

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAFICA

Editor: G. WOLF

E 1643/1971

Arcella vulgaris var. multinucleata (Testacea)
Bewegung und Fortpflanzung

Mit 5 Abbildungen

GÖTTINGEN 1971

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

***Arcella vulgaris* var. *multinucleata* (Testacea)
Bewegung und Fortpflanzung¹**

H. NETZEL, Tübingen

Allgemeine Vorbemerkungen

Die Thekamöben-Gattung *Arcella* („Kapseltierchen“) wurde von EHRENBERG [15] entdeckt. Er fand *A. vulgaris* in Sibirien auf seiner Reise mit ALEXANDER VON HUMBOLDT 1829, später auch in Berlin neben *A. dentata*, zwischen Algen und an Wasserlinsen (EHRENBERG [16]). Inzwischen sind der Wissenschaft 37 Arten mit 47 Varietäten und 12 Formen bekannt geworden (CHARDEZ [8]). Der Name *A.*, der sich auf das Gehäuse bezieht, ist das Diminutiv von lat. *arca* = Kiste, Kasten (WERNER [42]).

Die Schale der Arcellen hat eine radiärsymmetrische, monaxone Grundgestalt (HERTWIG & LESSER [26]) mit einer Hauptachse (Höhe H) und untereinander gleichen Nebenachsen (Durchmesser D). Das Verhältnis aus H/D bestimmt den Habitus der einzelnen Arten. Es variiert innerhalb der Gattung zwischen 0,19 und 1,92 (DEFLANDRE [13]).

Nach eigenen Messungen liegen die Werte für

A. vulgaris var. *multinucleata* bei

H = 41-50-58 μm , D = 91-108-125 μm , H/D = 0,46; für

A. dentata bei

H = 41-48-58 μm , D (ohne Dornen) = 107-119-133 μm , H/D = 0,40

(Minimum-Durchschnitt-Maximum, jeweils $n = 25$.)

Die Oberseite des Gehäuses ist gewölbt, bei *A. dentata* (Abb. 3, Abb. 5) in einen Kranz von 7—20 Dornen ausgebeult (HEGNER [20] bis [24]), während die Unterseite eine trichterförmige Einstülpung aufweist, in deren Zentrum sich die kreisrunde Schalenöffnung, das Pseudostom, befindet.

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 16 u. 17.

Mit Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Die Schalenwand (Abb. 1) erscheint in der Aufsicht polygonal, häufig hexagonal gefeldert (EHRENBERG [16]), im optischen Schnitt als Doppelkontur mit radiärer Schraffur (HERTWIG & LESSER [26]). Diese Struktur deutet auf einen Aufbau aus einer Schicht geschlossener Wabenzellen hin (AWERINZEW [1], HERTWIG & LESSER [26], KHAISKY [29]). Eine

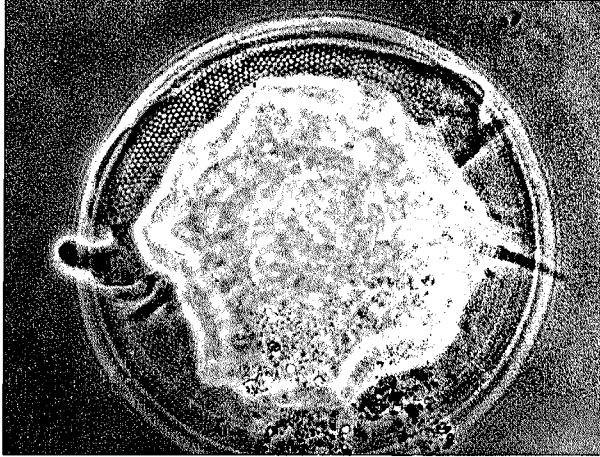


Abb. 1. *Arcella vulgaris* var. *multinucleata* DEFLANDRE,
Aufsicht

Schale kreisrund, Wand hexagonal gefeldert. Protoplast hell, unregelmäßig konturiert. Kriechsohle und Lobopodien dunkel. Unten im Bild ausgeschiedene Exkretgranula. Phasenkontrast-Aufnahme aus dem Film; Schalendurchmesser = 121 μm

elektronenoptische Abbildung von CHARRET [9] bestätigt dies. Nach den elektronenmikroskopischen Untersuchungen von CAMBAR et al. [6] an Abdrucken von Schalen liegt im Zwickel zwischen drei Sechsecken ein dreieckiges Foramen, so daß die Wand aus einer einschichtigen Lage von zwölfckigen Alveolen besteht.

Die neugebildete Schale ist glasklar. Im Laufe der ersten Interphase wird sie durch Einlagerung eines eisenhaltigen Stoffes gelblich, später bräunlich bis dunkelbraun (AWERINZEW [1], DEFLANDRE [13], KHAISKY [29], PENARD [35]).

Die Wand enthält eine organische, stickstoffhaltige Substanz mit einer großen Menge abspaltbaren Schwefels (AWERINZEW [1]) und Hydroxiaminosäuren (KHAISKY [29]), darüber hinaus auch Silicium (BROWN [3]). Chromatogramme von Hydrolysaten leerer Schalen er-

gaben eine Zusammensetzung von Aminosäuren, die der von Keratin ähnlich ist (MORACZEWSKI [32]). Radioaktiv markiertes Leucin wird in die Wand eingebaut, markierte Galactose dagegen nicht (MORACZEWSKI [33]). Demnach ist die Wandsubstanz ein Gerüst-Eiweiß.

