

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION
BIOLOGIE

SERIE 11 · NUMMER 14 · 1978

FILM C 1080

**Asexuelle Vermehrung von
Saprolegnia mixta (Saprolegniaceae)**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Tonfilm (Komm., deutsch od. engl.), 16 mm, schwarzweiß, 92 m, 8 1/2 min (24 B/s). Hergestellt 1961 und 1970, veröffentlicht 1971.

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt.

Veröffentlichung aus der Botanischen Abteilung des Instituts für Meeresforschung Bremerhaven, Dr. A. GAERTNER, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE; Kamera und Schnitt: E. HEYSE und H. H. HEUNERT.

Zitierform:

GAERTNER, A., und INST. WISS. FILM.: Asexuelle Vermehrung von *Saprolegnia mixta* (Saprolegniaceae). Film C 1080 des IWF, Göttingen 1971. Publikation von U. G. SCHLÖSSER, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 11, Nr. 14/C 1080 (1978), 12 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

Doz. Dr. U. G. SCHLÖSSER, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Göttingen, Untere Karspüle 2, D-3400 Göttingen.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN

Sektion MEDIZIN

NATURWISSENSCHAFTEN

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

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

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftlichen Ergänzungen 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 von etwa 500 Seiten zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus 4 Lieferungen mit einer entsprechenden Zahl von Einzelheften; jährlich erscheinen 1-4 Lieferungen in jeder Sektion.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (05 51) 2 10 34

FILME FÜR FORSCHUNG UND HOCHSCHULUNTERRICHT

ALWIN GAERTNER, Bremerhaven, und INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM, Göttingen:

Film C 1080

Asexuelle Vermehrung von *Saprolegnia mixta* (Saprolegniaceae)

Verfasser der Publikation: UWE GERT SCHLÖSSER, Göttingen

Mit 1 Abbildung

Inhalt des Films:

Asexuelle Vermehrung von *Saprolegnia mixta*¹ (Saprolegniaceae). Aus einer Ameisenpuppe wächst Mycel in das umgebende Wasser. Die Hyphen wachsen und verzweigen sich unter lebhafter Plasmaströmung. Details von folgenden Stadien der asexuellen Fortpflanzung sind erkennbar: Bildung des Sporangiums; Differenzierung, Freisetzung, Bewegungsweise und Dimorphismus der Zoosporen; Bildung und Auskeimen der Cysten.

Summary of the Film:

Asexual Reproduction of *Saprolegnia mixta* (Saprolegniaceae). Mycelium grows from an ants pupa into the surrounding water. The hyphae grow and ramify while the plasma is streaming violently. Details of the following stages of the asexual reproduction can be recognized: formation of the sporangium; differentiation, liberation, mode of moving, and dimorphism of the zoospores; formation and germination of cysts.

Résumé du Film:

La reproduction asexuée de *Saprolegnia mixta* (Saprolegniaceae). Le mycélium se développe sur une chrysalide de fourmi et s'étend dans l'eau. Les hyphes croient et se ramifient pendant que le protoplasme circule vivement. On voit les détails suivants de la reproduction asexuée: le développement des zoosporanges; la différenciation, mouvement et le dimorphisme des spores, outre cela la formation et la germination des kystes.

