

**NORBERT HÜLSMANN, Berlin**

**Bewegung, Nahrungsaufnahme  
und Fortpflanzung bei *Reticulomyxa filosa*  
(Rhizopoda)**

**Begleitpublikation zum Film C 1639**

© IWF Wissen und Medien gGmbH 2006

ISSN 0073-8417

IWF Wissen und Medien gGmbH  
Nonnenstieg 72, 37075 Göttingen  
Fon: +49 (0) 551 5024 0  
[www.iwf.de](http://www.iwf.de)

 **Leibniz  
Gemeinschaft**

**IWF**  
**WISSEN UND MEDIEN  
KNOWLEDGE AND MEDIA**

# Bewegung, Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung bei *Reticulomyxa filosa* (Rhizopoda)

NORBERT HÜLSMANN, Berlin

## Allgemeine Vorbemerkungen

Hinter den bislang bekannt gewordenen Stämmen von *Reticulomyxa filosa* und *Wobo gigas* verbirgt sich ein rhizopodaler Organisationstyp, der wohl am ehesten mit dem von schalenlosen marinen Foraminiferen (zum Beispiel *Sheppardella taeniformis*) oder von bestimmten beschalten Süßwasserrhizopoden (zum Beispiel *Lieberkühnia wagneri*; Netzel, E 1646) zu vergleichen ist. Die derzeitigen Kenntnisse über die Biologie dieser beiden Arten sind zwar noch äußerst dürftig, doch es zeichnet sich bereits deutlich ab, dass die bisher erarbeiteten Ergebnisse über den Feinbau der Pseudopodien und den Bewegungsmechanismus von offensichtlich übergreifender Bedeutung sind. Die Gattung *Reticulomyxa* dient nämlich seit ihrer Wiederentdeckung in den 80er Jahren als wichtiger Modellorganismus für die Verfolgung von zellbiologischen Fragestellungen, vor allem auf dem Gebiet der Zellmotilität (Hauser, Hülsmann et al., Hauser et al. 1989; Koonce, Koonce and Schliwa, 1985; Schliwa, Euteneuer et al., Schliwa et al. 1987).

*Reticulomyxa filosa* ist ein freilebendes Süßwasserplasmodium, das trotz seiner für Einzeller beträchtlichen Größe von mehreren Millimetern oder gar Zentimetern erst 1939 entdeckt werden konnte. Die Erstbeschreibung erfolgte im Jahre 1949 durch die amerikanische Botanikerin Nauss (1949). Das Vorkommen dieser Art beschränkt sich offenbar auf rein aquatische Lebensräume, doch häufen sich auch Hinweise darauf, dass bislang noch unbeschriebene und sehr nahe verwandte Arten auch in terrestrischen Habitaten vorkommen und beispielsweise aus gewöhnlicher Gartenerde isoliert werden können (Hülsmann, unveröffentlicht). Die bislang erfolgreich durchgeführten Isolationen der Spezies *Reticulomyxa filosa* erfolgten ausschließlich aus anthropogen beeinflussten Habitaten wie Kleingewässern in Botanischen Gärten (Nauss, 1949) und Gewächshäusern (Hülsmann, 1984), Aquarien und Fischzuchtbecken (Koonce and Schliwa, 1985). Erst 1993 gelang eine Isolierung aus einem weitestgehend natürlichen Gewässer, dem Möwensee nahe Fürstenberg/Havel, und zwar aus untergetauchten *Sphagnum*-Beständen (Hülsmann, unveröffentlicht). Ob es sich bei diesem isolierten Stamm jedoch um einen Vertreter derselben Art handelt, ist bislang noch nicht geklärt. Der Grund für das offenbar seltene Auffinden von *Reticulomyxa filosa* mag vor allem darin gesehen werden, dass herkömmliche Isolationstechniken zumeist nur kernlose und damit kurzlebige Bruchstücke der Plasmodien liefern und dass die Untersuchungszeiträume bei ökologischen Bestandsaufnahmen anhand von Lebendmaterial gewöhnlich nur nach Stunden bemessen werden. In den erfolgreich verlaufenen Isolationsversuchen jedenfalls traten identifizierbare Plasmodien jeweils erst nach mehreren Tagen oder Wochen auf.

Die systematische Stellung von *Reticulomyxa filosa* (Rhizopoda) ist noch immer umstritten. In den Klassifikationsschemata von Grell (1985) und Page (1987) wird die Gattung innerhalb der Familie *Reticulomyxidae* bei der Ordnung *Promycetozoida* Grell, 1985, geführt, und zwar zusammen mit Vertretern der marinen Gattungen *Pontomyxa* und *Thalassomyxa* (Page, 1987). Nach Page (1987) bildet diese Ordnung zusammen mit denen der *Athalamida* Haeckel, 1862, der *Monothalamida* Haeckel, 1862, und der *Foraminiferida* d'Orbigny, 1826, die Klasse der *Granuloreticulosea* de Saedeleer, 1934, innerhalb der Überklasse *Rhizopoda* von Sieboldt, 1845. Kritisch anzumerken bleibt, dass offenbar einige Foraminiferen in der Lage

sind, unter bestimmten Bedingungen ihre Gehäuse zu verlassen und somit vorübergehend „athalam“ (gehäuselos) zu leben, und dass unter den bisher bekanntgewordenen granuloretikulopodialen Formen des Süßwassers die Art *Biomyxa vagans* Leidy, 1879 – ein Vertreter der unbeschalteten *Athalamida* – die größte Ähnlichkeit mit *Reticulomyxiden* aufweist. Problematisch ist auch, dass *Reticulomyxa* zumindest gehäuseähnliche Bildungen hervorbringen kann und somit – wie *Wobo gigas* (Hülsmann, C 1638) – auch bei den *Monothalamida* eingeordnet werden könnte (s. u.). Festzuhalten ist, dass die Systematik der Gesamtheit der granuloretikulopodialen Rhizopoden zur Zeit sehr unsicher ist und dass in naher Zukunft tiefgreifende Veränderungen zu erwarten sind.

Die Unterthemen des Films umfassen die Morphologie, Bewegung, Nahrungsaufnahme, Vermehrung sowie Encystierungs – und Excystierungsvorgänge. Sie werden in dieser Reihenfolge besprochen und durch elektronenmikroskopische Details ergänzt.

### Morphologie und Bewegung

Die Plasmodien von *Reticulomyxa filosa* sind vorwiegend netzförmig organisiert und gliedern sich in zentrale (Abb. 1 u. 2) und periphere Abschnitte (Abb. 3).

