

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION

BIOLOGIE

SERIE 16 · NUMMER 38 · 1984

FILM E 2792

Pediastrum duplex (Hydrodictyaceae)
Coenobienbildung bei der
ungeschlechtlichen Fortpflanzung



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch), 16 mm, farbig, 69 m, 6½ min (24 B/s). Hergestellt 1982, veröffentlicht 1984.

Das Filmdokument ist für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Aus dem Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, CH. SMOLINER, Prof. Dr. W.G. URL. Bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. T. HARD; Schnitt: B. MILTHALER, J. KAEDING.

Zitierform:

SMOLINER, CH., und W.G. URL. *Pediastrum duplex* (Hydrodictyaceae) — Coenobienbildung bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung. Film E 2792 des IWF, Göttingen 1984. Publikation von CH. SMOLINER, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 16, Nr. 38/E 2792 (1984), 15 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

CH. SMOLINER, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstr. 14, A-1091 Wien.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Herausgeber: H.-K. GALLE · Redaktion: E. BETZ, I. SIMON

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung zu den Filmen des Instituts für den Wissenschaftlichen Film und der Encyclopaedia Cinematographica. Sie enthalten jeweils eine Einführung in das im Film behandelte Thema und die Begleitumstände des Films sowie eine genaue Beschreibung des Filminhalts. Film und Publikation zusammen stellen die wissenschaftliche Veröffentlichung dar.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN werden in deutscher, englischer oder französischer Sprache herausgegeben. Sie erscheinen als Einzelhefte, die in den fachlichen Sektionen zu Serien zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (05 51) 20 22 02

CHRISTIAN SMOLINER und WALTER G. URL, Wien:

Film E 2792

Pediastrum duplex (Hydrodictyaceae) – Coenobienbildung bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung

Verfasser der Publikation: CHRISTIAN SMOLINER

Mit 5 Abbildungen

Inhalt des Films:

Pediastrum duplex (Hydrodictyaceae) – Coenobienbildung bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung. Der für den botanischen Unterricht konzipierte Film zeigt an Hand der häufig in botanischen und phycologischen Praktika verwendeten coccalen Grünalge *Pediastrum duplex* (Hydrodictyaceae) die für die ganze Gattung als charakteristisch angesehene ungeschlechtliche Fortpflanzung. Nach den Kern- und Protoplastenteilungen der reifen Koloniezellen entläßt jedes so entstandene Sporangium bewegliche Schwärmer, die von einer Blase umschlossen sind. Diese ordnen sich im Rahmen ihrer Bewegungsphase zu einem neuen Coenobium an; ein Vorgang, der mit einer weitreichenden Veränderung der ursprünglich kugelig bis ovalen Schwärmergestalt verbunden ist.

Summary of the Film:

Pediastrum duplex (Hydrodictyaceae) – Coenobium Formation in Asexual Reproduction. This Film, produced for botany lessons, shows the asexual reproduction, considered characteristic of the entire species, of the green alga *Pediastrum duplex* (Hydrodictyaceae). This alga is frequently used in botanical as well as phycological laboratory sessions. After the divisions of the nucleus and protoplast of the mature colony cells each sporangium which is formed in this way releases mobile swarm spores enclosed by a vesicle. In the course of their mobility phase, the zoospores arrange themselves into a new coenobium. This process results in an extensive alteration of the original spherical to oval shape of the zoospores.

Résumé du Film:

Pediastrum duplex (Hydrodictyaceae) – Formation de coenobia lors de la reproduction asexuée. Le film, conçu pour l'enseignement de la botanique, montre la reproduction asexuée sur l'exemple de chlorophycée coccale *Pediastrum duplex* (Hydrodictyaceae) considérée comme caractéristique de tout le genre. Après les divisions nucléaires et protoplastiques des cellules des colonies adultes, chaque sporange ainsi formé émet des sphinx mobiles, englobés dans une bulle. Dans le cadre de leur phase de mouvement, ceux-ci forment un nouveau coenobium; un phénomène lié par une vaste modification à la forme originale de sphinx, sphérique et ovale.

