

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

E 1170/1967

Naegleria gruberi (Amoebina) Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1971

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Film E 1170

Naegleria gruberi (Amoebina) **Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung¹**

K.-G. GRELL, Tübingen

Allgemeine Vorbemerkungen

Die Amöben (Amoebina) bilden die erste Ordnung der als Rhizopoda oder Sarcodina bezeichneten Protozoen. Um sie von den mit einer Schale ausgestatteten Thekamöben (Testacea) zu unterscheiden, wird gelegentlich auch von „nackten“ Amöben gesprochen.

Obwohl sich die Gestalt der Zelle bei den Amöben ständig verändert (deutscher Name: „Wechseltierchen“), zeigt jede Art einen bestimmten Habitus, der es ermöglicht, sie eindeutig zu bestimmen.

Manche Amöben lassen bei der Fortbewegung eine Polarität erkennen: sie kriechen stets mit der gleichen Region voran, so daß man ein Vorder- und ein Hinterende unterscheiden kann. Bei den Arten der Gattung *Trichamoeba* trägt das Hinterende fadenförmige Anhänge und wird daher als „Uroid“ bezeichnet. In anderen Fällen befindet sich die pulsierende Vakuole stets in der hinteren Region des Zellkörpers.

Auch die Beschaffenheit des Cytoplasmas ist artspezifisch verschieden. Während es bei manchen Amöben überall die gleiche Konsistenz zeigt, kann man bei vielen Arten ein äußeres Ectoplasma und ein inneres Endoplasma unterscheiden. Das Ectoplasma ist arm an Einschlüssen und erscheint daher mehr oder weniger hyalin. Das Endoplasma enthält dagegen alle wesentlichen Zellbestandteile, vor allem den Kern, die Mitochondrien, die Golgi-Komplexe, verschiedenartige Granula und Vakuolen. Diese Einschlüsse liegen in einer strukturlosen Grundsubstanz, welche kontinuierlich in das Ectoplasma übergeht. Im Ectoplasma hat

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 11 u. 12.

die Grundsubstanz eine mehr zähflüssige (gel-artige), im Endoplasma eine mehr dünnflüssige (sol-artige) Konsistenz. Wie Lebendbeobachtungen zeigen, kann sich das Ectoplasma in Endoplasma umwandeln und umgekehrt. Dieser „Ecto-Endoplasma-Prozeß“ beruht in erster Linie darauf, daß die Grundsubstanz ihren kolloidalen Zustand ändert.

Besonders charakteristisch für die einzelnen Arten sind die Pseudopodien. Es gibt „monopodiale“ Amöben, die nur ein einziges, oft nicht deutlich vom übrigen Zellkörper abgesetztes Pseudopodium zeigen, und „polypodiale“, die ständig mehrere Pseudopodien ausbilden. Zu den ersteren gehören die in Kahmhäuten lebenden sog. „Limax-Amöben“, zu den letzteren *Amoeba proteus*, die allerdings unter bestimmten Bedingungen vorübergehend „monopodial“ werden kann. Die Pseudopodien sind häufig lappenförmig (Lobopodien) und können dann, wie der übrige Zellkörper, aus Ecto- und Endoplasma bestehen. In vielen Fällen laufen sie spitz zu (Filopodien) und erscheinen dann meistens mehr oder weniger hyalin. Bei einigen marinen Amöben (Stereomyxidae) zeigen die Pseudopodien eine Tendenz, sich zu verzweigen und miteinander Querbrücken (Anastomosen) zu bilden.

Obwohl viele Untersuchungen über die Physiologie der „amöboiden“ Bewegung durchgeführt worden sind, ist es gegenwärtig noch nicht möglich, die Pseudopodienbildung wirklich zu verstehen, d. h. auf molekulare Prozesse zurückzuführen. Bevor man darangehen kann, eine allgemeine Theorie der „amöboiden“ Bewegung aufzustellen, müssen die verschiedenen Varianten studiert werden, wozu die vorliegenden Amöbenfilme beitragen sollen.

Daß die Amöben eine sehr heterogene Gruppe bilden, kommt auch in dem verschiedenen Aufbau ihrer Zellkerne und dem Verlauf der Mitose zum Ausdruck. Die meisten Arten besitzen nur einen Kern, der einen zentralen Nucleolus enthält („Karyosomkern“). Sind mehrere Nucleolen ausgebildet, so liegen sie unter der Kernhülle. Einige Amöben, vor allem die größeren Arten, sind mehrkernig.