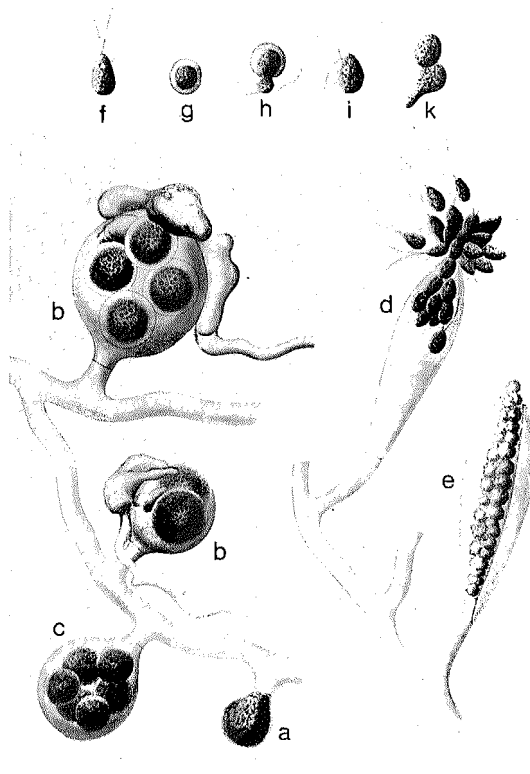
Allgemeine Vorbemerkungen

Die Saprolegniales (Übersicht: DICK [6]) gehören zu den Oomyceten. Diese Klasse steht unter den Pilzen verwandtschaftlich ganz isoliert. Zwei ihrer allgemeinen Merkmale, eine chitinfreie, Glucan und Cellulose enthaltende Wand und die spezielle heterokonte Begeißelung der Planosporen (= Zoosporen) weisen eher auf phylogenetische Beziehungen zu heterosiphonalen Algen der Chrysophyta (KREISEL [12]). Zwei weitere Merkmale sind ebenfalls bei keiner anderen Pilz-

¹ *Saprolegnia mixta*: Nach COKER [1] und SEYMOUR [18] ist dieser Name heute als Synonym von *S. ferax* (Gruith.) Thuret anzusehen. Vergl. im folgenden Text S. 5.

klasse zu finden: die spezielle Art der sexuellen Fortpflanzung in Form einer Oogametangiogamie und die Diplonten-Natur mit gametischer Meiosis (DICK and WIN-TIN [7]).

Man kennt heute etwa 20 *Saprolegnia*-Arten (SEYMOUR [18]), die vorwiegend nach Merkmalen der sexuellen Fortpflanzungsorgane unterschieden werden. Deren natürliches Vorkommen ist an feuchtes Milieu gebunden, d.h. an Süßwasser und Boden. Meist handelt es sich um Saprophyten, wenige Arten sind fakultative Parasiten an Fischen oder Niederen Wasserorganismen (*S. diclina*, *S. ferax*, *S. parasitica*).



a: Junges Oogon; b: reifes Oogon mit Eiern, ein Antheridium hat sich angelegt und ist mit einem Befruchtungsschlauch hingewachsen; c: Oogon mit Parthenosporen, die in Abwesenheit eines Antheridiums entstanden sind; d: Sporangium während der Planosporen-Freisetzung; e: reifes Sporangium nach Durchwachsen eines älteren entleerten Sporangiums („Proliferation“); f: primäre Planospore; g: Cyste; h: indirekt keimende Cyste; i: sekundäre Planospore; k: direkt mit Keimschlauch keimende Cyste

Abb. 1. Fortpflanzungsstadien von *Saprolegnia ferax* (Gruith.) Thuret (= *S. mixta* de Bary) nach KALBERLAH aus KLEBS (1899)

Die Kultur gelingt ohne weiteres mit Protein oder Aminosäuren enthaltenden Medien, wie z.B. Fleischextrakt-Gelatine, Malzextrakt-Peptonagar oder auf Insektenleichen, zerspaltenen, gekochten Hanfsamen oder anderen proteinreichen Samen der Leguminosen bzw. Gramineen in Wasser. Methoden zur Isolierung und Kultur geben KLEBS [11], SEYMOUR [18] und STEVENS [19] an.

Bau und Entwicklungsgeschichte der Gattung *Saprolegnia* sind seit den klassischen Arbeiten von PRINGSHEIM [14] und DE BARY [3], [4], [5] in den Grundzügen bekannt. Der Vegetationskörper ist ein coenocytischer (ohne regelmäßige Septierung), verzweigter Fadenthallus (= Hyphenmycel) mit Apikalwachstum. Nur die Fortpflanzungsorgane sind stets durch ein unperforiertes Septum abgegrenzt. Die Art der Fortpflanzung – asexuell durch Planosporen (= Zoosporen), die in Sporangien entstehen oder sexuell durch einen besonderen Modus der Oogamie – wird völlig von Umweltbedingungen bestimmt, vor allem von der Ernährung, wie die eingehenden Untersuchungen von KLEBS [11] erwiesen haben. Die Fortpflanzungsorgane sind auf Abb. 1 dargestellt.