Allgemeine Vorbemerkungen

Die coccale Algengattung *Pediastrum* ist häufig im Plankton und in der benthischen Lebensgemeinschaft großer und kleiner Stillgewässer anzutreffen. Sie wird mit Gattungen wie *Hydrodictyon* (zu deutsch: Wassernetz), *Euastropsis* und *Sorastrum*, auf Grund von weitreichender Übereinstimmung in der ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Fortpflanzung in die Familie der Hydrodictyaceae (Ord. Chlorococcales der Chlorophyta) eingereiht (BOURRELLY [2]). Die in dieser Arbeit genauer untersuchte Art *P. duplex* ist seit 1974 ein charakteristisches Element der Lebensgemeinschaft des freien Wassers im Neusiedlersee, einem seichten Steppensee im östlichen Teil des Burgenlandes (Österreich) (DOKULIL [7]) und zeigte seit 1975 Massenaufreten gemeinsam mit *Sphaerocystis* und *Planktosphaeria gelatinosa* (KUSEL [15], KUSEL: In LÖFFLER [16]). Vor dem Jahr 1974 war diese auffällige Alge weder in den Planktonproben noch im Schilfgürtel anzutreffen (LOUB [18]).

Pediastrum duplex, dessen Koloniegestalt einem Zahnrädchen ähnelt, ist eine von 7 (FOTT [9]), 8 bzw. 9 (SULEK [39], PARRA BARRIENTOS [33]), oder auch nach BOURRELLY ([2]) 15–20 Arten dieser Gattung. Charakteristisch für alle Arten sind normalerweise flache, eine Zellschicht dicke Kolonien, Coenobien. Jedoch konnten in seltenen Fällen Exemplare gefunden werden, deren zentraler Kolonieteil 2schichtigen Aufbau aufwies, wie schon FRITSCH 1948 ([10]) angibt.

Die Zellzahl eines Coenobiums ist stets ein Vielfaches von 2, wobei bei *P. duplex* aus dem Neusiedlersee 16-, 32- bzw. 64zellige Kolonien häufig sind. Die Anordnung der Zellen in konzentrischen Ringen ergibt sich infolge einer optimalen Raumausnutzung, der wiederum geometrische Gesetze unterlegt werden können, wie sie INGOLD 1973 ([14]) an der nahe verwandten Art *P. boryanum* aufzustellen versuchte. Die vegetative Zellform von *P. duplex* ist einschließlich der Randzellen als entfernt H-förmig zu bezeichnen. Dies wird durch Abflachung und 4malige Einbuchtung einer ursprünglich kugeligen Ausgangsgestalt erreicht, wodurch die im zentralen Koloniebereich gelegenen Zellen zumeist nur an den 4 Ecken miteinander verbunden sind. Die Randzellen hingegen bilden auf der der Kolonie abgewandten Seite 2 charakteristische Hörner aus und besitzen, wie auch andere Autoren feststellen konnten (NIEHAUS [31], WILCOX und GRAHAM [41]), häufig Büschel von Borsten, die durchaus als Schwebereinrichtung gedeutet werden können. Der 2schichtigen skulpturierten Wand liegt ein Chromatophor mit einem großen Pyrenoid an. Die größten vegetativen Koloniezellen (Randzellen ausgenommen) können bis 32 µm lang und 25 µm breit werden.

Bei Erschöpfung der Nährstoffe des umgebenden Milieus, wobei das Element Stickstoff den limitierenden Faktor darstellt (MILLINGTON [23]), beenden die Koloniezellen ihre vegetative Fortpflanzungstätigkeit und treten in ein Ruhestadium ein. Dieses zeigt sich in einer, durch Anhäufung von Karotinoiden bedingten Umfärbung der Zelle von grün nach kräftig orange. So nannte z.B. DAVIS 1962 ([3]) jene Zellen die Karotinoid- und Stärke-speicherung, aber keine Verdickung der Zellwand zeigten „resting cells“ und sprach ihnen die Fähigkeit zu, jahrelang in getrocknetem Zustand überdauern zu können. RANDS und DAVIS 1979 ([35]) setzten ebenfalls „resting cells“ hohen Temperaturen und niedrigen Drucken aus. So ergab ein Versuch, bei dem ein Druck von 15 µm Hg auf die

