

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Wissenschaftlicher Film C 912/1966

Morphologie der Suktorien

Begleitveröffentlichung von

Prof. Dr. K.-G. GRELL, Tübingen

Mit 9 Abbildungen

GÖTTINGEN 1969

Morphologie der Suktorien¹

K.-G. GRELL, Tübingen

Allgemeine Vorbemerkungen

Die Suktorien oder Sauginfusorien gehören zu den Ciliaten, unterscheiden sich aber von den übrigen Vertretern dieser Klasse dadurch, daß sie im ausgewachsenen Zustand keine Wimpern besitzen. Die Reduktion des Wimperkleides hängt mit der sessilen Lebensweise zusammen, die auch die Fortpflanzung der Suktorien nachhaltig beeinflußt hat (GRELL [12]).

Suktorien kommen im Süßwasser und im Meer vor. Sie sitzen auf toten oder lebenden Substraten. Manche Arten leben als Epizoen auf den Körperanhängen bestimmter Wirbelloser, z. B. *Dendrocometes paradoxus* auf den Kiemenblättchen des Bachflohkrebses *Gammarus pulex*.

Die Formenmannigfaltigkeit der Suktorien ist außerordentlich groß. Der Zellkörper kann rund oder oval, vorne abgeflacht, dreieckig, scheiben- oder uhrglasförmig sein. Viele Suktorien sitzen in einem ungestielten oder gestielten Gehäuse, das den Zellkörper eng umschließt oder sich mehr oder weniger weit von ihm abhebt.

Besonders charakteristisch für die Suktorien sind die Tentakel, die zum Beutefang und zur Nahrungsaufnahme dienen. Meistens kommen zahlreiche Tentakel vor, die unregelmäßig über die Scheitelfläche der Zelle verteilt (Abb. 1) oder in Bündeln angeordnet sein können (Abb. 2).

Sehr abweichend gestaltete Tentakel besitzt *Dendrocometes paradoxus*: Starre Fortsätze der Zelle verzweigen sich distal und spalten sich dann in zahlreiche, spitz zulaufende Saugröhrchen auf (Abb. 3). Nur die letzteren zeigen eine Kontraktilität und entsprechen darin den Tentakeln der übrigen Suktorien.

Während Beutefang und Nahrungsaufnahme in der Regel von den gleichen Tentakeln besorgt werden, ist es in einigen Fällen zu einer Differenzierung gekommen, indem Fangtentakel ausgebildet wurden, die nur dem Festhalten der Beute dienen, und Saugtentakel, die sie ausaugen.

¹ Angaben zum Film und Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 652.

