

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Wissenschaftlicher Film C 983/1969

Vb. — V

**Geschlechtliche Fortpflanzung der Kieselalge
Stephanopyxis turris (Centrales)**

Begleitveröffentlichung von

Dr. G. DREBES, Helgoland

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1969

Geschlechtliche Fortpflanzung der Kieselalge *Stephanopyxis turris* (Centrales)¹

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. die Nordsee. In den subtropischen Gewässern ist ihre Verbreitung un-

¹ Angaben zum Film und Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 15 und 16.

genau 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]).

Differenzierung der Spermien

Die zentrischen Diatomeen sind oogam (GEITLER [3], 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 gehen 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 (STOSCH [10]). Eine phylogenetische Wertung ist damit nicht verbunden. Bei *Cyclotella* fehlen Differenzierungsvorgänge, die vegetative Zelle wird direkt zum Spermatogonium (GEITLER [3], SCHULTZ u. TRAINOR [8]). *Melosira varians* erzeugt 2—16 kleinere, dünnchalige, chlorophyllarme Spermatogonien. Die Reduktion schreitet weiter fort bei *Biddulphia granulata* und *B. rhombus*: Die mit stark rückgebildeten Schalen versehenen Spermatogonien bleiben bis zur Meiosis in der Mutterzelle eingeschlossen. An dieser Stelle muß auch *Stephanopyxis* (Abb. 1a—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. DEEBES [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 aller Plastiden in einem Restkörper zurückgelassen wird (Abb. 1d). 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]).

Differenzierung der Oogonien, Auxosporenbildung

Die Spermatogonien sind Ergebnis einer Reihe von Differenzierungsteilungen. Die Oogonien gehen dagegen direkt aus vegetativen Zellen hervor. Sie sind gekennzeichnet durch starke Volumenzunahme und erhöhten Plastidengehalt. Nach jeder der beiden meiotischen Kernteilungen geht jeweils ein Tochterkern zugrunde, so daß das eineiige Oogon schließlich einen haploiden Kern sowie zwei degenerierte (pyknotische) Kerne besitzt (Abb. 2 a). Wird die erste meiotische Kernteilung von einer Zytokinese begleitet, entstehen zweieiige Oogonien, z. B. bei einigen Arten der Gattung *Biddulphia* (STOSCH [10], [11]). Bei der Mehrzahl der Diatomeen herrscht jedoch der eineiige Oogontyp vor.

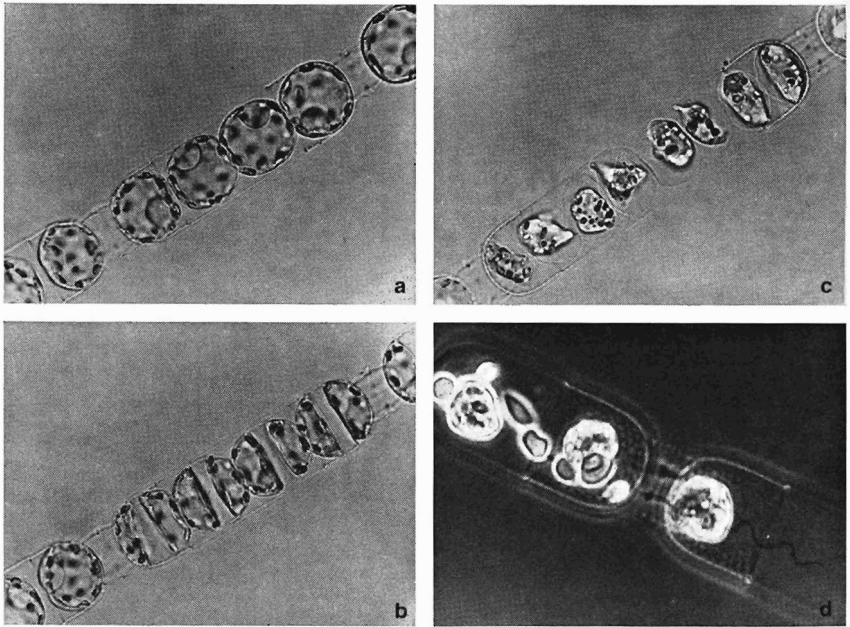


Abb. 1. Bildung der Spermien bei *Stephanopyxis turris*

- a) Vier Spermatogonien eingeschlossen in der Mutterzelle (Spermatogonangium)
- b) Die vier Spermatogonien haben sich soeben synchron geteilt. Die nun acht halbmondförmigen Spermatogonien runden sich später ab
- c) Acht Spermatozyten 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 Spermatozyten. Aus einer Spermatozyte entstehen vier farblose Spermien, die Hauptmenge des Plasmas und sämtliche Plastiden bleiben in einem Restkörper zurück. Rechts eine Spermatozyte mit einer der vier Geißeln, welche in der Interkinese der Meiosis entstehen