In einer solchen Schale ist der „Weichkörper“ der Thekamöbe (Abb. 2, Abb. 3) mit feinen plasmatischen Fortsätzen (Epipodien) befestigt, die nach allen Richtungen strahlen. Der Protoplast liegt lediglich der Innen-

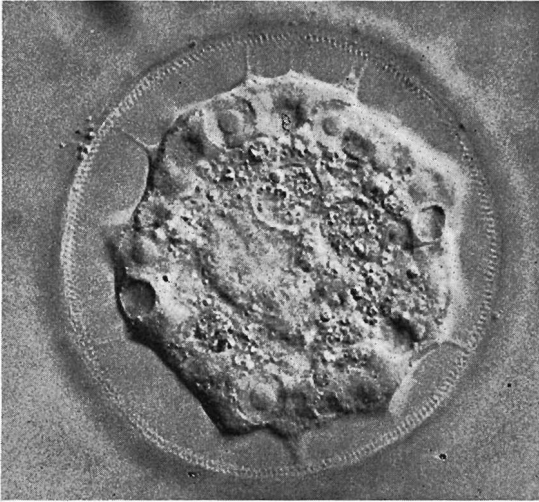


Abb. 2. *Arcella vulgaris* var. *multinucleata*

DEFLANDRE, von oben gesehen

Protoplast mit einem Kranz von Epipodien in der gefelderten Schale befestigt. Zwischen den Epipodien der wassergefüllte Schalenraum, in den hinein sich die pulsierenden Vakuolen entleeren. Pulsierende Vakuolen und Zellkerne in der äußeren Zytoplasmazone; vier der etwa neun Kerne mit ihrem großen, zentralen Nukleolus sichtbar. Weiter innen Nahrungsvakuolen. Interferenzkontrast-Aufnahme aus dem Film; Schalendurchmesser = 114 μm

wand des Pseudostomtrichters dicht auf. Seine Größe, und dementsprechend auch die Füllung des Schalenraumes, ist — abgesehen vom Lokomotionszustand — abhängig vom jeweiligen Stadium zwischen zwei Zellteilungen. Das Zytoplasma läßt eine konzentrische Zonierung in morphologisch und physiologisch differente Partien erkennen: Peripher liegen die pulsierenden Vakuolen, welche sich in den plasmafreien

Schalenraum hinein entleeren, und die Kerne. Die meisten Arten der Gattung sind zweikernig. *A. vulgaris* var. *multinucleata* hat etwa 9 Kerne (6—12, $n = 25$) (Abb. 2), *A. dentata* ist stets zweikernig (Abb. 3). Die Kerne sind kugelförmig und durch einen großen zentralen Nukleolus charakterisiert. Nach innen schließt sich die nutritorische Zone mit Nahrungsvakuolen in verschiedenen Stadien des Abbaus an. Im Zentrum, über dem Pseudostom, liegt eine granaarme Portion, aus der die Pseudopodien hervorgehen.

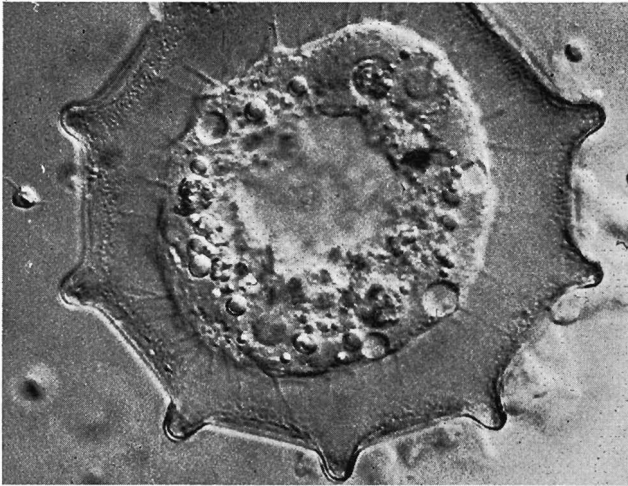


Abb. 3. *Arcella dentata* EHRENBERG, von oben gesehen. Der Protoplast ist mit dünnen Epipodien, die den plasmafreien Schalenraum durchziehen, an der gefelderten Wand festgeheftet. In der äußeren Zone liegen pulsierende Vakuolen und die beiden Zellkerne mit ihrem zentralen Nukleolus, in der Mitte homogenes, pseudopodienbildendes Plasma, dazwischen ein Ring von Nahrungsvakuolen. Die Pseudopodien ragen nur wenig über den Schalenrand hinaus, der in regelmäßigen Abständen zu Dornen ausgebeult ist. Interferenzkontrast-Aufnahme aus dem Film E 1644; Durchmesser des Gehäuses (ohne Dornen) = 127 μm

Pseudopodien werden in geringer, wechselnder Anzahl gebildet. Beim schnellen Kriechen, beim Aufrichten aus der Rückenlage, beim Trennen der Abkömmlinge einer Teilung sind die Pseudopodien fingerförmig mit abgerundeter Spitze und nur geringer baso-apikaler Verjüngung („Lobopodien“). Meist gehen sie von einer Art „Kriechsohle“ aus, einer zusammenhängenden Plasmamasse, die vor die Schalenöffnung geflossen ist (Abb. 1).

Wenn die Tiere sich auf einem ebenen Substrat bewegen, kann die Kriechsohle zu einem halbmondförmigen Gebilde vergrößert sein (Abb. 4), dessen konvexer Rand in Bewegungsrichtung führt und einen wellig konturierten, verdünnten Frontsaum aufweist. Diese Pseudopodienausprägung kann jederzeit in Lobopodien zerlegt werden.

