

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

E 1343/1969

Stephanopyxis turris (Centrales)
Geschlechtliche Fortpflanzung
Differenzierung der Spermien

Mit 1 Abbildung

GÖTTINGEN 1969

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Stephanopyxis turris (Centrales)
Geschlechtliche Fortpflanzung
Differenzierung der Spermien¹

G. DREBES, Helgoland

Allgemeine Vorbemerkungen

Die zentrische Kieselalge *Stephanopyxis* zählt zur großen Familie der Coscinodiscaceae. Sie steht zusammen mit *Melosira*, *Hyalodiscus*, *Podosira*, *Druridgea*, *Endicta* und *Pyxidicula* in der Unterfamilie der Melosiroideae (HUSTEDT [6]). Die Zellen von *Stephanopyxis turris* sind zylindrisch mit mehr oder weniger stark gewölbten Endflächen. Die bienenwabenartig gekammerten Kieselschalen tragen je einen Kranz hohler Stacheln. Diese stoßen mit denen der Nachbarzellen zusammen und stellen durch Ausscheidung einer Kittsubstanz eine Verbindung zu Kolonien her. Die linearen Kolonien bestehen in der Regel aus 8, 16 oder 32 Zellen. Die Zellen werden ferner paarweise durch die langen, ineinandersteckenden Gürtel der Oberschalen zusammengehalten. Die Gürtel erscheinen lichtoptisch strukturlos, sie bestehen jedoch aus zahlreichen Bändern, die ihrerseits wieder aus mehreren Einzelstücken zusammengesetzt sind (STOSCH u. DREBES [13]). Der Durchmesser (= Breite) der Zellen schwankt zwischen 10—115 μm . Das Innere der Zelle wird von einer großen Zentralvakuole ausgefüllt, welche von einem dünnen plasmatischen Wandbelag umgeben ist. Zahlreiche plättchenförmige, gelappte Plastiden liegen im Plasma. Reservestoffe sind das im Zellsaft gelöste Kohlenhydrat Chrysolaminarin sowie Öl in Form feiner Tröpfchen im Plasma. Der Zellkern liegt während der Interphase am Boden der Unterschale.

Stephanopyxis turris lebt wie alle rezenten Vertreter ihrer Gattung im marinen Plankton. Sie bevorzugt mäßig warme Schelfmeere, z. B.

¹ Angaben zum Film und Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 10.

die Nordsee. In den subtropischen Gewässern ist ihre Verbreitung ungenau bekannt, da sie dort leicht mit *Stephanopyxis palmeriana* verwechselt wird.

Für die Kultivierung der Alge hat sich eine teilsynthetische Nährlösung auf der Grundlage von Nordseewasser bewährt (STOSCH u. DREBES [13]):

Seewasser	1020 g
NaNO ₃	42,5 mg
Na ₂ HPO ₄ · 12 H ₂ O	10,75 mg
FeSO ₄ · 7 H ₂ O	0,278 mg
MnCl ₂ · 4 H ₂ O	0,0198 mg
SiO ₂	12,0 mg
Na ₂ EDTA · 2 H ₂ O	3,72 mg
Vitamin B ₁₂	0,7 µg