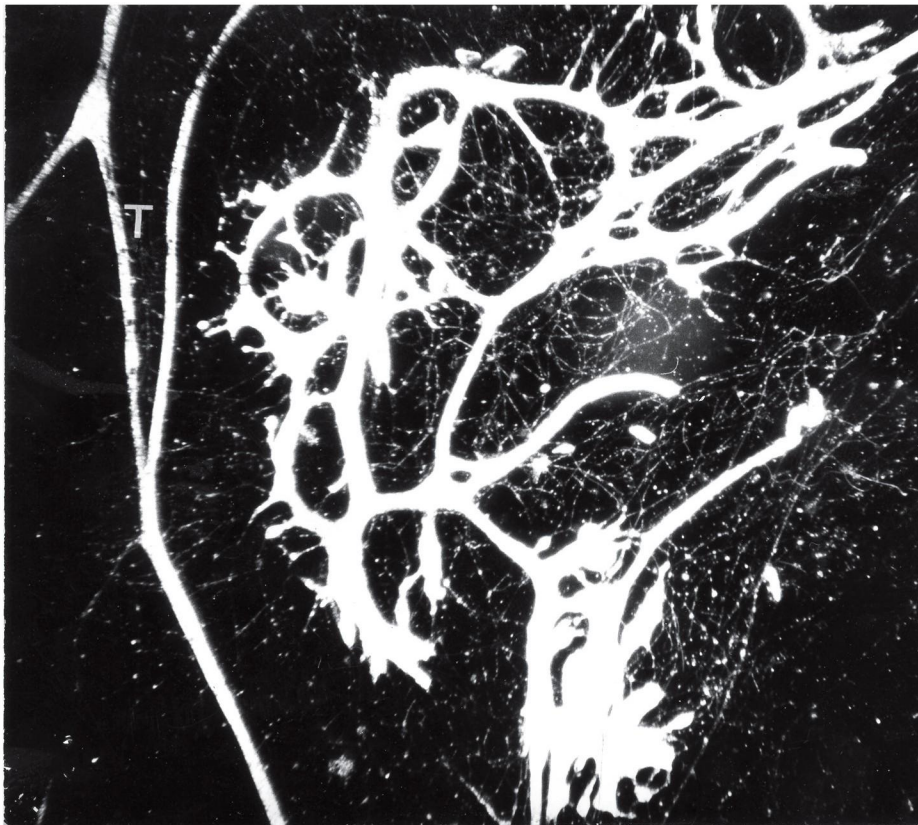


Abb. 1.

*Reticulomyxa filosa*.

Stationäre, reich verzweigte Adern des Zentralbereichs (rechts) und die langgestreckten Transportadern (T) eines zweiten Individuums (links). Die feinen Pseudopodien des Randbereichs sind bei dieser Übersichtsvergrößerung (Dunkelfeld: 55fache Vergrößerung) nur andeutungsweise zu erkennen

Photo: N. HÜLSMANN



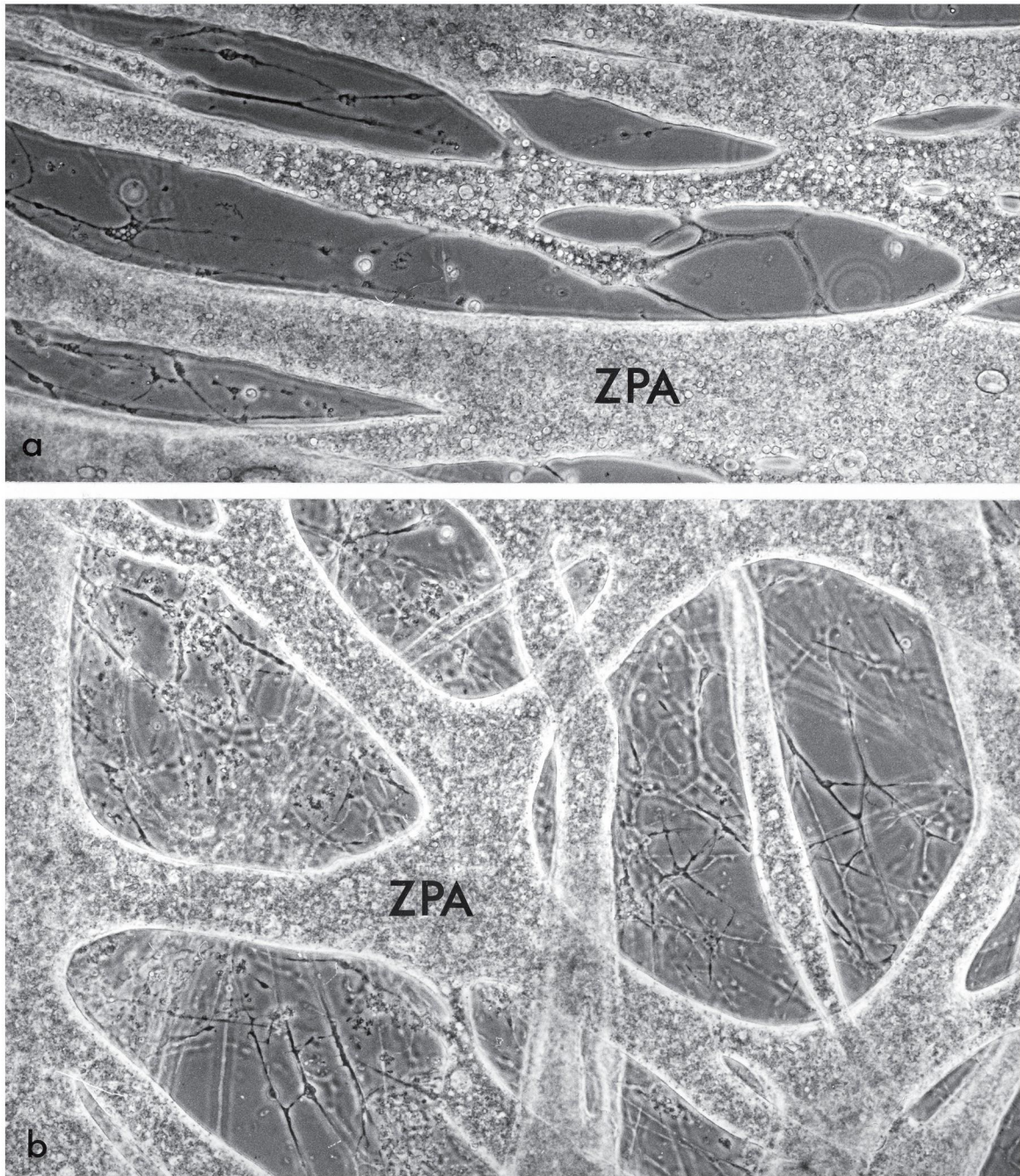


Abb. 2. *Reticulomyxa filosa*.

