schon erwähnt, monatelang durchführen. Die Rückverwandlung in die Sechzehnerzellen kann dann je nach der Dauer der vorangegangenen Behandlung 8—14 Tage trotz reichlicher Vermehrung hinausgeschoben werden. Die längere Haltung unter den umgewandelten Bedingungen hat also eine mehr oder minder anhaltende Nachwirkung hinterlassen. Aus den einfachen Modifikationen sind Dauermodifikationen geworden.

Durch Kultur auf Knopagar (1 g Agar auf 100 ccm 0,1 proz. Knoplösung) lassen sich nun noch weitere Modifikationen und Dauermodifikationen erzeugen. Unter diesen Bedingungen wandeln sich nämlich die Gonien ebenfalls nach längerer Kultur in Vier-, Zwei- und Einzeller um, so daß man nach einigen Wochen fast vorwiegend Einzeller findet. Im Gegensatz zu den alten flüssigen Kulturen werden hier bei den Gonien auch die Geißeln rückgebildet, und die in flüssigen Kulturen sehr zarte und schwer sichtbare äußere Gallertzone quillt mächtig auf und verdichtet sich zu festen scharf abgegrenzten Gallerthüllen, innerhalb der die Einzelzellen meist ihren Zusammenhang verlieren (Taf. 14 Fig. 4—6). Diese Formen haben ganz das Aussehen von *Gleocystis*-Arten. Doch handelt es sich auch hier nur um Modifikationen und Dauermodifikationen, da auch diese Formen bei Überführung in frische Nährlösung sofort oder nach einiger Zeit zu normalen Formen zurückkehren. Bei dieser Rückführung in die Nährlösung entwickeln die „*Gleocystis*-Formen" nach kurzer Zeit wieder ihre Geißeln, bilden die breite Gallertzone zurück und der Chromatophor erhält wieder seine scharfe Begrenzung (Taf. 14 Fig. 3). Die Rückkehr zu Sechzehnzellern erfolgt bei der nächsten oder den nächstfolgenden Teilungen.

Die weitgehende Modifizierbarkeit, wie sie hier für *G. pectorale* beschrieben ist, ist für Grünalgen nichts Neues. Sie wurde schon für verschiedene Formen, speziell von CHODAT und seinen Schülern beschrieben, doch sind vielleicht bei keiner der bisher beschriebenen Formen derartig weitgehende, die Formcharaktere anderer Gattungen, ja anderer Familien und Ordnungen aufweisende Umänderungen

bekannt geworden, wie gerade hier bei *Gonium pectorale*. Im großen und ganzen lassen sich diese Umänderungen alle als Hemmungserscheinungen kennzeichnen resp. beurteilen (mit Ausnahme der Bildung der dichten Gallerthüllen der „*Gleocystis*-Formen". Doch müssen wir uns bewußt bleiben, daß mit einer solchen Kennzeichnung natürlich für die kausale Erklärung noch gar nichts gewonnen ist.

c) Die experimentelle Erzeugung von Riesen- und kugeligen Kolonien („*Eudorina*"-Formen).

Noch frappanter als die bisher beschriebenen geißellosen atypischen Formen von *Gonium pectorale* sind nun Riesenformen und aus ihnen hervorgehende *Eudorina*-artige, kugelige Kolonien, die man bei *Gonium pectorale* durch ganz bestimmte Außenbedingungen erzeugen kann. Während bei den vorher beschriebenen Modifikationen die eigentlichen physikalisch-chemischen Faktoren, die diese „Hemmungs"-bildungen hervorrufen, unbekannt sind, ist es hier auch möglich, eine bestimmte physikalische Ursache für die Erzeugung dieser Formen anzugeben. Bei Kultur von *Gonium pectorale* in stark konzentrierter Knoplösung von 0,2—0,5 Proz. wird nämlich bei einem erheblichen Prozentsatz der Kolonien die Teilung gehemmt, während das Wachstum weiter fortschreitet (Tab. 4). Auf diese Weise können Formen entstehen, die den Durchmesser der Normalformen um das 3—4 fache übertreffen (vgl. auf Taf. 15 Fig. 3 mit 4 und Fig. 6 mit 8 u. 9). In welcher Weise physikalisch-chemisch diese Hemmung der Teilung und Steigerung des Wachstums durch die höhere Konzentration der Nährlösung zustande kommt, ist unbekannt. Fest steht nur, daß allein diese stärkere Konzentration dieses Resultat zur Folge hat (Tab. 4). Die Riesenformen lassen sich nun in dieser Nährlösung wochen-, ja monatelang am Leben erhalten. Besonders wenn die Konzentration der Nährlösung nicht zu stark war, können auch bei diesen Riesenformen dann Teilungen der Zelle einsetzen, doch bleiben die Tochterzellen ganz kompakt eng beieinander und werden nicht frei. In der Regel sterben die Riesenzellen in derselben Lösung ohne sich zu teilen nach einigen Monaten.

