

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

*Wissenschaftlicher Film C 883/1964*

**Morphologie und Fortpflanzung der Phytomonadinen**

Begleitveröffentlichung von

Prof. Dr. K. G. GRELL

Mit 8 Abbildungen

GÖTTINGEN 1965

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht  
bestimmt

Länge der Kopie (16-mm-Tonfilm, schwarz-weiß): 145 m  
Vorföhrdauer: 13 ½ Min. — Vorföhrgeschwindigkeit: 24 B/s

Der Film zeigt einzeln lebende (*Chlamydomonas*, *Haematococcus*) und koloniale Phytomonaden (*Stephanosphaera*, *Gonium*, *Pandorina*, *Eudorina*, *Pleodorina*, *Volvox*). Von der ungeschlechtlichen Fortpflanzung wird die Zweiteilung von *Chlamydomonas* und die Entwicklung der Tochterkolonien bei *Gonium pectorale* und *Pleodorina californica* vorgeführt (Zeitrafferaufnahmen). Auch die Agglutinationsreaktion und Gametenkopulation von *Chlamydomonas eugametos*, die Gametenbildung von *Haematococcus pluvialis* und die Oogamete (Eizellen, Spermatozoiden) von *Eudorina elegans* werden demonstriert.

Der Film wurde im Jahre 1963 aufgenommen  
Veröffentlichung aus dem Zoologischen Institut der  
Universität Tübingen

Direktor: Prof. Dr. K. G. GRELL

und dem

Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen

(Direktor: Dr.-Ing. G. WOLF)

Dr. H. KUCZKA

Aufnahme: H. H. HEUNERT

# Morphologie und Fortpflanzung der Phytomonadinen

K. G. GRELL, Tübingen

## Allgemeine Vorbemerkungen

Die Einzeller, von denen dieser Film handelt, werden in der zoologischen Systematik zu den Flagellaten oder Geißeltierchen gerechnet, während sie in der botanischen Systematik an den Anfang der Chlorophyceen oder Grünalgen gestellt werden. Sie werden von den Zoologen als *Phytomonadina*, von den Botanikern als *Volvocales* bezeichnet.

Von allgemeiner Bedeutung sind die Phytomonadinen vor allem deshalb, weil außer Arten, die nur als Einzelzellen auftreten, auch solche vorkommen, bei denen die Zellen nach der Teilung zusammenbleiben, so daß Zellkolonien von bestimmter Zahl und Anordnung der Einzelzellen entstehen. Dies ist der Grund, weshalb die Grenze zu den Algen fließend ist.

Andererseits stellen die Phytomonadinen<sup>1)</sup> nach dem Bau der Einzelzellen typische Flagellaten dar. Ihr Körper (Abb. 1), der meist oval, seltener spindelförmig oder rund ist, zeigt eine deutliche Polarität. Am Vorderende entspringen zwei gleichlange Geißeln, die ausschließlich der Fortbewegung dienen. Zwischen ihren Ansatzstellen kann das Vorderende zu einer Papille ausgezogen sein. Die Zellmembran (*Zm*) enthält Zellulose und kann sich von dem Plasmakörper (Protoplast) abheben oder zu einer Gallerte verquellen. Letzteres ist beispielsweise bei *Haematococcus* der Fall, wo die Gallerte von feinen Plasmafortsätzen und den beiden Geißelkanälen durchsetzt ist. Der größte Teil der Zelle wird von einem großen becherförmigen Plastiden oder Chloroplasten (*Ch*) ausgefüllt, welcher ihr eine grüne Farbe verleiht. Besondere Differenzierungen des Plastiden stellen die Pyrenoide dar (*Py*), welche eine — im Einzelnen noch ungeklärte — Rolle bei der Stärkebildung spielen. Auch der stets rot gefärbte Augenfleck (Stigma, *St*) ist ein besonders differenzierter Teil des Chloroplasten und besteht aus einigen Lagen gleichgroßer Karotinoid-Granula. Die süßwasserbewohnenden Arten besitzen pulsierende Vakuolen (*V*), die meistens am Vorderende liegen. Im Innern der Zelle befindet sich der Kern (*K*), der einen zentralen Nukleolus enthält.

---

<sup>1)</sup> Herrn Prof. C. STARR (Bloomington, Indiana, USA) danken wir für die Übersendung verschiedener Kulturen.

Bei den Arten, welche Zellkolonien bilden, kleben die Einzelzellen entweder unmittelbar mit ihren Zellmembranen aneinander (*Chlamydothryx*, *Spondylomorom*), oder sie liegen mehr oder weniger locker in einer gemeinsamen Gallerte verteilt. Die Form der Kolonie kann scheibenförmig, kugelig oder eiförmig sein. Auch die Zahl der Einzelzellen ist sehr verschieden. Während eine Kolonie von *Gonium sociale* nur aus vier Zellen besteht, kann eine Kugel von *Volvox globator* bis zu 20000 Zellen enthalten. Auch innerhalb einer Art kann die Zellenzahl in bestimmten Grenzen schwanken. Einzelheiten sind dem im Film gesprochenen Kommentar (Wortlaut S. 15) zu entnehmen. Neben der Zahl spielt auch die Anordnung der Zellen für das Aussehen der Kolonien eine Rolle.

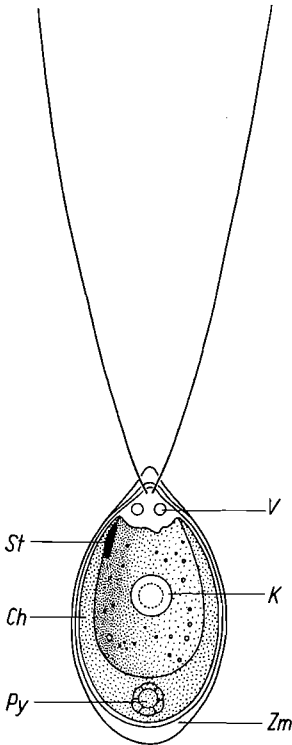


Abb. 1. Schema einer *Chlamydomonas*-Zelle

Abkürzungen s. Text. Verändert nach PASCHER [11]

Die Einzelzellen können in der gleichen Ebene liegen (*Stephanosphaera*, *Gonium*), in mehreren Kränzen aufeinanderfolgen (z. B. *Eudorina*) oder eine oberflächliche Schicht der Gallertkugel bilden (z. B. *Volvox*). Wenn sie nicht aneinanderstoßen, können die Zellen in der Kolonie ganz isoliert liegen oder — wie es für *Volvox globator* und *V. aureus* charakteristisch ist — durch Plasmastränge (Plasmodesmen) verbunden sein.

