

# ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

---

*E 2383/1976*

## **Attheya decora (Centrales) Geschlechtliche Fortpflanzung**

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1976

---

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Film E 2383

## **Attheya decora (Centrales)** **Geschlechtliche Fortpflanzung**

G. DREBES, List/Sylt

### **Allgemeine Vorbemerkungen<sup>1</sup>**

Die Diatomeen sind karyologisch Diplonten, bei welchen die haploide Phase auf das ephemere Gametenstadium reduziert ist. Bei den Centrales erfolgt die geschlechtliche Fortpflanzung über Eibefruchtung durch Spermien, also oogam. Auch unser Untersuchungsobjekt, *Attheya decora* West (Abb. 1 a), macht hierin keine Ausnahme. Die wesentlichen Phasen des oogamen Sexualvorgangs sind bereits in einem früheren Film über *Stephanopyxis turris* dokumentiert worden (DREBES [1], [7]). Die Gründe für die Herstellung eines weiteren Films mit prinzipiell ähnlichem Inhalt sind zweifach: 1. Angesichts der morphologischen Vielfalt unter den zentrischen Arten sind auch die Differenzierungsprozesse im Bereich der sexuellen Fortpflanzung sehr unterschiedlich und somit vergleichend-entwicklungsgeschichtlich von Interesse (vgl. STOSCH u. DREBES [5]). 2. Naturgemäß lassen sich an einem einzigen Objekt nicht alle Stadien eines Vorgangs in gleicher Weise optimal darstellen.

*A. decora* steht in der Nähe von *Eucampia* innerhalb der Unterordnung *Biddulphiineae*. Über ihre systematische Stellung wird aufgrund elektronenoptischer Befunde zur Zeit diskutiert (EVENSEN u. HASLE [4]). Die Alge lebt im Litoral mariner und brackiger Gewässer. Einzelheiten über Vorkommen, Zellbau und vegetative Vermehrung sind im Rahmen des Films „*Attheya decora* (Centrales)—Vegetative Vermehrung“ mitgeteilt worden (DREBES [3], [8]).

<sup>1</sup> Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 10 u. 11.

Die auf sexuelle Fortpflanzung untersuchten Kulturklone von *A. decora* erwiesen sich als monözisch, d. h. ein Klon differenziert unter adäquaten Bedingungen sowohl Spermien als auch Eier. Aus den männlich deter-

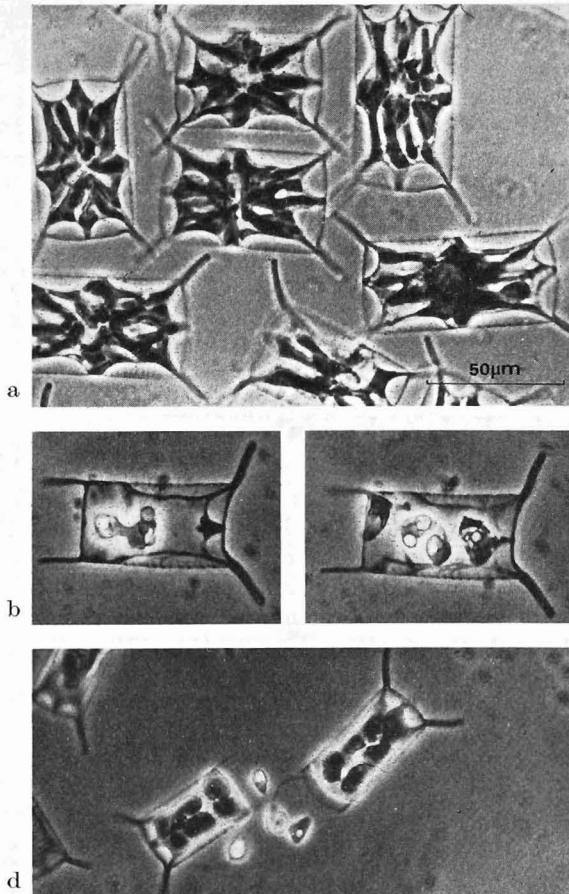


Abb. 1. Vegetative Zellen und Sexualstadien von *Attheya decora*.