Bringt man dagegen die Riesenformen in Nährlösungen von niederer Konzentration (0,05 Proz.), so setzt bei allen die Teilung ein und die dadurch gebildeten Tochterkolonien werden wie bei normalen Kulturen frei und schwärmen aus (Tab. 4). Während aber, wie oben geschildert, die normalen *Gonium*-Kolonien durchgängig nur plattenartig angeordnet sind, bilden die Riesenformen stets kugelige Haufen von Zellen, die nach Freiwerden jungen

Tabelle 4.

Bildung von Riesenformen von *Gonium pectorale* in Knoplösung von 0,2 Proz. + bedeutet wenig, ++ etwas reichlicher, +++ reichlich und ++++ sehr reichliches Vorkommen der betreffenden Formen.

31. X. 19	G. 20 Knopl. 0,05 %	G. 21 Knopl. 0,2 %
1. XI.	8 zell. +	8 zell. +
3. XI.	16 zell. u. 8 zell. + +	8 zell. + (unbew.)
4. XI.	16 zell. u. 8 zell. + + + +	8 zell. + + (unbew., sehr groß)
5. XI.	„	„
6. XI.	„	8 zell. + + unbew., sehr groß, Teil. angebahnt
8. XI.	„	8 zell. + + unbew., sehr groß Teil. angebahnt

Tabelle 5.

7. XI. 19	G. 32 aus G. 21 (Riesen) Benn. 0,05 %	G. 34 aus G. 21 (Riesen) Knop 0,2 %
8. XI.	„*Eudorina*"- Formen	Riesen, einzell.
9. XI.	klein 8 zell. Gon.	„
10. XI.	„	„
11. XI.	8 zell. + + +	„
13. XI.	8 zell. + + + 16 zell. + +	16 zell. +
14. XI.	8 zell. + + 16 zell. + + + +	16 zell. + + 8 zell. + +
19. XI.	16 zell. + + + +	16 zell. + + 8 zell. + + + Riesen
21. XI.	tot	16 zell. + + 8 zell. + + + Riesen

Eudorina-Kolonien zum Verwechseln ähnlich sehen. Fig. 5 (Taf. 15) zeigt solche umherschwärmende kugelförmige Kolonien von *Gonium pectorale*, Fig. 7 eine solche bei stärkerer Vergrößerung. In Fig. 10 sehen wir einen großen vierzelligen Riesen, bei dem die Zellteilung bereits eingesetzt hat, in Fig. 11 und 12 zwei herumschwärmende kugelige Kolonien, von denen die erstere etwa 20 Zellen, die letzte wie eine normale *Eudorina*-Kolonie 32 Zellen aufweist.

Die einfachste Erklärung für das Auftreten dieser *Eudorina*-Formen von *G. pectorale* wäre die, daß infolge des Riesenwachstums auch die Teilungsenergie eine größere ist und statt vier Zellteilungen, wie bei der Fortpflanzung einer normalen typischen *Gonium*-Form nun 5 Zellteilungen einsetzen und daß die dadurch zustande gekommene größere Zellzahl (32) nun ihrerseits den Zellhaufen dazu veranlaßte, zu einer Kugel sich umzuwandeln. Doch kann diese Erklärung nicht völlig zutreffend sein. Denn einmal werden auch weniger-zellige „*Eudorina*"-Formen beobachtet, unter Umständen sogar sechzehnzellige und dann haben wir oben von *Eudorina* kennen gelernt, daß eine normale 32 zellige *Eudorina* umgekehrt in die plattenförmige „*Gonium*"-Form umgewandelt werden kann. Es müssen daher andere chemisch-physikalische Ursachen wirksam sein, die in einem Falle bewirken, daß die in einem Kolonialverband zusammenhängenden Zellen in der Form einer Platte verharren, während sie im anderen Fall die Platte zu einer Kugel umstülpt. Welcher Art diese physikalisch-chemischen Vorgänge sind, entzieht sich heute unserer Kenntnis.

Literaturverzeichnis.

Cohn, F. (1853): Über eine neue Gattung aus der Familie der Volvocineen. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. 4.

— (1854): Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. Nova acta Leopl. Carol. Vol. 24 fasc. 1 p. 101.