In jedem Falle ist eine solche Phytomonadinenkolonie nicht nur ein Aggregat von Einzelzellen, sondern ein Individuum höherer Ordnung, das sich gerichtet fortbewegt und auf Reize in bestimmter Weise reagiert. Wie GERISCH [4] zeigen konnte, beruht die Bewegungskoordination der Zellen auf ihrem asymmetrischen Bau. Jede Zelle ist so orientiert, daß die Verbindungslinie beider Geißelansatzstellen parallel zum Äquator der Kolonie verläuft (Abb. 4a,  $g-g$ ). Die Schwingungsebenen beider Geißeln, die in der Entwicklung determiniert werden, liegen gegenüber dieser Linie um einen spitzen Winkel nach rechts gedreht ( $u-u$ ), so daß der Kolonie ein Bewegungsimpuls erteilt wird, der zwangsläufig zu einer Rotation im Uhrzeigersinne — vom Vorderpol gesehen — führt. Da die Geißelschwingung auch nach Isolierung unverändert bleibt, können einzelne Zellen keine Ortsbewegung mehr ausführen, sondern nur noch auf der Stelle rotieren. Zwischen Zellbau und Koloniebildung besteht also eine enge Beziehung. Hierdurch wird der Unterschied deutlich, der zwischen der Zelle einer einzellebenden und der einer kolonialen Art besteht.

Bei den Gattungen *Eudorina*, *Pleodorina* und *Volvox* („*Volvox*-Reihe“, Abb. 2) zeigen die Kolonien eine Polarität, die sich zunächst darin äußert, daß sie stets mit dem gleichen Pol voranschwimmen. Bei *Eudorina* liefern die vier Zellen des vordersten Kranzes bei der Fortpflanzung häufig nur 16-zellige Tochterkolonien. Außerdem nimmt die Stigmengröße vom vorderen zum hinteren Pol der Kolonie ab. Bei *Pleodorina* und *Volvox* ist die Polarität der Kolonie noch mit einer Differenzierung in generative und somatische Zellen verbunden. Während die generativen unbegrenzt teilungsfähig sind, haben die somatischen Zellen ihr Fortpflanzungsvermögen mehr oder weniger weitgehend eingebüßt. Am Anfang dieser „Somatisierung“ steht *Pleodorina illinoisensis*, bei welcher nur die vier Zellen des Vorderpols somatisch sind. Bei *Pleodorina californica* beträgt das Verhältnis der somatischen zu den generativen Zellen etwa 3 : 5, wobei die somatischen die vordere, die generativen die hintere Koloniehälfte einnehmen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Gesamtzahl der Zellen 32, 64 oder 128 beträgt. Bei den Arten der Gattung *Volvox* sind in der hinteren Hälfte nur noch einzelne generative Zellen eingesprengt, während alle übrigen Zellen somatisch sind. In allen Fällen, in denen eine derartige Zelldifferenzierung auftritt, liegen also am Vorderpol ausschließlich somatische Zellen. Diese sind meistens kleiner als die generativen. Bei *Pleodorina californica* enthalten nur die somatischen Zellen ein Stigma und sind phototaktisch reizbar, so daß die funktionelle Bedeutung der Zelldifferenzierung hier in einer Verteilung der Fortpflanzungs- und Orientierungsfunktion auf zwei verschiedene Zelltypen erblickt werden kann (GERISCH, [4]).

Die Fortpflanzung der Phytomonadinen erfolgt auf ungeschlechtlichem oder geschlechtlichem Wege. Die ungeschlechtliche Fort-

pflanzung besteht bei den einzelnen Zellen in einer Längsteilung. Diese kann entweder im freischwimmenden oder im ruhenden Zustand