Die Nahrungsaufnahme der Amöben erfolgt durch Phagocytose. Beuteorganismen wie Bakterien, Protozoen und Algen werden „umflossen“ und in eine Nahrungsvakuole aufgenommen, deren Wand aus der Zellmembran hervorgeht. In der Nahrungsvakuole findet die Verdauung statt. Enzymhaltige Bläschen, die sog. Lysosomen, können sich der Nahrungsvakuole anlegen und ihren Inhalt in sie entleeren.

Unverdauliche Stoffwechselprodukte werden durch die Zellmembran nach außen abgegeben.

Neben der Phagocytose spielt bei den Amöben auch die sog. Pinocytose eine Rolle, bei welcher sich unmittelbar an der Zellmembran oder an tubulären Einstülpungen derselben kleine Bläschen oder Vesikel nach innen abschnüren, die einen ausschließlich flüssigen Inhalt haben. Organische Stoffe, vor allem Proteine, können die Pinocytose-Aktivität

erhöhen. Wieweit sich die Amöben unter natürlichen Verhältnissen auf diese Weise ernähren, ist nicht genau bekannt. Jedenfalls können sich manche Arten unter Kulturbedingungen ganz auf die Pinocytose umstellen, so daß sie axenisch, d. h. in einer sterilen Nährlösung von geeigneter Zusammensetzung, gezüchtet werden können.

Durch die Phagocytose und Pinocytose wird ständig Material der Zellmembran verbraucht, das wieder ersetzt werden muß. Neuere Untersuchungen sprechen dafür, daß dieses Material von den Golgi-Komplexen bereitgestellt wird. Die von ihnen abgeschnürten Vesikel transportieren es an die Oberfläche, wo der Einbau in die Zellmembran erfolgt.

Amöben, die im Süßwasser leben, besitzen regelmäßig eine pulsierende Vakuole, die ihren wäßrigen Inhalt periodisch nach außen entleert. Wie bei allen Süßwasserprotozoen dient sie der Osmoregulation.

In temporären Gewässern oder in feuchter Erde lebende Arten haben meistens die Fähigkeit, sich bei beginnender Austrocknung oder bei eintretendem Nahrungsmangel zu encystieren. Die Cysten oder Sporen bestehen aus einer mucopolysaccharid-haltigen Hülle, deren Struktur artspezifisch sein kann. Manche Erdamöben bilden besondere „Sporenträger“ (Sporophore) aus, die in den Luftraum ragen und eine Weiterverbreitung der Sporen ermöglichen. Besonders kompliziert gestaltete Sporenträger werden von den sog. „kollektiven“ Amöben (Acrasina) errichtet (GERISCH [19]).

Eine monographische Bearbeitung der freilebenden Amöben des Meeres und des Süßwassers wurde von dem Amerikaner A. A. SCHAEFFER [14] vorgenommen.

Material und Aufnahmetechnik

Naegleria gruberi wurde im Jahre 1899 von F. SCHARDINGER [15] entdeckt. Sie lebt in feuchter Erde und gehört zu den sog. „Amöboflagellaten“, welche in zwei verschiedenen Modifikationsformen vorkommen: als amöboide Kriechform und als begeißelte Schwimmform. Außerdem kann sich die Kriechform unter bestimmten Bedingungen encystieren.

Die Kriechform entspricht in ihrem Habitus einer „Limax-Amöbe“, d. h. sie bewegt sich ruckartig mittels eines, vom übrigen Zellkörper nicht deutlich abgesetzten Pseudopodiums vorwärts, das sich allerdings in mehrere Teilpseudopodien aufgliedern kann. Im Innern der Zelle liegt der „Karyosomkern“, der — ebenso wie der zentrale Nucleolus — bei den Bewegungsvorgängen seine Form verändern kann. Am Hinterende befindet sich die pulsierende Vakuole. Sie wird periodisch neugebildet, indem zunächst zahlreiche kleine Vakuolen auftreten, die dann miteinander verschmelzen (Abb. 1). Die Kriechform ist allein imstande, sich zu ernähren und fortzupflanzen. Ihre natürliche Nahrung bilden Bak-

terien. Sie kann auf Agar-Platten gezüchtet werden, entweder monoxenisch mit einer bestimmten Bakterienart oder axenisch (s.o.), also in einer reinen Nährlösung. Die Fortpflanzung erfolgt durch Zweiteilung.