Zucken derselben bemerkt werden. Elektronenmikroskopische Studien zeigen wiederum ein Ablösen der inneren Zellwandschichte von der äußeren innerhalb eines durch eine größere Elektronendichte charakterisierten Wandbereichs (GAWLIK und MILLINGTON [11]). ROGALSKI et al. 1977 ([36]) vermuten eine Beteiligung des rauen ER bei diesem Abbauprozess. Abrupt reißt die äußere Zellwandschichte in einem mondsichelförmigen Riß auf, der besonders gut an den voll entleerten Mutterzellwandresten erkennbar ist. Die austretenden Schwärmer sind von einer Blase, der inneren Zellwandschichte, deren chemische Bausteine bei *P. boryanum* wahrscheinlich Glukose und Mannose sind, umschlossen (GAWLIK und MILLINGTON [11]). Nach MARCHANT 1979 ([20]) sollen am Aufbau dieser Blase auch von den Zoosporen ausgeschiedene Substanzen beteiligt sein. Häufig sind diese Hemizoosporen – diesen Terminus führte H. ETTL 1980 ([8]) für Zoosporen ein, die ihre Schwärmphase innerhalb des Sporangiums, oder einer von diesem erzeugten Gallertblase absolvieren und ohne diese(s) zu verlassen in die vegetative Form übergehen – zu Beginn der Schwärmphase kugelig bis oval und werden im weiteren Verlauf der Eigenbeweglichkeit annähernd rechteckig. Die Größe der Hemizoosporen beträgt ca. $7 \times 4 \mu\text{m}$ bei ovaler Zellform. Sie besitzen je 2 gleichlange Geißeln und 2 pulsierende Vakuolen, die normal zur Geißelebene stehen (HAWKINS und LEEDALE [13]). Bereits in den Schwärmern, die kein Stigma besitzen, liegen Chromatophor und Kern einander gegenüber, eine Polarität, die auch bei der Anordnung im Kolonieverband eine große Rolle spielt.

Das Schwärmen, das ca. 10–13 min dauert und häufig in der Dunkelphase erfolgt, läßt sich in 3 Phasen gliedern:

1. Regelloses Schwärmen im Blaseninnenraum (Abb. 4)
2. Anordnen in einer Zellplatte (PICKETT-HEAPS ([34]) konnte auch die Bildung von 2 und mehreren Coenobien pro Mutterzelle beobachten.)
3. Zitterbewegung ohne Ortsveränderung

Die die Schwärmer beinhaltende Blase besitzt, wenn von inneren Koloniezellen stammend, in Aufsicht annähernd kreisförmige Gestalt. Wurde sie jedoch von Randzellen entlassen, so sind, trotz Vergrößerung während der Schwärmphase, die Hornbildungen Zeit ihres Bestehens klar erkennbar (Abb. 5; Pfeil). Nach einigen Minuten des scheinbar regellosen Schwimmens in der sich vergrößernden Blase, kann man die Anordnung der Hemizoosporen in einer Zellplatte beobachten. Es bildet sich dabei zuallererst ein randlicher Kreis aus Zoosporen die, ruhig werdend, bereits den ungefähren Umfang des neuen Coenobiums anzeigen. Innerhalb dieser äußeren Zellkette bewegen sich die einzelnen oder die sich bereits zu Paaren zusammengefundenen Schwärmer noch recht heftig. Während dieser Zeitspanne kann durchaus eine augenscheinlich fix gewählte Nachbarzelle oder auch der bereits beanspruchte Platz in der entstehenden Kolonie verlassen bzw. gewechselt werden. Nach diesem, noch mit Ortsveränderung verbundenen Vorgang, tritt an Stelle der abschließenden Zitter- oder auch Rotationsbewegung am Platz, absolute Bewegungslosigkeit. Nun machen die bereits während der Schwärmphase etwas rechteckig gewordenen Hemizoosporen ihre letzte Formveränderung durch; als Phase 4 der Ausdifferenzierung im Kolonieverband bezeichnet. In diesem letzten Abschnitt des vegetativen

