

ISSN 0073-8417

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

SEKTION

BIOLOGIE

SERIE 15 · NUMMER 36 · 1982

FILM E 2702

**Vampyrella lateritia (Rhizopoda)
Ingestion von Spirogyra-Protoptasten**



INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM · GÖTTINGEN

Angaben zum Film:

Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß und farbig, 43 m, 4 min (24 B/s). Hergestellt 1975, veröffentlicht 1982.

Das Filmdokument ist für die Verwendung in Forschung und Hochschulunterricht bestimmt. Die Aufnahmen entstanden durch Dr. N. HÜLSMANN am Institut für Cytologie der Universität Bonn mit Unterstützung durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen. Bearbeitet und veröffentlicht durch das Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. D. HAARHAUS.

Zitierform:

HÜLSMANN, N.: Vampyrella lateritia (Rhizopoda) – Ingestion von Spirogyra-Protoplasten. Film E 2702 des IWF, Göttingen 1982. Publikation von N. HÜLSMANN, Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol., Ser. 15, Nr. 36/E 2702 (1982), 14 S.

Anschrift des Verfassers der Publikation:

Dr. N. HÜLSMANN, Lehrstuhl für Zellmorphologie der Ruhr-Universität, Universitätsstraße 150, Postfach 10 21 48, D-4630 Bochum 1.

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN

Sektion BIOLOGIE

Sektion ETHNOLOGIE

Sektion MEDIZIN

Sektion GESCHICHTE · PUBLIZISTIK

Sektion PSYCHOLOGIE · PÄDAGOGIK

Sektion TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN
NATURWISSENSCHAFTEN

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

PUBLIKATIONEN ZU WISSENSCHAFTLICHEN FILMEN sind die schriftliche Ergänzung 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 zusammengefaßt und im Abonnement bezogen werden können. Jede Serie besteht aus mehreren Lieferungen.

Bestellungen und Anfragen an: Institut für den Wissenschaftlichen Film
Nonnenstieg 72 · D-3400 Göttingen
Tel. (0551) 202202

NORBERT HÜLSMANN, Bochum:

Film E 2702

Vampyrella lateritia (Rhizopoda) Ingestion von Spirogyra-Protoplasten

Verfasser der Publikation: NORBERT HÜLSMANN

Mit 4 Abbildungen

Inhalt des Films:

Vampyrella lateritia (Rhizopoda) – Ingestion von Spirogyra-Protoplasten. Der Film zeigt einen der interessantesten Abschnitte innerhalb des Entwicklungskreislaufs der Vampyrellide *Vampyrella lateritia* Leidy. Er dokumentiert das Verhalten während der Attackierung von lebenden *Spirogyra*-Zellen und weist erstmals die Beteiligung von spezialisierten Ingestionspseudopodien nach.

Summary of the Film:

Vampyrella lateritia (Rhizopoda) – Ingestion of Spirogyra-protoplasts. The film describes one of the most interesting phases of the life cycle of the vampyrellid *Vampyrella lateritia* Leidy. The behaviour during the attack of living cells of *Spirogyra* is documented, and, for the first time, the cooperation of special ingestion pseudopods is demonstrated.

Résumé du Film:

Vampyrella lateritia (Rhizopoda) – Ingestion des protoplasts Spirogyra. Le film décrit la phase la plus intéressante du cercle du développement de vampirellide *Vampyrella lateritia* Leidy. Il démontre le ur conduite pendant l'attaque contre cellules vivantes *Spirogyra* et aussi la coopération des pseudopodia spécialisés à l'ingestion.

Allgemeine Vorbemerkungen

Bei Protisten der amöboiden Organisationsstufe, insbesondere bei den Sarcodina, sind die während der Nahrungsaufnahme ablaufenden endocytotischen Vorgänge eng mit der Bildung und Retraktion von Pseudopodien verknüpft. Diese Vorgänge lassen sich – legt man die Größe der jeweils phagozytierten Partikel oder Organismen zugrunde – zwei Erscheinungsformen zuordnen. Im Fall der Ingestion von relativ kleinen Beuteorganismen (a) behalten die räuberischen Zellen ihre Fortbewegung bei; der Akt der Nahrungsaufnahme ist dementsprechend in die normale lokomotorische Aktivität der Zellen integriert und muß deshalb phänomenologisch nicht immer sonderlich auffallen. Dieser Modus ist dadurch charakterisiert, daß die für die Durchführung der amöboiden Bewegung verantwortlichen Pseudopodien auch gleichzeitig der Nahrungsaufnahme dienen. Phänomene dieser Art lassen sich besonders deutlich bei relativ kleinen Rhizopoden, z.B. bei *Hartmannella castellanii* (GRELL [20]) oder *Vannella simplex* (HÜLSMANN [21]), zur Darstellung bringen. Die Ingestion großer Beuteorganismen oder von Teilen von ihnen, die unter Umständen ihre Angreifer an Länge oder Volumen weit übertreffen (b), stellt jedoch höhere Anforderungen an die phagozytotische Potenz der Zellen, zu deren Erfüllung die Einstellung der Lokomotion offensichtlich unumgänglich ist. In diesen komplizierteren Fällen werden mitunter Mechanismen oder Techniken erkennbar, die mit denen der aktiven Fortbewegung nur schwerlich in einen bewegungsphysiologischen Zusammenhang gebracht und die somit als „spezielle Sonderleistungen“ aufgefaßt werden können. Kennzeichnend für solche komplexen Prozesse ist die Ausbildung von spezialisierten Ingestionspseudopodien, die ausschließlich im Dienst der Nahrungsaufnahme stehen. Als typische Ingestionsorganelle dieser Art können die sogenannten „amöboiden food-cup-Pseudopodien“ der sich mit Hilfe von Axopodien fortbewegenden Heliozoen angesehen werden (KITCHING [8], ALLEN [2], PATTERSON und HAUSMANN [15]).