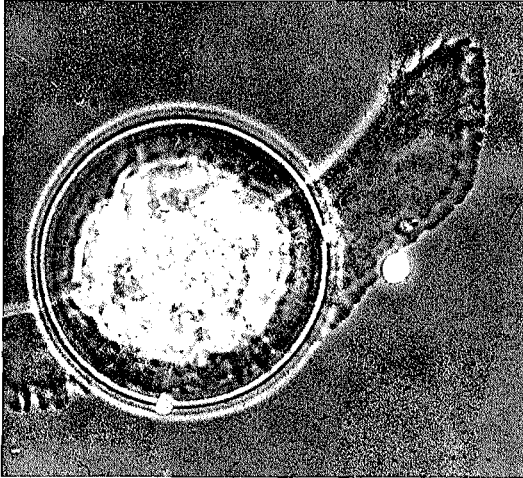


Abb. 4. *Arcella vulgaris* var. *multinucleata*

DEFLANDRE, Aufsicht

Die Thekamöbe hat pseudopodiales Plasma als halbmondförmige Kriechsohle ausgebreitet und ist dabei, ein Exemplar von *Pseudochlorella* (heller Fleck) zu umfließen. Der Vorderrand der Kriechsohle ist stufenartig verdünnt und wellig, der konkave Hinterrand glatt und lateral in Fransen ausgezogen. Phasenkontrast-Aufnahme aus dem Film;

Schalendurchmesser = 119 μm

Die Aufnahme der geformten Nahrung (Bakterien, nackte Amöben, coccale, monadale und trichale Algen, Diatomeen) geschieht seitlich am gestreckten oder hakenartig zurückgekrümmten Lobopodium, an der Basis zwischen zwei Lobopodien oder am Vorderrand des Halbmond-Pseudopodiums (Abb. 4) durch Umfließen.

Mit etwas umgebendem Medium gelangt die Beute in „Nahrungsvakuolen“. Diese werden in der Kriechsohle meist im Bogen zur Seite geführt, von mehr oder weniger lateral durch das Pseudostom eingeschleust und in die nutritorische Zone gebracht.

Morphogenese und Fortpflanzung

Zur Fortpflanzung der Arcellen existiert eine rel. umfangreiche Literatur mit z.T. seltsamen Irrlehren, die man bei DEF LANDRE [13] zusammengestellt und referiert findet. Die einzige sicher festgestellte Vermehrungsweise ist die Zweiteilung nach Schalenbildung und mitotischer Kernteilung.

Die ersten zutreffenden Beobachtungen zur Teilung wurden von CLAPARÈDE & LACHMANN [10] und HERTWIG & LESSER [26] mitgeteilt: Jeweils eine braunschalige und eine hellschalige *Arcella* liegen mit den Unterseiten aneinander. Ihre Protoplasten sind über eine plasmatische Brücke verbunden. Über diese Brücke fließt das Plasma mehrmals von der einen in die andere Schale und zurück. Dann verschmälert sich die Brücke und reißt durch, so daß das Plasma etwa hälftig auf die beiden Schalen verteilt wird.

DANGEARD [11], [12], ELPATIEWSKY [17] und KHAINSKY [29] fügten dieser Beschreibung der Cytoplasmateilung Angaben über die erste Phase der Teilung, die Morphogenese, hinzu: Die Teilung beginne mit der Bildung einer „Knospe“. Ein Teil des Cytoplasmas trete aus dem Gehäuse, runde sich ab zu einer halbkugeligen Masse, die sich alsbald mit einem dünnen farblosen und dehnbaren Häutchen bedecke, welches strukturlos (DANGEARD [12]) oder hexagonal alveolär (KHAINSKY [29]) sei. Nach SCHIRCH [39] soll die hexagonale Felderung erst nach Trennung der Teilungsprodukte auftreten.

Diese im Detail unzutreffenden Schilderungen der Morphogenese übergehen ein wesentliches Faktum. Der Film zeigt erstmals, daß die Sekretion der Schalenwand im Schutze einer vorübergehend aus pseudopodialelem Plasma aufgebauten Kuppel abläuft. Diese Kuppel wird erst zurückgezogen, wenn der zentrale Teil der Anlage die Wand abgeschieden hat, d. h. wenn die radiäre Schraffur als optischer Ausdruck der Kammerung sichtbar ist.

Die Form der Kuppel weicht von der Form der Schalenanlage ab. Es besteht auch kein durchgehender Kontakt zwischen beiden. (Näheres siehe S. 12—13).

Mit oder nach dem Einziehen des Kuppelplasmas erhält die junge Schale ihre endgültige Ausformung und Größe. Danach löst sich das Bildungsplasma von der neuen Wand und fließt größtenteils in die alte Schale zurück. Damit beginnt eine Serie von Hin- und Herströmungen des Plasmas in den beiden Schalen, deren Anzahl und Frequenz von Art zu Art verschieden zu sein scheint. (LEIDY [30], PENARD [35] und VALKANOV [41] nennen „dieses rhythmische Herüber- und Hinüberwogen“ widersinnigerweise „Zyklose“.)

Die Teilung der zwei oder mehr Kerne verläuft in der Regel synchron und ist eine typische Mitose. Sie wurde von ELPATIEWSKY [17], SWAR-

CZEWSKY [40], DANGEARD [12] und SCHIRCH [39] übereinstimmend beschrieben.