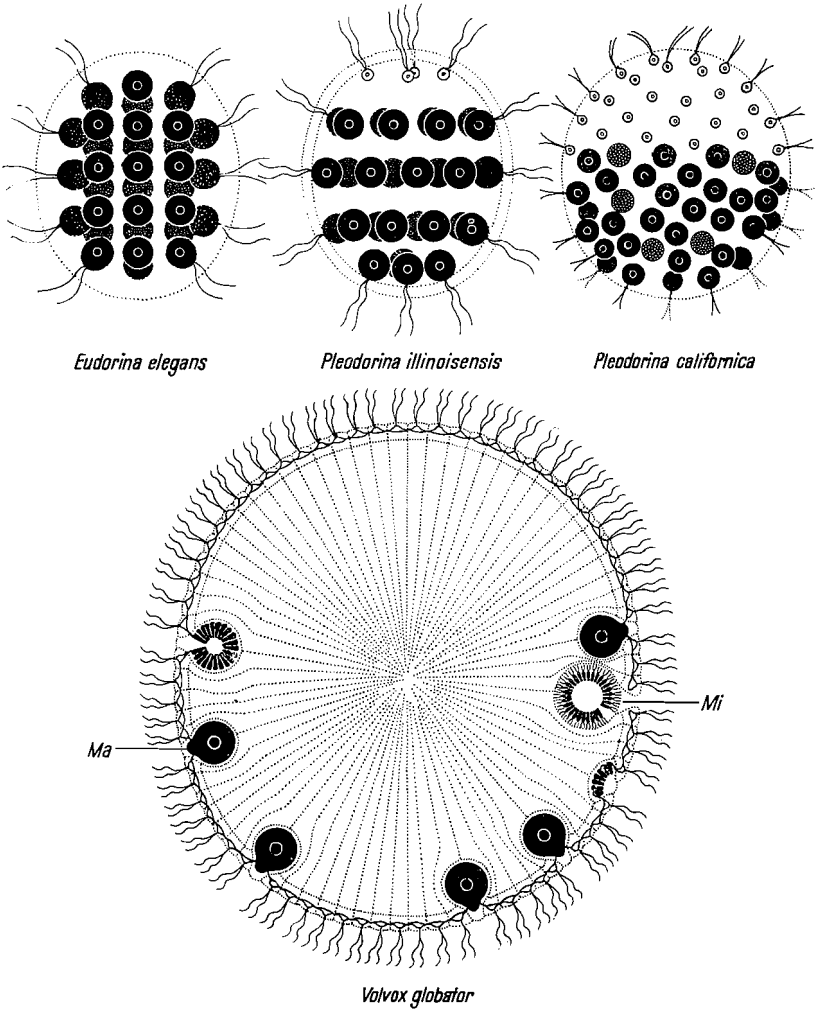


Abb. 2. Reihe der Differenzierung in generative (dunkel) und somatische Zellen (hell) bei den kolonialen Phycomonaden  
Schematisch nach verschiedenen Autoren, aus GRELL [6]

erfolgen. Im letzteren Falle teilt sich meistens nur der Protoplast, so daß die Teilungsprodukte von der Zellulosehülle der Mutterzelle umschlossen sind. Nach der Längsteilung ordnen sich die Tochterzellen häufig hintereinander an. Bei vielen Arten können noch weitere Teilungen innerhalb der Zellulosehülle stattfinden, so daß vier, acht oder mehr Tochterzellen entstehen, die entsprechend kleiner als die Mutterzelle sind. Nach Ausbildung eigener Geißeln können sie die Hülle der Mutterzelle als sogen. Schwärmer (Zoosporen) verlassen. In diesem Falle findet zwischen den aufeinanderfolgenden Teilungsschritten kein Zellwachstum statt.

Auch die Entwicklung der Tochterkolonien bei den kolonialen Arten hat den Charakter einer Furchung, bei der die Ausgangszelle schrittweise zerlegt wird. Die Zellteilungsfolge findet hierbei nach einem festgelegten Muster statt, das im Film an zwei Beispielen gezeigt wird. Einzelheiten sind aus der Arbeit von GERISCH [4] zu entnehmen.

Bei *Gonium pectorale* teilt sich jede der 16 Zellen der Kolonie. Allerdings braucht die Teilung nicht genau synchron zu verlaufen. Nach der zweiten Teilung liegen die vier Furchungszellen in einer Ebene. Der nächste Schritt führt zu einem 8-Zellenstadium, das aus zwei Reihen von je vier Zellen besteht. Durch eine eigenartige Umlagerung der Zellen wird die für die fertige *Gonium*-Kolonie charakteristische Anordnung erreicht, bei welcher vier Zentralzellen von vier zwischen diese eingeschobenen und acht über Eck gestellten Randzellen umgeben sind (Abb. 5 und 6).

Bei *Pleodorina californica* bilden in der Regel nur die generativen Zellen Tochterkolonien aus (Abb. 3). Die erste Teilungsebene (Abb. 4 a,  $t_1-t_1$ ) verläuft parallel zu den Schwingungsebenen der beiden Geißeln (s. o.). Auch hierin äußert sich die schon früher erwähnte Asymmetrie der Zellstruktur. Die zweite Teilungsebene steht senkrecht auf der ersten, so daß vier gleich große Zellen gebildet werden (b). Die dritte Teilung ist inäqual und dextrotrop (c)<sup>1</sup>). Sie führt zur Entstehung einer als „Volvox-Kreuz“ bezeichneten Anordnung, bei welcher vier Zellen in der Mitte zusammenstoßen, während die vier anderen die Lücken der Kreuzfigur schließen (d). Auch die folgenden Teilungen verlaufen gesetzmäßig (e). Schließlich entsteht eine Zellplatte (f), die sich schüsselförmig vertieft, wobei die konkave Seite nach außen gerichtet ist. In dieser Höhlung werden die Geißeln ausgebildet. Durch einen Umstülpungsprozeß (Inversion) wird die ursprüngliche Einwölbung rückgängig gemacht und umgekehrt, so daß die Geißeln nun nach außen zu liegen kommen. Die „umgekehrte Schüssel“ schließt sich dann zur Kugel, indem sich ihre Ränder einander nähern und verschmelzen. Da die Verschmelzungsstelle dem hinteren Pol der fertigen Kolonie entspricht,

---

<sup>1</sup>) Diese Richtungsangabe gilt für die Ansicht vom Geißelpol. Im Film wurden die Zellen vom anderen Pol her aufgenommen.

an dem sie noch als Naht erkennbar bleiben kann, ist anzunehmen, daß die generativen Zellen aus dem Randbereich, die somatischen aus dem zentralen Teil der Zellplatte hervorgehen.