Zu der letztgenannten Gruppe zählen zweifellos auch die Vampyrelliden, die während der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts bekannt wurden und seither wegen ihres eigentümlichen Parasitismus wiederholt zum Gegenstand protistenkundlicher Untersuchungen geworden sind (zus. Darst. LLOYD [13], HOOGENRAAD und DE GROOT [6]). Zwar werden dieser Familie auch Formen zugerechnet, die eindeutig und ausschließlich räuberisch, d.h. von der Aufnahme ganzer Organismen, leben (wie beispielsweise *Vampyrella euglenae*, *Vampyrella peritrichophaga*, *Leptophrys vorax* oder *Theratromyxa weberi* vgl. DONCASTER [19]), doch steht die Ingestion von Teilen sehr viel größerer Organismen und mithin die parasitische Lebensweise bei den meisten Arten deutlich im Vordergrund. Als bekanntester Vertreter dieser systematischen Gruppierung wird *Vampyrella lateritia* Leidy, 1879 angesehen (NÖLLER [14]).

Die Art gilt als Typusart der Gattung *Vampyrella* Cienkowski, und diese wiederum als Typusgattung der Familie Vampyrellidae Doflein. Diese Familie wird teils mit den Heliozoen – als sog. Pseudo-Heliozoa (TRÉGOUBOFF [18]) –, teils mit den Rhizopoda (LEVINE et al. [12]) und besonders mit den azellulären Schleimpilzen in einen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang gebracht. Innerhalb des botanischen und mikrobiologischen Systems werden die *Vampyrella*-Arten und ihre Verwandten als Vertreter der Hydromyxaceae (KLEIN [9]) oder Hydromyxales (Wasserschleimlinge) und als mögliche

Vorläufer der Myxomycetes geführt (JAHN [7], AINSWORTH [1]). Gewöhnlich umgeht man die Schwierigkeiten der systematischen Klassifizierung durch die Einordnung der Vampyrelliden in die provisorische Klasse der Proteomyxida Lankester (Sarcodina, Protozoa).

Die wissenschaftliche Bezeichnung *Vampyrella lateritia* ist nomenklatorisch hervorgegangen aus der Kombination der wahrscheinlichen Synonyma *Amoeba lateritia* Fresenius, 1856 und *Vampyrella Spirogyrae* Cienkowski, 1865. Der letztgenannte Gattungsname sowie die Epitheta beziehen sich auf die orangerote meist ziegelrote Färbung der monoenergid oder syncytial organisierten Protisten (*later* [lat.] = Ziegelstein, s. HOOGENRAAD [5]), auf die parasitische Lebensweise an den Zellfäden der Grünalge *Spirogyra* und auf den vermuteten Vorgang der Nahrungsaufnahme (vampirhaftes Aussaugen der Zellen). Diese Benennungen spiegeln lediglich den Gang der Entdeckungsgeschichte wieder; ihr Bedeutungsinhalt kann jedoch zu falschen Vorstellungen Anlaß geben. So sind neben *Vampyrella lateritia* noch weitere Spezies mit gleicher Färbung entdeckt worden (*Vampyrella pendula* Cienkowski, *V. variabilis* Klein, *V. gallica* Huelsmann). Weiterhin finden sich neben *Spirogyra* auch noch andere Conjugatae wie *Mougeotia* und *Closterium*, die von als Unterarten gedeuteten Formen der *Vampyrella lateritia* als Nahrungsorganismen akzeptiert und attackiert werden (HÜLSMANN, in Vorb.).

Die Parasiten können relativ häufig in Süßgewässern der gemäßigten Zonen (und gelegentlich in temperierten Gewächshäusern) angetroffen werden. Obgleich hieraus auf eine gewisse Anspruchslosigkeit der Art geschlossen werden darf, bereitet ihre kontrollierte Kultivierung im Labor unter Umständen beträchtliche Schwierigkeiten. Diese beruhen zum Teil auf einer ausgeprägten Art-Spezifität der Parasiten, deren Stammformen bislang an wenige Arten der Gattung *Spirogyra*, zumeist an einbändige Formen aus der *Weberi*-, *Pseudospreeiana*-, *Inflata*- und *Communis*-Gruppe¹ adaptiert werden konnten, hauptsächlich jedoch auf einer mangelnden Resistenz gegenüber Hyperparasiten und Räubern aus den Gattungen *Pseudospora*, *Nuclearia* und *Leptophrys*, die teilweise ebenfalls den Vampyrellidae zugerechnet werden (NÖLLER [14]).

In einer oligoxenischen Kultur, die neben den Zellen oder Syncytien von *Vampyrella* nur noch Trichome einer geeigneten *Spirogyra*-Art sowie Bakterien enthält, läuft der Entwicklungsgang (Abb. 1) hingegen ungestört ab und führt stets zu einer Massenkultur, aus der hinlänglich viele und ausreichend virulente Parasiten für die Untersuchungen gewonnen werden können.

Zur Nahrungsaufnahme, dem zweifellos auffälligsten Aspekt innerhalb des Entwicklungsgangs, befähigt sind die sog. „Schwärmer“ (CIENKOWSKI [3]), einkernige runde Zellen mit zahlreichen radial abstrahlenden Filopodien (Abb. 2 a) und einem Durchmesser von etwa 30–60 μm (ohne Filopodien). Das gleiche gilt für die aus der Verschmelzung von Schwärmern hervorgehenden Fusionsplasmodien oder Syncytien (Abb. 3 a), deren Größe je nach Dichte der Kultur zwischen 0,05 und 0,5 mm schwankt (vergl. KLEIN [9]). Die Organismen bewegen sich mit Hilfe ihrer frontalen oder lateralen

¹ Die annähernde Bestimmung der *Spirogyra*-Spezies erfolgte anhand des von KOLKWITZ und KRIEGER [10] mitgeteilten Schlüssels.