Vermehrungszyklus, vom Schlüpfen bis zum Feststehen der endgültigen Zellform vergehen ca. 20 min, bilden die Hemizoosporen die arttypische, annähernd H-förmige Zellgestalt und wenn randlich gelegen noch zusätzlich die charakteristischen 2 Hörner aus. Diese Veränderungen der Einzelzellen bedingen in Summe eine deutliche Streckung und daher Vergrößerung der Kolonie, wie auch im Film gut zu erkennen ist. Das noch das

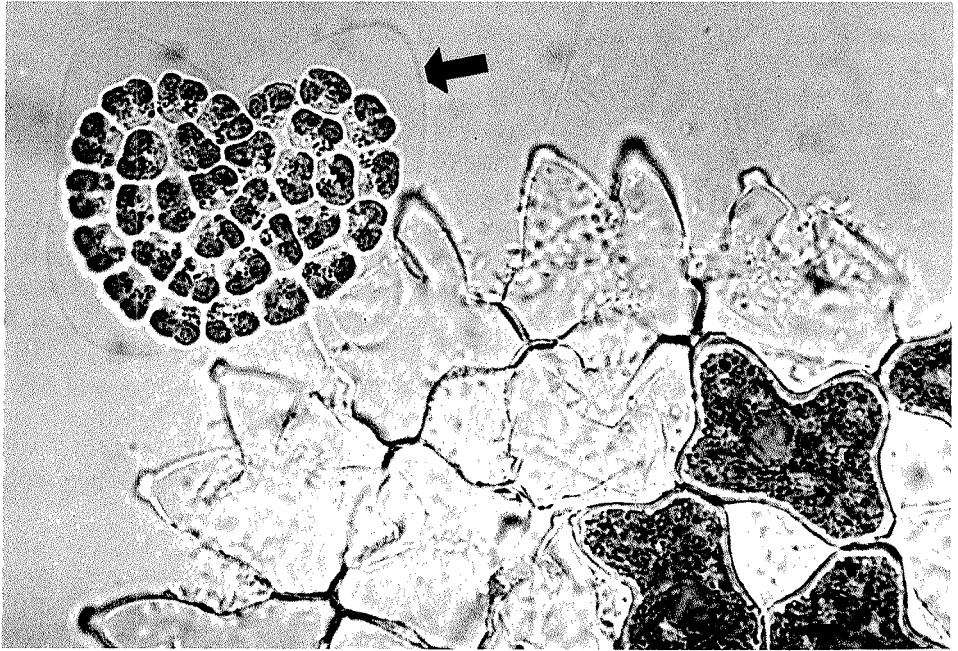


Abb. 5. Hellfeld; die, einigen bereits entleerten Sporangien benachbart liegende Blase, deren Umriss gut erkennbar ist (Pfeil), umschließt bereits zur Ruhe gekommenene, noch nicht zur vegetativen Zellform ausdifferenzierte Hemizoosporen

junge Coenobium umgebende Wandvesikel wird langsam, wahrscheinlich enzymatisch hydrolysiert (MILLINGTON [23]). Es herrscht das Bestreben die Chromatophorensseite zum Coenobienrand hin auszurichten, was schon DAVIS in seiner bereits etwas überholten Arbeit von 1964 ([4]) als wichtigen Moment der Coenobienbildung deutete. Die vorerst nackten Zellen beginnen die 2schichtige Zellwand aufzubauen. Am Aufbau der inneren Wandschichte scheint der Golgi-Apparat beteiligt zu sein (MILLINGTON und GAWLIK [27]); sie wird nicht immer in gleichmäßiger Dicke abgelagert, was in letzter Konsequenz dann in einer artcharakteristischen Musterung resultiert (GAWLIK und MILLINGTON [11]). Als chemische Bestandteile der inneren Zellwandschichte wurden Glukose, Xylose, Fukose und Galakturonsäure ermittelt (GUNNISON und ALEXANDER [12]). Die äußere Schichte, sporopollenin- und kieselsäurehaltig (ATKINSON et al. [1] z.B. bei *Clorella*, GUNNISON und ALEXANDER [12], MILLINGTON und GAWLIK [25]) ist hingegen von gleichmäßiger Dicke und bildet die Oberfläche der inneren Wandschichte ab. Nach Beendigung der folgenden Wachstumsperiode, die nur eine Zunahme der Zellgröße, aber