Ausschnitt aus Zentralbereichen mit zentralplasmatischen Adern (ZPA), in paralleler (a) und netzförmiger (b) Ausbildung bei stärkerer Vergrößerung (16fache Vergrößerung, Phasenkontrast)

Photo: N. HÜLSMANN



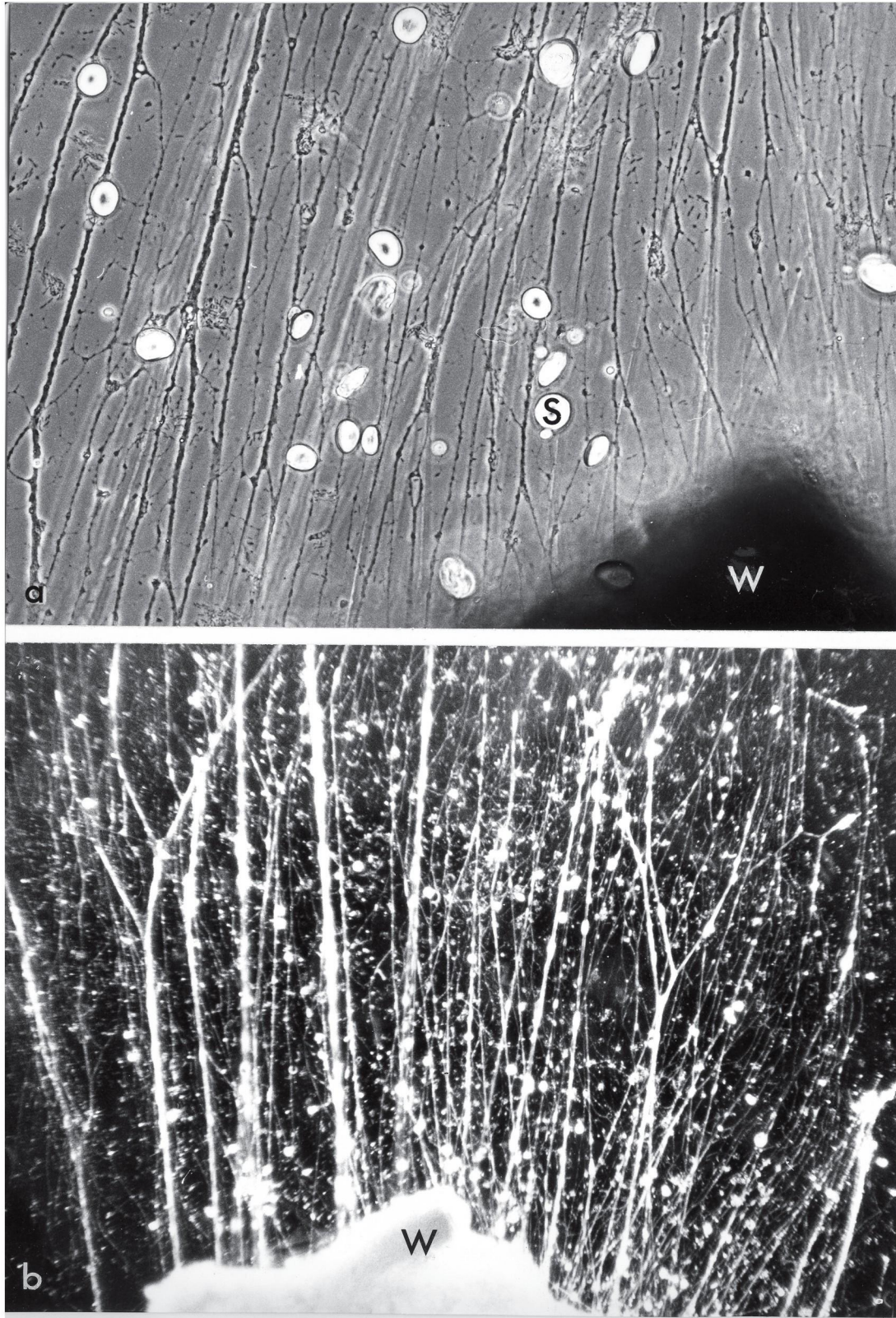


Abb. 3. *Reticulomyxa filosa*. Nahrungsaufnahme: Ingestion und Transport von Stärkekörnern mit Hilfe von zarten Pseudopodien, die eine Weizenkeimflocke (W) zersetzen. (a) Phasenkontrast, 250fache Vergrößerung; (b) Dunkelfeld, 55fache Vergrößerung

Photo: N. HÜLSMANN



Diese unterscheiden sich vor allem durch das Kaliber der Pseudopodien beziehungsweise der Plasmastränge voneinander. Dabei nimmt der Durchmesser von innen nach außen kontinuierlich ab. Während im Zentralbereich vor allem relativ dicke Adern von etwa 100  $\mu\text{m}$  Durchmesser ins Auge stechen, lassen sich in den peripher gelegenen Arealen Durchmesser von nur noch weniger als 1  $\mu\text{m}$  registrieren. Die von den Organismen überdeckte Grundfläche kann bis 12  $\text{cm}^2$  betragen, der Gesamtdurchmesser eines plasmodialen Netzes liegt gewöhnlich bei etwa 1–3 cm. Bei der Kultivierung in flachen Petrischalen sind die Zentralbereiche vorwiegend flächig ausgebreitet, obgleich hier auch einzelne Plasmastränge übereinander angeordnet sein können.

In Schalen mit einem den natürlichen Bedingungen im Freiland oder einem Aquarium nachempfundenen, unregelmäßigen Untergrund aus kleinen Sandkörnchen, Schneckengehäusen, Detritus und dergleichen werden auch ausgedehnte Raumnetze ausgebildet. Dabei fällt auf, dass die Zentralbereiche mit Vorliebe in vorhandenen Hohlräumen angelegt werden – ein Umstand, der besonders zutage tritt, wenn normale, mit Kulturmedium gefüllte Petrischalen mit Glaskapillaren ausgelegt werden. Unter solchen Bedingungen finden sich die Zentralbereiche kaum noch außerhalb solcher künstlicher Wohnröhren. Es ist anzunehmen, dass auch in natürlichen Habitaten entsprechende Situationen verwirklicht sind und dass die Zentralbereiche hier tief im Substrat oder im Pflanzenbewuchs verborgen sind und nur über die zarten Ausläufer des pseudopodialen Netzwerks mit der Außenwelt in Verbindung treten.