Filopodien vorwärts, die – an ihrer Spitze oder im Mittelteil mit dem Bewegungsuntergrund verhaftet – durch verschiedenartige Biegungen und Einfaltungen eine Zugkraft erzeugen (HÜLSMANN [22]).

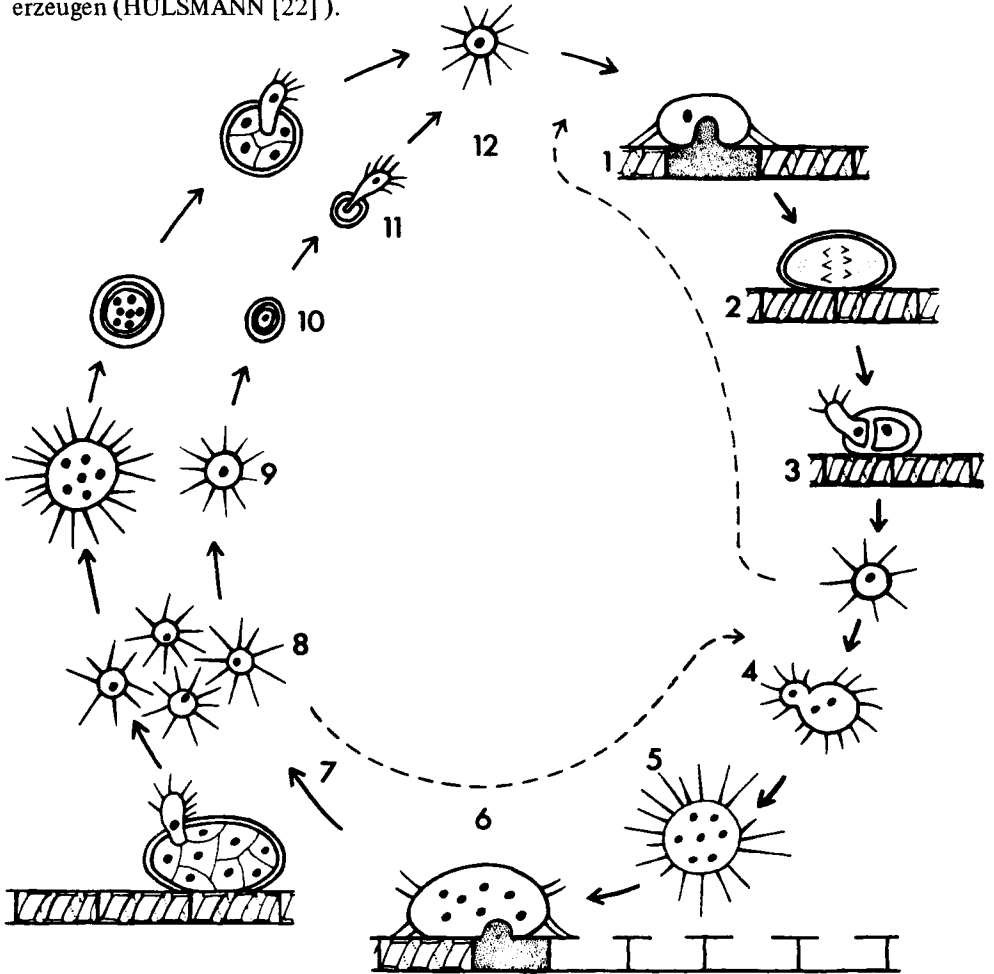


Abb. 1. Der Entwicklungsgang von *Vampyrella lateritia* Leidy. Die Nahrungsaufnahme (1) wird durch einkernige Schwärmer (12) eingeleitet. Verdauung des aufgenommenen Algeninhalts und Zellteilung erfolgen innerhalb einer Cystenhülle (2). Die ausschließenden Schwärmer (3) attackieren wiederum *Spirogyra*-Zellen (1) oder konfluieren bei entsprechend hoher Populationsdichte zu wenig- (4) oder vielkernigen Syncytien (5). Nach Aftackierung mehrerer Algenzellen (6) bilden diese mehrkernige Verdauungscysten, aus denen einkernige Schwärmer entlassen werden (7). Diese fusionieren – zum Teil schon während des Ausschlüpfens – wiederum zu Syncytien und wiederholen die vorhergehenden Stadien. Bei Nahrungsmangel oder Eintritt ungünstiger Kulturbedingungen bilden frei bewegliche Schwärmer oder Syncytien (8, 9) einkernige Mikro- oder mehrkernige Makrocysten, die von einer zusätzlichen Cystenhülle umgeben sind und Dauerstadien darstellen (10). Die Wiederkehr günstiger Lebensumstände veranlaßt das Schlüpfen der Schwärmer (11) und den Beginn eines neuen Zyklus (12). Die im Film gezeigten Individuen entsprechen dem Stadium wenigkerniger Syncytien (4)

Unmittelbar nach der Kontaktaufnahme mit einer geeigneten und stets völlig intakt erscheinenden Zelle eines Algenfadens stellen die angriffsbereiten Parasiten ihre Fortbewegung ein (CIENKOWSKI [3], HOOGENRAAD [5], LLOYD [13]). Sie retrahieren ihre basalen Filopodien, flachen sich ab und schmiegen sich dicht der Zellwand an. Bei kleineren Vampyrellen liegt das Zentrum der Anheftungszone – die spätere Durchbrechungsstelle – entweder unweit einer der beiden Querwände oder in der Mitte zwischen