keine Veränderungen in deren Gestalt mit sich bringt, kann jedes Coenobium wiederum in die vegetative Vermehrung eintreten. Im Rasterelektronenmikroskop kann gut das netzartige Zellwandmuster der adulten Zellen analysiert werden (MONER [29], MONER und CHAPMAN [30], GAWLIK und MILLINGTON [11]), an dessen Bildung ein entsprechendes „Muster“ im Plasmalemma und auch andere untergelagerte Strukturen (Ribosomen) teilhaben sollen (MILLINGTON und GAWLIK [26], [27]).

In vielen elektronenmikroskopischen Studien, biochemischen und anderen Untersuchungen wurde und wird noch immer nach Erklärungen für das geordnete Zusammentreten von primär unabhängigen Schwärmen zum Kolonieverband gesucht. So arbeitete man z.B. mit Colchizin (MARCHANT und PICKETT-HEAPS [21], DI ORIO und MILLINGTON [6]), IPC (MARCHANT [20]) und dem Lektin Concanavalin A (SCHRAUDOLF und FRAUENKRON [37]), wobei aber an dieser Stelle nur in Kürze die Quintessenz aller Bemühungen wiedergegeben wird:

Vor der Aggregation ändern ja die Zoosporen ihre Gestalt. Mikrotubuli, in ganz charakteristischer Weise in der Zelle angeordnet, spielen dabei eine große Rolle (MARCHANT [20]). Die Gestaltsveränderung führt dazu, daß nur ganz bestimmte Plasmalemmaregionen der einzelnen Schwärmer miteinander in Kontakt treten. Ein kompliziertes Wirkungsgefüge zwischen Zelle und entstehendem Coenobium ist die Folge (MARCHANT und PICKETT-HEAPS [21]). Unbesetzte „Kontaktzonen“ auf der Chromatophorensseite induzieren die Hornbildung, wobei dies eindrucksvoll an Zellen, die mittels mechanischen Eingriffs während der Schwärmphase an der Aggregation gehindert wurden, demonstriert werden konnte: Praktisch alle Zellen bilden dann Hörner aus (MARCHANT und PICKETT-HEAPS [21]).

Eine neuere Arbeit von MILLINGTON et al. ([24]) zeigt, daß zusätzlich zu diesen Stellen der Hornbildung, die ja nur bei Randzellen verifiziert wird, weitere Orte potentieller Hornbildung existieren und beide bis zu einem gewissen Grad für einzelne Arten charakteristisch sein könnten.

Filmbeschreibung

Wortlaut des gesprochenen Kommentars¹

Zeitraffung 2 B/s – 40 B/h.

1. Übersichtsaufnahme einer noch nicht ganz reifen Kolonie.

Pediastrum duplex, eine Hydrodictyaceae, kommt häufig im Plankton und Benthos von Stillgewässern vor. Die Zellzahl des Coenobiums ist immer ein Vielfaches von 2. Häufig 16, 32, 64.

Objektfeldbreite 288 µm; Interferenzkontrast (Inko); Aufn.-Freq. 10 B/s

2. Coenobium mit reifen, aber auch bereits leeren Sporangien. Bei Drehung der Vesikel mit den sich bewegenden Hemizoosporen, wird deren Anordnung zu einer 1 Zellschicht dicken Scheibe erkennbar.