Saprolegnia mixta De Bary gehört mit *S. ferax* (Gruith.) Thuret, *S. monoica* Pringsheim und *S. thureti* De Bary zu einer Gruppe von Formen, die, bei weitestgehender morphologischer Ähnlichkeit, allein durch ihre unterschiedliche Tendenz zur Reduktion der Antheridienbildung und damit zu parthenogenetischer Entwicklung der Eier unterschieden werden. Während *S. monoica* sich überwiegend sexuell fortpflanzen sollte, wurde für *S. ferax* fast ausschließlich parthenogenetische Entwicklung der Eier angegeben; *S. mixta* sollte zu etwa 50% Oogonien mit und ohne Antheridien bilden. Da diese Tendenz jedoch durch Umweltfaktoren wie Nährstoffangebot oder Temperatur modifizierbar ist (SCHLÖSSER [16], ausführliche Diskussion von COKER [1] und SEYMOUR [18]), muß man diese Namen heute als Synonyme der zuerst beschriebenen Art *S. ferax* ansehen.

Asexuelle Fortpflanzung

Die asexuelle Fortpflanzung läßt sich leicht auslösen durch Überführen von gut ernährtem, wachsenden Mycel in Wasser. Nach mikroskopischen Beobachtungen, vor allem von ROTHERT [15] und GAY and GREENWOOD [9], sowie den Details des vorliegenden Films stellen sich Bildung der Sporangien und Freisetzung der Planosporen wie folgt dar:

Die Sporangien entstehen i. d. R. an Hyphenspitzen. Deren Wachstum verlangsamt sich und wird schließlich ganz eingestellt. Währenddessen dauert eine überwiegend zur Hyphenspitze gerichtete Plasmaströmung fort, was zur Ansammlung von reichlich Grana enthaltendem Plasma in dem schwach keulenförmig anschwellenden Hyphenende führt. Der so entstandene dunklere Bereich wird basal durch ein Septum als Sporangium abgegrenzt. Im Sporangium liegt das vielkernige Plasma peripher um einen zentralen Vakuolenraum. Das Plasma wird quantitativ und simultan in die wandlosen 1-kernigen Planosporen aufgegliedert. Gleichzeitig wölbt sich apikal eine Freisetzungspapille mit verdünnter Wand nach außen. Tonoplast und Plasmalemma des Sporangiums gehen, nach einer elektronenmikroskopischen Untersuchung von GAY and GREENWOOD [9] ganz in der Bildung der Sporen auf. Folglich verliert das Sporangium Turgor und Semipermeabilität, was sich äußerlich zu erkennen gibt in einer Verminderung des Sporangiumvolumens um ca. 10%, dem Einwölben des Septums in das Sporangium und der attraktiven Wirkung auf Bakterien offenbar durch nun hinausdiffundierende

Substanzen. Die Sporen dehnen sich aus und füllen das ganze Sporangienlumen hexagonal aneinandergedrückt aus. Dabei verschwinden die Grana in den Sporen, es entstehen zahlreiche kleine Vakuolen, die sich vergrößern und wieder vergehen.

Vor ihrer Freisetzung runden sich die Sporen unter Kontraktion wieder ab und können sich schon im Sporangium bewegen, wobei die Geißeln erkennbar werden. Gleichzeitig quillt die Innenschicht der Sporangienwand, die apikale Freisetzungspapille öffnet sich – teils aufreißend, teils lysiert und mit fortschreitender Freisetzung sich erweiternd –, und die Sporen werden passiv unter Verformung durch diese nacheinander ausgepreßt. Kurz darauf beginnt ihre Geißelbewegung.

Die Freisetzung der Sporen aus dem Sporangium kann hier nicht auf einem Turgormechanismus beruhen, wie z.B. bei den Meiosporangien der Ascomyceten. Offenbar kommt das Auspressen der Sporen allein durch den zunehmenden Quellungsdruck verschleimender innerer Sporangienwand-Schichten zustande. Dafür sprechen auch experimentelle Daten von WALZ [20], der eine beginnende Planosporen-Freisetzung bei *Saprolegnia*-Arten, wie auch bei anderen Pilzen und Algen durch Einwirkung wasserentziehender Mittel wie Glycerin oder Zuckerlösung stoppen und nach deren Ersatz durch Wasser die nun abgetöteten Sporen wieder zur Freisetzung bringen konnte. Es ist zu erwarten, daß diese mit Wasseraufnahme verbundene Verflüssigung der Sporangienwand-Innenschicht ausgelöst wird durch ein stadienspezifisch ausgeschüttetes wandlösendes Enzymsystem der Planosporen, wie bei der Grünalgegattung *Chlamydomonas* nachgewiesen (SCHLÖSSER [17]).