Harper, R. A. (1912): The structure and development of the colony in Gonium. Transact. of the amer. micr. soc. Vol. 31 p. 65.

Hartmann, M. (1921 a): III. Mitteilung. Die dauernd agame Zucht von Eudorina elegans, experimentelle Beiträge zum Befruchtungs- und Todesproblem. Arch. f. Protistenk. 1921 Bd. 43 Heft 1/2.

— (1921 b): Praktikum der Protozoologie. 4. Aufl. 1921.

Kuschakewitsch, S. (1923): Zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte von *Volvox*. Bull. de l'Acad. Sc. de l'Oukraine Vol. 1 p. 31.

Oltmanns, Fr. (1922): Morphologie und Biologie der Algen. Bd. 1 2. Aufl. 1922.

Warming, E. (1876/77): Ein vierzelliges Gonium. Botanisk Tidsskrift 3. R. V. 1.

Tafelerklärung.

Tafel 12.

Eudorina elegans. Bennecke-Agar-Kultur. Umstülpung einer jungen Kolonieanlage (+), fortschreitend im Leben photographiert von Dr. BĚLAŘ. Vergr. 340. Die Gonienkultur wurde direkt von der Agarplatte ohne Auflegung eines Deckglases photographiert, um alle Störungen der Entwicklung zu vermeiden. Die Zeitpunkte der einzelnen Aufnahmen sind folgende: 1—$4^h 3'$, 2—$5^h 3'$, 3—$5^h 11''$, 4—$5^h 15''$, 5—$5^h 22'$, 6—$5^h 25'$, 7—$5^h 27'$, 8—$5^h 30'$, 9—$5^h 37'$, 10—$5^h 45'$, 11—$5^h 55'$, 12—$6^h 35$.

Tafel 13.

Eudorina elegans.

Fig. 1. Ausschwärmen junger *Gonium*-artiger Kolonien, die bei der Teilung einer normalen *Eudorina*-Kolonie bei Kultur in 0,05 proz. Molischlösung an der künstlichen Sonne entstanden sind. Vergr. 100.

Fig. 2. Plattenförmige „*Gonium*-Formen" von *Eudorina*, die meisten in Teilung, bei der wieder „*Gonium*-Formen" gebildet werden. Vorwiegend Sechzehnzeller, teilweise Vier- und Einzeller. Vergr. 100.

Fig. 3. Zwei Einzeller von *Eudorina* bei starker Vergrößerung. Vergr. 800.

Fig. 4. Ein Vierzeller bei starker Vergrößerung. Vergr. 800.

Fig. 5. 16-zellige „*Gonium*-Form" von *Eudorina*. Vergr. 800.

Fig. 6. 32-zellige „*Gonium*-Form" von *Eudorina*. Vergr. 800.

Tafel 14.

Gonium pectorale MÜLLER.

Fig. 1. Erwachsene normale Kolonie, fixiert und gefärbt. Vergr. ca. 1000. Dr. BĚLAŘ gezeichnet.

Fig. 2—6 nach dem Leben gez. Vergr. 1300.

Fig. 2. Vierzeller („*Gonium sociale*"-Form aus Knoplösung von 0,1 Proz.).

Fig. 3. Einzeller („*Chlamydomonas*-Form"). Aus der *Gleocystis*-Form" Fig. 4 einige Stunden nach Überführung in 0,05 proz. Knoplösung entstanden.

Fig. 4—6. Ein-, Zwei-, Vierzeller ohne Geißeln mit breiter derber Gallerthülle („*Gleocystis*-Formen" aus älterer Knopagarkultur).

Tafel 15.

Fig. 1 u. 2. *Gonium sociale*, alle übrigen *Gonium pectorale*. Sämtliche Photographien nach dem frischen Objekt.

Fig. 1. Kultur von *Gonium sociale* in Knoplösung von 0,05 Proz. Vergr. 100.

Fig. 2. Dasselbe stärker vergrößert. Vergr. 800.

Fig. 3. *Gonium pectorale.* Kultur von 18 Tagen in 0,01 proz. Knoplösung. Vorwiegend Vier- und Achtzeller. Vergr. 100.

Fig. 4. *Gonium pectorale.* Kultur in 0,5 proz. Knoplösung. Ein-, vier- und achtzellige Riesen. Vergr. 100.

Fig. 5. *Gonium pectorale*, junge kugelige Kolonien, „*Eudorina*-Formen". Am 3. Februar 1921 aus Riesenformen vom 27. Januar 1921 erhalten in 0,1 proz. Knoplösung. Vergr. 100.

Fig. 6. Desgl. Einzellige junge kugelige Kolonie („*Eudorina*-Form"), stärker vergrößert. Vergr. 800.