Zur Befruchtung wird die Eioberfläche teilweise oder total freigelegt (Abb. 2b). Dabei weichen die Schalen entweder nur bis zur Öffnung auseinander — wie bei *Stephanopyxis* —, oder das Ei tritt ganz aus den Schalen heraus. Nach der Befruchtung vergrößert sich das Volumen der Zygote beträchtlich (Abb. 2c—d). Aus der Zygote ist eine Auxospore

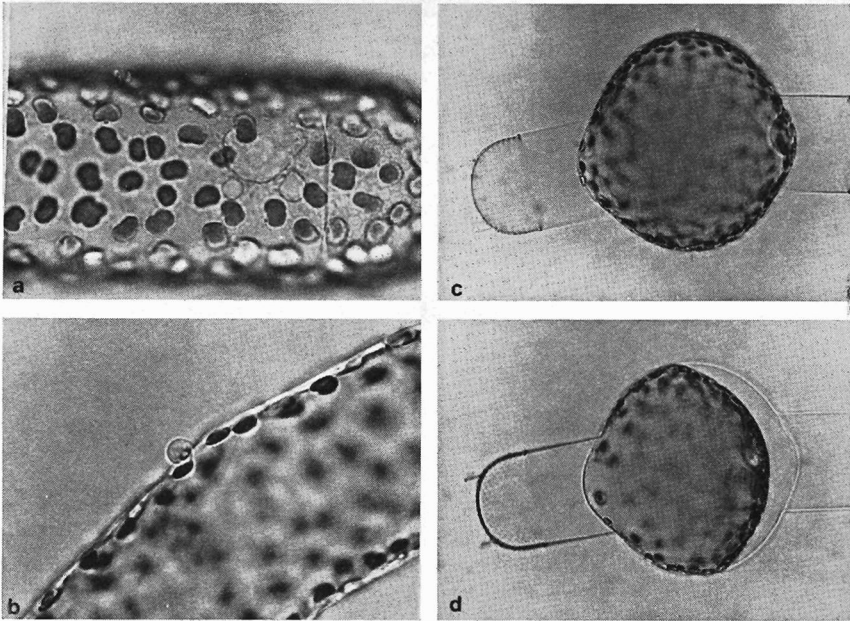


Abb. 2. Oogonien und Auxosporen von *Stephanopyxis turris*

- a) Teil eines reifen Oogons mit haploidem Eikern. Unter dem Eikern links der pyknotische Kern aus der ersten meiotischen Teilung, rechts der noch etwas größere zweite pyknotische Kern aus der zweiten meiotischen Teilung
- b) Zur Befruchtung hat sich das Oogon bis zu seiner Öffnung (dabei Abknickung) gestreckt. An der Knickstelle versucht ein Spermium einzudringen
- c) Nach der Befruchtung zur Auxospore aufgeblähte Zygote
- d) Innerhalb der Auxosporenmembran wird rechts die erste Schale zur Bildung der Erstlingszelle abgeschieden

entstanden. Diese ist von einer dehnbaren, leicht verkieselten Membran umgeben. Die Auxospore scheidet nun innerhalb ihrer Membran sukzedan zwei Kieselschalen ab und wird zur Erstlingszelle eines neuen Klons. Der Bildung der Erstlingsschalen geht je eine metagame Mitose voraus.

Bei den zentrischen Diatomeen schafft also die geschlechtliche Fortpflanzung nicht nur genetische Neukombinationen. Sie führt auch die im Laufe der vegetativen Vermehrung verringerte Zellgröße wieder auf ihre ursprüngliche Maximalgröße zurück.

Erläuterungen zum Film¹

1. Übersicht von vegetativen Zellen

Stephanopyxis turris ist eine in linearen Kolonien auftretende marine Planktondiatomee, deren Zellen sich vegetativ durch Zweiteilung vermehren. An die vegetative Vermehrung ist durch den komplizierten Schalenbau eine allmähliche Abnahme der Zellgröße gekoppelt.