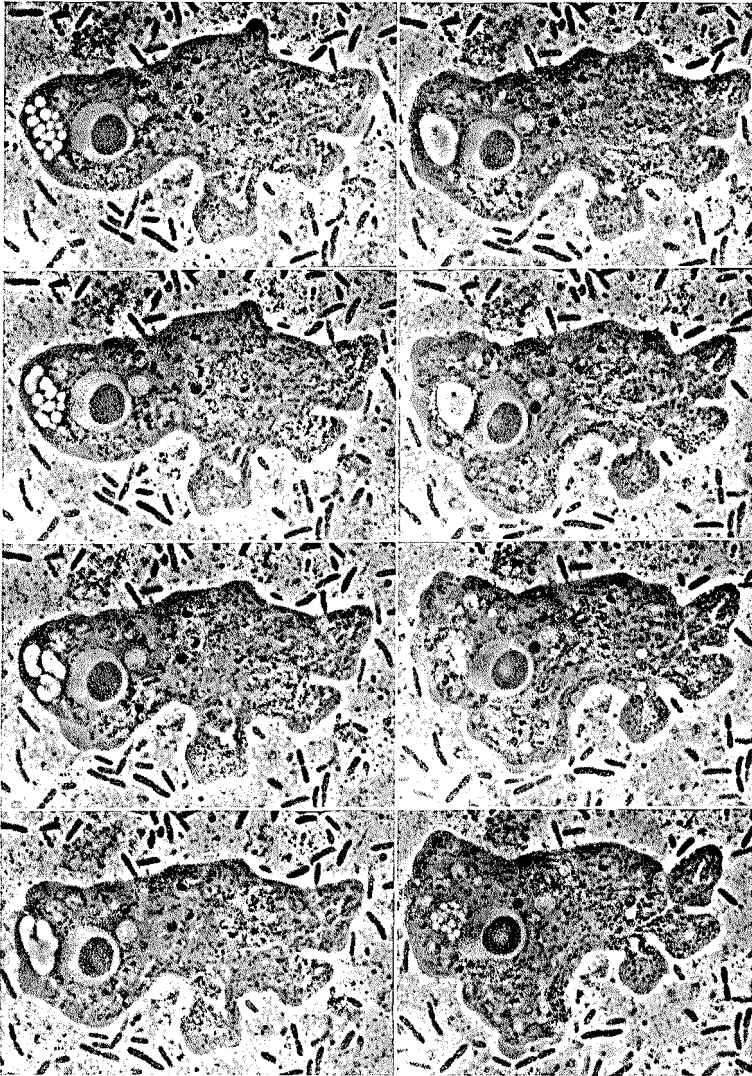


Abb. 1. *Naegleria gruberi*. Zyklus der pulsierenden Vakuole (links vom Zellkern am Hinterende). Vergr. ca. 1000fach

Steht den Amöben ausreichend Nahrung zur Verfügung, so können sie sich unbegrenzt vermehren; wird die Nahrung knapp (z. B. bei Ersatz der Nährlösung durch dest. Wasser), so wandeln sie sich in die Schwimmform um.

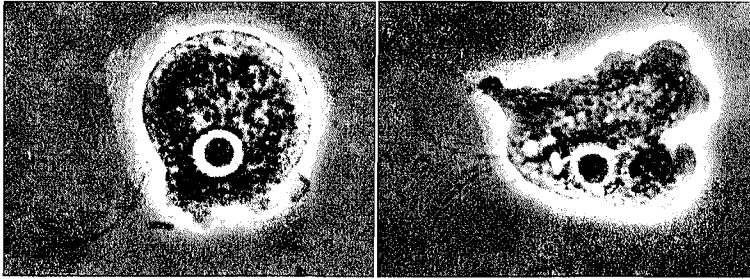


Abb. 2. *Naegleria gruberi*. Umwandlung der begeißelten Schwimmform in die amoeboiden Kriechform. Vergr. ca. 748fach