Nach der Sporenfreisetzung ist die Hemmung des Längenwachstums der Trägerhyphe aufgehoben; häufig durchwächst sie nun das entleerte Sporangium („Proliferation“), um später wieder ein neues Sporangium zu bilden. Dieser Vorgang kann sich mehrmals wiederholen.

Eine Besonderheit der Saprolegniales ist ein Dimorphismus (= „Diplanie“) der Sporenform: die aus den Sporangien freigesetzten primären Planosporen sind birnenförmig gestaltet mit fast apikal inserierten, beinahe gleich langen Geißeln, von denen eine beflimmert, die andere als Peitschengeißel ausgebildet ist. Sie sollen chemotaktisch nicht reaktionsfähig sein. Diese encystieren sich nach einer Schwärmphase unter Abrundung, Einziehen der Geißeln und Ausbildung einer Wand. Aus der Cyste schlüpft durch einen verquellenden Porus eine sekundäre Planospore mit bohnenförmiger Gestalt und seitlich inserierten, deutlich unterschiedlich langen Geißeln, wobei die kurze Flimmergeißel nach vorn und die längere Peitschengeißel nach hinten schlägt. Sekundäre Planosporen können sich länger, schneller und gerichteter bewegen als primäre. Sie werden chemotaktisch zu proteinhaltigen Nahrungsquellen geleitet (PFEFFER [13], FISCHER und WERNER [8]). Dort encystieren sie sich unter Abwurf der blasig aufgetriebenen Geißeln (CRUMP and BRANTON [2]). Sie keimen entweder direkt mit einem Keimschlauch zu neuem Mycel aus oder möglicherweise indirekt zu einer neuen sekundären Planospore (HÖHNK [10]).

Erläuterungen zum Film

Wortlaut des gesprochenen Kommentars¹

Zeitraffung 1 : 24 bis 1 : 1400

1. Mycelwachstum aus einer Ameisenpuppe, Übersicht.
Bildfeldbreite ca. 1 cm; Aufn.-Freq. 1 B/min

Saprolegnia mixta ist ein Vertreter der Niederen Pilze und gehört als Oomycet zur Ordnung der Saprolegniales.

Der Pilz wächst saprophytisch auf pflanzlichem und tierischem Substrat und entwickelt – hier auf einer Ameisenpuppe – ein dichtes Mycel.

2. Mycelwachstum, Plasmaströmung.
Bildfeldbreite 950 µm; Aufn.-Freq. 1 B/min

Aus unseptierten, verzweigten Hyphen, in denen lebhaft Plasmaströmung zu beobachten ist, bildet sich das Mycel.

3. Hyphenspitze, Konzentration von reichlich Grana enthaltendem Plasma.
Bildfeldbreite 300 µm; Aufn.-Freq. 4 B/min

In den Hyphen ist das granuliertes Plasma wandständig angeordnet. Es füllt weiter vorn das gesamte Lumen aus, während die wachsende Hyphenspitze nur hyalines Plasma enthält.

4. Anlage einer Seitenhyphne.
Bildfeldbreite 190 µm; Aufn.-Freq. 30 B/min

Eine Verzweigung der Hyphne beginnt mit einer kleinen seitlichen Vorwölbung, die mit Plasma angefüllt ist.

5. Auswachsen einer Seitenhyphne.
Bildfeldbreite 190 µm; Aufn.-Freq. 30 B/min

In der Spitze der wachsenden Seitenhyphne bildet sich bald die hyaloplasmatische Region aus, in die nur selten Grana einströmen.

Entwicklung des Zoosporangium

Normale Geschwindigkeit und Zeitraffung 1 : 96 und 1 : 360

6. Verlauf der asexuellen Fortpflanzung, Übersicht.
Bildfeldbreite 765 µm; Aufn.-Freq. 4 B/min

Nach Anreicherung von Reservesubstanz im Mycel entwickeln sich an den Hyphenenden die Sporangien. Zunächst werden Querwände eingezogen.

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film. – Die eingerückten Abschnitte in Kleindruck geben zusätzliche Informationen.

Dann differenzieren sich die Zoosporen und schwärmen aus. Anschließend durchwachsen die Hyphen die leeren Sporangien.