a: Vegetative Zellstadien; zahlreiche langgestreckte zum zentralen Kern ausgerichtete Chromatophoren; Protoplast an acht Stellen mit konkaven Einbuchtungen.

b: Spermatocyte während der ersten meiotischen Kernteilung (Anaphasestadium).

c: Dieselbe Spermatocyte mit vier Spermien. Beachte den stark heterovalvaten Bau der Spermatocyte, welche rechts eine normale, links eine rudimentierte Theka besitzt.

d: Zwei Halboogonien mit je einem Ei, umschwärmt von vier Spermien

(a: Hellfeld; b-d: Phasenkontrast; Einzelaufnahmen aus dem Film)

minierten Zellen gehen nach einigen Differenzierungsteilungen (= depauperierende Teilungen) in gewissen Zelleigenschaften vereinfachte Zellen, die Spermatogonien hervor. Gegenüber den vegetativen Zellen erkennt man diese Stadien am reduzierten Bau der Chromatophoren und Theken (Abb. 1 b, c). Die Spermatogonien sind wie bei anderen benthischen Arten (z.B. *Melosira*, *Rhabdonema*) noch individualisiert, während sie bei den Planktonformen in oft extremer Vervielfachung und

Vereinfachung in ihren Mutterzellen („Spermatogonangien“) bis zur Meiosis eingeschlossen bleiben (s. *Stephanopyxis*-Film DREBES [7], oder Mikrofotos in DREBES [2]). Die Spermatogonien fungieren mit Eintritt

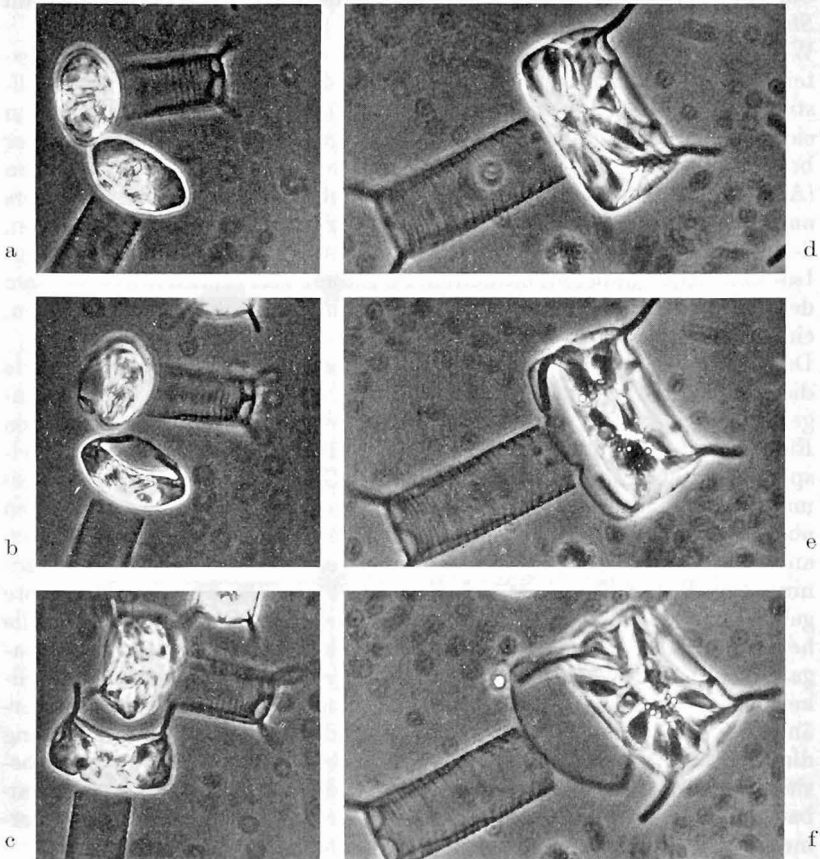


Abb. 2. Bildung der Erstlingszelle bei *Attheya decora* (Phasenkontrast). a: Zwei aus Zygoten hervorgegangene Auxosporen, denen je eine Oogonotheka anhängt. b, c: Bildung der Epitheka der Erstlingszelle. Abscheidung der Theka innerhalb des Präperizoniums. Mit dem Auspreizen der Hörner wird ein Teil des Präperizoniums abgesprengt. d—f: Bildung der Hypotheka der Erstlingszelle. Das stark ausgeweitete Präperizonium nimmt nach dem Freiwerden der Erstlingszelle wieder seine ursprüngliche Form an (vgl. f mit a)