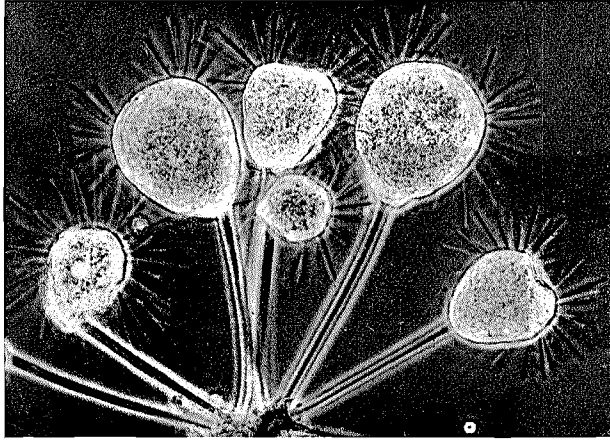


Abb. 1. *Tokophrya lemnarum* STEIN. Vergr. 350 ×

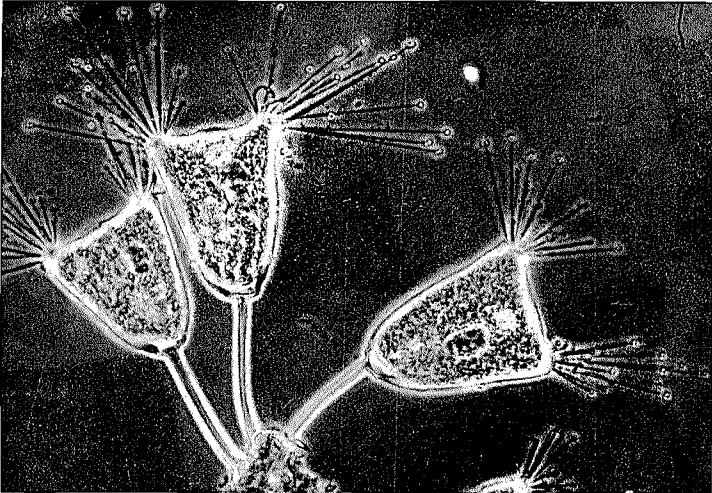


Abb. 2. *Acineta tuberosa* EHRENBURG. Vergr. 240 ×

Bei *Ephelota gemmipara*, einem besonders großen Suktor, stehen die langen, spitz zulaufenden Fangtentakel mehr an der Peripherie, die kurzen, vorne abgestutzten Saugtentakel vorwiegend im Zentrum der

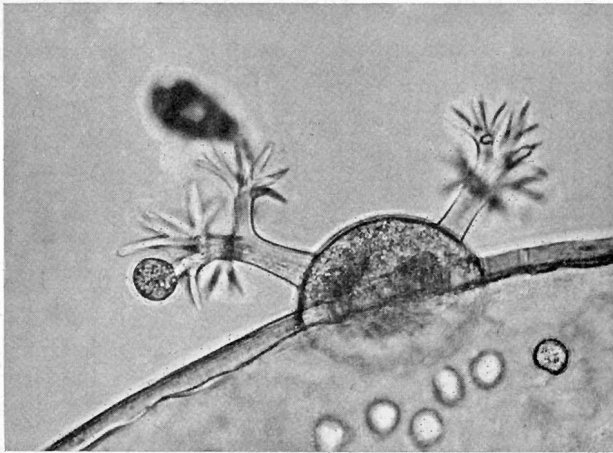


Abb. 3. *Dendrocometes paradoxus* STEIN, auf einem Kiemenblättchen von *Gammarus pulex* (bei der Nahrungsaufnahme). Vergr. 280 ×

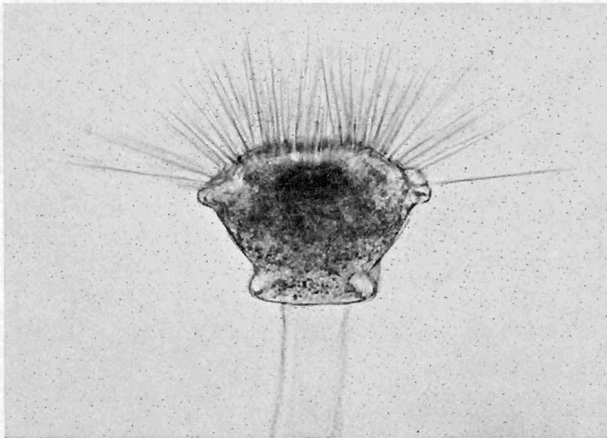


Abb. 4. *Ephelota gemmipara* HERTWIG. Vergr. 92 ×

Scheitelfläche (Abb. 4). Während sich die Fangtentakel nach innen einkrümmen können, führen die Saugtentakel nur Kontraktions- und Expansionsbewegungen aus.