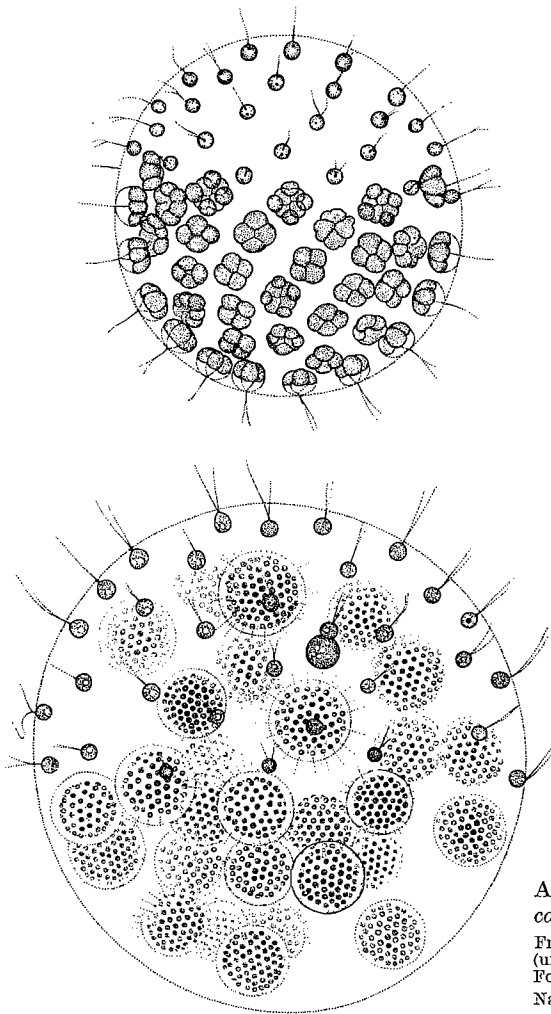


Abb. 3. *Pleodorina californica*

Frühes (oben) und spätes Stadium (unten) der ungeschlechtlichen Fortpflanzung

Nach CHATTON, aus GRELL [6]

Von allgemein-biologischem Interesse sind die Phytomonadinen auch noch deshalb, weil sie die einzige Ordnung der Flagellaten bilden, bei welcher eine geschlechtliche Fortpflanzung allgemein vorzukommen



scheint. Seitdem N. PRINGSHEIM [12] bei *Pandorina morum* die Kopulation der Gameten beobachtete, hat man bei fast allen Arten, die näher untersucht wurden, Geschlechtsvorgänge nachgewiesen. Da der Wechsel von der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Fortpflanzung nicht festgelegt ist, sondern von äußeren Bedingungen abhängt, kann man den Generationswechsel der Phytomonaden als fakultativ bezeichnen. Cytologische und genetische Untersuchungen haben ergeben, daß die Phytomonaden Haplonten mit zygotischer Meiose sind.

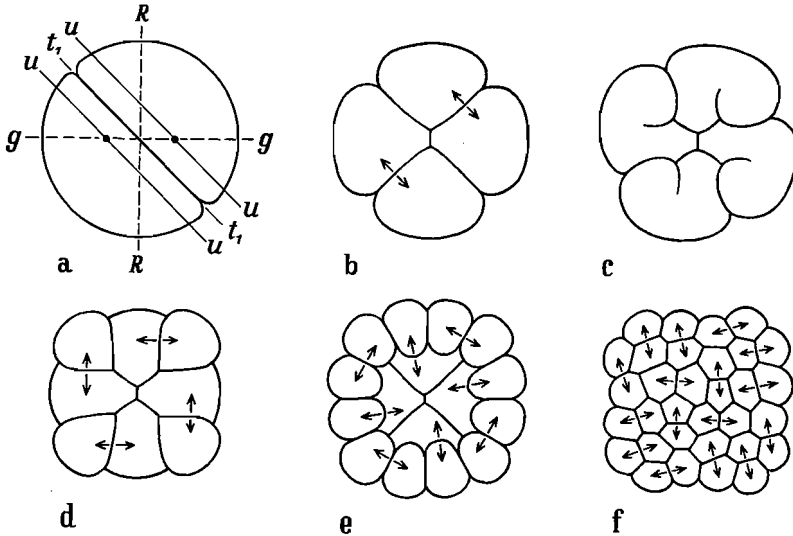


Abb. 4. Schema der Zellteilungsfolge bei den Gattungen *Eudorina* und *Pleodorina*

a: generative Zelle in Teilung;  $t_1-t_1$ : Teilungsebene; g—g: Geißelebene; R—R: Rotationsachse der Kolonie; b: 4-Zellstadium; c: Dritter Teilungsschritt; d: 8-Zellstadium („Volvox-Kreuz“); e: 16-Zellstadium; f: 32-Zellstadium. Die Geschwisterzellen sind durch Pfeile verbunden

Im Anschluß an GERISCH [4]

Ihr Generationswechsel ist daher haplo-homophasisch, d.h. sowohl die ungeschlechtliche als auch die geschlechtliche Fortpflanzung spielen sich in der Haplophase ab; nur die Zygote ist diploid. Diese Verhältnisse seien am Beispiel von *Gonium pectorale* veranschaulicht (Abb. 5). Bei dieser Art konnte auch zum erstenmal eine haplogenetische Geschlechtsbestimmung unter den Protozoen nachgewiesen werden (SCHREIBER, [13]). Bei der Keimung der Zygote schlüpft eine vierzellige Keimkolonie,