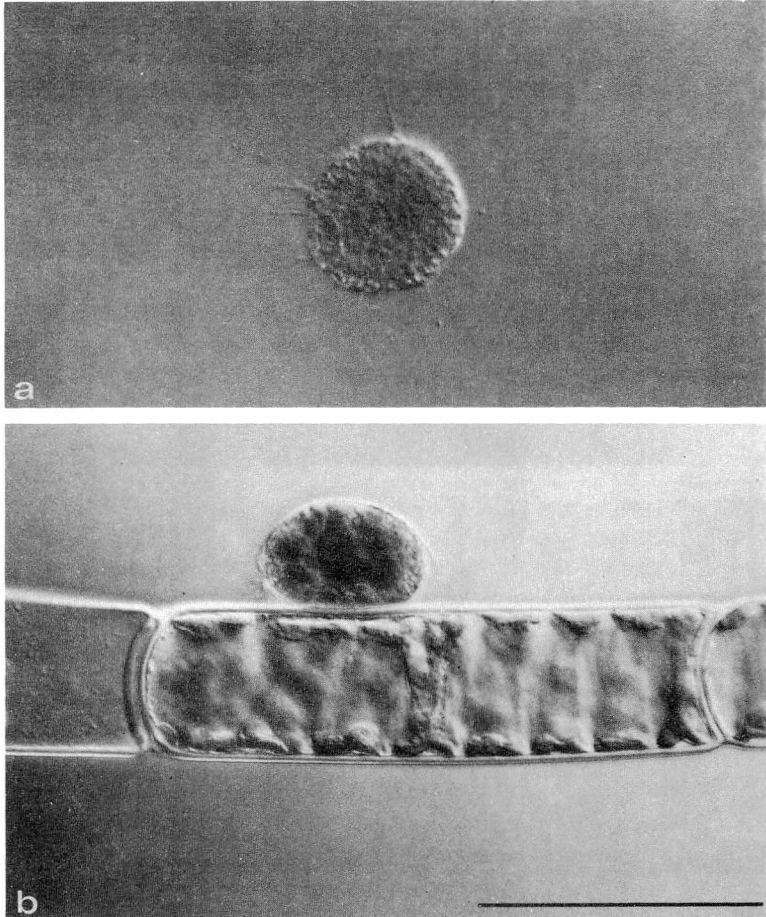


Abb. 2. Schwärmer (a) und Verdauungscyste (b) von *Vampyrella lateritia* entsprechend den Stadien (12) und (2) von Abbildung 1. (Vergrößerung 375 x; Maßstab: 100 μm)

den beiden Querwänden der betroffenen *Spirogyra*-Zelle. Entsprechend läßt sich zwischen einer „subterminalen“ und einer „zentralen Lateral-Attacke“ unterscheiden (s.u.). Aufgrund ihrer Körpergröße sind die Syncytien in der Lage, zwei oder drei Algenzellen fast völlig zu umschließen; hier liegt das eigentliche Angriffszentrum meist oberhalb einer Trennwand, und die nachfolgende Attacke ist gleichzeitig gegen zwei benachbarte Zellen gerichtet. In allen Fällen verankern die Parasiten ihren Zellkörper mit Filopodien

an der Oberfläche des Algenfadens. Mit den beschriebenen morphologischen Umorganisationen geht auch eine physiologische Veränderung einher: die vorher photophobisch reagierenden Vampyrellen, die unter den Bedingungen einer mikroskopischen Dauerbeleuchtung in ihrer Vitalität beeinträchtigt werden und daher nur sehr selten zur Nah-

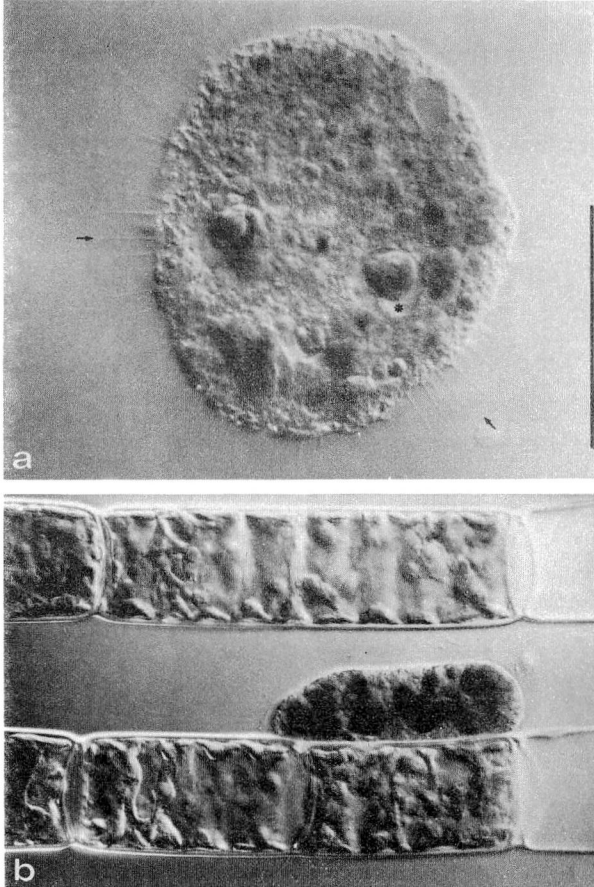


Abb. 3. Syncytium (a) und Verdauungscyste (b) von *Vampyrella lateitia* entsprechend den Stadien (5) und (7) von Abbildung 1. Schwärmer wie Syncytien tragen zahlreiche Filopodien, die besonders in Bewegungsrichtung ausgebildet werden (Pfeile). Das Cytoplasma dieses Syncytiums enthält mehrere Nahrungsvakuolen, in denen Teile eines zuvor erbeuteten Chloroplasten erkennbar sind (*). Vergrößerungen 315 x; Maßstab: 100 μm)

rungsaufnahme schreiten, sind jetzt relativ lichtunempfindlich. Das bedeutet, daß ein einmal eingeleiteter Ingestionsakt trotz starker Beleuchtung fast immer irreversibel verläuft. Dieser Umstand läßt sich kinematografisch durch den Einsatz kontraststeigernder Abbildungsverfahren und geringer Raffungen ausnutzen, ohne daß hierbei artifizielle Verhaltensweisen befürchtet werden müßten.