Diese Transformation spielt sich ungefähr in einer Stunde ab. Während die Amöbe ihre Bewegungen einstellt und sich abrundet, wachsen am „Hinterende“, d. h. an dem durch die pulsierende Vakuole gekennzeichneten Pol zwei (gelegentlich vier) Geißeln hervor. Elektronenmikroskopische Untersuchungen (DINGLE [2], SCHUSTER [17]) ergaben, daß die Basalkörper oder Kinetosomen in der Kriechform nicht vorgebildet sind, sondern „de novo“ (wenn auch möglicherweise aus ultrastrukturell nicht nachweisbaren „Pro-Kinetosomen“) entstehen. Sie sind von Anfang an senkrecht zur Zellmembran orientiert. Das Wachstum der Geißeln dauert nur wenige Minuten.

Die biologische Bedeutung der Schwimmform ist darin zu erblicken, daß sie der Amöbe das Aufsuchen eines nahrungsreichen Milieus ermöglicht. Sie kann sich dort in kurzer Zeit wieder in die Kriechform zurückverwandeln. Hierbei findet eine abermalige Umkehr der Polarität statt (Abb. 2): Die Pseudopodien bilden sich an der dem Geißelpol entgegengesetzten Seite. Dabei werden die Geißeln nicht gleich eingeschmolzen, sondern noch eine Zeitlang von der kriechenden Amöbe mitgeschleppt.

Für die der Zellteilung vorausgehende Kernteilung ist charakteristisch, daß das Material des Nucleolus („Karyosom“) zunächst gleichmäßig auf die Tochterpole verteilt wird. Zwischen den beiden Massen der Nucleolarsubstanz wird dann eine Äquatorialplatte winziger Chromosomen erkennbar, die sich in der Anaphase in die beiden Tochterplatten teilt. Während dieser Vorgänge löst sich die Kernhülle nicht auf. Obwohl es sich um eine echte Mitose handelt, wurde dieser Kernteilungstyp gelegentlich als „Promitose“ bezeichnet (RAFALIKO [13]).

Bei der Encystierung rundet sich die Zelle ab, und das Cytoplasma wird konzentrierter. Die Cystenhülle besteht aus einer dickeren Innen- und einer dünnen Außenschicht. Sie bildet mehrere Poren aus, die durch eine Art „Stopfen“ verschlossen sind. Bei der Excystierung lösen sich die „Stopfen“ auf, und die Amöbe schlüpft durch eine der Poren aus.

Die für den Film verwendete monoxenische Kultur wurde uns von Herrn Prof. Dr. W. BALAMUTH (Berkeley, Cal. USA) zur Verfügung gestellt. Die Amöben wurden für die Aufnahmen auf einen Objektträger oder in einen Roto-Compressor übertragen (HEUNERT und UHLIG [10]).

Die Aufnahmen wurden mit Hilfe eines Zeiss-WL-Stativs (Hellfeld, Phasenkontrast) durchgeführt. Als Objektive dienten Neofluare. Kamera: Askania Z; Filmmaterial: 35-mm-Schwarzweißfilm (Double X).

Filmbeschreibung¹

Schlüpfen aus der Cyste

30 B/min

1. Zunächst werden drei Cysten in verschiedenen Stadien des Aus-schlüpfens gezeigt.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phasenkontrast (Phako); Aufn.-Freq. 30 B/min

2. An einer einzelnen Cyste ist zu sehen, daß die Amöbe gleichzeitig durch verschiedene Poren auszuschlüpfen „versucht“, bis sie sich für eine Pore „entschließt“.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 30 B/min

Fortbewegung

4 B/s

3. Als Übersichtsaufnahme werden zunächst ein bzw. zwei Amöben in der Bewegung gezeigt, wobei vor allem das ruckartige Vorstrecken der Pseudopodien auffällt.