Fig. 7. *Gonium pectorale*, normale sechzehnzellige Kolonie in Teilung. Vergr. 800.

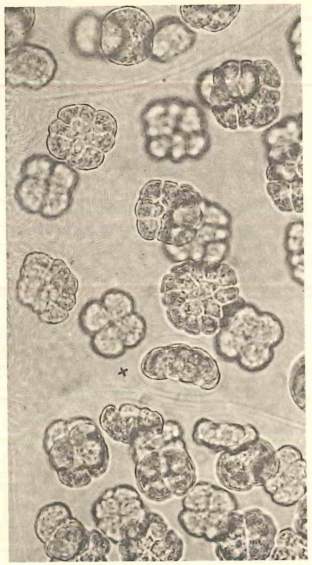
Fig. 8. Einzellige Riesenform von *Gonium pectorale* vom 8. November 1919 Vergr. 900.

Fig. 9. *Gonium pectorale*, einzellige Riesenform. Am 3. Februar 1921 aus Kultur vom 25. Januar 1921 in 0,5 proz. Knoplösung. Vergr. 800.

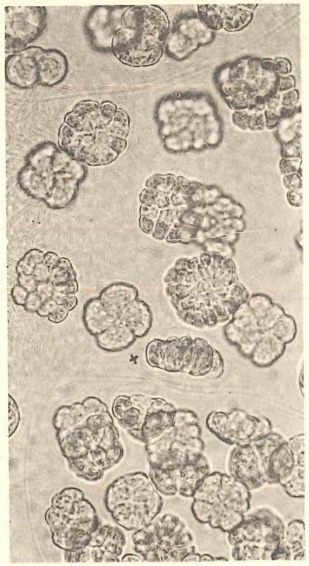
Fig. 10. Vierzellige Riesenform von *Gonium pectorale* vom 8. November 1919. Vergr. 900.

Fig. 11. „*Eudorina*-Form" von *Gonium pectorale*, ca. 20-zellig. Am 8. Nov. 1919 aus Riesen von G. 21 C erhalten. Vergr. 900.

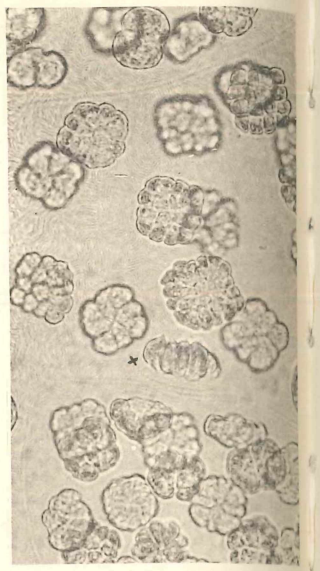
Fig. 12. *Gonium pectorale*, „*Eudorina*-Form", 32-zellig. Am 8. November 1919 aus Riesen von G. 21 C. erhalten. Vergr. 900.