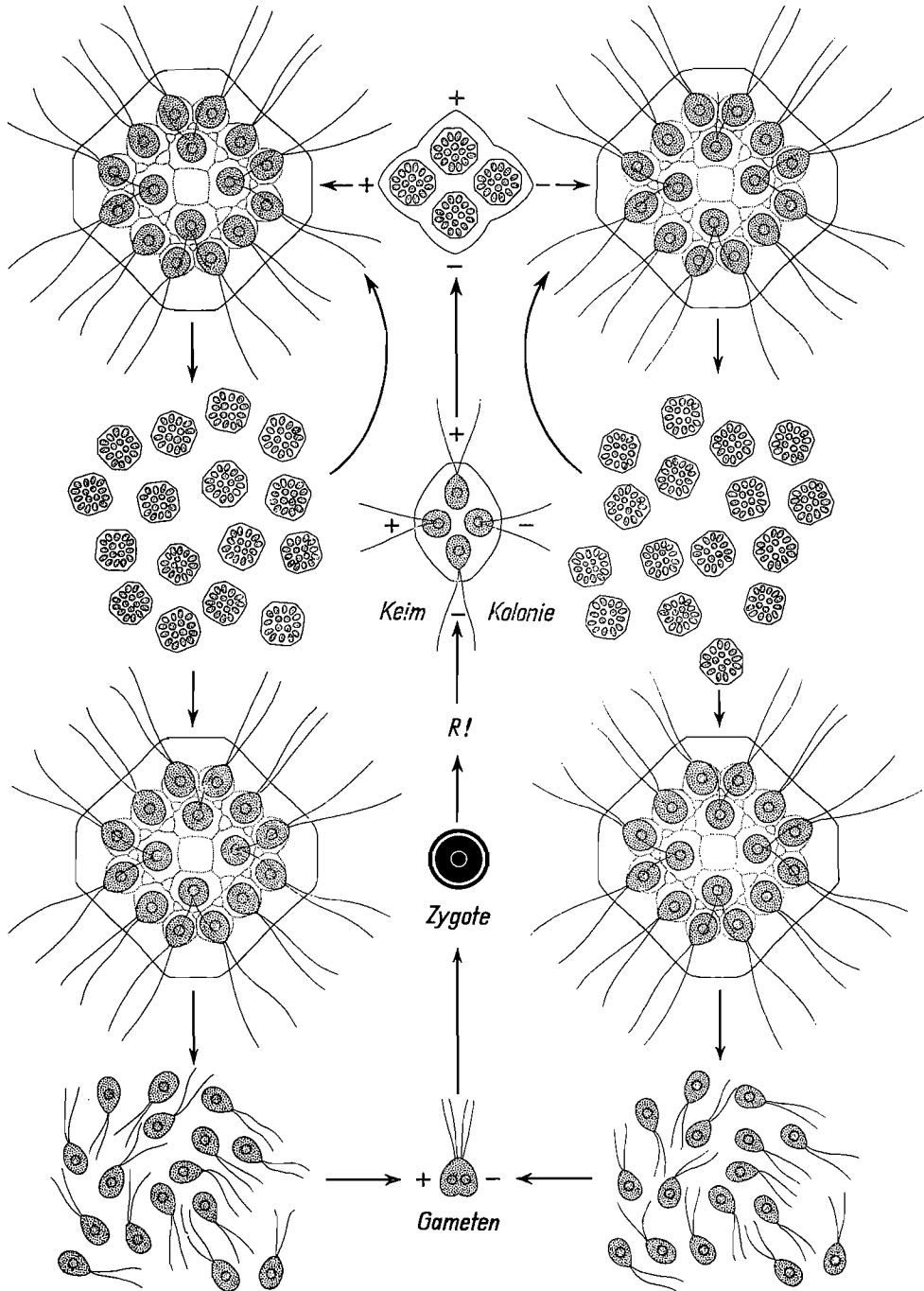


Abb. 5. *Gonium pectorale*

Schema des Generations- und Kernphasenwechsels  
R! Meiose

deren Zellen sich wieder zu Tochterkolonien entwickeln. Wie Klonaufzucht und Kombinationsversuche ergaben, gehören zwei dieser Zellen dem + -, zwei dem —-Geschlecht an. Daraus ist zu schließen, daß der Geschlechtsunterschied auf einem Allelpaar beruht, welches bei der Meiose getrennt wird.

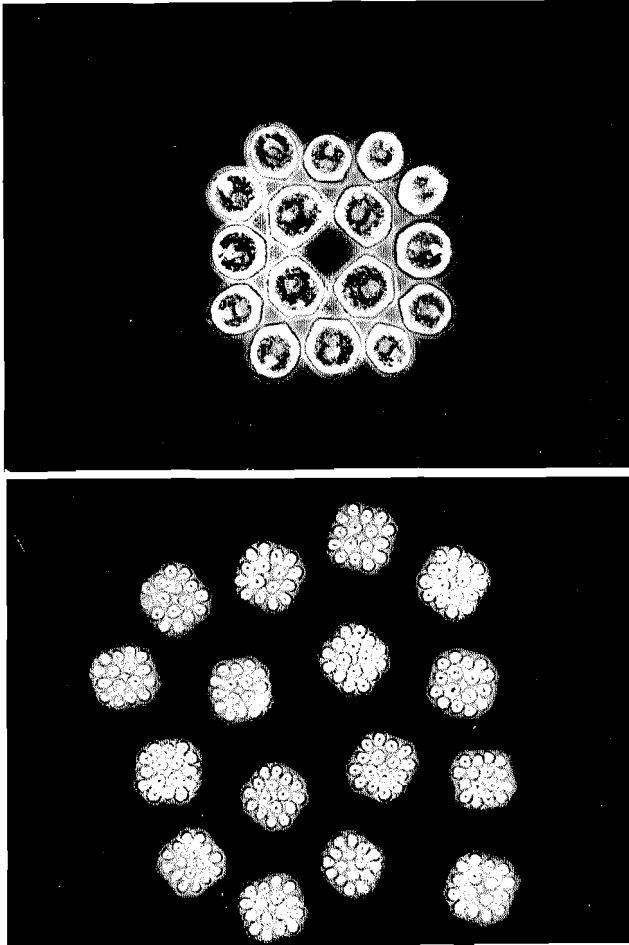


Abb. 6. *Gonium pectorale*

Oben: erwachsene Kolonie. Unten: die aus einer Mutterkolonie hervorgegangenen 16 Tochterkolonien

Die Geschlechtsvorgänge der Phytomonadinen zeigen eine große Mannigfaltigkeit. Schon die Differenzierung der Gameten ist sehr verschieden. Es finden sich alle Übergänge von der Isogametrie, wie sie z. B. bei *Gonium pectorale* besteht (Abb. 5), über eine mehr oder weniger ausgeprägte Anisogametrie zu extremer Oogametrie. Innerhalb der umfangreichen Gattung *Chlamydomonas* kommen alle diese Möglichkeiten vor. Oogametrie, bei welcher große runde Makrogameten oder Eizellen und kleine langgestreckte Mikrogameten oder Spermatozoiden auftreten, ist für die Gattungen *Eudorina*, *Pleodorina* und *Volvox* charakteristisch. Wie Abb. 2 am Beispiel des gemischtgeschlechtlichen *Volvox globator* zeigt, gehen die Eier (*Ma*) unmittelbar aus generativen Zellen hervor, während die Spermatozoiden (*Mi*) auf dem Wege einer Vielteilung entstehen. Bei der — meist getrenntgeschlechtlichen — *Eudorina elegans* schwimmen die aus einer solchen Vielteilung hervorgegangenen Spermatozoidenbündel im Wasser umher und lösen sich dann in der Nähe der weiblichen Kolonie in einzelne Spermatozoiden auf, die in die Gallerthülle eindringen und mit den Eizellen verschmelzen (Abb. 7).