Aus jeder Zelle kann auf vegetativem Weg eine neue Kolonie entstehen.

Objektfeldbreite 283 µm; Inko; Aufn.-Freq. 2 B/s

3. In 2 Coenobienzellen erfolgt gerade die Pyrenoiddurchschnürung.

¹ Die *Kursiv*-Überschrift entspricht dem Zwischentitel im Film. Die eingerückten Abschnitte in Kleindruck geben zusätzliche Informationen.

Die Umbildung vegetativer Zellen in Sporangien verläuft nicht synchron. Die 3 mittleren Zellen sind noch nicht geteilt. Sie enthalten je ein großes Pyrenoid und bereits eine Vielzahl von Kernen. Bei der ersten Protoplastenteilung werden die Pyrenoide durchgeschnürt und danach meist schon aufgelöst. Bei den Zellen in Bildmitte ist dies zu beobachten.

Objektfeldbreite 90 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 3 B/min

4. Phase der Protoplastenteilungen.

Im Interferenzkontrast sind die zahlreichen Kerne als helle Bereiche sichtbar, vor allem bei den Randzellen.

Objektfeldbreite 90 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 1 B/s

5. In dieser Sequenz wird der gesamte vegetative Fortpflanzungszyklus an wenigen Zellen eines Coenobiums gezeigt.

Von der ersten Protoplastenteilung bis zur Bildung reifer Zoosporen vergeht ein Zeitraum von etwa 8 Stunden.

Objektfeldbreite 67 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 40 B/h, ab Bild 750: 1 B/s

6. Die Phasen 2 bis 4 der vegetativen Fortpflanzung werden gezeigt.

Immer wieder beobachtet man, daß sich einzelne Zellen des Coenobiums nicht an der Schwärmerbildung beteiligen. Solche Zellen, wie die Zelle links unten, sterben nach einiger Zeit ab.

Objektfeldbreite 112 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 40 B/h

7. Freisetzung der Hemizoosporen und scheinbar regelloses Schwärmen im Blaseninnenraum.

Beim Schlüpfvorgang reißt die sporopolleninhalte äußere Zellwandschicht mondsichelförmig auf. Der Spalt ist in der mittleren leeren Zelle besonders gut zu sehen.

Objektfeldbreite 180 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 20 B/s

8. Phasen 3 und 4 der vegetativen Fortpflanzung.

Die Schwärmer bleiben bis sie die endgültige Kolonief orm erlangen von einer inneren Zellwandschicht umschlossen. Sie bewegen sich zunächst scheinbar regellos in der Blase, die sich auf osmotischem Weg vergrößert. Dann ordnen sie sich in einer Ebene an. Die Randzellen stellen zuerst ihre Bewegung ein und bilden die beiden für die Art typischen Hörner aus.

Objektfeldbreite 112 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 2 B/s, ab Bild 750: 1 B/s, ab Bild 1450: 20 B/min

9. Phasen 3 und 4 der vegetativen Fortpflanzung.

Zwischen Schlüpfen und Coenobienbildung liegt ein Zeitraum von etwa 20 Minuten. Die Anordnung der Schwärmer erfolgt wahrscheinlich durch spezifische Erkennungsregionen am Plasmalemma. Dabei kann der Partner mehrmals gewechselt werden.

Objektfeldbreite 112 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 2 B/s, ab Bild 720: 1 B/s, ab Bild 1150: 20 B/min

10. Bei starker Vergrößerung ist die Hornbildung besonders gut zu erkennen.

Die Einzelzellen ordnen sich so an, daß die Chromatophoreenseite gegen die Peripherie der Kolonie weist. Die beiden gleichlangen Geißeln werden eingeschmolzen und die Hörnchenbildung beginnt.

Objektfeldbreite 67 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 1 B/s, ab Bild 750: 15 B/min

11. Übersichtsaufnahme eines Coenobiums nach Beendigung der vegetativen Vermehrung.

Die *Pediastrum*-Arten können sich stark vermehren. Aus allen Zellen des Muttercoenobiums sind Tochterkolonien entstanden, die das leere Zellwandgerüst verdecken.