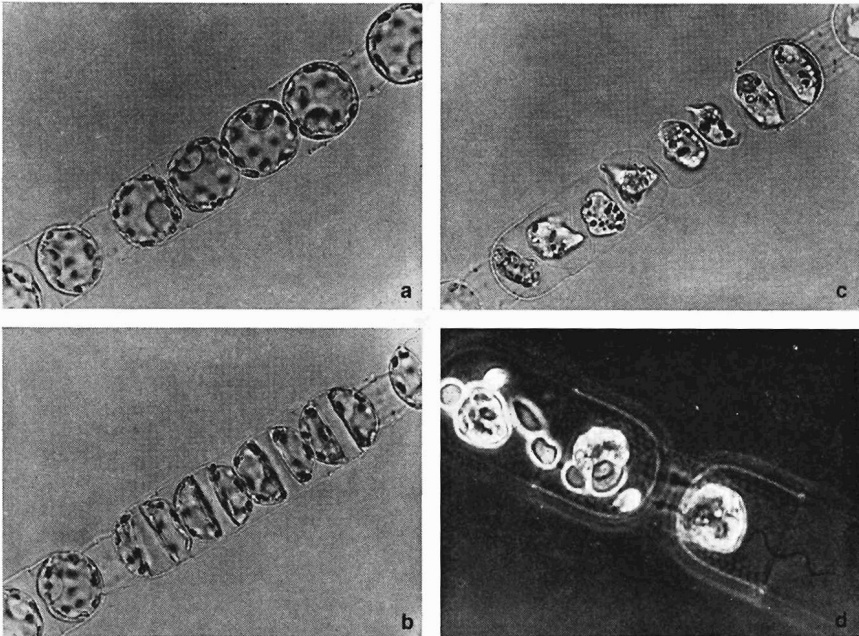
Anstelle des SiO₂-Sols kann auch das Natriummetasilikat Na₂SiO₃ · 9 H₂O (15 mg/l) verwendet werden. *Stephanopyxis turris* wird als bakterienhaltige Klonkultur in flachen Petrischalen aus Jenaer Glas (5 cm oder 10 cm Durchmesser) gehalten. In temperaturkonstanten Räumen vermehrt sie sich bei 15° C und schwachem Leuchtstoffröhrenlicht (200—400 Lux) ausschließlich vegetativ. Der Lichtdunkelrhythmus beträgt 14 : 10 oder 16 : 8 Stunden. Durch Modifizierung der äußeren und inneren (Zellgröße!) Bedingungen gelingt es, den Lebenszyklus der Alge beliebig und reproduzierbar im Laboratorium zu steuern (DREBES [1], STOSCH u. DREBES [13]).

In stehenden Kulturen sinken die Zellen auf den Boden der Kulturschalen. Mit seewasserfesten Immersionen kann direkt in die Kulturschale eingetaucht und Zellvorgänge über einen längeren Zeitraum hinweg beobachtet werden. Die Transparenz der Alge erlaubt Lebendbeobachtungen bis auf das Niveau der Kernvorgänge hinab. Es empfiehlt sich, die Lebenduntersuchungen in den temperaturkonstanten Räumen am Kultur-Standort der Alge vorzunehmen. Die Mehrzahl der Filmaufnahmen wurde auf diese Weise durchgeführt. Neben einer Tauchimmersion 50 : 1, n. A. 1,00 (Spezialanfertigung der Fa. Leitz) fand auch der „Roto-Compressor“, eine von amerikanischen Protozoologen entwickelte Kammer, Verwendung (HEUNERT u. UHLIG [5]).

Geschlechtliche Fortpflanzung; Differenzierung der Spermien

Die zentrischen Diatomeen sind oogam (GEITLER [3] u. STOSCH [9]). Die bisher untersuchten Arten erwiesen sich mit Ausnahme der subdiözischen *Coscinodiscus granii* (DREBES [2]) als monözisch: ein Klon erzeugt sowohl Spermien als auch Oogonien.

Der Bildung männlicher Gameten geht im allgemeinen eine Reihe differenzierender Vermehrungsteilungen voraus. Es entstehen in mehreren Eigenschaften stark vereinfachte Zellen, die Spermatogonien. Man kann die verschiedenen Differenzierungsweisen der Spermatogonien innerhalb der Gattungen und Arten in einer fortschreitenden Reihe darstellen (Strosch [10]). Eine phylogenetische Wertung ist damit nicht verbunden. Bei *Cyclotella* fehlen Differenzierungsvorgänge, die vegetative Zelle wird direkt zum Spermatogonium (Geitler [3], Schultz



Bildung der Spermien bei *Stephanopyxis turris*

- a) Vier Spermatogonien eingeschlossen in der Mutterzelle (Spermatogonium).
 - b) Die vier Spermatogonien haben sich soeben synchron geteilt. Die nun acht halbmondförmigen Spermatogonien runden sich später ab.
 - c) Acht Spermatocyten nach der ersten meiotischen Kernteilung. Als amöboide zweikernige Plasmodien sind sie noch in ihren Spermatogonschalen eingeschlossen.
- Dauer von Bild a—c etwa 9 Stunden. Vergr. 390fach
- d) Phasenkontrast: Links Spermien von zwei Spermatocyten. Aus einer Spermatocyte entstehen vier farblose Spermien, die Hauptmenge des Plasmas und sämtliche Plastiden bleiben in einem Restkörper zurück. Rechts eine Spermatocyte mit einer der vier Geißeln, welche in der Interkinese der Meiosis entstehen.