Teilungen können zu jeder Tageszeit ablaufen (contra KHAINSKY [29], SWARCZEWSKY [40]). Bezüglich der zeitlichen Korrelation von Schalenbildung und Kernteilung bestehen Unstimmigkeiten in der Literatur. HERTWIG [25] meint, daß die Karyokinese die Zellteilung vorbereite. Nach ELPATIEWSKY [17] und SCHIRCH [39] tritt das schalenbildende Plasma hervor, während sich die Kerne teilen. Auch nach DANGEARD [11], [12] teilen sich die Kerne im Augenblick der „Knospenbildung“.

Meine Beobachtungen ergaben, daß Anlageplasma schon austritt, noch ehe die Kerne in die Prophase eingegangen sind. Aus den Abbildungen von ELPATIEWSKY [17], DANGEARD [12], IVANIC [27] und DOFLEIN [14] geht eindeutig hervor, daß die Schale bereits fertiggestellt ist, während die Kerne sich noch auf dem Stadium der Metaphase-Anaphase befinden.

In den Filmaufnahmen sind die Kernteilungsvorgänge nicht sichtbar.

Bildung und Rückbildung von Gasvakuolen

Eine physiologische Eigentümlichkeit der Arcellen und einiger anderer Thekamöben (siehe CHARDEZ [7]) ist die Fähigkeit, Gas in Vakuolen abzuscheiden (Abb. 5). Diese Eigenschaft habe ich bisher bei allen von mir kultivierten aquatischen Arcellen feststellen können (*A. dentata*, *A. discoides*, *A. hemisphaerica*, *A. megastoma*, *A. polypora*, *A. vulgaris*, *A. vulgaris* var. *multinucleata*). Sogar Teilungspaare, die sich noch nicht getrennt haben, d. h. ganz junge Zellen, können Gasblasen bilden.

Das Phänomen wurde von PERTY [37], [38] entdeckt und von ENGELMANN [18], BÜTSCHLI [4], [5] und vor allem von BLES [2] näher untersucht. (Die Gasblasen KHAINSKYS [29] sind unphysiologische Erscheinungen.)

Es handelt sich um Gasvakuolen, die innerhalb des Plasmas (und zwar in der peripheren Plasmazone) gebildet und auch wieder rückgebildet werden. Ihre Zahl variiert je nach Spezies zwischen 1 und 21. Die Blasen (Abb. 5) sind meist abgerundet, elliptisch, nierenförmig, aber selten kugelförmig wie die pulsierenden Vakuolen. Ihre Form verändert sich beim An- bzw. Anschwellen ständig. Meist ändern die Blasen eines Tieres gleichzeitig und gleichsinnig ihr Volumen. Es kommen aber auch gegensinnige Volumenänderungen vor, sowie mehrfaches Oszillieren zwischen Vergrößern und Verkleinern.

Die chemische Zusammensetzung des Gases ist unbekannt. Die Behauptungen in der Literatur, die sich lediglich auf Indizien stützen, gehen von Kohlendioxid (BÜTSCHLI [4]) bis Sauerstoff (BLES [2]).

Von einer bestimmten Größe bzw. Anzahl der Blasen an überwiegt der Auftrieb das Gewicht des Tieres, und es steigt auf.

Ein adäquater Reiz zur Gasabscheidung scheint die längere Unterbrechung des Substratkontaktes der Pseudopodien zu sein. Dafür spricht zum einen, daß die Gasblasen ziemlich bald verschwinden, wenn das Tier sich unter der Oberflächenhäutchen angeheftet oder noch vor dem Aufsteigen wieder Kontakt mit dem Gefäßboden erhalten hat, zum anderen, daß die Blasen ihr Volumen mehr oder weniger halten, solange das Tier schwebt. Auch andere Faktoren (Wärme, Sauerstoff-Mangel) scheinen die Blasenbildung auslösen zu können.

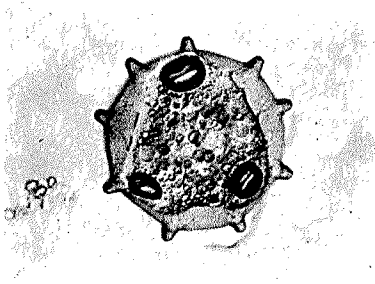


Abb. 5. *Arcella dentata* EHRENBURG, Aufsicht. — Gehäuse mit neun Dornen. Protoplast abgerundet dreieckig. In jeder Ecke eine intraplasmatische Gasblase. Interferenzkontrast-Aufnahme aus dem Film E 1644; Durchmesser der Schale (ohne Dornen) = 132 μ m

ENGELMANN [18], BLES [2] und PENARD [36] sehen in den Gasblasen einen hydrostatischen Apparat. Über dessen biologische Bedeutung besteht noch keine Klarheit.

Enzystierung, Zystenkeimung

„Zysten“ sind bei Arcellen immer wieder beobachtet worden (DEFLANDRE [13], HERTWIG [25], [26], IVANIC [27], LEIDY [30], MARTINI [31], PAPWORTH [34], SCHIRCH [39]). Es sind kugelige Gebilde, die innerhalb der Schale zwischen Pseudostom und Scheitel liegen. Sie sind allseitig von einer derben Hülle umgeben, die dem verdichteten Protoplasten eng anliegt.