(Einzelaufnahmen aus dem Film)

in die Meiosis als Spermatozyten. In diesen entwickeln sich durch je zwei meiotische Kern- und Zellteilungen vier eingeißelige Spermien. Ihre Bildung verläuft hologen, indem der gesamte Zellinhalt auf die vier Spermien verteilt wird. Merogene Spermienbildung, bei welcher alle Chromatophoren in einem Restkörper ausgeschlossen werden, ist im *Stephanopyxis*-Film dargestellt (DREBES [1], [7]).

Weiblich determinierte Zellen werden ohne erkennbare Differenzierungsteilungen direkt zu Oogonien. Sie fallen durch besonders starke Zellstreckung auf. Die erste der beiden meiotischen Kernteilungen ist von einer Cytokinese begleitet, so daß die Oogonien am Ende je zwei Eier besitzen, bzw. in zwei Halboogone mit je einem Ei auseinanderfallen (Abb. 1 d). Oogonien mit zwei Eiern sind unter den Biddulphiineen öfters anzutreffen und bilden wohl die Überleitung zu den pennaten Diatomeen, deren Gametangien im Normalfall ebenfalls je zwei Gameten (allerdings Iso- bzw. Anisogameten) enthalten. *Stephanopyxis* repräsentiert dagegen den unter den zentrischen Diatomeen am häufigsten vorkommenden, eineiigen Oogontyp (DREBES [1], [7]).

Das in zwei Halboogone zerfallende Oogonium ermöglicht den — wie die Filmszenen eindrucksvoll zeigen — offenbar chemotaktisch angelockten Spermien, Kontakt mit den teilweise freigelegten, nackten Eioberflächen aufzunehmen. Die erste Berührung erfolgt mit der Geißelspitze. Das Spermium wird dann über die Geißel an die Eizelle gewissermaßen „herangezogen“ und schließlich einverleibt. Die Zygotenschlüpfen aus den Oogontheken und schwellen vor deren Mündung zu Auxosporen an (Abb. 2 a). Die Auxosporenmembran verkieselt zu einem Präperizonium (zu diesem Terminus vgl. STOSCH et al. [6]). Aus der Auxospore geht durch sukzessive Abscheidung zweier Theken die Erstlingszelle hervor (Abb. 2 b—f). Die Bildung der Theken wird durch je eine metagame Mitose ausgelöst. Dabei abortiert jeweils ein überzähliger Zellkern. Die Erstlingszelle bildet den Ausgangspunkt eines genetisch veränderten, neuen Klons. Gleichzeitig wird durch die Auxosporenbildung die ursprüngliche Zellgröße wieder hergestellt, denn die Diatomeen besitzen ja die Besonderheit, bedingt durch den schachtelartigen Schalenbau einen allmählichen Größenschwund im Laufe der vegetativen Vermehrung zu erleiden (PFITZER-MACDONALDSches Wachstumsgesetz).

#### Zur Entstehung des Films

Das Filmobjekt *Atheya decora* wurde aus dem Nordsylter Wattenmeer isoliert und in der bereits an anderer Stelle geschilderten Weise kultiviert und untersucht (DREBES [3]). Die sexuelle Fortpflanzung ließ sich, wie nicht anders zu erwarten, nur an Klonen aus dem unteren Zellgrößensbereich auslösen. Dies war der Fall bei einer Apikallänge der Zellen von unterhalb 25  $\mu\text{m}$ . Ansonsten entsprachen die auslösenden Bedingungen

denen günstiger Wachstumsbedingungen, wobei eine leichte Anhebung der Lichtdosis den gewünschten Effekt verstärkte. Die mikrokinematographischen Aufnahmen wurden ausnahmslos im Phasenkontrast ausgeführt.