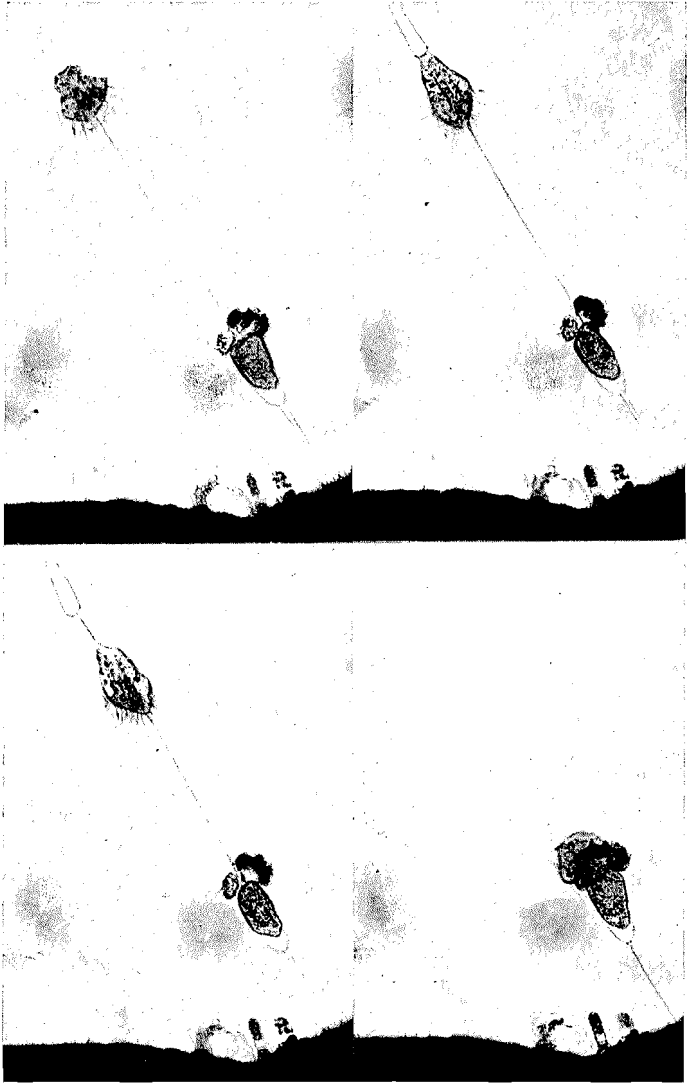


Abb. 5. *Acinetopsis rara*, mit seinem Fangtentakel eine *Ephelota* von ihrem Stiel herunterziehend. Während der Kontraktion des Fangtentakels ist der *Acinetopsis* noch von den Resten einer vorher gefressenen *Ephelota* bedeckt. Vergr. 130 ×

Die meisten Suktorien ernähren sich von Ciliaten, die zufällig mit den Tentakeln in Berührung kommen und dann festgehalten werden. Dem Aussaugen der Beute geht eine Immobilisierung voraus. Dabei werden die in der Nähe der Kontaktstelle liegenden Cilien zuerst stillgelegt.

Manche Suktorien sind Nahrungsspezialisten. *Acinetopsis rara* ernährt sich beispielsweise ausschließlich von *Ephelota gemmipara*. Die Beute wird mit Hilfe eines Fangtentakels aufgesucht, der über 1 mm ausgestreckt werden kann. Sobald das kugelige Ende des Fangtentakels eine *Ephelota* berührt hat, zieht er sich zusammen und reißt den Zellkörper des Beutetieres von seinem Stiel (Abb. 5). Nach der Kontraktion des Fangtentakels wird die *Ephelota* mittels kleiner Saugtentakel aufgefressen. Schon während der Nahrungsaufnahme streckt sich der Fangtentakel wieder in die Länge und führt Suchbewegungen nach allen Richtungen aus. Bei jedem Freßakt bildet *Acinetopsis* einen Schwärmer aus, der endogen, d. h. in einer Brutkammer der Mutterzelle, entsteht.

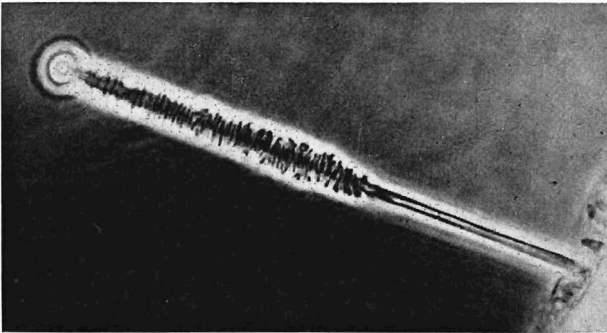


Abb. 6. Fangtentakel von *Acinetopsis rara* in weitgehend kontrahiertem Zustand. Vergr. 560 ×

Die äußere Begrenzung des Tentakels bildet die Tentakelhülle, welche die Fortsetzung der Zellhülle ist und sich bei der Kontraktion in Falten legt (Abb. 6). Sie umschließt eine rohr- oder stabförmige Struktur, welche früher als „Innenrohr“ bezeichnet und für eine Invagination der Tentakelhülle gehalten wurde. Elektronenmikroskopische Untersuchungen der letzten Jahre (BARDELE u. GRELL [1], BATISSE [2], GRELL [4], JURAND [6] und RUDZINSKA [7]) haben jedoch ergeben, daß dieses „Innenrohr“ keine Membran, sondern ein Komplex von Mikrotubuli ist. Nur bei Tentakeln, welche die Beutetiere aussaugen, bilden die Mikrotubuli einen Kranz (Abb. 7a). In den Fangtentakeln von *Ephelota gemmipara* treten dagegen zwei (manchmal auch drei oder vier) Gruppen von Mikrotubuli auf, die durch ein Septum getrennt sind (Abb. 7b).