Die Autoren, die sich ausführlicher mit diesen Stadien befaßten (HERTWIG [25], IVANIC [27], MARTINI [31], SCHIRCH [39]), haben weder die Bildung der Zysten noch deren Auskeimen lebend beobachten können, berichten aber, daß in den Zysten einige oder alle Kerne degenerieren. Deswegen bezweifle ich, ob diese Stadien alle physiologisch sind und im Lebenszyklus der Arcellen eine Rolle spielen.

Arcellen sind jedoch in der Lage, sich durch Abkapselung schädlichen Einflüssen ihrer Umgebung zu entziehen. Wenn man *A. vulgaris* var. *multinucleata* in 0,63%ige wäßrige NaHCO_3 -Lösung bringt, zieht sie die Pseudopodien ein; die Epipodien lösen sich von der Schale, und der Protoplast kugelt sich über dem Pseudostom ab. Diese Vorgänge sind reversibel und somit physiologisch. Nach Auswaschen des Bikarbo-

nats, d. h. nach Umsetzen der „Zyste“ in frisches Kulturmedium, streckt das Tier Pseudopodien aus und nimmt die alte Schale wieder in Besitz. (Näheres siehe S. 14). Tags darauf waren die Versuchstiere normal aktiv und inzwischen gewachsen.

Zur Entstehung der Filme E 1643 und E 1644

Objekte: *Arcella vulgaris* var. *multinucleata* DEFLANDRE stammt aus dem Rohrsee bei Rohr, Kreis Wangen/Allgäu; *A. dentata* EHRENBERG aus einem Schulaquarium¹.

Die Thekamöben werden in Petrischalen von 10 cm Durchmesser in verdünnter Erdabkochung mit Zusatz von Nitrat und Phosphat kultiviert.

A. vulgaris var. *multinucleata* wird bei Zimmertemperatur gehalten und lebt von einer unkontrollierten Bakterienflora, die beim Umsetzen mit überimpft wird.

A. dentata hält sich besser im Licht-Kühlschrank bei +15° C. und wird mit *Chlorogonium elongatum* gefüttert.

Mikroskope: ZEISS WL oder Standard UPL (umgekehrtes Mikroskop). Präparation: herkömmliche Objektträger-Deckglas-Präparate mit Unterstützung durch Deckglassplitter und Umrandung mit Paraffin-Vaseline (2:1) oder Planktonkammern (ZEISS). Film: Kodak Eastman Double X, 35 mm Schwarzweiß-Negativ-Film. Kamera: Askania Z.

Filmbeschreibung²

4 B/s und 2 B/s

1. Junges Exemplar von *Arcella vulgaris* var. *multinucleata*, von oben gesehen. In der kreisrunden Schale sitzt ein unregelmäßig konturierter Protoplast mit einem Kranz von pulsierenden Vakuolen und hat eine halbkreisförmige „Kriechsohle“ ausgebreitet, die sich vor allem an den Flanken in fingerförmige Pseudopodien gliedert.

Bildfeldbreite 490 µm; Phasenkontrast (Phako); Aufn.-Freq. 4 B/s

2. Dasselbe Tier, stärker vergrößert. Kriechsohle dunkel, Protoplast hell. Schalenfelderung, pulsierende Vakuolen und Epipodien auffallend. Entleerung von Exkretvakuolen (Defäkation) während der Lokomotion. Fokus zweimal kurz auf dem zentralen, kreisrunden Pseudostom. Einer der etwa 9 Zellkerne (Nukleolus dunkel) bei 300 (wenn man das Bild des Tieres mit einem Zifferblatt vergleicht).

Bildfeldbreite 195 µm; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

¹ Herrn stud. biol. B. RICHTER, Sindelfingen, danke ich für die Überlassung einer Rohkultur.

² Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

3. Tier mit großer flügelartiger Kriechsohle; Vorderrand des „Flügels“ gewellt und stufenartig verdünnt, Hinterrand glatt. An den Enden des Flügels Wendepunkt der Plasmabewegung. Hinter dem Wendepunkt fädige Ausziehungen, deren Spitzen noch am Objektträger haften.

Bildfeldbreite 385 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

4. Tier an der Wand einer Planktonkammer, Seitenansicht. Die Schalenwölbung ähnelt einer Kugelkappe. Fingerförmige Pseudopodien sind in „tastender“, bisweilen an Schneckenfühler erinnernder Bewegung.

Bildfeldbreite 385 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

5. Junges Tier, von oben gesehen. Schalenwand gefeldert. Plasmafreier Schalenraum von schlanken oder breiteren Epipodien durchzogen. Randzone des Protoplasten mit pulsierenden Vakuolen und Kernen (etwa 9, mit je einem großen zentralen Nukleolus). Zentralwärts die nutritorische Zone mit Nahrungsvakuolen.

Bildfeldbreite 195 μm ; Interferenzkontrast (Inko); Aufn.-Freq. 4 B/s

6. Dasselbe Tier, Ausschnitt. Schalenfelderung! Ein Kern am rechten Bildrand, mit Nukleolus. Zwei pulsierende Vakuolen entleeren sich asynchron und entstehen neu durch Zusammenfließen mehrerer kleiner Vakuolen.

Bildfeldbreite 80,5 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 2 B/s

Nahrungsaufnahme

4 B/s

7. Tier mit halbkreisförmiger Kriechsohle phagozytiert Grünalgen der Gattung *Pseudochlorella* durch Umfließen bei 3⁰⁰ und bei 12⁰⁰. Die wellige Front der Sohle wird dabei in Lobopodien zerteilt.