In der Interferenz-Kontrast-Einstellung wird deutlich, daß die Intensität der Lichtbrechung im Bereich des betroffenen Zellwandareals zunehmend geringer wird. Gleichzeitig läßt sich eine Dickenabnahme konstatieren (Abb. 4 a). Die affektierte Zellwand

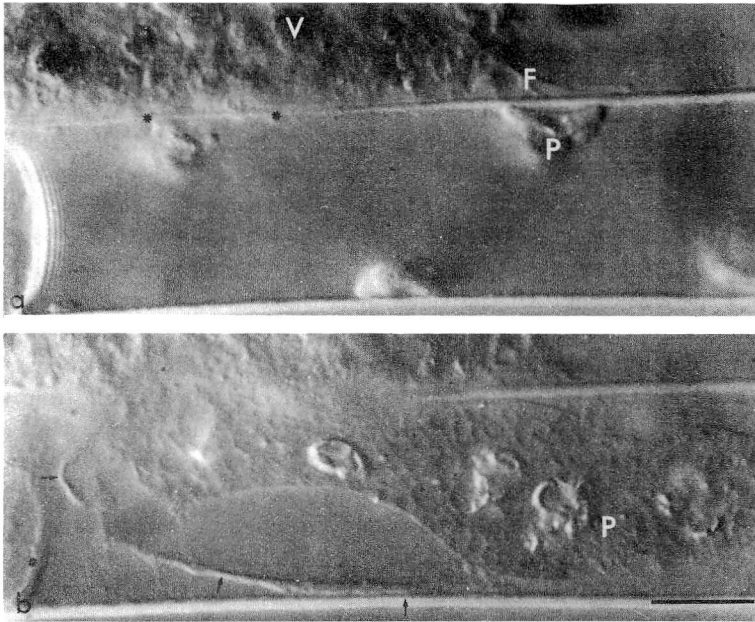


Abb. 4. Attacke einer *Spirogyra*-Zelle (subterminale Lateral-Attacke). a) Zustand unmittelbar vor dem Durchbrechen der lateralen Wand von *Spirogyra*, deren Dicke im Bereich der Anheftungszone von *Vampyrella* (V) deutlich abgenommen hat (*). Der Chloroplast nimmt noch seine normale parietale Lage ein; seine Windungen erscheinen im optischen Querschnitt (P). F—Filopodien, die den Parasiten an der Außenseite der Zellwand verankern. b) Zwei Minuten nach dem Durchbruch ist der Chloroplast desintegriert (p). Die Zellwand zeigt einen etwa $35\ \mu\text{m}$ messenden Porus, und auch im Bereich der Querwand (*) läßt sich jetzt eine Verringerung der optischen Dichte nachweisen. Die Pfeile verweisen auf die im optischen Längsschnitt erscheinende Wandung des Ingestionspseudopodiums, die jedoch nur im unteren Bildteil differenziert werden kann. (Vergrößerung 1330 x; Maßstab: $10\ \mu\text{m}$)

wird dehnbar und wölbt sich — dem Verlust ihrer mechanischen Stabilität entsprechend — nach außen. Etwa ein bis zwei Minuten nach der Kontaktaufnahme (und entsprechend später bei dickwandigen Algen) durchbrechen erstmalig partikuläre und wäßrige Bestandteile des Algeninhalts die teilweise perforierte Zellwand und führen zu Invaginationsvorgängen an der basalen Zelloberfläche von *Vampyrella*. Die auf phagocytotischem Weg in den Zellkörper eintretenden Substanzen wandern innerhalb von miteinander konfluierenden Vakuolen zum apikalen Zellpol der *Vampyrella* und können hier exocytiert werden. Diese nicht immer deutlich erkennbaren Vorgänge erinnern an die Passage von Substanzen in Epithelien (Cytopenmpsis).

Der eigentliche Durchbruch des attackierten Zellwandareals erfolgt unter den Erscheinungen der Plasmoptyse („Defektplasmoptyse“ nach HOLDHEIDE [4]). Die partielle