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

#### 1. Übersicht von mehreren Zellen.

Bildfeldbreite 195  $\mu\text{m}$ ; Phasenkontrast (Phako); Aufn.-Freq. 1 B/min

*Attheya decora* lebt im Meeresküstenbereich der gemäßigten Zone. Die Kieselalge ist monözisch und pflanzt sich geschlechtlich durch Oogamie fort.

### ***Bildung der Spermien und Eier***

***1 B/min bis 20 B/min***

***24 B/s***

#### 2. Spermienbildung, Übersicht.

Bildfeldbreite 155  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 1 B/min

In diesen Spermatogonien, die aus männlich determinierten Zellen hervorgegangen sind, entwickeln sich Spermien.

#### 3. Verschiedene Stadien der Spermienbildung.

Bildfeldbreite 195  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 2 B/min

Hier sind drei Zellen zu Spermatogonien differenziert, die bei einsetzender Meiosis und Spermienbildung nun Spermatocyten genannt werden. In der mittleren Zelle schließt noch eine Differenzierungsteilung die Spermatogonienbildung ab.

#### 4. Letzte Teilung der Spermatogonienbildung.

Bildfeldbreite 100  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 15 B/min

Geschrumpfte und ausgeblichene Chromatophoren sind leicht erkennbare Merkmale von Spermatogonienbildung. — Auch die Schalenbildung geschieht als Folge der Differenzierungsteilungen in abweichender und unvollständiger Weise.

#### 5. Spermienbildung; Bildung der Geißeln.

Bildfeldbreite 120  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 8 B/min

Aus der Spermatocyte entwickeln sich durch zwei meiotische Kern- und Zellteilungen vier Spermien. Nach der ersten Teilung wird während der Interkinese an beiden Protoplasten je ein Paar Geißeln gebildet.

Vor der zweiten und meiotischen Teilung weichen die Geißeln auseinander und wandern zu den Spindelpolen.

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

## 6. Spermienbildung bis zum Beweglichwerden.

Bildfeldbreite 120  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 20 B/min

Die Spermatoocyten sind in der Regel von unsymmetrischer Gestalt. Hier erkennt man links noch eine vollständig ausgebildete Theka der ursprünglich vegetativen Zelle, rechts dagegen als Resultat der eben erwähnten Differenzierungsteilungen eine stark verkürzte, rudimentäre Theka.

Die Spermien entstehen hologen, indem der gesamte Zellinhalt mehr oder weniger gleichmäßig auf die vier Gameten aufgeteilt wird.

Eine am Vorderende inserierte Geißel macht die Schwärmer beweglich.

## 7. Freisetzung der Spermien.

Bildfeldbreite 120  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 24 B/s

Unterhalb zweier vegetativer Zellen liegt eine Spermatoocyte mit vier reifen Spermien. Verursacht durch die Geißelbewegung der Spermien öffnet sich die Spermatoocyte.

Die im Vergleich zu anderen centrischen Diatomeen recht großen, birnenförmigen Spermien verlassen mit nach vorn schlagender Geißel die auseinanderklaffenden Schalen.

## 8. Bildung der Eizellen.

Bildfeldbreite 190  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/min—2 B/min

Weibliche Gametangien — die Oogonien — gehen nach starker Zellstreckung direkt aus vegetativen Zellen hervor. Da die erste der beiden meiotischen Kernteilungen mit einer Zellteilung verbunden ist, entwickeln sich im Oogon zwei Eizellen. Die zweite meiotische Kernteilung ist hier nur in der linken Zelle zu erkennen. Das Oogon zerfällt in zwei Halboogone mit je einem Ei.

### *Befruchtung, Entwicklung der Auxosporen und Erstlingszellen*

*1 B/min bis 15 B/min*

*24 B/s*

## 9. Eizellen, umschwärmt von Spermien; Eindringen von Spermien.

Bildfeldbreite 195  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 24 B/s

Offenbar chemotaktisch angelockt, umschwärmen vier Spermien ein noch fast geschlossenes Oogon, welches schließlich in zwei Halboogone auseinanderbricht. Zunächst berühren die Spermien mit ihrer Geißelspitze die freie Eioberfläche. In jede Eizelle dringt nur ein Spermium ein.