Bildfeldbreite 385 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

8. Anderes Exemplar. Radius der halbkreisförmigen Kriechsohle entspricht dem Schalenradius. Phagozytose von *Pseudochlorella* bei 6⁰⁰, bei 12⁰⁰ und (nach dem Schwenk) nochmals bei 6⁰⁰.

Bildfeldbreite 385 μm ; Phako; Aufn.-Freq. 4 B/s

Morphogenese und Teilung

4 B/s und 30 B/min

9. Teilung, Dauer 27 Min., Seitenansicht. Der Teilungskandidat sitzt an der Wand einer Planktonkammer, an der er sich spiegelt. Ein Tropfen dichten Zytoplasmas tritt aus der Schale und gliedert sich in ein opakes Zentrum und ein hyalines, becherförmiges Pseudopodium. Dieses wächst vor — während sich das opake Zentrum durch Rückstrom von Plasma in die alte Schale etwas verkleinert —, legt sich in gewissem Abstand um die opake Masse und schließt sich im Scheitel zu einer plasmatischen

Kuppel. Dabei wird das Teilungsstadium weiter von der Unterlage abgestemmt. Die opake Anlage vergrößert sich innerhalb der Kuppel durch erneutes Einströmen von Plasma, sezerniert die neue Schalenwand und sondert sich in eine äußere, hyaline Schicht und eine zentrale Portion mit Granula und Nahrungsvakuolen. Mit einem Ruck reißt die Kuppel im Scheitel auf und wird zurückgezogen. Gleichzeitig hebt sich das Plasma von der neuen Wand ab. Es strömt fast ganz in die alte Schale zurück. Dort beginnt eine rege Tätigkeit von pulsierenden Vakuolen, die bis zu diesem Zeitpunkt in Ruhe waren. Dann fließt das Zytoplasma wieder fast vollständig in die neue Schale und z.T. erneut in die alte Schale zurück, so daß beide Schalenlumina von je einer kugeligen Portion etwa halb gefüllt sind. Darauf nehmen die Protoplasten ein annähernd dreieckiges Profil an, ziehen Epipodien aus und senken sich auf den Pseudostomrichter. Pulsierende Vakuolen sind jetzt auch in der jungen Schale sichtbar. Das Paar kippt. Die plasmatische Verbindung der Abkömmlinge reißt. Lobopodien werden ausgestreckt, und die neuen Individuen trennen sich.

Bildfeldbreite 385 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 30 B/min

10. Teilung bis zum Einsetzen der Pendelströmung. Sonderung des Becher-Pseudopodiums, Kuppelbau und Rückströmen des Anlage-Plasmas schräg von unten gesehen. Das kuppelbildende Pseudopodium schließt sich irisartig. Die neue Schalenwand ist als Doppelkontur schon innerhalb der Kuppel zu sehen. Form der Kuppel und der Schalenanlage sind nicht kongruent; um den Scheitel der jungen Schale ist ein deutlicher Spaltraum zu erkennen. In der kleinen Plasmaportion, die über dem Pseudostom in der alten Schale verblieben ist, sieht man links einen Zellkern in Prophase. Aufreißen der Kuppel und Abheben des Plasmas von der neuen Wand werden durch einen Ruck angekündigt.

Bildfeldbreite 310 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 4 B/s

11. Teilung an der Wand einer Planktonkammer, Gesamtdauer 24 Min., Seitenansicht. Alte Schale unten im Bild. Wie unter 9. Der zentrale opake Anteil der Anlage verkleinert sich wesentlich durch Zurückfließen von Zytoplasma mit Granula und Nahrungsvakuolen, während das Becher-Pseudopodium vorwächst. — Der Plasmarest in der alten Schale bleibt mit Epipodien unter dem Scheitel angeheftet.

Bildfeldbreite 385 μm ; Hellfeld; Aufn.-Freq. 30 B/min

Bildung und Rückbildung von Gasvakuolen

1 B/s

12. Arcella mit einer großen und einer kleinen Gasblase im Zytoplasma. Die Blasen wachsen synchron. Auf der Seite der größeren Blase macht sich der Auftrieb durch ruckartiges Anheben der Schale bemerkbar. Das Tier klappt mehrmals zwischen Deckglas und Objektträger

herauf und hinunter. Die pulsierenden Vakuolen sind normal tätig. Allmählich verschwinden die Blasen, und das Tier nimmt eine gleichmäßige Lokomotion auf.

Bildfeldbreite 765 μm ; Hellfeld-Schräglicht; Aufn.-Freq. 1 B/s

13. Rückbildung von Gasvakuolen. Eine große, bohnenförmige Gasblase schrumpft, während das Tier gleichmäßig kriecht. Nach dem Verschwinden bleibt an der Stelle der Blase zunächst ein heller, von Grana und Nahrungsvakuolen freier Bereich.

Bildfeldbreite 605 μm ; Hellfeld-Schräglicht; Aufn.-Freq. 1 B/s

Encystierung, Cystenkeimung

1 B/s

14. Tier in 0,63%iger NaHCO_3 -Lösung, in Planktonkammer. Der Protoplast füllt die Schale etwa zu $\frac{4}{5}$ aus. Während der Anfertigung des Präparates wurden die Pseudopodien eingezogen. Das Zytoplasma „konzentriert“ sich allmählich. Die pulsierenden Vakuolen arbeiten. Die Epipodien werden von der Schalenwand abgelöst und eingeschmolzen. Die kugelige „Zyste“ über dem Pseudostom füllt die Schale etwa zur Hälfte. Dauer der Szene 12 Min.