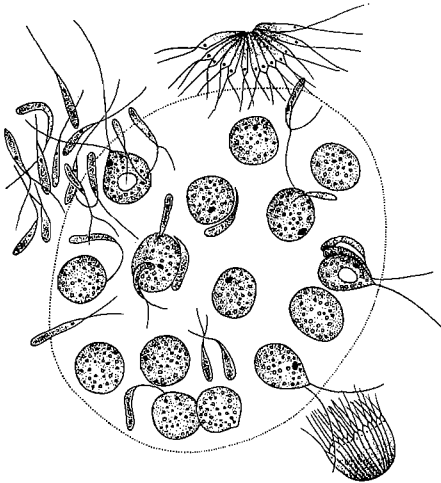


Abb. 7. *Eudorina elegans*  
Weibliche Kolonie, von  
Spermatozoidenbündeln und  
Spermatozoiden umgeben.  
Nach GOEBEL, aus KNIEP [8]

Auch Isogameten können auf verschiedene Weise entstehen. Bei *Chlamydomonas eugametos* kann sich jede Zelle — sofern sie begeißelt ist — in einen Gameten verwandeln. Bei *Haematococcus pluvialis* entstehen die Gameten durch Vielteilung aus einer ruhenden Zelle.

Besonders eingehend wurde die Kopulation der Gameten bei *Chlamydomonas eugametos* untersucht (MOEWUS, [10]; FÖRSTER, WIESE und BRAUNTZER, [3]; WIESE und JONES, [15].) Die +- und —-Klone lassen sich hier leicht auf Agarplatten züchten, wobei die Zellen unbegeißelt bleiben. Übergießt man solche Platten mit destilliertem Wasser, so bilden die Zellen Geißeln aus und werden zu Gameten. Bei der Vereinigung der Suspensionen von +- und —-Gameten findet unter geeigneten Bedingungen eine Agglutinationsreaktion statt. Dabei werden Gruppen von vielen — oft mehreren hundert — Zellen gebildet, die darauf beruhen, daß die Gameten mit ihren Geißelspitzen „verkleben“. Diese Gruppen bleiben bei *Chlamydomonas* etwa eine halbe Stunde bestehen und lösen sich dann in die einzelnen Kopulationspärchen auf (Abb. 8 oben). Beide Gametensorten geben geschlechtsspezifische Stoffe in das Medium ab, die als Glykoproteide erkannt werden konnten. Daß sich beide Gametensorten physiologisch voneinander unterscheiden, läßt sich bei *Chlamydomonas eugametos* auch noch nach ihrer Paarung nachweisen. Zum Unterschied von anderen Arten verschmelzen die Gameten hier nicht unmittelbar nach der Kopulation, sondern schwimmen noch stundenlang umher, wobei sie sich gegenüber liegen und durch eine Plasmabrücke verbunden sind (vis-à-vis-Anordnung, Abb. 8 unten). Obwohl beide Gameten ihre Geißeln behalten, sind nur die des einen Partners aktiv, während die des anderen nachgezogen werden und nur gelegentliche Zuckungen ausführen. Der häufig erkennbare Unterschied in der Zellgröße und Geißellänge beider Gametensorten ist wohl rein modifikatorisch und steht mit der sexuellen Differenzierung in keinem Zusammenhang.

Abschließend sei noch auf die genetischen Untersuchungen hingewiesen, die mit verschiedenen *Chlamydomonas*-Arten ausgeführt worden sind (Zusammenfassung: LEVINE und EBERSOLD, [9]).

Schon für einzelne Arten der Gattung *Chlamydomonas* war bekannt, daß in der Natur Stämme vorkommen, die sexuell gegeneinander isoliert sind (SCHREIBER [13]). Die gleiche Erscheinung wurde neuerdings auch bei kolonialen Arten beobachtet. So waren von den in der Natur gesammelten und im Laboratorium weitergezüchteten Stämmen von *Gonium pectorale* 12 (STEIN [14]), von *Pandorina morum* 15 (COLEMAN [1]) und von *Eudorina elegans* 4 (GOLDSTEIN [5]) sexuell — und damit auch genetisch — gegeneinander isoliert. Würde man die Art im herkömmlichen Sinne definieren, so müßten alle diese Stämme, die sich morphologisch nicht oder nur unbedeutend unterscheiden, als getrennte Spezies beschrieben werden.