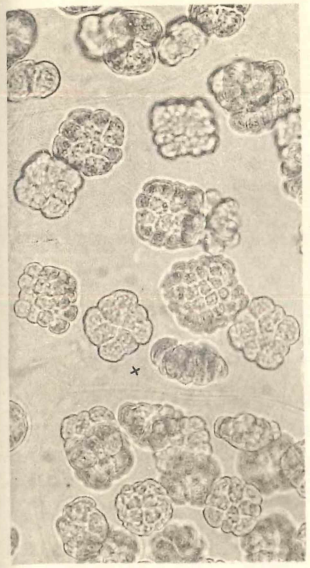
1



2

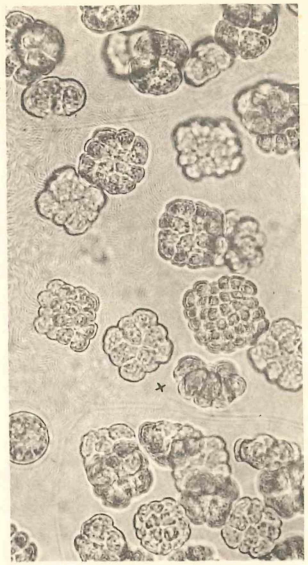


3

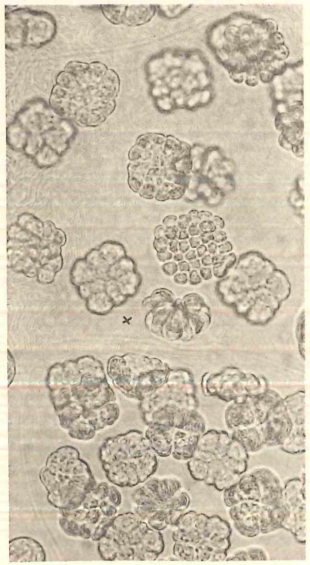


4

5

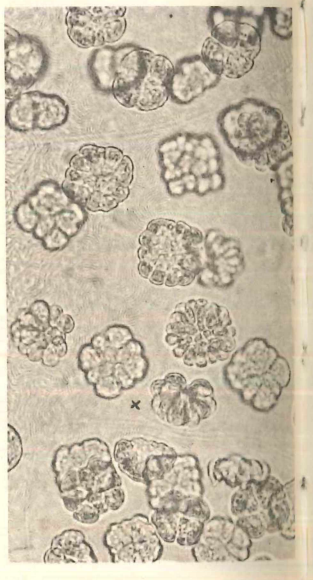


6

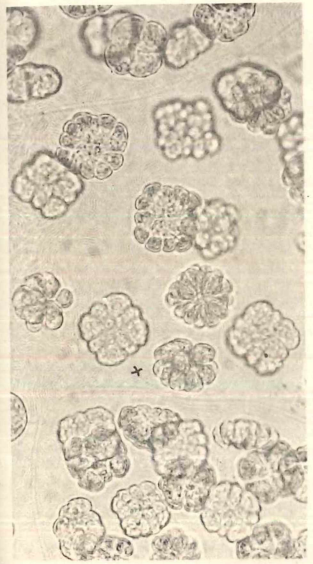


7

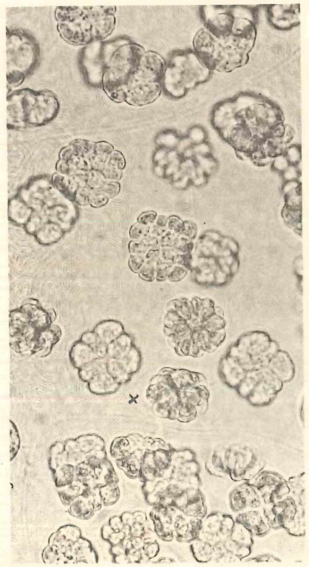
8



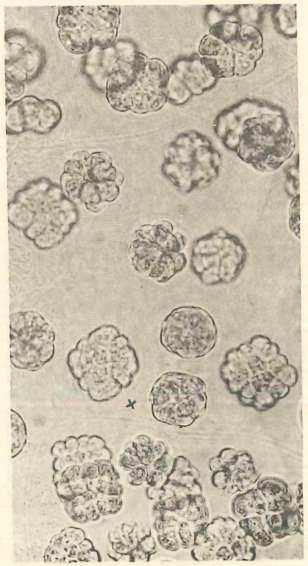
9



10



11

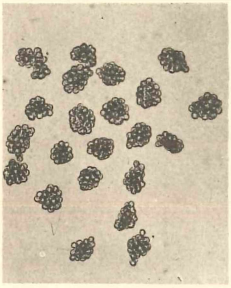


12

Hartmann.

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

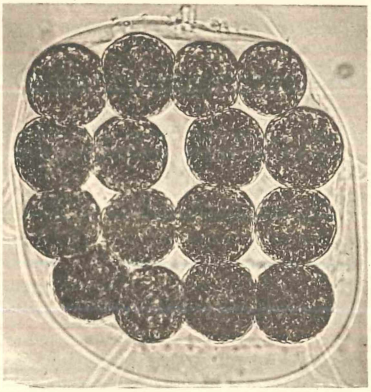


1.

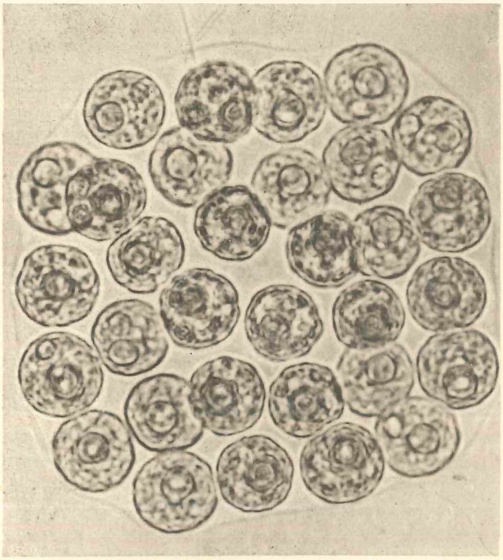
2.

3.

4.



5.