Bildfeldbreite 490 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 1 B/s

15. Zystenkeimung. Ein anderes Tier wurde aus der 0,63%igen Natriumbikarbonat-Lösung in eine Planktonkammer mit normalem Kulturmedium umgesetzt. Die runde „Zyste“ sendet kleine Pseudopodien nach allen Seiten. Der Protoplast nimmt allmählich Sternform an, ist aber zunächst noch unsymmetrisch in seiner Schale angeordnet. Epipodien werden wieder ausgebildet. Pulsierende Vakuolen arbeiten noch nicht. Dauer bis zum Beginn der Lokomotion 19 Min.

Bildfeldbreite 490 μm ; Inko; Aufn.-Freq. 1 B/s

Literatur und Filmveröffentlichung

- [1] AWERINZEW, S.: Die Struktur und die chemische Zusammensetzung der Gehäuse bei den Süßwasserrhizopoden. Arch. Protistenk. 8 (1907), 91—111.
- [2] BLES, E. J.: The gas vacuoles of *Arcella discoides*. Quart. J. Micr. Sci. 72 (1929), 532—596.
- [3] BROWN, C. H.: Structural proteins in the invertebrata and vertebrata: a histochemical study. Ph. D. Thesis, Cambridge 1950, zitiert nach JEPPE, 1956 [28].
- [4] BÜTSCHLI, O.: Zur Kenntnis der Fortpflanzung bei *Arcella vulgaris*. Arch. mikr. Anat. 11 (1875), 459—467.
- [5] BÜTSCHLI, O.: Protozoa, I. Abteilung: Sarcodina und Sporozoa. In: H. G. BRONNS Klassen und Ordnungen des Tier-Reichs. Winter, Leipzig-Heidelberg 1880—1882, 3—260.

- [6] CAMBAR, R., R. THOMAS & M. LE BLANC: Recherches sur la constitution de la thèque des Arcelles (Genre *Arcella*, Rhizopode testacé); observations au microscope électronique. C.R. Acad. Sci. Paris **256** (1963) 1364—1366.
- [7] CHARDEZ, D.: Thécamoebiens pélagiques (Protozoa Testacea) Bull. Inst. Agron. Gembloux **32** (1964), 299—304.
- [8] CHARDEZ, D.: Histoire naturelle des protozoaires thécamoebiens. Les Naturalistes Belges **48** (1967), 484—576.
- [9] CHARRET, R.: Caractères cytologiques du thécamoebien *Arcella* polypora. Protistologica **3** (1967), 73—78.
- [10] CLAPARÈDE, E. & J. LACHMANN: Etudes sur les infusoires et les rhizopodes. Georg, Genf-Basel 1868, 482 S. (Extrait des tomes V, VI et VII des Mém. Inst. Gênévois 1858—1860.)
- [11] DANGEARD, P.-A.: Contribution à l'étude des Diplozoaires. C. R. Acad. Sci. (Paris) **136** (1903), 769—771.
- [12] DANGEARD, P.-A.: Etudes sur le développement et la structure des organismes inférieurs. Le Botaniste **11** (1910), 1—311.
- [13] DEFLANDRE, G.: Le genre *Arcella* EHRENBERG. Morphologie-Biologie. Essai phylogénétique et systématique. Arch. Protistenk. **64** (1928), 152—287.
- [14] DOFLEIN, F. & E. REICHENOW: Lehrbuch der Protozoenkunde. Fischer, Jena 1953, 1214 S.
- [15] EHRENBERG, C. G.: Beiträge zur Kenntnis der Organisation der Infusorien und ihrer geographischen Verbreitung, besonders in Sibirien. Abh. Kgl. Akad. Wiss. Berlin 1830/1832, 1—88.
- [16] EHRENBERG, C. G.: Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. Voss, Leipzig 1838, 547 S. Folio.
- [17] ELPATIEWSKY, W.: Zur Fortpflanzung von *Arcella vulgaris*. Arch. Protistenk. **10** (1907), 439—466.
- [18] ENGELMANN, Th. W.: Beiträge zur Physiologie des Protoplasmas. Pflügers Archiv **2** (1869), 307—322.
- [19] ENTZ, G.: Zur Gasentwicklung im Protoplasma lebender Protozoen. Zool. Anz. **1** (1878), 248—249.
- [20] HEGNER, R. W.: Variation and heredity during the vegetative reproduction of *Arcella dentata*. Proc. Nat. Acad. Sci. **4** (1918), 283—288.
- [21] HEGNER, R. W.: Quantitative relations between chromatin and cytoplasm in the genus *Arcella*, with their relations to external characters. Proc. Nat. Acad. Sci. **5** (1919), 19—22.
- [22] HEGNER, R. W.: Heredity, variation and the appearance of diversities during the vegetative reproduction of *Arcella dentata*. Genetics **4** (1919), 95—150.
- [23] HEGNER, R. W.: The effect of environmental factors upon the heritable characteristics of *Arcella dentata* and *A. polypora*. J. exp. Zool. **29** (1919), 427—441.
- [24] HEGNER, R. W.: The relations between nuclear number, chromatin mass, cytoplasmic mass and shell characteristics in four species of the genus *Arcella*. J. exp. Zool. **30** (1920), 1—95.