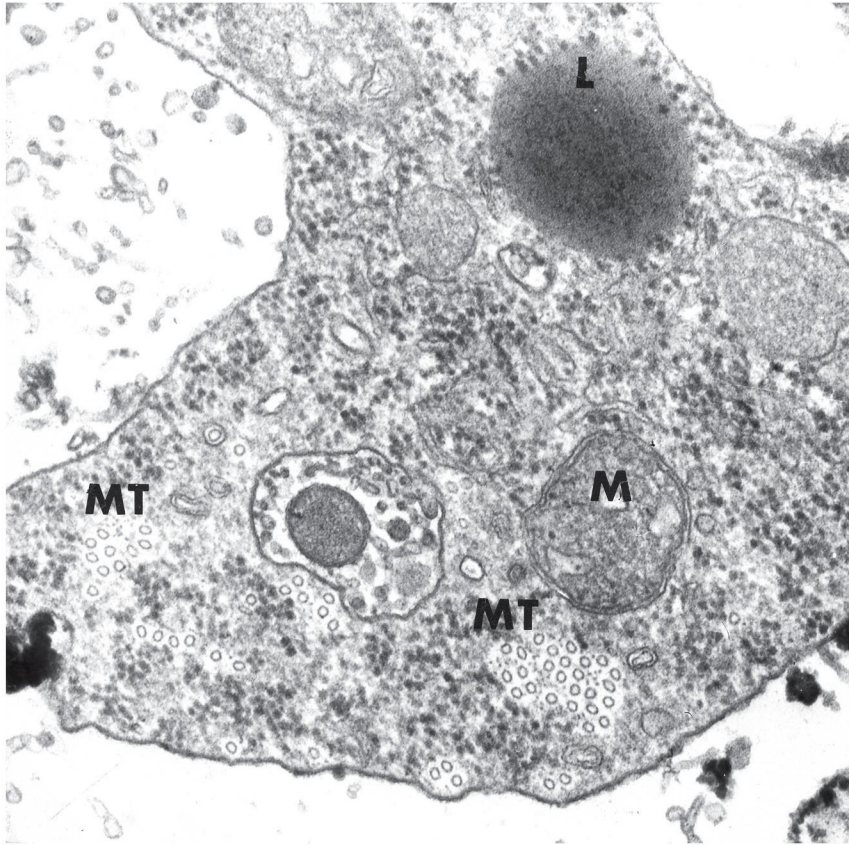
Im Unterschied zu den peripheren Pseudopodien enthalten die plasmatischen Adern des Zentralbereichs Tausende von etwa 5–6  $\mu\text{m}$  großen Zellkernen sowie Dictyosome mit mächtigen Membranstapeln. Auch Nahrungsvakuolen treten hier gehäuft auf. Während der Zentralbereich somit das Zentrum der vegetativen Funktionen darstellt, dienen die zahlreichen peripheren Pseudopodien, die sich zum Zentrum hin nach und nach zu immer dickeren Strängen vereinigen, vor allem dem Auffinden und Abtransport von Nahrungspartikeln sowie – während der Migrationsphase – der aktiven Ortsveränderung.

Beide protoplasmatischen Komponenten weisen die gleiche interne Bewegungsaktivität auf: eine bidirektionale Strömung. Sie erfolgt in den dickeren Strängen häufig in Form einer eher ungerichteten, fontänenartigen Strömung, in deren Folge das Zytoplasma durchmischt wird. In den Pseudopodien außerhalb des Zentralbereichs treten hingegen stets gerichtete Transportbewegungen auf, in deren Verlauf zum Beispiel Nahrungsvakuolen zentripetal und die Vesikel zur Bildung von prospektiven Vakuolen zentrifugal befördert werden. Während das periphere Pseudopodiennetz fortwährenden Änderungen unterworfen ist, sich ausbreitet und an anderen Stellen wiederum retrahiert, verbleibt der Zentralbereich weitestgehend stationär und verändert sich nur durch Wachstumsprozesse, vor allem durch die Bildung von neuen Plasmaadern.

Ursächlich mit der Strömungsbewegung verknüpft sind zahlreiche Mikrotubulibündel, die an optisch günstigen Stellen, etwa an flach ausgebreiteten Pseudopodien, auch im Leben in Erscheinung treten. Sie enthalten bis zu rund zwei Dutzend Mikrotubuli, die mit Mikrofilamenten (wahrscheinlich Actin) assoziiert sind (Abb. 4).

Ihre Zahl nimmt nach außen hin ab; die feinsten Ausläufer enthalten nur noch einen einzigen Mikrotubulus, zeigen aber dennoch einen bidirektionalen Partikeltransport (Koonce, Schliwa, 1985). Häufig ist zu erkennen, dass Partikel nur dann in Bewegung begriffen sind, wenn ihr Abstand zu solchen Bündeln hinreichend gering ist.



Abb. 4. *Reticulomyxa filosa*.

Mikrotubulibündel und singuläre Mikrotubuli (MT) im Randbereich einer zentralplasmatischen Ader. Mitochondrium (M) mit strukturarmem Interieur (reduzierten Cristae), Lipidtröpfchen (L). Ultradünnschnitt, 80 000fache Vergrößerung

Photo: N. HÜLSMANN

## Nahrungsaufnahme

Zur Nahrungsaufnahme befähigt sind offensichtlich nur die feinen pseudopodialen Ausläufer, die sich vor allem in der Peripherie, aber auch regelmäßig zwischen den dickeren Strängen befinden (vgl. Abb. 2). Der eigentliche Phagozytosevorgang ist bislang nicht deutlich dokumentiert worden; lediglich fertig ausgebildete Nahrungsvakuolen lassen sich nachweisen. Es ist aber offensichtlich, dass eine feine Pseudopodienspitze eine glockenförmige Form annehmen und sich über das Nahrungspartikel stülpen kann oder dass sich mehrere der feinen Pseudopodien seitlich miteinander vereinigen und dabei das Beuteobjekt von allen Seiten umschließen. Entsprechende Beobachtungen belegen, dass *Reticulomyxa* in der Lage ist, aus größeren Objekten kleinere Partikel selektiv herauszulösen. Dieses wird an den im Film gezeigten Weizenkeimflocken deutlich, aus denen Stärkekörnchen hervortransportiert werden (vgl. Abb. 3). Neuerliche Beobachtungen zum Erbeuten von kolonialen Volvociden, hauptsächlich von *Volvox aureus*, zeigen, dass die Beuteorganismen sich zwar als Ganzes im Pseudopodiennetzwerk verfangen, aber zugleich auch, dass nur die Einzelzellen der kolonialen Verbände von Pseudopodienspitzen attackiert und schließlich inkorporiert und abtransportiert werden.

Als Nahrung dienen nicht nur die erwähnten Kornprodukte und Einzeller, sondern vor allem auch Bakterien, die sich bei der Kultivierung mit Weizenkeimflocken massenhaft vermehren, sowie Zyanobakterien (*Oscillatoria*), coccale Grünalgen, Sporen und Cysten. Auch Rotatorien (besonders Vertreter der Gattung *Lepadella*) werden gern erbeutet. Ciliaten, die sich ebenfalls häufig in Rohkulturen nachweisen ließen, werden hingegen kaum gefangen. Dennoch kann *Reticulomyxa filosa* als Allesfresser bezeichnet werden.