Die Funktion der Mikrotubuli ist noch nicht geklärt. Sicher verleihen sie dem Tentakel eine gewisse Stabilität. Außerdem könnten sie für die Kontraktilität verantwortlich sein. Es wäre denkbar, daß jede Gruppe von Mikrotubuli im Fangtentakel von *Ephelota* ein „Myonem“ darstellt und daß die Krümmungsbewegungen auf unterschiedlicher Kontraktion der „Myoneme“ beruhen.

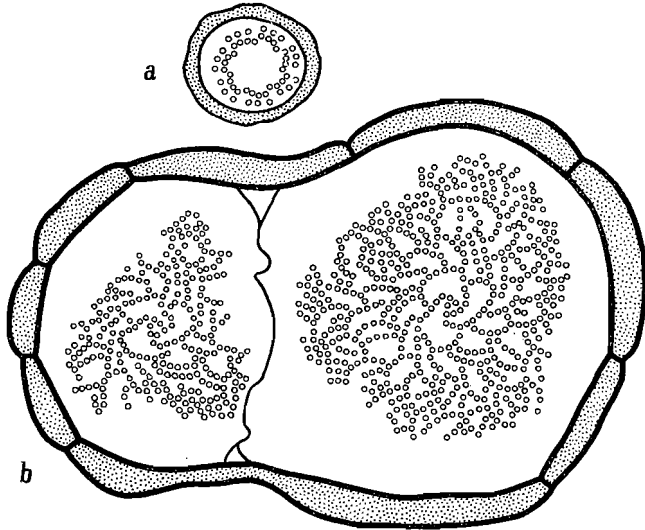


Abb. 7. Querschnitte durch Suktoriententakel. Umzeichnungen elektronenmikroskopischer Aufnahmen. a) Fang- und Saugtentakel von *Tokophrya infusionum*. Vergr. 24 500 \times . Nach RUDZINSKA [7]. b) Fangtentakel von *Ephelota gemmipara* mit zwei Gruppen von Mikrotubuli („Myonemen“). Vergr. 22 500 \times . Nach BATISSE [2]. Nach GRELL [4]

Die frühere Auffassung, daß die Saugtentakel auch im inaktiven Zustand vorne offen seien, trifft sicher nicht zu (Abb. 8). Erst wenn das Beutetier das angeschwollene Ende des Tentakels, das sog. Tentakelköpfchen, berührt hat (8a), setzt der Saugprozeß ein. Dabei wird die Membran des Tentakelköpfchens mit der Nahrung in den Tentakel hereingezogen und legt sich dem Kranz der Mikrotubuli von innen ab (8b). Diese dienen offenbar als Widerlager. Wo der Kranz der Mikrotubuli im Cytoplasma endet, werden die Nahrungsvakuolen abgeschnürt (8c).

Elektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, daß die im Cytoplasma angelangten Strukturen des Beutetiers portionsweise zusammenliegen und stets von einer Membran umschlossen sind. Da das Einströmen der Nahrung pausenlos erfolgt, müssen während des Saugprozesses ständig Vakuolen abgeschnürt werden. Mit der Nahrungsaufnahme ist daher eine kontinuierliche Neubildung von Membranmaterial verbunden.