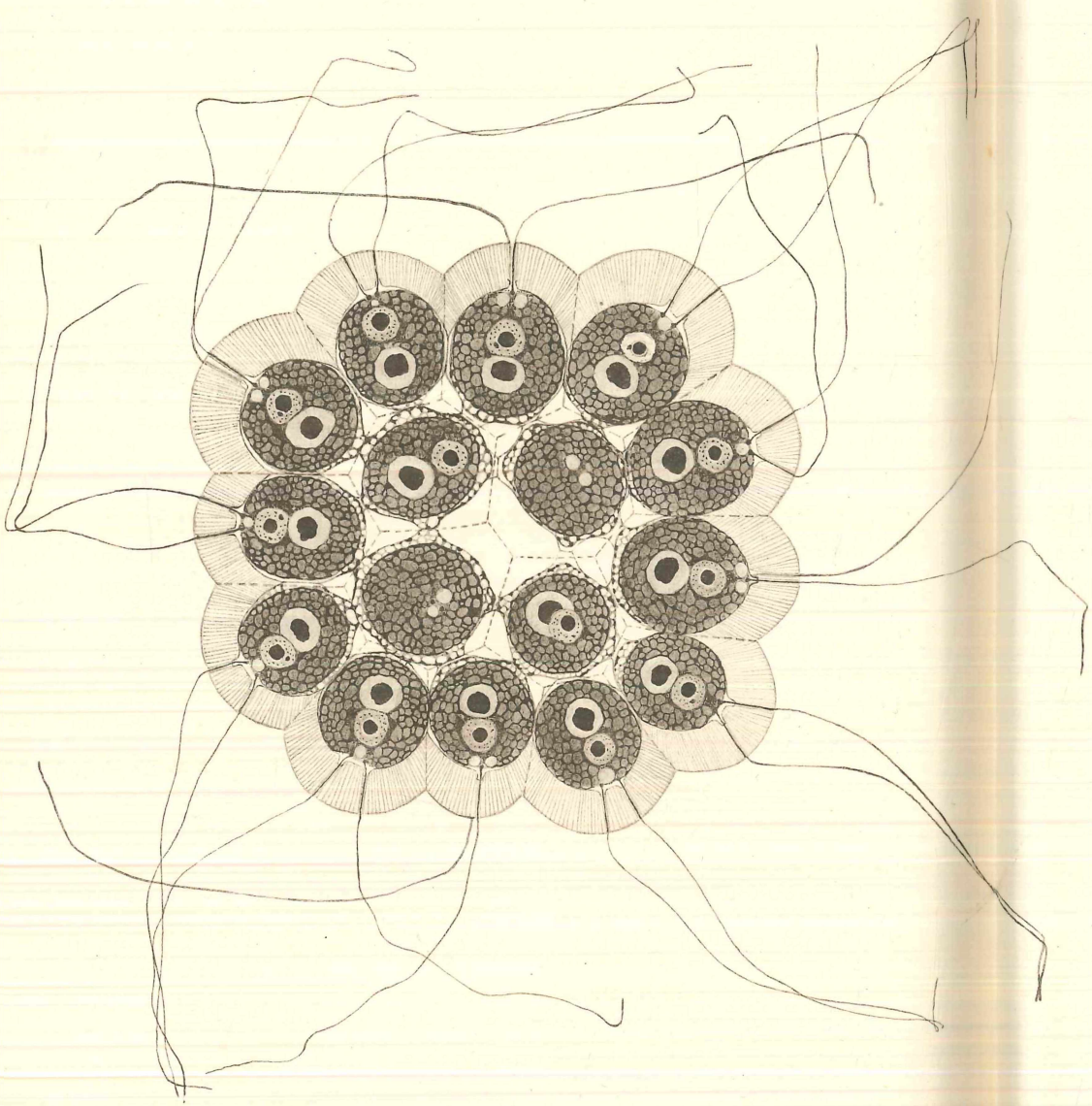


6.

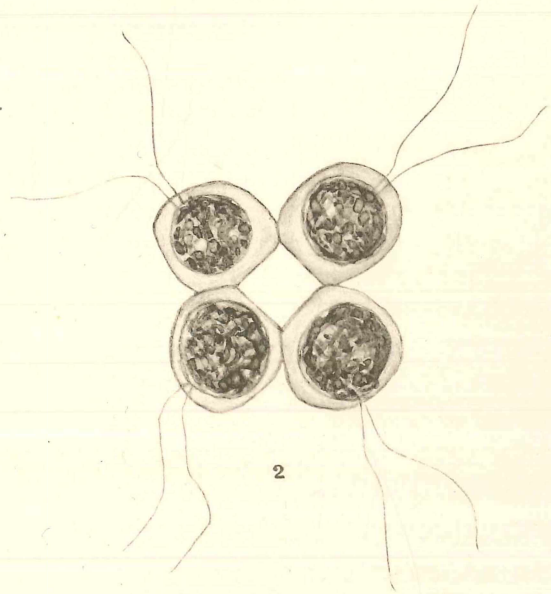
Hartmann.