Eruption des pflanzlichen Protoplasten geht einher mit einer Schrumpfung der nicht-afektierten Zellwandhülle, bei der insbesondere eine Längenabnahme (um bis zu 10%) und die Entfaltung der Querwände (z.B. bei den *Weberi*-Arten) auffallen, und führt mitunter zu einer Desintegration des Trichoms. Die Plasmoptyse selbst verläuft entweder in einem einzigen Durchbruch oder in mehreren kleinen kurz hintereinander auftretenden Eruptionen, wenn sich koaguliertes Cytoplasma an der Austrittsstelle zeitweilig staut. Das Ausströmen des Vakuoleninhalts wird dabei allerdings nicht verhindert. Der schlagartig schnell austretende Zellsaft führt zunächst an der Basis der *Vampyrella* – oberhalb der Austrittsstelle – zur Entstehung einer kavernen Einbuchtung, die sich fortlaufend vergrößert und tief in die Zelle hinein erstreckt. Diese Kaverne kann – nach Abnabelung von der basalen Zelloberfläche – in eine Vakuole übergehen (die „Rezeptionsvakuole“ sensu LLOYD [13]) oder aber – im Regelfall – nach Verschmelzung mit der apikalen Zelloberfläche einen transzellulären Plasmoptyse-Kanal bilden, durch den hindurch der Zellsaft ins Außenmedium abfließen kann. Die Vergrößerung der Kaverne wird durch Konfluation ihrer membranösen Wandung mit bereitstehenden kleinen Vakuolen ermöglicht. Dabei wird gleichzeitig die mit dem Einstrom verbundene Bewegungsenergie kaskadenartig abgefangen. Als Folge des Eindringens der Flüssigkeiten in Vakuolen und Kaverne bläht sich der Zellkörper der *Vampyrella* auf; dieser Vorgang kann unter bestimmten physiologischen oder experimentellen Umständen zu einem Platzen der Zelle führen. Der gesamte Prozeß vom Durchbruch der Zellwand bis zur Aufblähung der Parasitenzelle nimmt gewöhnlich nicht mehr als zwei bis fünf Sekunden in Anspruch. Im Anschluß an diese Phase kollabiert der Plasmoptyse-Kanal – sofern ausgebildet –, und die im Zuge der nachfolgenden schwächeren Eruptionen mitgerissenen koagulierten Plasmamassen werden in den zuvor gebildeten vakuolären Räumen eingeschlossen. Der parietale schraubige Chloroplast desintegriert unter Quellungserscheinungen; die damit verbundene Volumenzunahme verursacht häufig dessen Herausdrängen aus der Algenzelle.

Während des Abklingens der plasmoptytischen Phase erfolgt die Bildung eines Ingestionspseudopodiums. Es entsteht aus einer Vorwölbung der Zelloberfläche innerhalb des Lumens der Algenzelle und ist entweder einteilig (bei subterminaler) oder zweiteilig (bei zentraler Lateral-Attacke) organisiert. Es stellt ein zunächst glocken- oder kelchförmiges Organell („Calyculopodium“) dar, dessen dünne Wandung sich bei der Verlängerung zwischen die Innenseite der Zellwand und die cytoplasmatischen Reste der Algenzelle schiebt und das sich hierbei über diese stülpt. Häufig noch vor dem Schließen des Calyculopodiums (und damit dem Vollzug der Phagozytose) beginnt dessen Retraktion. Hierbei wird das umfaßte plasmatische Material in den außerhalb der Algenzelle verbliebenen Zellkörper transportiert. Wie aus dem Kontraktionsverhalten des geschlossenen Pseudopodiums ersichtlich ist, erfolgt dieser Transport nach Art eines hydraulischen Druckflusses entlang eines Druckgradienten.

Die geringe Dicke der Pseudopodienwandung und die damit verbundene schlechte Differenzierbarkeit im Überstrahlungsbereich der Zellwand sind vermutlich als Grund dafür anzusehen, daß die Existenz dieses Organells bisher häufig bestritten wurde (zus. Darst. LLOYD [13]). Selbst der Einsatz moderner kontraststeigernder mikroskopischer Verfahren erlaubt nicht immer dessen lichtoptische Differenzierung (vergl. Abb. 4 b). Erst

die elektronenmikroskopische Analyse erbringt regelmäßig einen entsprechenden Nachweis; sie zeigt darüberhinaus die geringe Ausdehnung der Wandung, deren Dicke über weite Abschnitte den Betrag von etwa $0,25 \mu\text{m}$ nicht übersteigt (HÜLSMANN, in Vorb.).

Mit der vollständigen Retraktion des Ingestionspseudopodiums ist die Attackierung abgeschlossen. Im Zuge der Nahrungsaufnahme können sich die beschriebenen Vorgänge jedoch noch mehrere Male wiederholen. Dabei zeigt sich, daß die Gesamtzahl der Attacken im wesentlichen von der Körpergröße des angreifenden Parasiten bestimmt wird: zwanzig oder mehr sukzessive oder simultane Attacken sind bei den großen Syncytien keine Seltenheit, doch ein- oder wenigkernige Vampyrellen begnügen sich meist mit ein bis zwei Angriffen. Nach der letzten Attacke sucht *Vampyrella lateritia* eine intakte Algenzelle auf und beginnt an deren Zellwand mit der Ausscheidung einer vermutlich zellulosehaltigen Cystenmembran (CIENKOWSKI [3], KLEIN [9]). Innerhalb der Cystenhülle findet die Verdauung der aufgenommenen Substanzen statt (Abb. 1, 2 b, 3 b). Die anfangs braungrüne, im wesentlichen durch die Ingestion der chlorophyllhaltigen Nahrung bedingte Färbung der Cysten wandelt sich im Verlauf der etwa 24-stündigen Verdauungsprozesse zu der charakteristischen, wohl auf das Vorhandensein von unverdauten Carotinoiden zurückführbaren Tönung der Vampyrelliden.—

Die Analyse des vorliegenden Filmmaterials läßt erkennen, daß die Attacken der *Vampyrella lateritia* gegen die Zellen der Grünalge *Spirogyra* in vier funktionell verschiedenen und einander zum Teil bedingenden Abschnitten ablaufen. Dabei stellen die beiden mittleren Abschnitte jeweils Reaktionen auf die vorhergehenden Ereignisse dar und fügen sich mit dem ersten aktiven Teilprozeß zu einer Funktionskette zusammen (partielle Degradation der Zellwand durch *Vampyrella* → Plasmoptyse der Algenzelle → Aufblähung des Zellkörpers der *Vampyrella*). Der vierte, in bewegungsdynamischer Hinsicht wiederum aktive Teilprozeß (Bildung und Retraktion des Ingestionspseudopodiums) hebt sich von dieser Funktionskette deutlich ab und verläuft als eine Einzelaktion, die nur in die zeitliche Abfolge der Geschehnisse eingebunden ist. Sieht man von den — zudem häufig quantitativ unbedeutenden — plasmoptyse-vermittelten Inkorporationsphänomen ab, ist die Aktivität des Calyculopodiums der entscheidende Vorgang bei der Ingestion des Algeninhalts. Das Wirken einer aktiven „Saugkraft“ („phénomène de succion“, PENARD [16]), das — zumindest assoziativ, wie eingangs angesprochen — mit dem Namen *Vampyrella* verbunden wird, kann daher wohl in Abrede gestellt werden.