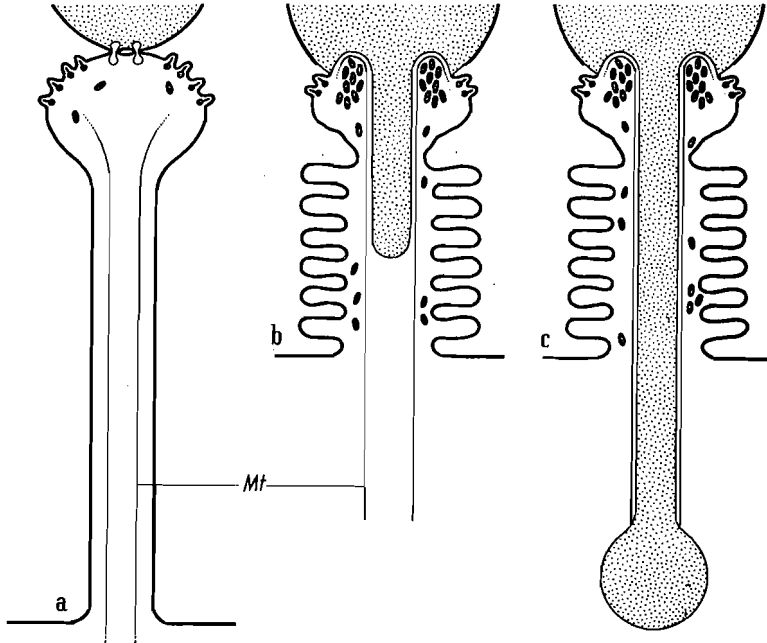


Abb. 8. Schema der Nahrungsaufnahme durch einen Saugtentakel. a) Kontakt mit dem Beutetier durch Haptocysten. b) c) Saugvorgang: Die apikale Membran des Tentakelköpfchens umschließt das einströmende Cytoplasma des Beutetieres. Sie bildet die Wand der Nahrungsvakuolen, die sich ablösen, wo der Kranz der Mikrotubuli (Mt) endet. Im Tentakelköpfchen befinden sich osmiophile Granula, welche vielleicht bei der Neubildung des Membranmaterials eine Rolle spielen. Nach BARDELE und GRELL [1]

Der Kontakt mit dem Beutetier wird durch Organelle hergestellt, die an die Trichocysten und Toxicysten anderer Ciliaten erinnern, aber viel kleiner als diese sind. Sie wurden zunächst als „missile like bodies“ (RUDZINSKA [7]), später als Haptocysten bezeichnet (BARDELE u. GRELL [1]). Wie das Schema (Abb. 8) zeigt, liegen die Haptocysten in

kleinen papillenförmigen Erhebungen des Tentakelköpfchens. Werden diese von einem Beutetier berührt, so „explodieren“ die Haptocysten und stellen dadurch eine feste Verbindung mit dem Beutetier her. Die Fangtentakel von *Ephelota* sind in ihrer ganzen Länge mit Haptocysten ausgestattet.

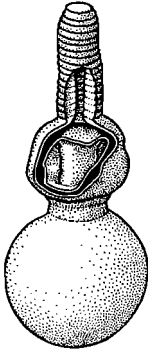


Abb. 9.
Schematische Rekonstruktion einer Haptocyste von *Podophrya parameciorum*. Nach JURAND und BOMORD [6]

Obwohl nicht auszuschließen ist, daß die Haptocysten auch Stoffe auf das Beutetier übertragen, scheint ihre eigentliche — und bisher allein nachgewiesene — Bedeutung doch darin zu bestehen, den Kontakt herzustellen. Wie das geschieht, ist allerdings noch weitgehend unbekannt. Von dem komplizierten Aufbau einer Haptocyste gibt Abb. 9 eine Vorstellung.

Zur Entstehung des Films

Die Filmaufnahmen wurden teils im Institut für den Wissenschaftlichen Film, teils in der Außenstelle der Biologischen Anstalt Helgoland in List auf Sylt hergestellt. *Tokophrya lemnarum* war von Herrn Dr. K. HECKMANN [8], *Acineta tuberosa* vom Verfasser [9] in Kultur genommen worden. Die Aufnahmen von *Ephelota gemmipara* und *Acinetopsis rara* wurden an Material vorgenommen, welches in der Nordsee (Ellenbogen bei List auf Sylt) gesammelt und in Petrischalen mit filtriertem Seewasser übertragen worden war (GRELL [10], [11]). Für die Aufnahmen von *Dendrocometes paradoxus* wurden Exemplare von *Gammarus pulex* aus einem Bach bei Göttingen gefangen.

Die Aufnahmen wurden mit Hilfe eines Zeiss-WL-Stativs (Hellfeld, Phasenkontrast) durchgeführt. Als Objektive dienten Neofluare. Die Objekte wurden entweder in einen Roto-Compressor übertragen (HEUNERT und UHLIG [5]) oder — unter Verwendung von Tauchkappen — in den mit Seewasser gefüllten Petrischalen aufgenommen.

Kamera: Askania Z; Filmmaterial: 35-mm-Schwarzweißfilm (Eastman Double-X).

Erläuterungen zum Film¹

Tokophrya lemnae

Zeitraffung 1 : 6 und normale Geschwindigkeit²

Die Suktorien oder Sauginfusorien unterscheiden sich von den übrigen Ciliaten durch ihre sessile Lebensweise und das Fehlen einer Bewimperung. Nur die Schwärmer, die sich bei der hier abgebildeten Art — *Tokophrya lemnae* — endogen entwickeln, sind mit Wimpern ausgestattet.