- [25] HERTWIG, R.: Über Encystierung und Kernvermehrung bei *Arcella vulgaris*. In: Festschrift zum 70. Geburtstag von Carl von Kuppfer. Fischer, Jena 1899, 367—382.
- [26] HERTWIG, R., & E. LESSER: Über Rhizopoden und denselben nahestehende Organismen. Arch. Mikr. Anat. **10** (Suppl.) (1874), 35—243.
- [27] IVANIC, M.: Ein neuer Beitrag zur Kenntnis der multiplen Teilung bei *Arcella vulgaris*. Arch. Protistenk. **86** (1936), 471—481.
- [28] JEPPE, M. W.: The Protozoa. Sarcodina. Oliver & Boyd, Edinburgh-London 1956, 183 S.
- [29] KHAINSKY, A.: Untersuchungen über Arcellen. Vorläufige Mitteilung. Arch. Protistenk. **21** (1911), 165—185.
- [30] LEIDY, J.: Fresh water rhizopods of North America. Rep. U. S. Geol. Surv. Territ. **12** (1879), 1—324.
- [31] MARTINI, E.: Beobachtungen an *Arcella vulgaris*. Z. wiss. Zool. **79** (1905), 574—618.
- [32] MORACZEWSKI, J.: Composition chimique, structure et formation de la coque d'*Arcella*. Progress in Protozoology. IIIrd Intern. Congr. Protozool. Leningrad, 2—10 July, 1969, 32-33.
- [33] MORACZEWSKI, J.: Mündliche Mitteilung vom 18. 3. 1970.
- [34] PAPWORTH, A. G.: The biology of *Arcella*. 19th Ann. Rep. Michigan Acad. Sci. (Lansing/Mich.) **19** (1917), 67—76.
- [35] PENARD, E.: Faune rhizopodique du bassin du Léman. Kündig, Genf 1902, 714 S.
- [36] PENARD, E.: Les protozoaires considérés sous le rapport de leur perfection organique. Georg, Genf 1922, 95 S.
- [37] PERTY, M.: Eine physiologische Eigentümlichkeit der Rhizopodensippe *Arcella* EHR. Mitt. naturf. Ges. Bern Nr. 158/159 (1849), 124—126.
- [38] PERTY, M.: Zur Kenntnis kleinster Lebensformen. Jent & Reinert, Bern 1852, 228 S.
- [39] SCHIRCH, P.: Beiträge zur Kenntnis des Lebenszyklus von *Arcella vulgaris* und *Pelomyxa palustris*. Arch. Protistenk. **33** (1914), 247—271.
- [40] SWARCZEWSKY, B.: Über die Fortpflanzungserscheinungen bei *Arcella vulgaris* EHRENBURG. Arch. Protistenk. **12** (1908), 173—212.
- [41] VALKANOV, A.: Über die Fortpflanzung der Testaceen (Rhizopoda, Testacea). Bull. Inst. Zool. Mus. (Sofia) **22** (1966), 5—49.
- [42] WERNER, C. F.: Wortelemente lateinisch-griechischer Fachausdrücke in den biologischen Wissenschaften. Geest & Portig, Leipzig 1961, 471 S.
-
- [43] NETZEL, H.: *Arcella dentata* (Testacea) — Bewegung und Fortpflanzung. Film E 1644 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1971.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1971 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 97 m, 9 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1969. Veröffentlichung aus dem Zoologischen Institut der Universität Tübingen, Dr. H. NETZEL, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE, H. H. HEUNERT.

Inhalt des Films

Der Film zeigt Bewegung und Fortpflanzung von *Arcella vulgaris* var. *multinucleata* (Rhizopoda, Testacea), einer unserer häufigeren Thekamöben.

Man sieht die wichtigsten Züge der Organisation: die Schale mit ihrer hexagonalen Felderung, den konzentrisch zonierten Protoplasten mit seinen plasmatischen Aufhängefäden; die Tätigkeit der pulsierenden Vakuolen, Pseudopodien in mehreren Ausprägungen, die Nahrungsaufnahme.

Dann sind die Bildung der neuen Schale, welche der Zellteilung vorausgeht, und die Teilung selbst, ferner die Bildung und Rückbildung von intraplasmatischen Gasvakuolen dokumentiert.

Schließlich wird die Entstehung von Dauerstadien (Zysten) und deren Keimung vorgeführt.

Summary of the Film

The film depicts locomotion and reproduction of *Arcella vulgaris* var. *multinucleata* (Rhizopoda, Testacea), one of the more common species of thecamoebae.

The characteristic features of its organization and behaviour are demonstrated first: the test with its hexagonal pattern; the concentrically stratified protoplast, which is attached to the thecal wall by threads of cytoplasm (epipodia); the activity of contractile vacuoles; pseudopodia of various appearances; and the ingestion of food.

The film continues in documenting the formation of a new test prior to cell division, the cell division itself, and the formation and resorption of intracytoplasmic gas vacuoles.

Finally, the development of cysts and cyst germination will be shown.

Résumé du Film

Le film montre le mouvement et la reproduction de l'*Arcella vulgaris* var. *multinucleata* (Rhizopoda, Testacea), l'un de nos thécamoebiens les plus communs.

On voit les principales caractéristiques de l'organisation et du comportement: la thèque chagrinée d'alvéoles hexagonaux; le protoplasma organisé concentriquement, qui est relié au paroi de la thèque par un nombre d'épipodes; les pulsations des vacuoles contractiles; les pseudopodes sous diverses apparences; l'ingestion de la nourriture.

Sont ensuite documentés: le développement d'une nouvelle coque, qui précède la division cellulaire; la division elle-même; puis la sécrétion et la résorption de bulles gazeuses à l'intérieur du cytoplasma.

En dernier lieu, la formation des kystes et le dékystement sont montrés.