Vergr. 8,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

2. Größenvergleich verschiedener alter Kolonien

Das Bild zeigt drei verschieden breite Kolonien. Noch vor Erreichen der artspezifischen Minimalgröße wird durch Bildung von Auxosporen die Maximalgröße wieder hergestellt.

Vergr. 26,7fach, Aufn.-Freq. 1 B/s

Differenzierung der Spermien und Oogonien

Zeitraffung 1 : 6 bis 1 : 360

3. Spermatogonienbildung

Stephanopyxis ist als zentrische Diatomee oogam. Bei der Differenzierung der Spermien entstehen zunächst vier oder acht stark vereinfachte kurze Zellen, die Spermatogonien, welche von den Schalen der Mutterzelle umschlossen bleiben. Die zur Spermatogonienbildung notwendigen Zellteilungen vollziehen sich jeweils in einem Abstand von etwa drei Stunden. Das Streckungswachstum wird von Teilung zu Teilung geringer, die Furchung erfolgt steiler, die neuen Schalen sind vereinfacht und ohne Stacheln. Auch eine Vermehrung der Plastiden findet zwischen den Teilungen nicht mehr statt. Die Spermatogonien können in diesem Viererstadium später die meiotischen Kernteilungen durchführen.

Vergr. 65,5fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

4. Spermatogonienbildung

In der Regel schließt sich jedoch noch ein dritter Teilungsschritt an. Dieser zeigt sehr eindrucksvoll den zeitlich synchronen Ablauf der einzelnen Teilungen.

Die Mutterzelle bricht später durch Anschwellen der Spermatogonien auseinander. Die Spermatogonien werden mit Beginn der Meiosis Spermatozyten genannt.

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

¹ Die kleingedruckten Abschnitte geben den im Film gesprochenen Kommentar wieder. Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

5. Erste meiotische Kernteilung in der Spermatozyte

Diese Spermatozyte führt die erste meiotische Kernteilung durch. Bereits vor der Teilung begann der Protoplast stark zusammenschrumpfen. Eine Zellteilung unterbleibt, die Spermatozyte gleicht einem zweikernigen Plasmodium.

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

6. Zweite meiotische Kernteilung in der Spermatozyte

Bis zur zweiten meiotischen Kernteilung vergehen etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden. Die beiden Kerne liegen weit voneinander entfernt an den Enden der spindelförmigen Spermatozyte. Während der Interkinese entstehen an den Polen der Spindel je zwei Geißeln.

Bei den zwei Spermatozyten im Bild setzt die zweite meiotische Kernteilung zuerst in der oberen Zelle ein.

Jetzt ist auch in der unteren Spermatozyte die zweite Reduktionsteilung zu erkennen.

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

7. Freiwerden der Spermien

Links im Bild sind aus zwei Spermatozyten je vier eingeißelige, farblose Spermien entstanden. Die Hauptmasse des Plasmas mit allen Plastiden bleibt in je einem Restkörper zurück.

Rechts eine Spermatozyte mit schlagenden Geißeln.

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

8. Freiwerden der Spermien

Hier löst sich das erste Spermium von einer reifen Spermatozyte. Die übrigen drei Kerne ragen knospenförmig aus der Spermatozyte hervor. Die in der Nachbarschaft liegenden Spermatozyten sind in der Entwicklung noch weiter zurück. Das fertige Spermium entweicht aus der Schale des Spermatogonium.

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

9. Oogonienentwicklung

Die Oogonien entwickeln sich — im Gegensatz zu den Spermatogonien — direkt aus vegetativen Zellen. Man erkennt die jungen Oogonien an ihrem erhöhten Plastidgehalt sowie an dem angeschwollenen Zellkern. Der Kern wandert während der Zellstreckung aus seiner Ruhelage im Diskus der Unterschale ein Stück weit in die Gürtelregion hinein. Er verlagert sich ständig, und das den Kern umhüllende Plasma entsendet gelegentlich dünne Fortsätze in den Vakuolenraum. Die Unruhe des Kernes ist charakteristisch für die Prophase der Meiosis.

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

10. Erste meiotische Kernteilung im Oogonium

Bei der ersten Reduktionsteilung ist die strangförmige Zentralspindel gut zu erkennen. Die Tochterkerne wandern jetzt aufeinander zu. Der untere Kern verliert allmählich an Größe, er wird pyknotisch. Der obere Kern wächst dagegen zu seiner vollen Größe heran. Der meiotischen Kernteilung folgt keine Zellteilung.