u. TRAINOR [8]). *Melosira varians* erzeugt 2—16 kleinere, dünnchalige, chlorophyllarme Spermato gonien. Die Reduktion schreitet weiter fort bei *Biddulphia granulata* und *B. rhombus*: Die mit stark rückgebildeten Schalen versehenen Spermato gonien bleiben bis zur Meiosis in der Mutterzelle eingeschlossen. An dieser Stelle muß auch *Stephanopyxis* (Abb. 1 a—c) eingereiht werden. Bei *Biddulphia sinensis* entstehen Schalen nur noch nach der ersten Differenzierungsteilung. Bei *Lithodesmium*, *Streptotheca* und *Bellerochea* fehlen Schalen ganz, und die Vermehrungsteilungen haben sich — wie auch bei *Biddulphia sinensis* — stark erhöht. Der höchste Grad der Reduktion wird bei *Guinardia flaccida* und *Aulacodiscus argus* erreicht, bei denen vor der Meiosis lediglich eine Anzahl von Kernteilungen, aber keine Zytokinesen mehr stattfinden (STOSCH u. DREBES [13]).

Auch die meiotischen Teilungen laufen in verschiedener Weise ab. Hologen ist die Spermienbildung, wenn im Verlauf der Meiosis aus einer Spermatozyte eine gleichmäßige Aufteilung in vier Spermien erfolgt. Zum merogenen Typ gehören *Stephanopyxis* und Verwandte. Bei diesen sind die vier Spermien einer Spermatozyte plastidenfrei, da die Hauptmasse des Plasmas samt allen Plastiden in einem Restkörper zurückgelassen wird (Abb. 1 d). Gemeinsam ist den Spermien zentrischer Diatomeen der Besitz nur je einer Flimmergeißel, welche in der Interkinese der Meiosis entsteht (MANTON u. STOSCH [7], STOSCH [11]).

Filmbeschreibung¹

2 B/min

1. An mehreren Stellen der kettenförmigen Kolonien entstehen vier oder acht, in ihren Mutterzellen (Spermato gonangien) eingeschlossene Spermato gonien. Einige Zellen vermehren sich weiter vegetativ.
Vergr. 8,4fach, Aufn.-Freq. 2 B/min

Bildung der Spermato gonien

4 B/min

2. Die Bildung der Spermato gonien beginnt mit geringem Streckungswachstum, der Kernwanderung zum Zelläquator und erster Differenzierungsteilung. Die beiden Tochterzellen sind entsprechend kürzer, die neuen Schalen stachellos und meist ohne Ornamentierung. Die Zellstreckung bis zur zweiten Differenzierungsteilung ist weiter verkürzt. Es entstehen vier kugelförmige Spermato gonien, welche später in die Meiosis eingehen können, meist jedoch noch eine dritte Differenzierungsteilung durchführen.
Vergr. 65,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

3. Diese Einstellung wiederholt die ersten beiden Differenzierungsteilungen. Der Mitosebeginn wird jeweils durch starke amöboide Verformungen des den Kern einhüllenden Plasmas angezeigt. Bei der ersten Teilung löst sich rechts im Diskus der Schale der Protoplast vorübergehend von der Wand ab. Es handelt sich um eine Turgeszenzschwäche während der Kernteilung.

Vergr. 54,4fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

4.—5. Zur dritten und letzten Differenzierungsteilung erreicht die Kernwanderung meist nicht mehr den Zelläquator. Daraus resultieren leicht inäquale Zellteilungen. Die Furchen schneiden schmal ein, die Menisken werden — wahrscheinlich durch den Spindeldruck — gänzlich abgeflacht. Nach der posttelophasischen Vorwölbung scheiden die Protoplasten noch je eine rudimentäre uhrglasförmige Schale ab.