7. Stadien der asexuellen Fortpflanzung, Proliferation.
Bildfeldbreite 470 μm ; Aufn.-Freq. 4 B/min

Die Sporangienentwicklung läßt sich in Phasen unterteilen. Anreicherung des Plasma, Einziehen der Querwand, Umlagerung des cytoplasmatischen Inhaltes, Bildung einer Papille an der Spitze und Eintreten der differenzierten Zoosporen in den Vakuolenraum.

Nach Freisetzen der Zoosporen erfolgt die Proliferation, wobei die Hyphe die leere Hülle durchwächst und später ein neues Sporangium bildet.

8. Differenzierung und Freisetzen der Planosporen.
Bildfeldbreite 490 μm ; Aufn.-Freq. 4 B/min und 24 B/s

Die Querwand, die das Sporangium vom Mycel trennt, wird zentripetal angelegt. Nach Aufteilung des Cytoplasma erfolgt die Differenzierung der Zoosporen. Die normalfrequente Aufnahme zeigt, daß die Schwärmosporen mit hoher Geschwindigkeit durch die geöffnete Papille einzeln austreten. Sie sind dimorph, d.h. zunächst haben sie eine birnenförmige Gestalt und sind chemotaktisch nicht reizbar. Nach einer Ruheperiode wandeln sie sich in ein bohnenförmiges, chemotaktisch reizbares Schwärmstadium um.

9. Bildung der Freisetzungspapille.
Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 15 B/min

Während der Reifung des Zoosporangium wird an seiner Spitze die Entleerungspapille gebildet. Hierbei wird die doppelte Kontur der Wand von innen her abgebaut, und die äußere Begrenzung des Sporangium wölbt sich langsam vor.

Gleichzeitig tritt das zerklüftete Plasma in diese Wölbung ein und zieht sich bei weiterer Differenzierung wieder zurück. Anschließend tritt eine Zoospore in die Papille ein.

10. Freisetzen der Planosporen.
Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 24 B/s

Das reife Sporangium, hier mit Normalfrequenz aufgenommen, öffnet sich an der Spitze der Papille. Die Zoosporen werden unter starker Verformung durch eine enge Öffnung freigesetzt. Mit Einsetzen der Geißelbewegung schwimmen sie davon.

Umwandlung der primären in sekundäre Zoosporen (Diplanie)
Normale Geschwindigkeit und Zeitraffung 1 : 2 bis 1 : 180

11. Primäre Planosporen.
Bildfeldbreite 160 μm ; Aufn.-Freq. 24 B/s

Die birnenförmigen Zoosporen des ersten planetischen Stadium haben an ihrem spitzen Ende zwei nahezu gleichlange Geißeln, mit denen sie sich durch das Wasser bewegen.

12. Encystierung.
Bildfeldbreite 160 μm ; Aufn.-Freq. 24 B/s

Am Ende ihrer Schwärmphase setzen sie sich fest und runden sich ab. Sie ziehen die Geißeln ein und encystieren sich.

13. Freisetzen und Ausbildung einer sekundären Planospore.
Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 24 B/s

Nach einer mehrstündigen Ruhepause bilden die runden Cysten eine Papille, durch die die Zoosporen des zweiten planetischen Stadium ausschlüpfen.

Die zunächst runden Zellen wandeln sich später in bohnenförmige Schwärmstadien um. Mit dem Auswachsen der beiden seitlich inserierten Geißeln gerät der Sporenkörper in Bewegung.

- 14.–19. Geißelbewegung, Bewegung der sekundären Planospore.
Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 24 B/s

Die ausgewachsenen Geißeln führen wellenförmige Bewegungen aus, die allmählich an Intensität zunehmen.

Zunächst streckt sich die später nach hinten weisende Geißel.

Die vorangestellte Geißel erhöht ihre Bewegungsgeschwindigkeit weiter und streckt sich dabei. Ist das Maximum der Schlagfrequenz erreicht, erkennt man nur noch den Schwingungsraum dieser Geißel. Erst danach bewegt sich die Zoospore im Wasser fort.

Bei dieser Zoospore des zweiten planetischen Stadium lassen sich gut die seitlich inserierten Geißeln beobachten.

Mit zunehmender Schlagfrequenz strecken sich die Geißeln.