Die Nahrungsaufnahme erfolgt nicht durch einen Zellmund, sondern durch Tentakel, an denen die Beuteorganismen hängenbleiben.

In diesem Falle handelt es sich um den Ciliaten *Tetrahymena pyriformis*, der von den Tentakeln des Suktors ausgesaugt wird.

Die Tentakel stehen bei *Tokophrya lemnae* in zwei Gruppen. Meistens beteiligen sich mehrere Tentakel am Aussaugen der Beute.

In jedem Tentakel verläuft ein feines Röhrchen, welches im Cytoplasma des Suktors endet.

Acineta tuberosa

Zeitraffung 1 : 6 und normale Geschwindigkeit

Bei *Acineta tuberosa* entspringen die beiden Tentakelbündel an zwei aus dem Gehäuse hervorragenden Wölbungen des Zellkörpers.

Die Tentakel sind hier sehr dünn und kontraktile. Sie enden mit einem kleinen Knopf, der zum Festhalten der Beute dient. Häufig ziehen sich alle Tentakel eines Bündels zusammen, um sich nach einiger Zeit wieder auszustrecken.

Wie das Spiel der Tentakel reguliert wird, ist unbekannt.

Kommt ein Beutetier mit den Tentakeln in Berührung, so wird es sofort gelähmt.

In diesem Falle handelt es sich um einen Ciliaten der Gattung *Strombidium*. Durch Kontraktion der Tentakel wird die Beute näher an die Zelle herangezogen.

Während ein Teil der Tentakel mit dem Aussaugen der Beute beschäftigt ist, bleiben die übrigen ausgestreckt. An ihnen können weitere Beutetiere hängenbleiben. Steht genügend Nahrung zur Verfügung, so findet man häufig Individuen, die mehrere Beutetiere auf einmal fressen.

In dieser Aufnahme erkennt man besonders deutlich, wie der Nahrungsstrom bis tief in die Zelle befördert wird.

Ephelota gemmipara

Zeitraffung 1 : 6 und normale Geschwindigkeit

Bei *Ephelota gemmipara* sind die Tentakel nicht in Bündeln angeordnet, sondern gleichmäßig über die Scheitelfläche der Zelle verteilt. Außerdem treten sie in zwei Formen auf, nämlich als lange und spitz zulaufende Fangtentakel und kurze röhrenförmige Saugtentakel.

¹ Wortlaut des im Film gesprochenen Kommentars.

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

Die kurzen Saugtentakel, welche mit einer kleinen Haftscheibe enden, sind auf den mittleren Bereich der Scheitelfläche beschränkt.

Die Beutetiere bleiben an den Fangtentakeln hängen. Diese beugen sich herunter und führen so die Beute den Saugtentakeln zu. Benachbarte, am Beutefang unbeteiligte Tentakel krümmen sich mitunter ebenfalls.

Die Myoneme der Fangtentakel und die Röhren der Saugtentakel reichen weit in das Cytoplasma hinein. Erst im Innern der Zelle mischen sich die Bestandteile des Beutetieres mit dem Cytoplasma der *Ephelota*.

Acinetopsis rara

Zeitraffung 1 : 6 und normale Geschwindigkeit

Acinetopsis rara ist ein Suktör, das in einem gestielten Gehäuse sitzt und meistens nur einen Fangtentakel ausbildet. Mit Hilfe dieses Fangtentakels, der im ausgestreckten Zustand über ein Millimeter lang werden kann, holt sich *Acinetopsis* seine Beute heran. Diese besteht ausschließlich aus den Zellkörpern von *Ephelota gemmipara*.

Die Fähigkeit zur Expansion und Kontraktion beruht auf einem Myonem, welches dem Tentakel auch seine Festigkeit verleiht.

Außen befindet sich ein feines Häutchen, das mit der Pellicula verbunden ist und sich bei der Kontraktion in Falten legt. Am Ende ist ein Klebkörper ausgebildet, der den Kontakt mit der Beute herstellt.

Sobald der Tentakel von *Acinetopsis* eine *Ephelota* berührt hat, setzt seine Kontraktion ein. Die *Ephelota* sitzt so fest auf ihrem Stiel, daß dieser zunächst nur zu dem Räuber hingebogen wird. Schließlich gelingt es *Acinetopsis* doch, die Beute vom Stiel herunterzureißen.