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

11. Oogonkern und erster pyknotischer Kern

Bis zur zweiten meiotischen Kernteilung vergehen etwa $2\frac{1}{2}$ Stunden. Der pyknotische Kern hat inzwischen weiter an Größe verloren.

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

12. Zweite meiotische Kernteilung im Oogonium

Der gleiche Vorgang wiederholt sich in der zweiten Reduktionsteilung. Die Kernspindel liegt diesmal parallel zur Längsachse der Zelle. Die Tochterkerne schieben bei ihrer Wanderung die Plastiden zusammen. Erneut wird ein Kern pyknotisch.

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

13. Eikern mit beiden pyknotischen Kernen

Die reife Eizelle besteht schließlich aus einem großen haploiden Kern und darunter links der erste pyknotische Kern, rechts daneben der noch etwas größere zweite pyknotische Kern.

Vergr. 110fach, Aufn.-Freq. 15 B/min

*Eindringen der Spermien
Entwicklung der Auxospore
Zeitraffung 1 : 6 bis 1 : 720*

14. Oogonium mit Spermium

Das Oogon streckt sich nach der Meiosis. Die Gürtel der beiden Schalen gleiten bis zum Öffnen des Oogon auseinander. Die Zelle knickt dabei leicht ein. Nur an der Knickstelle kann ein Spermium eindringen. Hier versucht ein Spermium unmittelbar neben der Öffnung vergeblich die verkieselte Oogon-Wand zu durchbohren.

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

15. Eindringen des Spermium in das Oogonium

Dieses Spermium hat die offene Stelle am Oogon gefunden und sitzt direkt an der Plasmakuppe der Eizelle. Hier kann es längere Zeit verweilen.

Das Durchdringen der Eimembran jedoch geschieht ruckartig.

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

16. Eindringen des Spermium in das Oogonium

Diese Aufnahme zeigt noch einmal das Eindringen eines Spermium und danach die Wanderung zum Eikern. Das Spermium sitzt an der Öffnung des Oogon in der unteren Bildhälfte. Beim Eindringen wird die Geißel meist abgeworfen.

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

17. Wanderung des Spermium zum Eikern

Das eingedrungene Spermium wandert im plasmatischen Wandbelag, zwischen den Plastiden hindurch, zum Eikern. Dieser liegt rechts oben an der Oogon-Wand. Am Eikern befindet sich ein pyknotischer Kern. Das Spermium legt sich links an den Eikern an. Es folgt nun die Verschmelzung der beiden haploiden Kerne. Damit ist der diploide Zustand der Diatomee wieder hergestellt. An diese sexuellen Vorgänge schließt sich nun die Bildung der Auxospore an.

Vergr. 110fach, Aufn.-Freq. 1 B/s

18. Auxosporenbildung

Nach der Befruchtung kontrahieren sich die jungen Zygoten zunächst sehr stark. Innerhalb einer leicht verkieselten, aber dehnbaren Membran beginnt dann das Anschwellen zur Auxospore. Die Auxospore ist nur noch lose mit den leeren Oogonschalen verbunden. Innerhalb der Auxosporenmembran werden dann nacheinander zwei Kieselschalen abgeschieden.

In dieser Aufnahme entsteht gerade die erste Schale auf der linken Seite der Auxospore.

Vergr. 33,2fach, Aufn.-Freq. 2 B/min

19. Auxospore mit Bildung der ersten Schale

Der Bildung beider Schalen geht je eine Kernteilung voraus. Unmittelbar nach der Mitose wird durch Spontan-Plasmolyse die Form für die erste Schale geschaffen. Einer der beiden Tochterkerne wird pyknotisch. Rechts ist jetzt die Membran der Auxospore gut zu erkennen.

Vergr. 51,2fach, Aufn.-Freq. 2 B/min

20. Auxospore mit Bildung der zweiten Schale

Diese Auxospore besitzt rechts die erste Schale. Die Zelle hat sich etwas gestreckt und dabei einen kurzen Gürtel gebildet. Der im Diskus der ersten Schale liegende Kern wandert nun in die noch schalenlose Region und teilt sich erneut, worauf die zweite Schale abgeschieden wird. Die Spontan-Plasmolyse verläuft hier etwas unregelmäßig.