Bildfeldbreite 155 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

4. Bei stärkerer Vergrößerung wird der gleiche Vorgang an einer einzelnen Amöbe vorgeführt. Dabei ist vor allem die Tätigkeit der pulsierenden Vakuole deutlich erkennbar, die ganz am Hinterende liegt (Abb. 1). Kleinere Vakuolen treten auch im übrigen Cytoplasma auf.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

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

Begeißelte Schwimmform

1 und 24 B/s

5. Die Amöbe hat sich abgerundet und bildet Geißeln aus, die allerdings in dieser Aufnahme außerhalb der optischen Ebene liegen.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 1 B/s

6. Schließlich führt die Zelle eine kreisende Bewegung aus und schwimmt davon.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 24 B/s

Umwandlung in die Kriechform

24 und 4 B/s

7. und 8. Die Schwimmform hat sich festgesetzt und bildet Pseudopodien aus. Mit Beginn der Lokomotion rücken die Geißeln, die noch eine Zeitlang weiter schlagen, an den Hinterpol, während die Pseudopodienbildung ausschließlich am Vorderpol erfolgt.

Zu 7.: Bildfeldbreite 120 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 24 B/s

Zu 8.: Bildfeldbreite 120 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

9. Eine Amöbe mit vier Geißeln beim Übergang in die Kriechform.

Bildfeldbreite 120 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

Nahrungsaufnahme

4 B/s

10. und 11. Phagocytose und Lyse der aufgenommenen Bakterien.

Zu 10. und 11.: Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

Kern- und Zellteilung

1 B/s

12. Die Aufnahme beginnt in einem Stadium, in dem der Zellkern schon gestreckt ist. Er schnürt sich hantelförmig ein. Nach der Kernteilung trennen sich beide Zellen voneinander.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 1 B/s

13. In dieser Aufnahme ist der Zellkern zunächst noch rund, die Nucleolarsubstanz aber bereits auf die beiden Pole verteilt. Die dazwischenliegende Äquatorialplatte und ihre Teilung in die beiden Tochterplatten ist verschwommen erkennbar.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 1 B/s

Encystierung

2 B/min

14. Übersichtsaufnahme mit sechs Cysten (in der linken oberen Bildecke in Bildung).

Bildfeldbreite 155 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 2 B/min

15. Vier Cysten bei stärkerer Vergrößerung. Dickerwerden der Cysten-hülle.

Bildfeldbreite 89 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 2 B/min

Literatur und Filmveröffentlichungen¹

- [1] ADAM, K. M.: A comparative study of the hartmannellid amoebae. *J. Protozool.* **11** (1964), 423—430.
- [2] DINGLE, A. D., und C. FULTON: Development of the flagellar apparatus of *Naegleria*. *J. Cell. Biol.* **31** (1966), 43—54.
- [3] GLÄSER, H.: Untersuchungen über die Teilung einiger Amöben, zugleich ein Beitrag zur Phylogenie des Centrosoms. *Arch. Protistenk.* **25** (1912), 27—152.
- [4] GRELL, K.-G.: Über den „Nebenkörper“ von *Paramoeba eilhardi* SCHAUDINN. *Arch. Protistenk.* **105** (1961), 303—312.
- [5] GRELL, K.-G.: Amöben der Familie *Stereomyxidae*. *Arch. Protistenk.* **109** (1966), 147—154.
- [6] GRELL, K.-G.: *Protozoologie*, 2. Aufl. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1968), 511 S.
- [7] GRELL, K.-G., und G. BENWITZ: Die Zellhülle von *Paramoeba eilhardi* SCHAUDINN. *Z. f. Naturf.* **21 b** (1966), 600—602.
- [8] GRELL, K.-G., und G. BENWITZ: Ultrastruktur mariner Amöben. I. *Paramoeba eilhardi* SCHAUDINN. *Arch. Protistenk.* **112** (1970), 119 bis 137.
- [9] GROSPLETSCHE, Th.: *Wechseltierchen (Rhizopoden)*. Kosmos-Verlag, Franckh, Stuttgart 1958.
- [10] HEUNERT, H. H., und G. UHLIG: Erfahrungen mit einer neuen Kammer zur Lebendbeobachtung beweglicher Mikroorganismen. *Research Film* **5** (6) (1966), 642—649.
- [11] LIESCHE, W.: Die Kern- und Fortpflanzungsverhältnisse von *Amoeba proteus* (PALL.). *Arch. Protistenk.* **91** (1938), 135—186.
- [12] PAGE, F. C.: Taxonomic Criteria for *Limax* Amoebae with descriptions of 3 new species of *Hartmannella* and 3 of *Vahlkampfia*. *J. Protozool.* **14** (1967), 499—521.
- [13] RAFALKO, J.: Cytological observations on the amoeba-flagellate *Naegleria gruberi*. *J. Morph.* **81** (1947), 1—44.
- [14] SCHAEFFER, A. A.: *Taxonomy of the Amoebas*. Papers from the Department of Marine Biology of the Carnegie Institution of Washington. Vol. **24** (1926), 116 S.