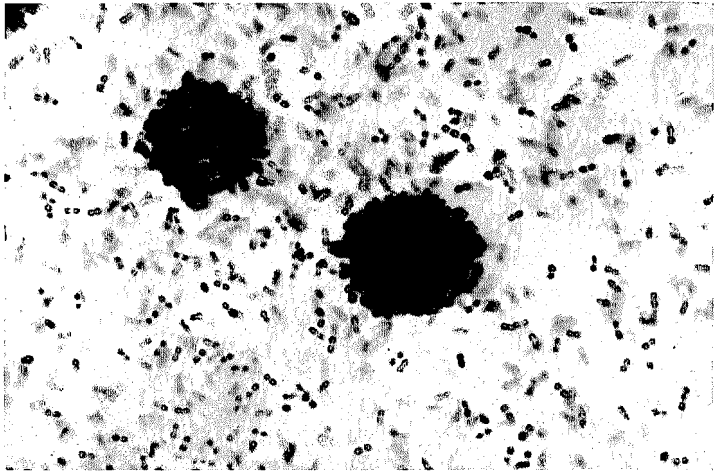
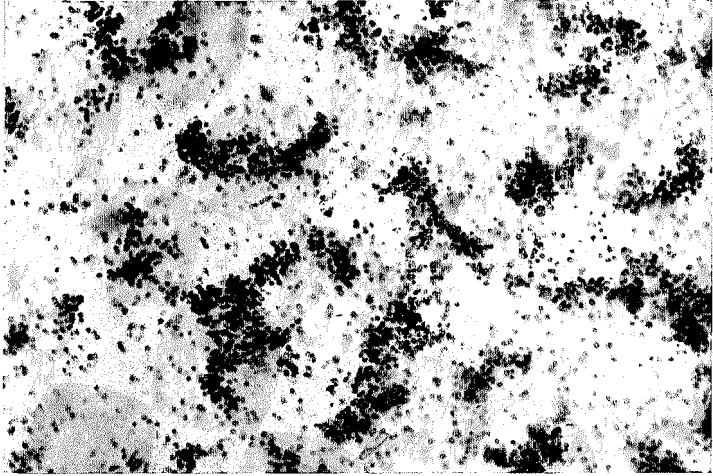


Abb. 8. *Chlamydomonas eugametos*  
Agglutinationsreaktion (oben) und Kopulation der Gameten  
(unten, stärker vergrößert)

## Erläuterungen zum Film<sup>1)</sup>

Die als Phytomonadinen bezeichneten Flagellaten besitzen grüne Plastiden oder Chloroplasten, zwei gleichlange Geißeln und eine zellulosehaltige Zellmembran. Es gibt einzeln lebende und koloniale Arten.

Besonders verbreitet ist die Gattung *Chlamydomonas*, deren Arten im Süßwasser und im Meer vorkommen.

Die *Chlamydomonas*-Zelle ist ganz von einem großen becherförmigen Chloroplasten ausgefüllt, der eine für die Stärkebildung wichtige Struktur, das sogenannte Pyrenoid, enthält. Bei den Süßwasserarten treten pulsierende Vakuolen auf, die unter dem Geißelpol liegen.

### *Chlamydomonas* Zweiteilung einer marinen Art

Die ungeschlechtliche Fortpflanzung besteht in einer Zwei- oder Vierteilung.

Bei *Chlamydomonas* teilt sich die ruhende Zelle innerhalb der Zellulosehülle. Dabei schnürt sie sich der Länge nach durch. Nach der Teilung ordnen sich die Tochterzellen hintereinander an.

Bei dieser Teilung ist die Umorientierung der Tochterzellen besonders deutlich zu erkennen.

### *Chlamydomonas eugametos* Agglutinationsreaktion

Die geschlechtliche Fortpflanzung wurde bei *Chlamydomonas eugametos* besonders eingehend untersucht. Jede Zelle — sofern sie begeißelt ist — stellt hier einen Gameten dar. Allerdings kann nicht jeder Gamet mit jedem beliebigen anderen kopulieren. Beide müssen vielmehr zwei verschiedenen Geschlechtern angehören, die als  $+$ - und  $-$ -Geschlecht bezeichnet werden. Bringt man die Gameten des  $+$ - und  $-$ -Geschlechts zusammen, so findet unter geeigneten Bedingungen eine Agglutinationsreaktion statt. Dabei bilden sich Gruppen von mehreren hundert Zellen, die mit ihren Geißelspitzen aneinander kleben.

Erst nach einiger Zeit lösen sich aus diesen Gruppen die Kopulationspärchen heraus. Da beide Gameten gleichgestaltet sind und höchstens modifikatorisch bedingte Größenunterschiede aufweisen, spricht man hier von Isogametrie.

Beide Gameten liegen bei der Kopulation mit den Geißelpolen aneinander und sind durch eine Plasmabrücke verbunden.

Bei der Vereinigung verhalten sich die Gameten unterschiedlich. Während die Geißeln des einen weiterschlagen, sind die des anderen starr nach hinten gerichtet.

---

<sup>1)</sup> Wortlaut des im Film gesprochenen Kommentars. Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

## *Haematococcus pluvialis*

Bei *Haematococcus pluvialis* ist die Zelle von einer Gallerthülle umgeben, die von feinen Plasmasträngen durchsetzt ist.

Am Vorderende befinden sich zwei Kanäle, durch welche die Geißeln hervortreten. — Häufig gehen die Zellen in einen Ruhezustand über und nehmen dann eine rote Farbe an.

### *Gameten*

#### *Schlüpfen der Gameten*

Aus solchen Ruhestadien können durch Vielteilung zahlreiche Gameten entstehen, die viel kleiner als ihre Mutterzelle sind.

Nacheinander verlassen die Gameten die Gallerthülle.

## *Stephanosphaera pluvialis*

*Stephanosphaera pluvialis* ist eine koloniale Art. Jede Kolonie besteht aus 4, 8 oder 16 Zellen, die innerhalb einer gemeinsamen Gallerte kranzförmig angeordnet sind.

Für die einzelnen Zellen ist der Besitz pseudopodienartiger Fortsätze charakteristisch, die vor allem an den Enden entspringen.

## *Gonium pectorale*

Bei *Gonium pectorale* bildet die Kolonie eine Zellplatte. Sie besteht im typischen Falle aus 16 Zellen, von denen vier in einem inneren, zwölf in einem äußeren Kranz angeordnet sind.

Zwischen beiden Zellkränzen sowie im Innern der Kolonie ist die Gallerte stellenweise von Fenstern durchbrochen. Alle Zellen besitzen zwei lange Geißeln.

### *Bildung der Tochterkolonien*

#### *Zeitraffung 1 : 720 und 1 : 180*

Bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung teilt sich jede Zelle der Kolonie viermal hintereinander; ein Vorgang, der jedoch nicht bei allen Zellen gleichzeitig einzusetzen braucht.

Auf diese Weise entstehen kleine 16zellige Tochterkolonien, deren Zellen wieder zu der Ausgangsgröße heranwachsen.