Vergr. 51,2fach, Aufn.-Freq. 2 B/min

21. Keimung der Erstlingszelle

Diese Erstlingszelle keimt nun, unter Zerreißen der Auxosporenmembran, zu einer neuen, verbreiterten Kolonie aus. Bei der linken Oogonshale ist auch der Gürtel aufgeplatzt. Die beiden Schalen der Erstlingszelle besitzen keine oder nur rudimentäre Stacheln. Diese entstehen erst nach der ersten Zellteilung an den Tochtorschalen.

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

22. Keimung der Erstlingszelle

Die Zellen haben damit ihre artspezifische Maximalgröße erreicht. Gleichzeitig ist durch die geschlechtlichen Vorgänge ein neuer, genetisch veränderter Klon entstanden.

Vergr. 21,1fach, Aufn.-Freq. 4 B/min

English Version of the Spoken Commentary

Stephanopyxis turris is a marine plankton diatom forming linear colonies. Because of the complicated structure of the siliceous cell wall the vegetative multiplication is coupled with a gradual decrease of the cell size.

The picture shows three colonies of various widths. The reduction in size of a population is compensated by the formation of so-called auxospores.

Differenzierung der Spermien und Oogonien

Zeitraffung 1 : 6 bis 1 : 360

As a centric diatom *Stephanopyxis* is oogamous. The formation of male gametes commences with the production of four or eight simplified small cells, the spermatogonia, from one vegetative cell. The respective cell-divisions necessary for spermatogonial formation extend up to three hours each. From one division to another, the linear growth decreases, the fission becomes steeper, and the new valves are rudimentary and without spines. Between divisions, a multiplication of plastids no longer takes place. In the four-celled stage, the spermatogonia may later undergo meiosis.

However, as a rule the spermatogonia divide once more. The cell divisions assume a nearly synchronous course. Later, swelling of the spermatogonia opens the mother cell. With the beginning of the meiosis, the spermatogonia are now called spermatocytes.

This spermatocyte is undergoing the first meiotic nuclear division. Shortly before division, a shrinkage of the protoplast occurs. Cytokinesis is lacking; the cell resembles a binucleated plasmodium.

2½ to 3 hours lapse until the second meiotic division sets in. The two nuclei are located at the ends of the spindle-shaped spermatocyte. At the poles of the spindle, paired flagella develop during the interkinesis.

Of the two spermatocytes in the picture, the upper cell precedes the lower in the second reduction-division.

Now, the second division in the lower cell is discernable.

Left, each of the two spermatocytes has formed four colourless uni-flagellated sperms. In each case the bulk of cytoplasm with all plastids remains behind as a disintegrating residual-body. To the right, is one spermatocyte with undulating flagella.

Here the first sperm detaches itself from a mature spermatocyte. The other three nuclei remain as bud-shaped projections from the spermatocyte.

The neighbouring spermatocytes are slower in their development. The ripe sperm escapes from the shell of the spermatogonium by flagellar movement.

In contrast to the formation of spermatogonia, the oogonia develop directly from the vegetative cells. Young oogonia can be recognized by their increased number of plastids, and by the swollen nucleus. The nucleus, formerly located in the hypovalva, moves into the girdle-region as the cell elongates. The nucleus undergoes a permanent shifting, and its surrounding cytoplasm sends off thin threads into the vacuole. This is a characteristic feature of the prophase of the meiosis.

In the anaphase of the first reduction-division the elongated hyaline central-spindle becomes visible. The daughter nuclei now approach one another. The lower nucleus, decreasing gradually in size, becomes pycnotic. The upper one, however, assumes its normal size. The meiotic division takes place without cytokinesis.

The second meiotic nuclear-division follows after about 2½ hours. Meanwhile, the pycnotic nucleus has further decreased in size.

The same process is repeated in the second meiotic division. In this picture the nuclear spindle is parallel to the long axis of the cell. The migration of the daughter nuclei towards one another causes dense plastid accumulation around the nuclei. Again, one nucleus degenerates. Finally, the mature egg contains one large haploid nucleus, at whose lower end are the two pycnotic nuclei — a smaller one on the left and a larger one, right.

*Eindringen des Spermium
Entwicklung der Auxospore*

Zeitraffung 1 : 6 bis 1 : 720

Following meiosis, the oogonium stretches until its girdles separate totally. This usually leads to a slight bending of the cell. Only at the bend, can a sperm penetrate into the partially-exposed female protoplast. Here is a sperm trying unsuccessfully to penetrate the silica shell near the opening.