Die Spermatogonien gehen nun als Spermatozyten in die Prophase der Meiosis ein. Starkes Anschwellen der Spermatozyten öffnet die Spermatogonien. Danach erschlaffen die Protoplasten wieder, die Spermatogonschalen werden nun sichtbar. Die erste Reduktionsteilung liefert, da Zytokinesen unterbleiben, zweikernige Plasmodien mit amöboidem Verhalten.

4. Vergr. 34,3fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

5. Vergr. 67,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

Meiotische Kernteilungen

8 und 4 B/min

6. Zwei durch Schwinden ihrer Vakuole zusammengeschrumpfte Spermatozyten sind von Spermatogonangium- und Eigenschalen nahezu befreit. Beide führen ihre erste meiotische Kernteilung durch, in der rechten Zelle etwas deutlicher zu erkennen.

Vergr. 110fach, Aufn.-Freq. 8 B/min

7. Diese Spermatozyte ist in ihren Spermatogonschalen noch eingeschlossen. Lebhaftige Verformungen des Kernhügels leiten die erste meiotische Kernteilung ein.

Vergr. 133fach, Aufn.-Freq. 8 B/min

8. Nach der ersten Reduktionsteilung sind beide Kerne an die Pole des jetzt breit spindelförmigen Protoplasten gerückt. Sie zeichnen sich als helle Kuppen ab. Während der Interkinese wachsen an den Polen — im Bild nicht sichtbar — je zwei Geißeln aus. Auch die zweite meiotische Kernteilung verläuft ohne Zytokinesen. Es entstehen Spermatozyten, deren vier Kerne knospenartig aus den Protoplasten hervorragen.

Vergr. 86,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

Bildung der Spermien

4 und 24 B/s

9. Phasenkontrast: Durch heftigen Geißelschlag befreien sich die Spermatozyten aus ihren Schalen. Bei einer Spermatozyte hat sich bereits ein Spermium abgelöst.

Vergr. 86,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/s

10. Phasenkontrast: Diese Spermatozyte liegt ohne Schalen frei im Medium und zeigt ihre vier schlagenden Geißeln. Die vierte Geißel schlägt links unten in einer anderen Ebene (helle Kontur).

Vergr. 53fach, Aufn.-Freq. 24 B/s

11. Phasenkontrast: In den beiden Spermatozyten links haben sich die in wenig Plasma eingehüllten Kerne als Spermien von der Hauptmasse des Protoplasten abgetrennt. Da der plasmatische Restkörper alle Plastiden einschließt, sind die Spermien plastidenfrei.

Vergr. 54,4fach, Aufn.-Freq. 24 B/s

12. Phasenkontrast: In diesem Spermatogonangium ist zunächst nur für eine Spermatozyte ein Weg nach außen frei. Während drei Kerne noch in knospenförmiger Verbindung mit der Spermatozyte stehen, hat sich der vierte soeben als Spermium differenziert. Das am Hinterende spitze Spermium gelangt mit einer vorn schlagenden Geißel ins Freie.

Vergr. 86,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/s

13. Die nackten Gameten sind leicht formveränderlich. Dieses im Kreise schwimmende Spermium ist kugelförmig.

Vergr. 133fach, Aufn.-Freq. 4 B/s

14. Hier versucht ein Spermium in ein Oogonium einzudringen.

Vergr. 110fach, Aufn.-Freq. 4 B/s

Literatur

- [1] DREBES, G.: On the life history of the marine plankton diatom *Stephanopyxis palmeriana*. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **13** (1966), 101—114.
- [2] DREBES, G.: Subdiözie bei der zentrischen Diatomee *Coscinodiscus granii*. *Naturwissenschaften* **55** (1968), 236.
- [3] GEITLER, L.: Oogamie, Mitose, Meiose und metagame Teilung bei der zentrischen Diatomee *Cyclotella*. *Öst. bot. Z.* **99** (1952), 506—520.
- [4] GRAN, H. H.: *Nordisches Plankton 19*, Diatomeen (1905), 1—146. Kiel und Leipzig.
- [5] HEUNERT, H. H., und G. UHLIG: Erfahrungen mit einer neuen Kammer zur Lebendbeobachtung beweglicher Mikroorganismen. *Research Film* **5** (1966), 642—649.
- [6] HUSTEDT, F.: Die Kieselalgen. T. 1. In: L. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Akad. Verl. Ges., Leipzig* **7** (1930), 1—920.