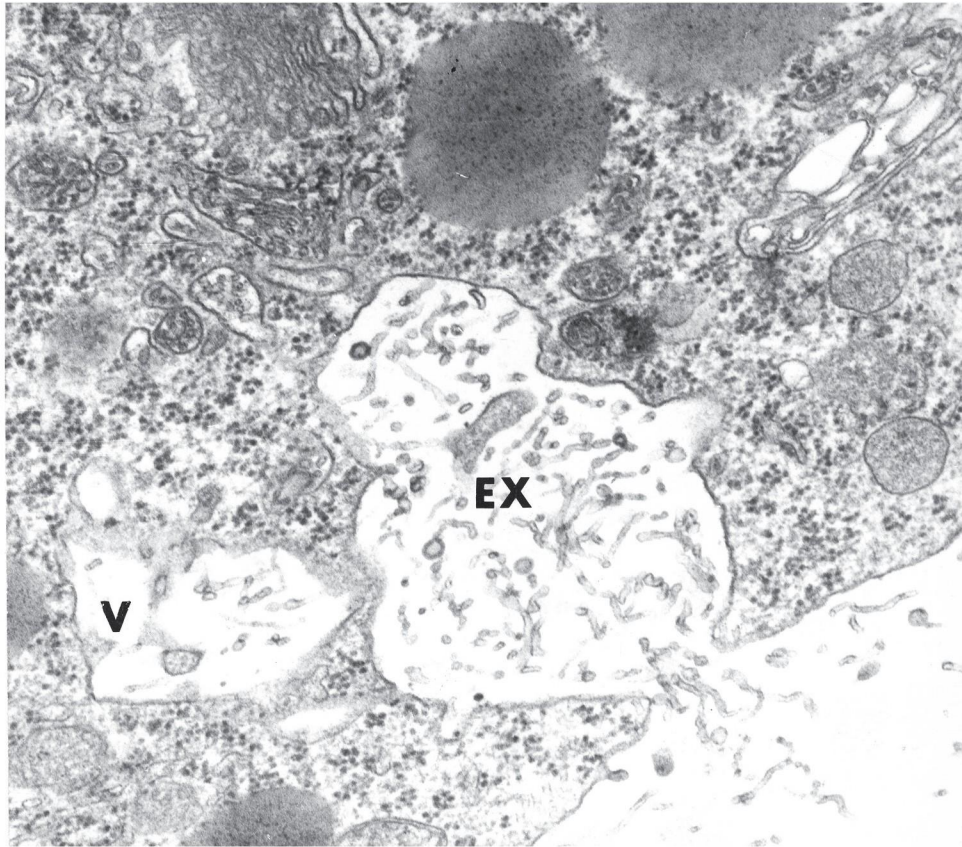


Abb. 5.  
*Reticulomyxa filosa*.

Randbereich einer zentralplasmatischen Ader mit Vesikel (V) und Exozytosevesikel (EX), die beide fädigtubuläres Exkretionsmaterial enthalten, das außerhalb des Plasmodiums abgelagert wird. Ultradünnschnitt, 50 000fache Vergrößerung

Photo: N. HÜLSMANN

Die aufgenommene Nahrung wird, zum Teil schon einem Zersetzungsprozeß unterliegend, durch die zentripetale Strömung in den Zentralbereich transportiert. Hier erfolgt auch die endgültige Verdauung. Unverdauliche Reste werden an der gesamten Oberfläche der dickeren Adern ausgeschieden; sie bilden zusammen mit fädig strukturierten anderen Exozytoseprodukten (Abb. 5) eine leblose Hülle, die offensichtlich gehäuseähnliche Schutzfunktionen hat und noch nach Monaten nachweisbar ist. Sie verhindert zugleich, dass die Plasmastränge – ganz im Gegensatz zu den peripheren Pseudopodien – miteinander konfluieren können. Diese Replik des Zentralbereichs kommt regelmäßig und deutlich zur Darstellung, wenn die Organismen ihre Stellung wechseln und migrieren.

## Vermehrung

Unter optimalen Fütterungsbedingungen vergrößert sich der stationäre Zentralbereich durch Neubildung von Plasmasträngen, und auch der Aktionsradius des Gesamtorganismus nimmt beständig zu. Dieses Wachstum an Zytoplasmamasse ist mit einer Vermehrung der Zellkerne korreliert. Offensichtlich erfolgen die mitotischen Kernteilungen (Karyokinesen) synchron; in dem einzigen bisher dokumentierten Fall befanden sich jedenfalls fast ausnahmslos alle Zellkerne in einem Mitosestadium – von später Prophase bis hin zur Metaphase reichend. Warum bisher weltweit trotz einiger hundert Fixierungen nur ein einziges Mal Mitosestadien gefunden wurden, dürfte damit zu erklären sein, dass die synchronen Teilungen sich innerhalb von Minuten vollziehen und jeweils zu unterschiedlichen, nicht vorhersagbaren Tageszeiten ablaufen.



Die Karyokinese als solche verläuft intranukleär (Abb. 6).