This sperm has found the right place and is directly attached to the naked female protoplast. Here it may for some time.

The passage through the egg membrane occurs abruptly.

This picture shows once again the penetration of a sperm and the subsequent migration to the egg nucleus. The sperm is located at the opening of the oogonium in the lower half of the picture. When penetrating the flagellum is often thrown off.

The penetrated sperm moves through the parietal cytoplasm to the female nucleus, which lies to the upper right of the cell wall. There we can also see one of the two pycnotic nuclei.

The sperm attaches itself to the egg-nucleus on the left side. With the fusion of the two haploid nuclei, the diatom again attains the diploid stage. The sexual process is followed by the formation of the auxospore.

After fertilization, the young zygotes contract at first and then undergo rapid enlargement to form auxospores. The oogonial shells are only loosely attached to the auxospore. Then, within the slightly silicified but elastic auxospore-membrane, two silica shells are successively secreted.

In this picture, the first shell has just formed on the left side of the auxospore.

The formation of both shells is preceded by a metagamic nuclear division. Immediately after the mitosis the contours of the first shell arise by spontaneous plasmolysis. One of the two daughter nuclei becomes pycnotic. To the right, the auxospore-membrane is now conspicuous.

This auxospore exhibits the first shell on the right side. The cell has slightly extended and has simultaneously formed a short girdle. The nucleus located in the discus of the first shell now moves into the opposite region of the cell, dividing once more. This leads to the formation of the second shell. Here, the spontaneous plasmolysis is somewhat irregular.

This initial cell germinates by bursting the auxospore-membrane and gives rise to a new enlarged colony. In the left oogonial-shell the girdle has also split. Both shells of the initial cell bear no spines or only rudimentary ones. Spines are first formed by the daughter-shells after the first cell-division.

The cells have thereby attained their maximal size characteristic of the species. Simultaneously, by the sexual process a new genetically altered clone is born.

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.: Subdiözise 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 für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt.

Tonfilm, schwarzweiß, 114 m, 10 1/2 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Filmaufnahmen entstanden im Jahre 1967. Veröffentlicht aus der Biologischen Anstalt Helgoland und im Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. WOLF). Wissenschaftliche Bearbeitung: Dr. G. DREBES. Sachbearbeitung: Dr. H.-K. GALLE, Aufnahme: H. H. HEUNERT.

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. Die Oogonien gehen bei *Stephanopyxis turris* direkt aus vegetativen Zellen hervor. Nach starkem Streckungswachstum folgen die beiden meiotischen Kernteilungen; Zytokinesen fehlen. Nach jeder Kernteilung wird jeweils ein Tochterkern pyknetisch. Das eineiige Oogon öffnet sich und wird von einem Spermium befruchtet. Die Zygote schwillt unter starker Volumenvergrößerung zur Auxospore an. Aus der Auxospore entsteht durch sukzedane Abscheidung zweier Schalen die Erstlingszelle, welche zur Kolonie eines neuen Klones heranwächst.

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.

The oogonia in *Stephanopyxis turris*, are formed directly from the vegetative cells. Pronounced longitudinal growth is followed by the two meiotic divisions of the nucleus; there are no cytokinesis. After each division of the nucleus one of the daughter nuclei becomes pycnotic. The one-egged oogon opens up and is fertilized by a spermium. The zygote swells up to form the auxospore, increasing significantly in volume. By succedaneous secretion of two shells the first cell emerges from the auxospore; this cell grows to become the colony of a new clone.

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 enveloppées dans des membranes et contenus dans la cellule mère. Ils deviennent des spermatozytes lors des méioses. Ces deux méioses produisent spermatozytes à quatre noyaux, étant donné qu'il n'y a pas de cytokineses. Des spermes à un flagellum et d'autres sans plastides se forment. La plus grande partie du cytoplasme spermatique ainsi que tous les plastides restent dans des résidus.

Les oogones chez *Stephanopyxis turris*, sorrent directement des cellules végétatives. Après une croissance rapide et longitudinale des oogones, les deux méioses ont lieu; il y a absence de cytokineses. Après chaque méiose un noyau frère devient pyknotique. L'oogon univittellin s'ouvre et est ainsi fécondé par un spermium. Le zygote croît rapidement en volume et devient une auxospore, dont se forme, par sécrétion succédanée de deux valves, la cellule primaire. Cette dernière formera la colonie d'un nouveau clone.