Der gleiche Vorgang bei stärkerer Vergrößerung. — Hier ist die vielfach durchbrochene Gallerthülle besonders deutlich zu erkennen.

Sobald in einer Tochterkolonie die Teilungen beendet sind, bilden die Zellen ihre Geißeln aus — und die Kolonien trennen sich.

Häufig erfolgen die Teilungen auch völlig synchron, so daß die Mutterkolonie 16 Tochterkolonien enthält, die sich alle im gleichen Stadium befinden. Die Tochterkolonien drehen sich in der verquellenden Gallerte der Mutterkolonie lebhaft hin und her. Schließlich löst sich die Mutterkolonie in lauter Einzelkolonien auf.



### *Pandorina morum*

Bei *Pandorina morum* ist die Kolonie kugelig. Sie besteht aus acht oder sechzehn herzförmigen Zellen, die dicht aneinanderstoßen.

### *Eudorina elegans*

*Eudorina elegans* hat dagegen eine ovale Gestalt und enthält sechzehn oder zweiunddreißig Zellen, die durch Zwischenräume getrennt sind.

### *Mikrogameten*

Die geschlechtliche Fortpflanzung bei *Eudorina* besteht in Oogamete. Es werden sowohl große, runde Eizellen als auch kleine, langgestreckte Spermatozoiden ausgebildet, die ihre Entstehung einer besonderen Vielteilung verdanken.

Hier ein einzelnes Spermatozoid.

Nach dem Eindringen der Spermatozoiden in die weiblichen Kolonien befruchten sie die Eizellen.

### *Pleodorina californica*

Bei *Pleodorina californica* besteht die Kolonie aus 32, 64 oder 128 Zellen.

An einem Pol liegen die kleinen somatischen Zellen, die sich im allgemeinen nicht fortpflanzen. Von den größeren generativen Zellen werden die Tochterkolonien gebildet.

### *Bildung der Tochterkolonien*

#### *Zeitraffung 1 : 720*

Die generativen Zellen teilen sich in streng festgelegter Weise. — Über eine Anordnung, die als „Volvox-Kreuz“ bezeichnet wird, kommt es zur Ausbildung einer schüsselförmigen Zellplatte, deren Höhlung zum Rande der Kolonie gerichtet ist.

Hier eine durchgehende Aufnahme von der Bildung mehrerer Tochterkolonien.

Die Geißeln werden in die Höhlung der Zellplatte hinein angelegt und gelangen bei einem als „Extroversion“ bezeichneten Umstülpungsprozeß nach außen.

### *Volvox aureus*

Bei *Volvox aureus* besteht die Kolonie aus mehreren hundert somatischen und nur wenigen generativen Zellen, welche die Tochterkugeln bilden.

Alle Zellen der Volvox-Kugel sind durch feine Plasmastränge miteinander verbunden.

## Entwicklung der Zygoten

### Zeitraffung I : 3500

Die bei der geschlechtlichen Fortpflanzung gebildeten Zygoten sinken zu Boden und machen eine längere Ruheperiode durch.

Sie besitzen eine äußere und innere Hülle.

Bei der Keimung führt die Zygote den gleichen Furchungsprozeß durch wie die generative Zelle einer Kolonie. Wenn es auch nicht zur Ausbildung einer Zellplatte kommt, so verläuft die Teilungsfolge doch ähnlich wie bei *Pleodorina*.

Es entsteht eine Hohlkugel, die an einer Stelle, dem sogenannten Phialoporus, offen ist. Durch Extroversion gelangen die Geißeln nach außen, wodurch die junge Kolonie bereits vor dem Ausschlüpfen in Rotation versetzt wird.

### Literatur

- [1] COLEMAN, A. W., Sexual isolation in *Pandorina morum*. J. Protozool. **6** (1959), p. 249—264.
- [2] DOFLEIN-REICHENOW, Lehrbuch der Protozoenkunde. Fischer Verlag Jena 1949—1953.
- [3] FÖRSTER, H., WIESE, L. und BRAUNITZER, G., Über das agglutinierend wirkende Gynogamon von *Chlamydomonas eugametos*. Z. Naturforsch. **11b** (1956), S. 315—317.
- [4] GERISCH, G., Die Zelldifferenzierung bei *Pleodorina californica* SHAW und die Organisation der Phytomonadenkolonien. Arch. Protistenk. **104** (1959), S. 292—358.
- [5] GOLDSTEIN, M., Speciation and Mating Behavior in *Eudorina*. J. Protozool. **11** (1964), p. 317—344.
- [6] GRELL, K. G., Protozoologie. Springer Verlag Heidelberg 1956.
- [7] HARTMANN, M., Die Sexualität. Fischer Verlag Stuttgart, 2. Aufl. 1956.
- [8] KNIEP, H., Die Sexualität der niederen Pflanzen. Fischer Verlag Jena 1928.
- [9] LEVINE, R. P. und EBERSOLD, W. T., The genetics and cytology of *Chlamydomonas*. Ann. Rev. Microbiol. **14** (1950), p. 197—216.
- [10] MOEWUS, F., Untersuchungen über die Sexualität und Entwicklung von Chlorophyceen. Arch. Protistenk. **80** (1953).
- [11] PASCHER, A., Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, Heft 4 Volvocales = Phytomonadinae. Fischer Verlag Jena 1927.
- [12] PRINGSHEIM, N., Über Paarung von Schwärmosporen, die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreiche. Monatsh. d. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin, Okt., 1869.
- [13] SCHREIBER, E., Zur Kenntnis der Physiologie und Sexualität höherer Volvocales. Z. Botanik **17** (1925), S. 337—376.
- [14] STEIN, J. R., A morphologic and genetic study of *Gonium pectorale*. Amer. J. Botany **45** (1958), p. 664—672.
- [15] WIESE, L. and JONES, R. F., Studies on gamete copulation in heterothallic *Chlamydomonas*. J. Cell. Comp. Physiol. **61** (1963) p. 265—274.