Wie aus dem Bewegungsverhalten ersichtlich, scheint für die beiden erfolglosen Spermien eine gezielte Anlockung nun nicht mehr gegeben, und sie schwimmen richtungslos umher.

Nach Verkürzung der Geißel legen sich die Spermien an die Eioberfläche an und verschmelzen allmählich mit der Eizelle.

## 10. Eindringen eines Spermiums in eine Eizelle.

Bildfeldbreite 195  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 24 B/s

Hier noch einmal das Eindringen eines Spermiums in die rechte Eizelle. Die erste Berührung und ein fester Kontakt des Spermiums mit der freien

Plasmaoberfläche des Eies erfolgt über die Geißelspitze. Durch Verkürzen der Geißel wird das Spermium an die Eizelle herangezogen. Das Spermium hat sich abgerundet und wird über eine Plasmavorwölbung von der Eizelle langsam aufgenommen.

#### 11. Kernverschmelzung und Austreten der Zygote.

Bildfeldbreite 80  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 15 B/min

Kurz nach dem Eindringen des Spermiums sieht man die beiden Geschlechtskerne in Zellmitte nebeneinander liegen. Bereits in dieser Phase beginnt die Eizelle aus der Oogonschale auszutreten.

Nach der Karyogamie, der Verschmelzung der beiden Geschlechtskerne, löst sich die junge Zygote aus den Valven und liegt schließlich vor der Mündung der Oogonschale.

#### 12. Bildung der Auxospore.

Bildfeldbreite 155  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 8 B/min—4 B/min

Die aus der Oogonschale schlüpfende Zygote wächst nun unter Volumenzunahme zu einer für diese Art charakteristisch geformten Auxospore heran.

#### 13. Bildung der Auxospore.

Bildfeldbreite 195  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/min—1 B/min

Wie bei Arten der Gattung *Odontella* erfolgt die Bildung der Auxosporen semi-interkalar. Die Auxosporen sind von einer verkieselten Membran — dem Präperizonium — umkleidet. Seine gebänderte Struktur ist in der Lebendaufnahme nicht zu erkennen.

#### 14. Bildung der Erstlingszelle.

Bildfeldbreite 120  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 1 B/min

Die aus Zygoten hervorgehenden Auxosporen entwickeln sich weiter zu sogenannten Erstlingszellen. Ausgelöst durch eine metagame Kernteilung wird zuerst die Epitheka der Erstlingszelle gebildet. Dabei wird beim Auspreizen der anfangs einwärts gebogenen Valvenhörner ein Teil des Präperizoniums abgesprengt.

Schließlich entsteht nach Streckung der Zelle und einer zweiten metagamen Kernteilung auch die Hypotheka.

#### 15. Bildung und erste Teilung der Erstlingszelle.

Bildfeldbreite 120  $\mu\text{m}$ ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/min—1 B/min

Diese Auxospore hat die Epitheka der Erstlingszelle bereits voll ausgebildet. Die metagame Kernteilung vor der Abscheidung der Hypotheka ist hier gut zu erkennen, nicht dagegen die anschließende Degeneration einer der beiden Tochterkerne.

Die Erstlingszelle löst sich aus der Umklammerung des geöffneten Präperizoniums, welches danach wieder seine ursprüngliche Form annimmt.

Nach Streckung der Zelle und Vermehrung der Chromatophoren erfolgt eine normale Teilung der Erstlingszelle. Hiermit beginnt die vegetative Vermehrung eines neuen Klons mit vergrößerten Zellen.



## Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] DREBES, G.: Geschlechtliche Fortpflanzung der Kieselalge *Stephanopyxis turris* (Centrales). Begleitveröff. zum Film C 983 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1969.
- [2] DREBES, G.: Marines Phytoplankton. Eine Auswahl der Helgoländer Planktonalgen (Diatomeen, Peridineen). 1. Aufl. Thieme, Stuttgart 1974.
- [3] DREBES, G.: *Attheya decora* (Centrales) — Vegetative Vermehrung. Begleitveröff. zum Film E 2275 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1976.
- [4] EVENSEN, D. L., und G. R. HASLE: The morphology of some *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) species as seen in the electron microscopes. *Nova Hedwigia*, Beih. **53** (1975), 153—174.
- [5] STOSCH, H. A. VON, und G. DREBES: Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. IV. Die Planktondiatomee *Stephanopyxis turris* — ihre Behandlung und Entwicklungsgeschichte. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **11** (1964), 209—257.
- [6] STOSCH, H. A. VON, G. THEIL und K. V. KOWALLIK: Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. V. Bau und Lebenszyklus von *Chaetoceros didymum*, mit Beobachtungen über einige andere Arten der Gattung. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **25** (1973), 384—445.
- 
- [7] DREBES, G.: Geschlechtliche Fortpflanzung der Kieselalge *Stephanopyxis turris* (Centrales). Film C 983 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1969.
- [8] DREBES, G.: *Attheya decora* (Centrales) — Vegetative Vermehrung. Film E 2275 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1976.

### *Anschrift des Verfassers:*

Dr. G. DREBES, Biologische Anstalt Helgoland (Litoralstation), Hafenstr. 3, D-2282 List/Sylt.

## Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1976 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Tonfilm, 16 mm, schwarzweiß, 103 m, 9 $\frac{1}{2}$  min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 1974 und 1975. Veröffentlichung aus der Biologischen Anstalt Helgoland, Litoralstation List/Sylt, Dr. G. DREBES, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE; Aufnahme und Schnitt: H. H. HEUNERT.

### **Inhalt des Films**

Die zentrische Diatomee *Attheya decora* pflanzt sich geschlechtlich durch Oogamie fort. Die monözischen Klone produzieren sowohl Spermien als auch Oogonien. Aus männlich determinierten Zellen gehen durch einige Differenzierungsteilungen Spermatogonien hervor. In diesen entwickeln sich hologen durch zwei meiotische Kern- und Zellteilungen je vier eingeißelige Spermien. Oogonien entstehen nach starker Zellstreckung direkt aus vegetativen Zellen. Die erste der beiden meiotischen Kernteilungen ist von einer Cytokinese begleitet, so daß am Ende zwei Eizellen in einem Oogonium liegen. Nach der Befruchtung schwellen die Zygoten zu Auxosporen an. Aus der Auxospore entwickelt sich durch zwei aufeinanderfolgende metagame Mitosen mit Abscheidung zweier Theken die Erstlingszelle.

### **Summary of the Film**

The centric diatom *Attheya decora* reproduces sexually by oogamy. The monoecious clones produce sperms as well as eggs. Spermatogonia arise from male determined cells by a few differentiating mitoses. By two meiotic nuclear and cell divisions four unflagellate sperm cells are formed within a spermatogonium. Oogonia develop directly from vegetative cells undergoing a considerable lengthening of the cell. The first of both nuclear divisions is accompanied by a cytokinesis, resulting in two egg cells per oogonium. After fertilization the zygotes are transformed into auxospores by swelling. From the auxospore the initial cell is formed by two consecutive metagametic mitoses with subsequent secretion of two thecae.

### **Résumé du Film**

La reproduction sexuelle de la diatomée centrale *Attheya decora* s'effectue par oogamie. Les clones monoïques produisent à la fois des spermatozoïdes et des oogones. Des cellules à caractère mâle donnent naissance, par quelques divisions de différenciation, à des spermatogonies au sein desquelles se développent par hologénèse, par deux divisions méiotiques du noyau et de la cellule, respectivement quatre spermatozoïdes à un flagelle. Les oogonies proviennent directement de cellules végétatives, après un étirement prononcé de la cellule. La première des deux divisions méiotiques du noyau s'accompagne d'une cytokinèse si bien qu'à la fin, chaque oogonie renferme deux ovules. Après la fécondation, les zygotes gonflent pour devenir des auxospores. La cellule initiale se développe à partir de l'auxospore, par deux mitoses métagamiques successives, avec séparation des deux thèques.