Ungeklärt ist bislang die Frage, durch welche Prozesse die mechanische Stabilität der Algenzellwand so weit herabgesetzt wird, daß ein plasmoptytischer Austritt von Teilen des Zellinhalts erfolgen kann. Die bereits von CIENKOWSKI [3] vermutete chemische Auflösung scheint angesichts der graduellen Dickenabnahme (Abb. 4 a) in der Tat verwirklicht zu sein. Eine fermentative Attackierung der Außenseite der Zellwand durch *Vampyrella* — wie erstmals von LLOYD [13] diskutiert — ist denkbar; sie setzt jedoch die Fähigkeit zur Bildung von Zellulasen voraus, die im Protistenreich bislang nur für Bakterien und Pilze nachgewiesen wurde. In Anbetracht der Leichtigkeit, mit der im Experiment eine Defektplasmoptyse besonders bei Conjugaten erzielt werden kann (zus. Darst. KÜSTER [11]), erscheint eine Sekretion von Ca^{++} -Ionen fällenden Agentien (Zitrat, Oxalat) oder von gering konzentrierten anorganischen Säuren ebenfalls als ein möglicher Degradationsmechanismus.

Zur Entstehung des Films

Die Filmaufnahmen entstammen Forschungsprogrammen über Pseudopodientypen und Ernährungsweisen bei amöboid organisierten Protisten, insbesondere Proteomyxiden. Im Rahmen dieser Studien werden neben *Vampyrella lateritia* auch *V. pendula*, *V. pendula inermis*, *V. multivora*, *V. euglenae*, *V. gallica*, *V. mougeotiae*, *V. vorax*, *V. closterii* sowie *Hyalodiscus rubicundus*, *H. placopus* und verschiedene *Leptophrys*-Arten bearbeitet. Der vorliegende Film hat zum Ziel, das natürliche, weitgehend unbeeinflusste Verhalten einer typischen *Vampyrella*-Art während der Attackierung ihrer Wirtsorganismen zu dokumentieren und einer quantitativen wie qualitativen Analyse zugänglich zu machen.

Das Objekt, *Vampyrella lateritia*, wurde im August 1974 zusammen mit Populationen verschiedener *Spirogyra*-Arten aus einer Staustufe eines Zuflusses des Lac d'Aydat im Bereich der Ortschaft Aydat (Auvergne, Frankreich) isoliert¹ und in verdünnter Erdschreiber-Lösung unter Zusatz von CZURDAS Spirogyra-Medium (PRINGSHEIM [17]) kultiviert. Als Wirtsorganismen dienten einbändige *Spirogyra*-Arten aus der *Communis*-Gruppe, die aus einem Tümpel im Kottenforst bei Bonn stammten. Die Aufzucht der Organismen erfolgte in Petri-Schalen bei Raumtemperatur und natürlicher diffuser Raumbeleuchtung. Die Aufnahmen entstanden im Herbst 1974 unter Verwendung gewöhnlicher offener Deckglaspräparate, denen zur Verminderung des Deckglasdrucks größere *Spirogyra*-Arten beigegeben wurden. Da sich der genaue Zeitpunkt einer Attacke unter den präparativen Bedingungen nicht exakt vorherbestimmen läßt, wurden einzelne Individuen bei geringstmöglicher mikroskopischer Beleuchtung und zugezogener Leuchtfeldblende so lange verfolgt, bis sie im Rahmen ihrer Lokomotion auf eine *Spirogyra*-Zelle stießen und die Attackierung einleiteten. Erst in diesem Moment setzten die Filmaufnahmen ein; die Phase der Annäherung an den Wirtsorganismus ist daher im Film nicht enthalten.

Mikroskop: Zeiss Photomikroskop I mit Nomarski-Interferenz-Kontrast-Einrichtung. Aufnahmeobjektiv: Planapo 40/1.00 Oel. Kamera: Beaulieu R 16, montiert auf Phototubus. Filmmaterial: Eastman-Plus-X-Negative-Film 7231 und Eastman-Ektachrome-Commercial-Film 7252, beide 16 mm.

Die den Abbildungen zugrundeliegenden Organismen entstammen neuerlichen Isolationen (Bochum, Botanischer Garten, und Bonn, Kottenforst). Die Aufnahmen entstanden am Photomikroskop II (Zeiss) unter Verwendung von Kleinbildfilmen (Kodak Pan-X und Ilford FP 4).

Filmbeschreibung

Vampyrella lateritia: Angriffe gegen intakte Zellen von *Spirogyra* spec. in Form der zentralen Lateral-Attacke. Darstellung in Seitenansicht (optischer Längsschnitt); 6 B/s; Bildfeldbreite 160 µm

1. Originaldauer der Sequenz: 5:40 min. Partielle Degradation der Zellwand im Zentrum der Kontaktzone zwischen *Vampyrella* (oben) und Algenzelle (unten). Übertreten von

¹ Herrn Prof. Dr. P. de PUYTORAC (Universite de Clermont-Ferrand) danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes in der Station Biologique in Besse-en-Chandesse (Auvergne).