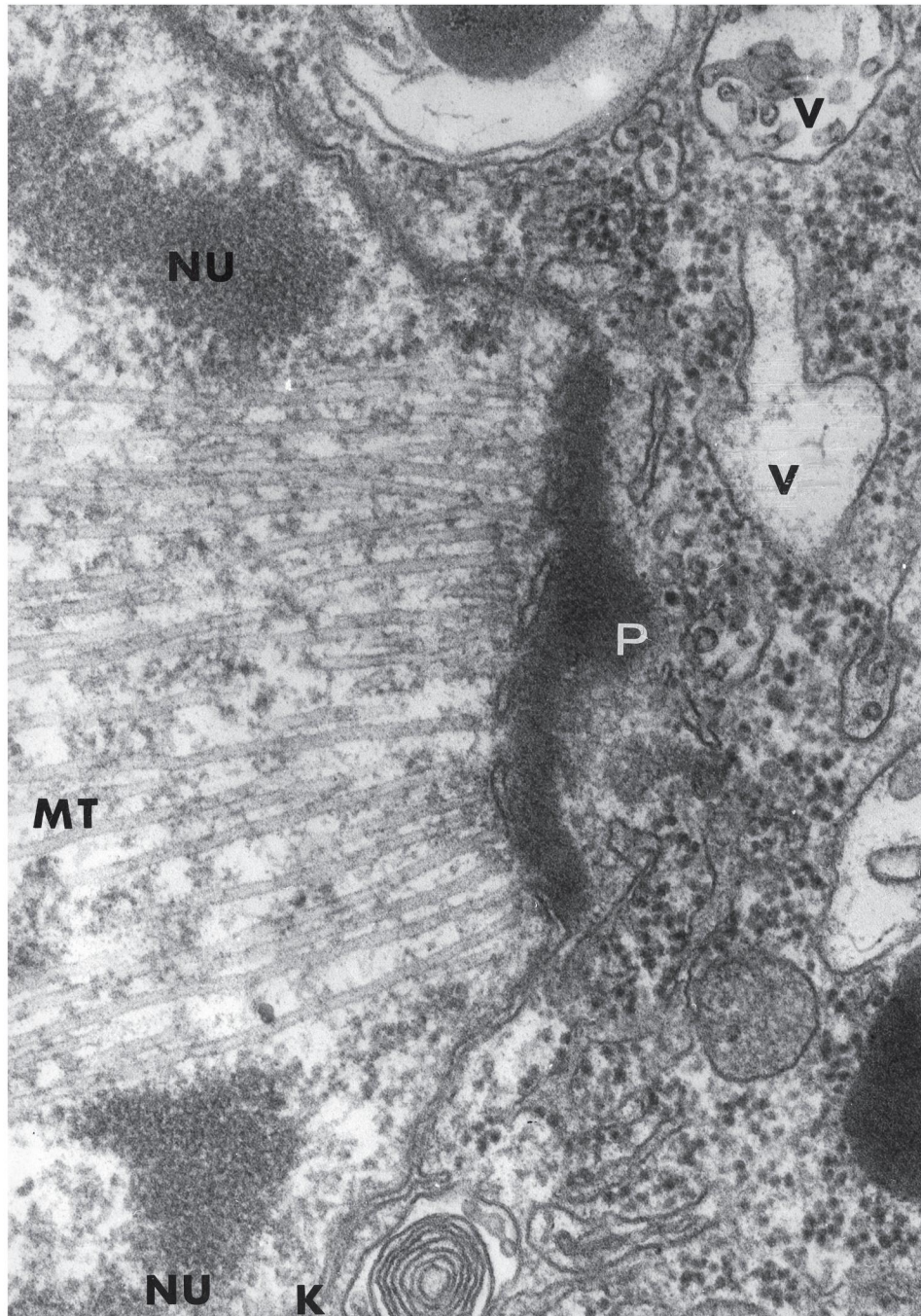


Abb. 6.  
*Reticulomyxa filosa*.

Metaphasekern mit einem extranukleären, elektronendichten MTOC oder Plaque (P), von dem – durch kleine Perforationen der Kernhülle (K) – zahlreiche Spindelmikrotubuli (MT) ausgehen. Das Material des Nukleolus (NU) liegt seitlich der Spindel und bleibt mit der Kernhülle verbunden. Ultradünnschnitt, 120 000fache Vergrößerung

Photo: N. HÜLSMANN

Die Kernhülle bleibt somit weitgehend erhalten und wird nur von Spindelmikrotubuli durchquert. Diese entstehen an jeweils zwei polaren, elektronendichten Plaques (MTOC), die außerhalb der Kernhülle liegen. Das Nukleolusmaterial ist parietal angeordnet; es wird nicht aufgelöst, sondern passiv auf die Tochterkerne verteilt.

Die eigentliche Teilung der Plasmodien verläuft in einem eigenartigen und einzigartigen Prozeß, der als Migrationsphase bezeichnet wird und mit einer Verlagerung des gesamten Organismus verknüpft ist. Der Zeitpunkt ist nicht genau vorhersagbar, doch offensichtlich mit der Erschöpfung der Ressourcen im näheren Umkreis des Zentralbereichs ursächlich verknüpft. Der Vorgang wird durch eine verstärkte Exozytoseaktivität eingeleitet, wodurch das Zytoplasma weitgehend einschlußfrei wird und sich somit durch eine besonders hohe Transparenz auszeichnet. Die bislang bidirektionale Strömung in den Hauptsträngen des pseudopodialen Netzwerks macht einer zentrifugalen Massenströmung Platz.

Das Zytoplasma des Zentralbereichs wird in diesen Prozeß einbezogen, mit der Folge, dass die Hülle zunehmend entleert wird und nach etwa 15 Minuten völlig plasmafrei ist. Je nach Verzweigungsmuster der Hauptpseudopodien strömt dieses Protoplasma in verschiedene Zonen, womit unmittelbar eine Aufteilung in verschiedene neue Zentren verbunden ist. In einer Entfernung von zumeist 1–3 cm kommt der Migrationsprozeß zum Erliegen: Es entstehen somit neue, wiederum stationäre und natürlich kleinere Zentralbereiche. Diese differenzieren sich anschließend in kleine Netzwerke von Protoplasmaadern, von denen dünnere pseudopodiale Ausläufer ausstrahlen und in neue Areale auswachsen.

Die Zahl der auf diese Weise entstehenden Tochterplasmodien ist unterschiedlich. Gewöhnlich entspringen drei oder vier Abkömmlinge, die jedoch wegen der zytoplasmatischen Kompatibilität teilweise in Verbindung bleiben oder aber in neue Verbindungen zueinander treten können. In älteren Kulturschalen (mit einem Durchmesser von 10 cm) finden sich jedoch selten mehr als zehn „Individuen“. Diese bilden ihre neuen Zentralbereiche sehr häufig neben verlassenen Replikas, kehren aber äußerst selten in oder auf diese zurück.

### Dauerstadien: Encystierung und Excystierung

Bleiben solche alternden Kulturen sich selbst überlassen, bilden sich in aller Regel – und zwar unabhängig von der Jahreszeit – etwa nach zwei bis acht Wochen typische Dauerstadien. Der Bildungsprozeß erfolgt nicht synchron bei allen Organismen eines Kulturansatzes, sondern beginnt an einer bestimmten Stelle und breitet sich von da über den Rest der Schale aus. Gewöhnlich gestattet die abnehmende Konkurrenzsituation einzelnen Plasmodien, ihre Aktivität weiterhin aufrechtzuerhalten, sich zu bewegen und auszubreiten. Die anderen Plasmodien jedoch ziehen die peripheren Pseudopodien ein, runden sich nach ein bis zwei Tagen zu etwa 1–2 mm langen, wurstartigen Gebilden ab, umgeben sich mit einer mehrschichtigen, transparenten Hülle und zerfallen schließlich in einzelne kugelige oder ovale, zumeist perlschnurartig aufgereihte Cysten. Diese sind im Durchlicht zumeist bräunlich, im Auflicht erscheinen sie leuchtend weiß. Ihre Größe beträgt gewöhnlich etwas mehr als 100 µm, doch kommen auch sehr viel größere Exemplare vor. Die in ihnen enthaltenen Zellkerne, normalerweise etwa 500 an der Zahl, schrumpfen auf einen Durchmesser von ungefähr 3,5 µm (Ostwald und Hülsmann, unveröffentlicht). Solche Cysten bleiben über Monate hinweg keimfähig.



Der Vorgang der Encystierung läßt sich auch experimentell auslösen, etwa durch Verabreichung von Grünalgen oder phototrophen Flagellaten oder durch Kultivierung auf Agar. Die Gründe für dieses Verhalten sind bislang ungeklärt.

Jedoch nicht immer erfolgt die Ausbildung einer differenzierten Cystenhülle. In manchen Fällen entstehen auch „nackte“ Protoplastatropfen, die frei flottieren und – analog zu den *Radiosa*-Formen freilebender Amöben – als passive Verbreitungsstadien gedeutet werden können. Sie wurden von Nauss als „spore-like bodies“ bezeichnet.