¹ Die mit ■ gekennzeichneten Literaturangaben gelten speziell für diese Begleitveröffentlichung.

- [15] SCHARDINGER, F.: Entwicklungskreis einer Amoeba lobosa (Gammamoeba): Amoeba gruberi. S.ber. Kgl. Akad. d. Wiss. Wien 108 (1899), 713—734.
 - [16] SCHAUDINN, F.: Über den Zeugungskreis von Paramoeba eilhardi n.g. n.sp. S.ber. Kgl. Preuß. Akad. Wiss., Berlin 1896.
 - [17] SCHUSTER, F.: An electron microscope study of the amoeba-flagellate, Naegleria gruberi (SCHARDINGER) I. The amoeboid and flagellate stages. J. Protoz. 10 (1963), 297—313.
 - [18] SCHUSTER, F.: An electron microscope study of the amoeba-flagellate, Naegleria gruberi (SCHARDINGER) II. The cyst stage. J. Protoz. 10 (1963), 313—320.
-
- [19] GERISCH, G.: Entwicklung von Dictyostelium. Film C 876 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1963.
 - [20] GRELL, K.-G.: Paramoeba eilhardi (Amoebina) — Fortbewegung. Film E 407 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1961.
 - [21] GRELL, K.-G.: Hartmannella castellanii (Amoebina) — Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung. Film E 1169 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.
 - [22] GRELL, K.-G.: Naegleria gruberi (Amoebina) — Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung. Film E 1170 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.
 - [23] GRELL, K.-G.: Amoeba proteus (Amoebina) — Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung. Film E 1171 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.
 - [24] GRELL, K.-G.: Corallomyxa mutabilis (Amoebina) — Formwechsel des Plasmodiums. Film E 1173 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.
 - [25] GRELL, K.-G.: Paramoeba eilhardi (Amoebina) — Parasitische Bakterien im Zellkern. Film E 1174 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.
 - [26] GRELL, K.-G.: Form und Bewegung freilebender Amöben. Film C 942 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.
 - [27] GRELL, K.-G.: Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung freilebender Amöben. Film C 943 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1967.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1967 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 105 m, 10 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden in den Jahren 1965/66. Veröffentlichung aus dem Zoologischen Institut der Universität Tübingen, Prof. Dr. K.-G. GRELL, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H. KUCZKA, H. H. HEUNERT.

Inhalt des Films

Naegleria gruberi gehört zu den „Amöboflagellaten“ und kommt in zwei Formen vor: als amöboide Kriechform und als begeißelte Schwimmform. Die Kriechform kann sich außerdem encystieren. Nach dem Schlüpfen der

Amöbe aus der Cyste wird ihre Fortbewegung und die Tätigkeit der pulsierenden Vakuole gezeigt. Dann folgt die Darstellung der begeißelten Schwimmform und ihre Verwandlung in die Kriechform. Nach Aufnahmen von der Kern- und Zellteilung schließt der Film mit dem Vorgang der Encystierung.

Summary of the Film

Naegleria gruberi belongs to the "amoeboflagellates" and occurs in two forms: as an amoeboid creeping form and as a flagellated swimming form. The creeping form is capable of encysting. After the amoeba's hatching from the cyst, the film shows its locomotion and the activity of the pulsating vacuole. We then see the flagellated swimming form and its transformation into the creeping form. After shots of the nuclear and cellular division, the film concludes with the encystment process.

Résumé du Film

Naegleria gruberi appartient aux "amibes flagellées" et se présente sous deux formes: une forme rampante amiboïde et une forme nageante munie de flagelles. La forme rampante peut en outre s'enkyster. Après que l'amibe est sortie du kyste, sa locomotion et l'activité de la vacuole pulsante sont montrées. Vient ensuite la représentation de la forme nageante flagellée et sa transformation en forme rampante. Après des prises de vue de la division du noyau et de la cellule, le film se termine par le processus de l'enkystement.