Teilen des Zellsaftes in den Zellkörper von *Vampyrella*. Eruption des Algen-Protoplasten, der anschließend kollabiert, und Aufblähung der Parasitenzelle. Desintegration des Chloroplasten und Herausdrängen aus der Zellwandhülle. Bildung eines Phagozytose-Kanals. Entstehung eines zweiseitigen Ingestionspseudopodiums im Bereich des Penetrations-Porus. Verlängerung der Pseudopodienwandung (erkennbar an der etwas angeschwollenen Frontzone) zwischen Zellwand und desintegrierendem Protoplasten. Vollzug der Phagozytose durch Schließen der Calyculopodien etwa in Höhe der Querwände. Retraktion des kürzeren (linken), danach Retraktion des längeren Calyculopodiums während des Abwanderns der *Vampyrella*.

2. Wiederholung. Originaldauer des Vorgangs: 2:50 min. Darstellung der Transportphänomene bei von außen auf *Vampyrella* einwirkendem Druck, hervorgerufen durch Verdunsten des Mediums und Absinken des Deckglases.

3. Wiederholung. Originaldauer des Vorgangs: 3:20 min. Farbeinstellung zur Verdeutlichung der Inkorporation des grünen Chloroplasten in den rötlichen Zellkörper von *Vampyrella*.

Literatur

- [1] AINSWORTH, G.C.: Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, 5. ed. (1967).
- [2] ALLEN, R.D.: Motility. J. Cell. Biol. 91 (2) (1981), 148s–155s.
- [3] CIENKOWSKI, L.: Beiträge zur Kenntnis der Monaden. Arch. mikr. Anat. 1 (1865), 203–233.
- [4] HOLDHEIDE, W.: Über Plasmoptyse bei *Hydrodictyon utriculatum*. Planta 15 (1932), 244–298.
- [5] HOOGENRAAD, H.R.: Einige Beobachtungen an *Vampyrella lateritia* LEIDY. Arch. Protistenk. 8 (1907), 216–224.
- [6] HOOGENRAAD, H.R., and A.A. DE GROOT: New Observations on the Feeding of *Vampyrella lateritia* (Fres.) Leidy. Proc. Ned. Akad. v. Wetensch., Amsterdam, 45 (1942), 97–104.
- [7] JAHN, E.: Myxomycetes. In: Die natürlichen Pflanzenfamilien, hrgb. von A. ENGLER und K. PRANTL, 2, Leipzig (1928), 304–339.
- [8] KITCHING, J.A.: The Axopods of the Sun Animalcule *Actinophrys sol* (Heliozoa). In: Primitive motile Systems in Cell Biology, ed. by R.D. ALLEN and N. KAMIYA, Academic Press, New York and London (1964), 445–455.
- [9] KLEIN, J.: *Vampyrella* und das Grenzgebiet zwischen Tier- und Pflanzenreich. Biol. Centralbl. 2 (1882), 137–142.
- [10] KOLKWITZ, R., and H. KRIEGER: Zygnetemales. In: L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland und der Schweiz, 13, Leipzig (1941), 1–499. Reprint, New York and London (1971).
- [11] KÜSTER, E.: Plasmotyse. In: Protoplasmatologia, hrgb. von L.V. HEILBRUNN und F. WEBER, Band II, C, 7 b, Wien (1958), 1–39.
- [12] LEVINE, N.D., J.O. CORLISS, F.E.G. COX, G. DEROUX, J. GRAIN, B.M. HONIGBERG, G.F. LEEDALE, A.R. LOEBLICH III, J. LOM, D. LYNN, E.G. MERINFELD, F.C. PAGE, G. POLANSKY, V. SPRAGUE, J. VAVRA, and F.G. WALLACE: A newly Classification of the Protozoa. J. Protozool. 27 (1981), 37–58.
- [13] LLOYD, F.E.: The Behavior of *Vampyrella lateritia* with special Reference to the Work of Professor CHR. GOBI. Arch. Protistenk. 67 (1929), 219–236.

- [14] NÖLLER, W.: Die wichtigsten parasitischen Protozoen des Menschen und der Tiere. I.: Die parasitischen Rhizopoden. In: Die tierischen Parasiten der Haus- und Nutztiere, hrsg. von R.V. OSTERTAG, K. WOLFFHÜGEL und W. NÖLLER, Berlin (1932), 233–237.
- [15] PATTERSON, D.J., and K. HAUSMANN: Feeding by *Actinophrys sol* (Protista, Heliozoa): 1. Light microscopy. *Microbios* 31 (1981), 39–55.
- [16] PENARD, E.: Etudes sur les Rhizopodes d'eau douce. *Mem. Soc. phys. et d'hist. nat. Geneve*, 31 (2), Genf (1890).
- [17] PRINGSHEIM, H.R.: Algenreinkulturen. Ihre Herstellung und Erhaltung. Jena (1954).
- [18] TRÉGOUBOFF, G.: Classe des Héliozoaires (Heliozoa HAECKEL 1866). In: *Traité de Zoologie*, ed. de P.-P. GRASSÉ, 1 (2), Paris (1953), 437–489.

Filmveröffentlichungen

- [19] DONCASTER, C.C.: *Theratomyxa weberi* (Proteomyxida). Catching Heterodera schachtii (Nematoda). Film E 2034 des IWF, Göttingen 1974. Publikation von C.C. DONCASTER, *Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol.* 8, 4 (1975), 351–360.
- [20] GRELL, K.-G.: *Hartmannella castellanii* (Amoebina). Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung. Film E 1169 des IWF, Göttingen 1967. Publikation von K.-G. GRELL, *Publ. Wiss. Film., Sekt. Biol.* 5, 2 (1972), 107–133.
- [21] HÜLSMANN, N.: Rolling endocytosis in *Vannella simplex*. Forschungsfilm, Bonn 1973.
- [22] HÜLSMANN, N.: Filopodial movements in *Vampyrellidae*. Forschungsfilm, Bonn 1973.

Abbildungsnachweis

Abb. 1–4: N. HÜLSMANN.