Beim Umsetzen in frisches Medium entstehen aus letzteren sofort wieder neue Plasmodien, die sich auf der Unterlage ausbreiten und in Zentralbereich und Pseudopodiennetz differenzieren. Das Schlüpfen der Dauerzysten hingegen vollzieht sich weniger schnell und auch weniger regelmäßig. Offensichtlich müssen interne Reifungsstadien durchlaufen werden. Bisher konnte jedenfalls nicht beobachtet werden, dass alle Cysten unter verbesserten Umweltbedingungen gleichzeitig auskeimen. Sollten in den Entwicklungsgang von *Reticulomyxa filosa* Sexualprozesse eingeschaltet sein, was bisher beispielsweise weder über die mikrophotometrische Messung unterschiedlicher DNA-Gehalte der Zellkerne noch über den elektronenmikroskopischen Nachweis von synaptischen Komplexen belegt werden konnte, dürften diese wahrscheinlich mit der Bildung von Cysten zeitlich korreliert sein.

## Zur Entstehung des Films

Mit der Wiederentdeckung von *Reticulomyxa filosa* im Jahre 1982 sowie der Neuentdeckung der nahe verwandten Art *Wobogigas* im Jahr 1983 entstand der Wunsch, diese beiden Modellorganismen kinematographisch zu erfassen und mit ihren wichtigsten biologischen Lebensäußerungen in einem Lehrfilm zu dokumentieren.

Die im Film gezeigten Organismen entstammen einer Characeenprobe, die aus einem Gewächshausbecken der Nordamerika-Abteilung des Botanischen Gartens der Ruhr-Universität Bochum isoliert wurde. Sie traten etwa zwei Wochen nach der Probennahme am Boden von zwei Petrischalen auf und wurden bis zu ihrer eindeutigen Identifizierung als Angehörige der Gattung *Reticulomyxa* Nauss, 1949, mit hitzenaturierten und zerschnittenen Chara-Zellen kultiviert. Nach etwa einem Monat wurde die von Nauss (1949) erarbeitete Methode der Fütterung mit Weizenkeimflocken übernommen und erfolgreich weitergeführt. Die Subkultivierung erfolgte wöchentlich; als Zuchtgefäße dienten flache Plastikpetrischalen mit einem Durchmesser von 10 cm. Die Plasmodien wurden mit Pipetten vorsichtig vom Boden abgelöst und in frisches Kulturmedium (kommerzielles Tafelwasser der Marken „SPA“ (Reine, Belgien) oder „Volvic“ (Auvergne, Frankreich) überführt. Der „klonierte“, auf ein einziges vielkerniges Plasmodium zurückgehende Laborstamm hat in mehreren Instituten im In- und Ausland als Ausgangsmaterial für weitergehende Untersuchungen gedient und – mit seinem letzten Unterstamm in Berlin – bis zum Jahr 1994 überlebt.

Die Filmaufnahmen entstanden mit Hilfe von Untersuchungskammern mit planparallel geschliffenem Glasboden, in denen die Objekte weitestgehend vor Austrocknung und Wärmebelastung geschützt waren. Als Aufnahmeapparaturen dienten 35-mm-Kameras (Askania Z und Camematic 35) in Verbindung mit den Mikroskopen Zeiss IM 35 und Zeiss Tessovar. Als Filmmaterialien fanden Fujicolor A 250 und Eastman-Color-Negative-Film Verwendung.

## Filmbeschreibung

### Wortlaut des gesprochenen Kommentars

Der vielkernige Protist *Reticulomyxa filosa* lebt im Pflanzenaufwuchs oder Detritus von Süßgewässern. Seine Protoplasma­masse ähnelt in ihrem Habitus den Plasmodien aquatischer Schleimpilze. Diese bisher einzige Art der Gattung kann mehrere Zentimeter groß werden.

Die zentralen, weitgehend stationären Areale der Plasmodien sind untergliedert in parallel oder netzartig verzweigte Protoplasmaadern. In ihnen läuft eine bidirektionale Massenströmung ab.

Zwischen diesen dicken Adern des Zentralbereichs, vor allem aber in der Peripherie dieser Organismen, befinden sich zahlreiche Pseudopodien, die ebenfalls zu einem Netzwerk vereinigt sind. Sie werden als Retikulopodien bezeichnet. Ihre Aufgabe besteht im Auffinden, in der Aufnahme und im Abtransport von Nahrungspartikeln.

Neben extrem feinen Ausläufen befinden sich auch breite Pseudopodienabschnitte, in denen die beiden Richtungskomponenten der Bidirektionalströmung deutlich voneinander zu unterscheiden sind.

Die einzelnen Organellen werden entlang vorgegebener und relativ konstanter Bahnen transportiert. Die Nahrung, vor allem organische Detritus, wird dem Zentralbereich zugeleitet.

Hier besiedeln die zarten Ausläufer der Reticulopodien – links im Bild – eine Weizenkeimflocke. Es werden einzelne Stärkekörner herausgelöst und phagozytiert.

Während die Nahrungsvakuolen mit den Stärkekörnern zentripetal transportiert werden, dient die gegenläufige Strömung vor allem der Bereitstellung von Membranmaterial für die Phagozytose in der peripheren Zone. Die Verdauung der aufgenommenen Nahrungsbestandteile erfolgt erst im Zentralbereich des Organismus.

Sind im Einzugsbereich der Pseudopodien die Nahrungsressourcen erschöpft, wandeln sich einige der Hauptstränge in Migrationsadern um. Die bislang kennzeichnende bidirektionale Strömung macht einer zentrifugal verlaufenden unidirektionalen Plasmaströmung Platz. Sie führt zu einer Verlagerung der bislang stationären Protoplasmaareale und ist in der Regel – aber nicht notwendigerweise – mit einer Aufteilung in Tochterplasmodien verknüpft.

Bei stärkerer Vergrößerung wird deutlich, dass die zentripetale Strömung zunächst noch überwiegt. Im Verlauf der einsetzenden Migration wird diese Richtungskomponente unterdrückt und durch die zentrifugale Massenströmung ersetzt. Nach Abschluß der Migration bleiben Exkrementaggregationen zurück, welche die ursprüngliche Gestalt des Zentralbereichs markieren.

Die hier zeitgerafft dargestellten Vorgänge der Migration erstrecken sich über zwei Tage. Da sich *Reticulomyxa* auch bei Nahrungsmangel in mehrere Tochtergenerationen aufteilt, verringert sich zwangsläufig die Größe der Individuen mit jeder plasmatischen Teilung. Die Teilungsprodukte können untereinander in Verbindung bleiben oder im Verlauf der Ausbreitung neuer Reticulopodien wieder miteinander in Kontakt treten. Auch die Vereinigung zu größeren Plasmodien ist möglich.

Bei Eintritt ungünstiger Lebensumstände bildet *Reticulomyxa filosa* Dauerstadien. Diese bis zu einem Millimeter großen Zysten enthalten opakes Protoplasma, das von mehreren Wandschichten umgeben ist.