Nach Erreichen der maximalen Schlagfolge schwimmt die bohnenförmige Zoospore davon.

Die Zoosporen des zweiten planetischen Stadium schwärmen aus und suchen geeignete Substrate auf. Dabei werden sie durch Gemische stickstoffhaltiger Substanzen chemotaktisch angelockt.

20. Festsetzen der sekundären Planospore unter Einziehen der Geißeln.
Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 24 B/s und 12 B/s

Dieses Schwärmstadium hat eine auffallend aktive kontraktile Vakuole. Nach dem Festsetzen und Abrunden der Spore sind die Geißeln zunächst noch in Bewegung. Während ihres Einziehens bilden sich an ihnen blasenförmige Verdickungen.

21. Direkte Keimung der Cyste.
Bildfeldbreite 120 μm ; Aufn.-Freq. 8 B/min

Die sekundäre Zoospore¹ bildet einen Keimschlauch, aus dem sich wieder ein dichtes Mycel entwickelt.

¹ Gemeint ist: die Cyste.

English Version of the spoken Commentary¹

Zeitraffung 1 : 24 bis 1 : 1400

(Time Lapse.)

Saprolegnia mixta, which is a member of the lower fungi, belongs to the order Saprolegniales in the Oomycetes.

The fungus grows saprophytically on vegetable and animal matter and develops a dense mycelium; here it is seen growing on an ant pupa.

The mycelium develops aseptate, branched hyphae in which an active flow of cytoplasm can be observed.

The granular cytoplasm is arranged peripherally in the hyphae.

In the sub-apical region this fills the whole lumen whilst the growing apex contains only hyalin cytoplasm.

Branching of the hypha begins with a small swelling on the side which is filled with cytoplasm.

In the tip of the growing branch hypha, a hyaloplasmatic region is soon formed, into which granules only occasionally flow.

Entwicklung des Zoosporangium

Normale Geschwindigkeit; Zeitraffung 1 : 96 bis 1 : 360

(Development of Zoosporangium. Normal speed and time Lapse.)

After concentration of reserve substances in the mycelium sporangia develop from the hyphal tips. First, cross walls are formed, then the zoospores develop and are discharged. Finally, new hyphae grow through the empty sporangia.

Development of the sporangia may be divided into phases: concentration of the cytoplasm; formation of the cross wall; translocation of the cytoplasmic contents; formation of a papilla at the tip; swelling of the differentiated zoospores into the central area of the sporangium.

After the zoospores have been released, proliferation follows. In this process a hypha grows through the empty case and later forms a new sporangium.

The cross wall which divides the sporangium from the mycelium is formed centripetally.

The partition of the cytoplasm is followed by the differentiation of the zoospores. A shot taken at normal speed shows that the swarm spores are pressed through the opened papilla singly and with extreme rapidity; they are dimorphic; that is: initially they have a pear-shaped form and are not chemotactically sensitive. After an interval, they are transformed into a bean-shaped chemotactically sensitive swarming stage.

During maturation of the zoosporangium, the evacuation papilla is formed at the apex, and the sporangium swells.

At the same time, the fissured cytoplasm swells into the papilla and, after further development, it withdraws. Then a zoospore enters the papilla.

The mature sporangium, here filmed at normal speed, opens at the tip of the papilla.

¹ The passages in *italics* correspond with the subtitles in the film.

The zoospores are released and are considerably deformed as they pass through the narrow opening.

They swim away as soon as flagellar movement begins.

Umwandlung der primären in sekundäre Zoosporen (Diplanie)

Normale Geschwindigkeit; Zeitraffung 1 : 2 bis 1 : 180

(Transformation of primary into secondary zoospores. Normal speed and time lapse.)

The pear-shaped zoospores of the first planetic stage swim by means of two flagella of almost equal length attached to the pointed ends of the zoospores.

At the end of their swarm phase the zoospores settle and become rounded. The flagella are withdrawn and the zoospores encyst.

After an interval of several hours, the round cysts develop a papilla through which the zoospores of the second planetic stage squeeze.

The cells are initially round in shape but later change into the bean-shaped swarm stage.

The two flagella grow out from one side and the spore body starts moving.

The fully grown flagella make wave-like movements which gradually increase in intensity.

The flagellum which later points backwards, extends first.