- [7] MANTON, I., und H. A. VON STOSCH: Observations on the fine structure of the male gamete of the marine centric diatom *Lithodesmium undulatum*. *J. Roy. Micr. Soc.* **85** (1965), 119—134.
- [8] SCHULTZ, M. E., und F. R. TRAINOR: Production of male gametes and auxospores in the centric diatoms *Cyclotella meneghiniana* and *C. cryptica*. *J. Phycol.* **4** (1968), 85—88.
- [9] STOSCH, H. A. VON: Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. 1. Die Auxosporenbildung von *Melosira varians*. *Arch. Mikrobiol.* **16** (1951), 101—135.
- [10] STOSCH, H. A. VON: Die Oogamie von *Biddulphia mobiliensis* und die bisher bekannten Auxosporenbildungen bei den Centrales. *Rapp. Comm. Sième Congr. int. bot. (Sect.)* **17** (1954), 58—68.
- [11] STOSCH, H. A. VON: Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. 2. Geschlechtszellenreifung, Befruchtung und Auxosporenbildung einiger grundbewohnender Biddulphiaceen der Nordsee. *Arch. Mikrobiol.* **23** (1956), 327—365.
- [12] STOSCH, H. A. VON: Diatomeen. In: *Vegetative Fortpflanzung, Parthenogenese und Apogamie bei Algen*. *Handb. Pflanzenphysiol.* **18** (1967), 657—681.
- [13] STOSCH, H. A. VON, und G. DREBES: Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. 4. Die Planktondiatomee *Stephanopyxis turris* — ihre Behandlung und Entwicklungsgeschichte. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **11** (1964), 209—257.

Angaben zum Film

Der Film ist ein Forschungsdokument und wurde zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht.
Stummfilm, schwarzweiß, 89 m, 8 ½ min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1967 durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. WOLF), Sachbearbeitung: Dr. H.-K. GALLE; Aufnahme: H. H. HEUNERT. Wissenschaftliche Leitung: Dr. G. DREBES, Biologische Anstalt Helgoland.

Inhalt des Films

Die Bildung männlicher Gameten bei *Stephanopyxis turris* wird durch zwei oder drei Differenzierungsteilungen eingeleitet. So entstehen vier oder acht in der Mutterzelle eingeschlossene, beschaltete Spermatogonien. Diese gehen als Spermatozyten in die Meiosis. Die beiden meiotischen Teilungen liefern, da Zytokinesen unterbleiben, vierkernige Spermatozyten. Es differenzieren sich eingeißelige, plastidenfreie Spermien. Die Hauptmasse des Spermatozytenplasmas sowie sämtliche Plastiden werden in Restkörpern zurückgelassen.

Summary of the Film

The formation of male gametes of the *Stephanopyxis turris* is initiated by two or three differentiating divisions. From this, four or eight spermatogonia with shells emerge, enclosed in the mother cell. These enter into meiosis as spermatocytes. Since there is no cytokinesis, the two meiotic divisions yield spermatocytes with four nuclei. Sperms with one flagellum and without plastides are formed. The main part of the plasma of the spermatocytes as well as all plastides are left behind in residual bodies.

Résumé du Film

La formation de gamètes masculins chez *Stephanopyxis turris* est introduite par deux ou trois divisions de différenciation. Ainsi se forment quatre ou huit spermatogonies enveloppés dans des membranes et contenus dans la cellule mère. Ils deviennent des spermatocytes lors des méiosis. Ces deux méiosis produisent spermatocytes à quatre noyaux, étant donné qu'il n'y a pas de cytokineses. Des spermés à un flagellum et d'autres sans plastés se forment. La plus grande partie du cytoplasme spermatique ainsi que tous les plastés restent dans des résidus.