Werden die Milieubedingungen günstiger, treten feine Reticulopodien aus und bilden ein kleinmaschiges Netzwerk; die jungen Trophozoiten ähneln einem beschalteten Rhizopoden. Erst nach reichlicher Nahrungsaufnahme entstehen innerhalb einiger Tage die charakteristischen plasmodialen Netze.



## English Version of the Spoken Commentary

The multinucleated rhizopod *Reticulomyxa filosa* occurs in fresh water habitats among plants and decaying organic material. The shape is reminiscent of the plasmodia of aquatic slime molds. The only species so far found reaches several centimeters in diameter.

The central and mostly stationary areas of the plasmodia are characterized by parallelly-arranged or retiform protoplasmic veins. They exhibit a bidirectional bulk streaming.

Between these thicker veins of the central area and especially in the periphery there are numerous slender pseudopodia also arranged to form a network. They are called reticulopodia. They function in locating, ingesting and transporting food particles.

Beside these extremely fine runners there are also broader pseudopodia which allow the distinction of both directional components in the streaming pattern.

The individual organelles move along distinct and relatively constant pathways. Food particles, mostly deriving from organic material, are transported to the central area.

Here – on the left of the picture – slender reticulopodia settle on a wheat germ flake. Starch grains are separated and incorporated by phagocytosis.

While the starch grains within the food vacuoles are transported in centripetal direction, the opposite streaming serves to provide the peripheral zones with membrane material for phagocytosis. The digestion of the incorporated material does not begin until it reaches the central area.

When the potential food resources in the catchment area of the reticulopodia are exhausted, some of the main pseudopodia are transformed to so-called migration veins. The former bidirectional streaming pattern is replaced by a unidirectional streaming performed exclusively in a centrifugal direction. This phenomenon leads to a shifting of the formerly stationary areas and is combined normally but not necessarily with a division into daughter organisms.

Higher magnification reveals that the centripetal streaming component is still dominant. However, at the beginning of migration this direction is reduced, and the counter-current component becomes stronger and stronger. The final situation is characterized by centrifugal bulk streaming. After the migration, excrement aggregates become visible, marking the position of the former central area.

The duration of the subsequent migration activities in this quick motion sequence is nearly two days. Because *Reticulomyxa* divides even under conditions of food scarcity, the size of the individuals must therefore become smaller after each division. Sometimes the daughter individuals remain connected by their small reticulopodia, or new connections are made during migration. New aggregates can also be formed by confluence.

*Reticulomyxa* is capable of forming resting stages at the onset of poor environmental conditions. The up to one millimeter cyst-like resting form contains opaque protoplasm and is enveloped in several walls.

On improvement of the external conditions, fine reticulopodia are formed. The young trophozoites are very similar to testate rhizopods. The characteristic plasmodial networks are only developed after a period of several days' extensive food uptake.

## Bibliographie

### Literatur

- GRELL, K. G. (1985): Der Formwechsel des plasmodialen Rhizopoden *Thalassomyxa australis* n. g., n. sp. *Protistologica* 21: 215–233.
- HAUSER, M., HÜLSMANN, N. et al. (1989): The cytoskeleton of *Reticulomyxa filosa* reticulopodia contains glutubulin as a main component. *Europ. J. Protistol.* 25: 145–157.
- HÜLSMANN, N. (1984): Biology of the genus *Reticulomyxa* (Rhizopoda). *J. Protozool.* 34: 55a.
- KOONCE, M. P., SCHLIWA, M. (1985): Bidirectional organelle transport can occur in cell processes that contain single microtubules. *J. Cell Biol.* 100: 322–326.
- NAUSS, R. N. (1949): *Reticulomyxa filosa* gen. et spec. nov., a new primitive plasmodium. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 76: 161–173.
- PAGE, F. C. (1987): The classification of „naked“ amoebae (Phylum Rhizopoda). *Arch. Protistenk.* 133: 199–217.
- SCHLIWA, M., EUTENEUER, U. et al. (1987): Identification of a protein involved in microtubule-dependent organelle movements of the giant amoeba, *Reticulomyxa*. *Fortschr. d. Zoologie* 34: 157–169.

### Filmveröffentlichungen

- GRELL, K. G. (C 1631): Der Formwechsel von *Thalassomyxa australis* (Promycetozoida). Film C 1631 des IWF, Göttingen 1987. Begleitpublikation von K. G. GRELL, *Publ. Wiss. Film., Biol.* 19, Nr. 11 (1987), 10 S.
- HÜLSMANN, N. (C 1638): Bewegung, Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung bei *Wobo gigas* (Rhizopoda). Film C 1638 des IWF, Göttingen 1987. Online-Begleitpublikation von N. HÜLSMANN
- NETZEL, H. (E 1646): *Lieberkühnia wagneri* (Testacea) – Bewegung und Fortpflanzung. Film E 1646 des IWF, Göttingen 1971. Begleitpublikation von H. NETZEL, *Publ. Wiss. Film., Biol.* 5 (1971), 11 S.

## Angaben zum Film

*Tonfilm (Komm., dt., engl.), 16 mm, farbig, 68 m, 6,5 min. Hergestellt 1985–1986, veröffentlicht 1987.*

Die Aufnahmen entstanden unter der Leitung von Dr. N. Hülsmann, Institut für Zoologie der Freien Universität Berlin. Aufgenommen, bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. D. Haarhaus; Kamera: K.- H. Seack; Schnitt: B. Milthaler.

### Inhalt des Films

*Bewegung, Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung bei *Reticulomyxa filosa* (Rhizopoda).*

Der vielkernige, bis mehrere Millimeter große Protist *Reticulomyxa filosa* Nauss, 1949, gliedert sich in einen relativ stationären Zentralbereich mit breiten Protoplasmaadern und einen peripheren Bereich mit dünnen Retikulopodien. Die Retikulopodien (Granuloretikulopodien) phagozytieren Nahrungspartikel und transportieren sie zum Zentralbereich, wo die Verdauung erfolgt. Sind die Nahrungsressourcen erschöpft, erfolgt eine Migration, die häufig mit Plasmotomie und der Entstehung von Tochterorganismen verbunden ist. Fusionen mehrerer Organismen sind möglich. Unter ungünstigen Lebensumständen werden Dauerstadien (Cysten) gebildet.



## Film Summary

*Motility, food uptake and reproduction of Reticulomyxa filosa (Rhizopoda).*

The multinucleated and several millimeters measuring protist *Reticulomyxa filosa* is made of a stationary central area with broad protoplasmic veins and a peripheral zone containing of slender reticulopodia. The reticulopodia (granuloreticulopodia) ingest food particles and transport them to the central area where digestion is completed. In case of destarvation, a migration occurs, normally combined with plasmotomy into daughter organisms. Fusions of different organisms to larger plasmodia are possible. Under non-optimal conditions, resting stages (cysts) are formed.