The leading flagellum continues to increase its speed of movement and extends simultaneously. When the maximum frequency of movement has been reached, only the outline of the area of undulation of the flagellum is recognisable.

Only now do the zoospores swim away. This zoospore is in its second planetic stage and the lateral position of the flagella is clearly visible.

The frequency of undulation increases while the flagella continue to extend.

When the maximum speed of undulation has been reached, the bean-shaped zoospore swim away.

The zoospores of the second planetic stage swim away in search of a suitable substrate; here they are chemotactically attracted by mixtures of nitrogenous substances.

This swarm stage has a conspicuously active contractile vacuole. Immediately after the spores have settled and rounded off, the flagella continue moving. Blister-like thickenings are formed on them during withdrawal.

The cyst of the secondary zoospore forms a germ tube from which a dense mycelium once again develops.

Literatur

- [1] COKER, W.C.: The Saprolegniaceae. With notes on other water molds. Univ. North Carolina Press, Chapel Hill, U.S.A. (1923), 201 p.
- [2] CRUMP, E., and D. BRANTON: Behavior of primary and secondary zoospores of *Saprolegnia* sp. *Can. J. Bot.* 44 (1966), 1393–1400.
- [3] DE BARY, A.: Einige neue Saprolegnien. *Jahrb. wiss. Bot.* 2 (1860).

- [4] DE BARY, A.: Untersuchungen über die Peronosporéen und Saprolegnieen. Abh. Senckenberg. Ges. 12 (1881).
- [5] DE BARY, A.: Species der Saprolegnieen. Bot. Z. (1888), 597–610, 613–621, 629–636, 645–653.
- [6] DICK, M. W.: Saprolegniales. In: G. C. AINSWORTH, F. K. SPARROW, and A. S. SUSSMAN (edits.): The fungi, an advanced treatise. 4B, New York and London (1973), pp. 113–144.
- [7] DICK, M. W., and W. TIN: The development of cytological theory in the Oomycetes. Biol. Rev. 48 (1973), 133–158.
- [8] FISCHER, F. G., und G. WERNER: Die Chemotaxis der Schwärmsporen von Wasserpilzen (Saprolegniaceen). HOPPE-SEYLER'S Z. physiol. Chem. 310 (1958), 65–91.
- [9] GAY, J. L., and A. D. GREENWOOD: Structural aspects of zoospore production in *Saprolegnia ferax* with particular reference to the cell and vacuolar membranes. In: M. F. MADELIN (edit.): The fungus spore. Colston Pap. No. 18 London (1966), 95–110.
- [10] HÖHNK, W.: Polyplanetism and zoospore germination in Saprolegniaceae and *Pythium*. Amer. J. Bot. 20 (1933), 45–62.
- [11] KLEBS, G.: Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. II. *Saprolegnia mixta*. Jahrb. wiss. Bot. 33 (1899), 513–593.
- [12] KREISEL, H.: Grundzüge eines natürlichen Systems der Pilze. Lehre (1969), 245 S.
- [13] PFEFFER, W.: Locomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Unters. Bot. Inst. Tübingen 1 (1884), 466–468.
- [14] PRINGSHEIM, N.: Gesammelte Abhandlungen. 2. Bd. Phycomyceten, Charen, Moose, Farne. Jena (1895), 57–210.
- [15] ROTHERT, W.: Die Entwicklung der Sporangien bei den Saprolegnieen. Beitr. Biol. Pflanzen 5 (1892), 291–349.
- [16] SCHLÖSSER, L. A.: Geschlechterverteilung und fakultative Parthenogenese bei Saprolegniaceen. Planta 8 (1929), 529–570.
- [17] SCHLÖSSER, U. G.: Entwicklungsstadien- und sippenspezifische Zellwand-Autolysine bei der Freisetzung von Fortpflanzungszellen in der Gattung *Chlamydomonas*. Ber. deutsch. bot. Ges. 89 (1976), 1–56.
- [18] SEYMOUR, R.: The genus *Saprolegnia*. Nova Hedwigia 19 (1970), 1–124.
- [19] STEVENS, R. B. (edit.): Mycology guidebook. University of Washington Press, Seattle and London (1974), 703 pp.
- [20] WALZ, J.: Ueber die Entleerung der Zoosporangien. Bot. Z. 28 (1870), 689–691, 703–707.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Nach KALBERLAH aus KLEBS [11].