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

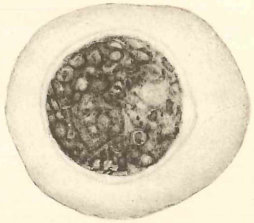


1

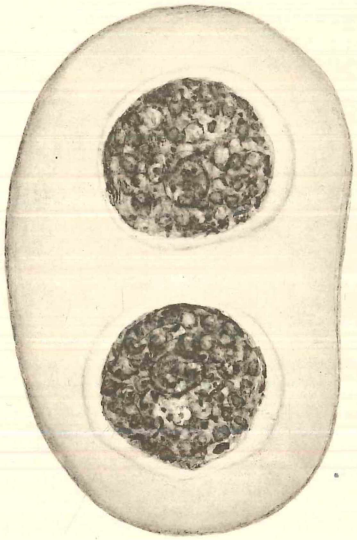


2

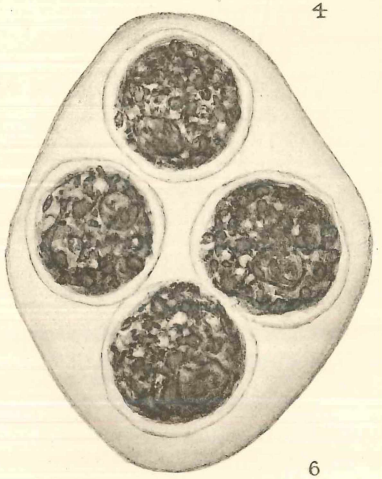
3



4



5

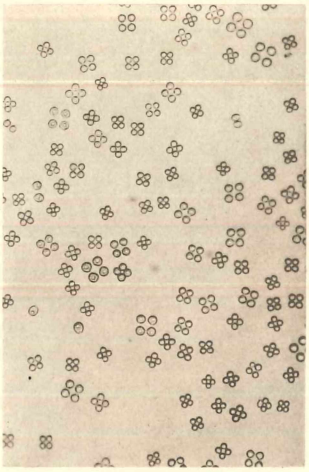


6

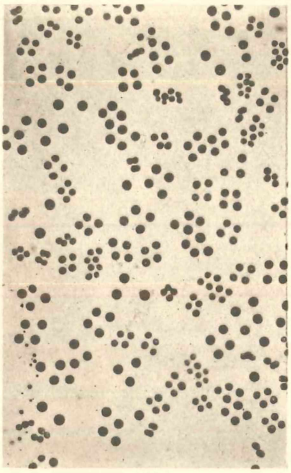
Hartmann.

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.

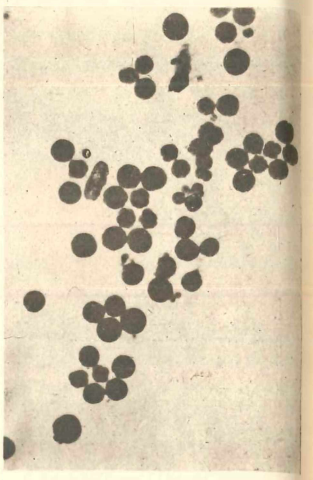
Verlag von Gustav Fischer in Jena.



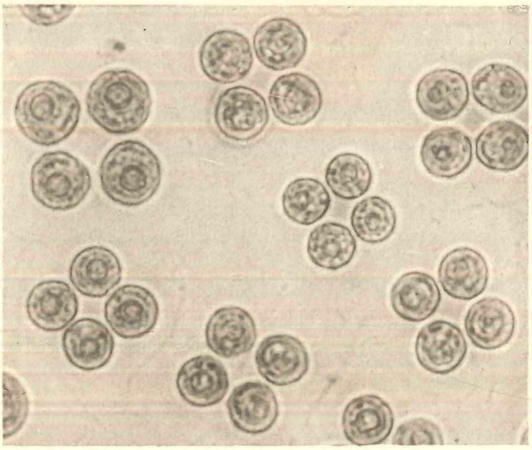
1.