Objektfeldbreite 288 µm; Hellfeld; Aufn.-Freq. 5 B/s

Danksagung

Ich danke Frau Prof. Dr. E. KUSEL-FETZMANN für die Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- [1] ATKINSON, A.W., B.E.S. GUNNING, and P.C.L. JOHN: Sporopollenin in the cell wall of *Chlorella* and other algae: Ultrastructure, chemistry, and incorporation of ¹⁴C-acetate, studied in synchronous cultures. *Planta* 107 (1972), 1–32.
- [2] BOURRELLY, P.: Les Algues d'eau douce. Tome I: Les Algues Vertes. Paris 1972.
- [3] DAVIS, J.S.: Resting cells of *Pediastrum*. *American Journal of Botany* 49 (1962), 478–481.
- [4] DAVIS, J.S.: Colony form in *Pediastrum*. *Botan. Gaz.* 125 (2), (1964), 129–131.
- [5] DAVIS, J.S.: The life cycle of *Pediastrum simplex*. *J. Phycol.* 3 (1967), 95–103.
- [6] DI ORIO, J., and W.F. MILLINGTON: Dictyosome formation during reproduction in Colchicine-treated *Pediastrum boryanum* (Hydrodictyaceae). *Protoplasma* 97 (1978), 329–336.
- [7] DOKULIL, M.: 10 Jahre Phytoplanktonstudien am Neusiedlersee. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien; Bericht über das 117. und 118. Vereinsjahr (1978), 161–175.
- [8] Ettl, H.: Grundriß der allgemeinen Algologie. Stuttgart 1980.
- [9] FOTT, B.: Algenkunde. Stuttgart 1971.
- [10] FRITSCH, F.E.: The Structure and Reproduction of the Algae. Volume I, Cambridge 1948.
- [11] GAWLIK, S.R., and W.F. MILLINGTON: Pattern formation and the fine structure of the developing cell wall in colonies of *Pediastrum boryanum*. *Amer. J. Bot.* 56 (9) (1969), 1084–1093.
- [12] GUNNISON, D., and M. ALEXANDER: Basis for the resistance of several algae to microbial decomposition. *Applied Microbiology* 29 (1975), 729–738.
- [13] HAWKINS, A.F., and G.F. LEEDALE: Zoospore structure and colony formation in *Pediastrum* Spp. and *Hydrodictyon reticulatum* (L.) Langerheim. *Ann. Bot.* 35 (1971), 201–211.
- [14] INGOLD, C.T.: Cell arrangement in coenobia of *Pediastrum*. *Ann. Bot.* 37 (1973), 389–394.
- [15] KUSEL-FETZMANN, E.: Algal vegetation of Lake Neusiedl and its natural and man-induced changes. *Symp. Biol. Hung.* 19 (1979), 49–57.
- [16] KUSEL-FETZMANN, E.: The algal vegetation of Neusiedlersee. In LÖFFLER, H.: Neusiedlersee: The limnology of a shallow lake in central Europe. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague-Boston-London 1979.
- [17] LEMMERMANN, E., O. BRUNNTHALER und A. PASCHER: Chlorophyceae II. In PASCHER, A.: Die Süßwasser-Flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Jena 1915.
- [18] LOUB, W.: Algenbiozönosen des Neusiedler Sees. *Sitz. Ber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturw. Kl., Abt. 1* 164 (1955), 81–107.

- [19] MARCHANT, H.J.: Mitosis, cytokinesis and colony formation in *Pediastrum boryanum*. *Ann. Bot.* **38** (1974), 883–888.
- [20] MARCHANT, H.J.: Microtubular determination of cell shape during colony formation by the alga *Pediastrum*. *Protoplasma* **98** (1979), 1–14.
- [21] MARCHANT, H.J. and J.D. PICKETT-HEAPS: The effect of colchicine on colony formation in the alga *Hydrodictyon*, *Pediastrum* and *Sorastrum*. *Planta* **116** (1974), 291–300.
- [22] MILLINGTON, W.F.: Regulation of zoospore and colony formation in *Pediastrum*. *J. Phycol.* **9** Suppl. 7 (1973), 7.
- [23] MILLINGTON, W.F.: Form and Pattern in *Pediastrum*. In: KIERMAYER, O.: *Cytomorphogenesis in Plants. Cell Biology Monographs* **8** (1981).
- [24] MILLINGTON, W.F., G.T. CHUBB, and TH.M. SEED: Cell Shape in the Alga *Pediastrum* (*Hydrodictyceae*; *Chlorophyta*). *Protoplasma* **105** (1981), 169–176.
- [25] MILLINGTON, W.F., and S.R. GAWLIK: Silica in the Wall of *Pediastrum*. *Nature* **216** (1967), 68.
- [26] MILLINGTON, W.F., and S.R. GAWLIK: Ultrastructure and initiation of wall pattern in *Pediastrum boryanum*. *Amer. J. Bot.* **57** (5) (1970), 552–561.
- [27] MILLINGTON, W.F., and S.R. GAWLIK: Cell shape and wall pattern in relation to cytoplasmic organization in *Pediastrum simplex*. *Amer. J. Bot.* **62** (8) (1975), 824–832.
- [28] MILLINGTON, W.F., and E.M. RASCH: Microspectrophotometric analysis of mitosis and DNA synthesis associated with colony formation in *Pediastrum boryanum* (*Chlorophyceae*). *J. Phycol.* **16** (1980), 177–182.
- [29] MONER, J.G.: Cell wall structure in *Pediastrum* as revealed by electron microscopy. *Amer. J. Bot.* **42** (1955), 802–806.
- [30] MONER, J.G., and G.B. CHAPMAN: Cell wall formation in *Pediastrum biradiatum* as revealed by the electron microscope. *Amer. J. Bot.* **50** (1963), 992–998.
- [31] NIEHAUS, C.: Algenstacheln bei der Grünalge *Pediastrum duplex*. *Mikrokosmos* **71** (10), (1982), 295–297.
- [32] PALIK, P.: Über die Entstehung der Polyeder bei *Pediastrum boryanum* (Turpin) Meneghini. *Arch. Protistenk.* **79** (1933), 234–238.
- [33] PARRA BARRIENTOS, O.O.: Revision der Gattung *Pediastrum* Meyen (*Chlorophyta*). *Bibliotheca Phycologica* **48** (1979), 1–125.
- [34] PICKETT-HEAPS, J.D.: *Green Algae. Structure, reproduction and evolution in selected genera.* Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts 1975.
- [35] RANDS, D.G., and J.S. DAVIS: Survival of air dried *Pediastrum* in low pressure and high temperature. *Pollen et Spores* **21** (4) (1979), 499–504.
- [36] ROGALSKI, A.A., J. OVERTON, and M. RUDDAT: An ultrastructural and cytochemical investigation of the colonial green alga *Pediastrum tetras* during zoospore formation. *Protoplasma* **91** (1977), 93–106.
- [37] SCHRAUDOLF, H., and I. FRAUENKRON: Effects of Concanavalin A on pattern formation in *Hydrodictyceae*. *Protoplasma* **98** (1979), 131–138.
- [38] SMOLINER, CH: Das zähe Leben der Grünalge *Pediastrum duplex*. *Mikrokosmos* **72** (8) (1983), 241–245.
- [39] SULEK, J.: Taxonomische Übersicht der Gattung *Pediastrum* Meyen. In: FOTT, B., ed.: *Studies in phycology.* Prag: Academica (1969), 197–261.

- [40] TRYON, E.H., and J.S. DAVIS: A new asexual cycle in a *Pediastrum simplex* strain. *Bot. Gas.* 137 (4), (1976), 356-360.
- [41] WILCOX, L.W., and L.E. GRAHAM: Fine structure of bristles on *Pediastrum duplex*. *J. Phycol.* 15, Suppl. 27 (1979).

Abbildungsnachweis

Abb. 1-5: Ch. SMOLINER.