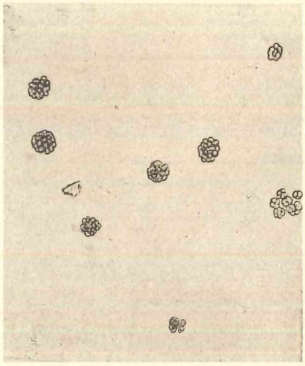
3.



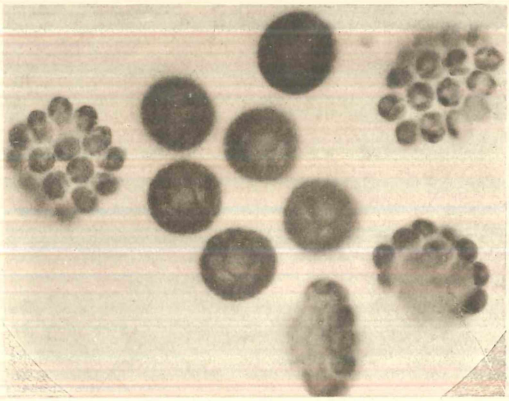
4.



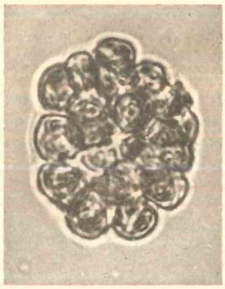
2.



5.



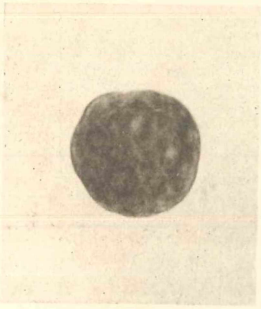
7.



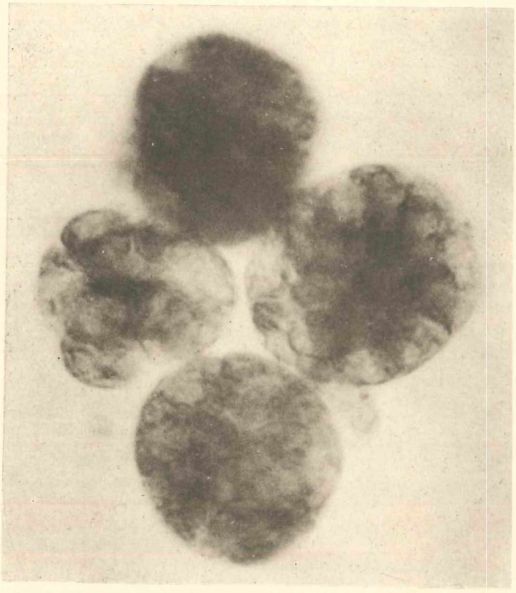
6.

Hartmann.

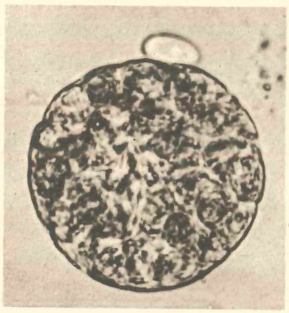
Verlag von Gustav Fischer



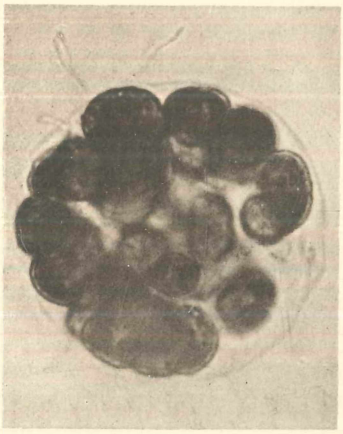
8.



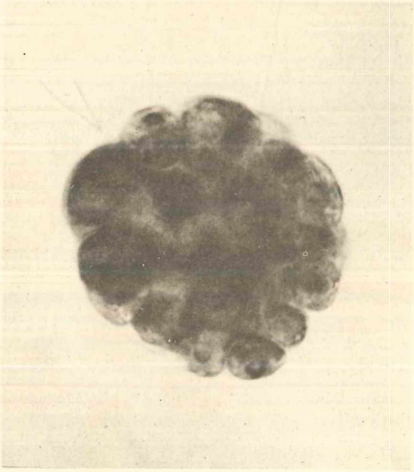
10.



9.



11.



12.

Lichtdruck von J. B. Obernetter, München.

in Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Protistenkunde

Jahr/Year: 1924

Band/Volume: 49_1924

Autor(en)/Author(s): Hartmann Max

Artikel/Article: Über die Veränderung der Koloniebildung von Eudorina elegans und Gonium pedorale unter dem Einfluß äußerer Bedingungen 375-396