Während sich der Fangtentakel ganz zurückzieht, streckt *Acinetopsis* zahlreiche kurze Saugtentakel aus, welche die *Ephelota* nach und nach ausaugen.

Noch bevor die Beute des letzten Fanges ganz verzehrt ist, angelt sich der Räuber bereits eine neue *Ephelota* heran.

Die Deformierung des Beutetieres läßt auf eine erhebliche Zugkraft des Tentakels von *Acinetopsis* schließen.

Dendrocometes paradoxus

Normale Geschwindigkeit

Dendrocometes paradoxus ist ein Suktör, das als Epizoon auf den Kiemenblättchen des Bachflohkrebses *Gammarus pulex* lebt.

Die ungestielte und ziemlich abgeflachte Zelle besitzt verzweigte Arme, deren Äste sich am Ende in zahlreiche Saugfortsätze aufspalten.

Verfängt sich ein Beutetier — hier *Tetrahymena pyriformis* — an den verästelten Tentakeln, wird es festgehalten und ausgesaugt.

Es ist erstaunlich, welche Saugkraft *Dendrocometes paradoxus* zu entfalten vermag.

Schon in wenigen Sekunden wird der gesamte Inhalt des Beutetieres in einem breiten Strom aufgenommen, bis nur noch seine Pellicula übrigbleibt.

Literatur und Filmveröffentlichungen

- [1] BARDELE, CH. F., und K. G. GRELL: Elektronenmikroskopische Beobachtungen zur Nahrungsaufnahme bei dem Suktore Acineta tuberosa EHRENBURG. Z. Zellforsch. **80** (1967), 108—123.
- [2] BATISSE, A.: Les appendices préhenseurs d'Ephelota gemmipara HERTWIG. C. R. Acad. Sci. (Paris) **261** (1965), 5629—5632.
- [3] COLLIN, B.: Etudes monographiques sur les Acinétiens II. Arch. zool. exp. gén. **51** (1912), 1—457.
- [4] GRELL, K. G.: Protozoologie, 2. Aufl., 511 S., Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York (1968).
- [5] HEUNERT, H. H., und G. UHLIG: Erfahrungen mit einer neuen Kammer zur Lebendbeobachtung beweglicher Mikroorganismen. Research Film **5** (1966), 642—649.
- [6] JURAND, A., and R. BOMFORD: The fine structure of the parasitic suctorian Podophrya parameciorum. J. Microscopie **4** (1965), 509—522.
- [7] RUDZINSKA, M. A.: The fine structure and function of the tentacle in Tocophrya infusioformis. J. Cell Biol. **25** (1965), 459—477.
- [8] HECKMANN, K.: Tokophrya lemnae (Suctorina). Nahrungsaufnahme und Schwärmerbildung. Film E 913 der Enc. Cin., Göttingen 1964/65.
- [9] GRELL, K. G.: Acineta tuberosa (Suctorina). Nahrungsaufnahme und Schwärmerbildung. Film E 914 der Enc. Cin., Göttingen 1965.
- [10] GRELL, K. G.: Ephelota gemmipara (Suctorina). Nahrungsaufnahme und Fortpflanzung. Film E 1017 der Enc. Cin., Göttingen 1965.
- [11] GRELL, K. G.: Parasiten und Räuber von Ephelota gemmipara (Suctorina). Film C 907 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1965.
- [12] GRELL, K. G.: Fortpflanzung der Suktorien. Film C 913 des Inst. Wiss. Film, Göttingen 1964/65.

Angaben zum Film

Der Film ist für die Verwendung im Hochschulunterricht bestimmt. Tonfilm, schwarzweiß, 103 m, 9 1/2 min (Vorführungsgeschw. 24 B/s).

Die Filmaufnahmen erfolgten in den Jahren 1964/65. Veröffentlichung aus dem Zoologischen Institut der Universität Tübingen: Prof. Dr. K.-G. GRELL, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen (Direktor: Prof. Dr.-Ing. G. WOLF); Dr. H. KUCZKA; Aufnahme: H. H. HEUNERT.

Inhalt des Films

Der Film zeigt den Beutefang und die Nahrungsaufnahme bei den Suktorien *Tokophrya lemnae*, *Acineta tuberosa*, *Ephelota gemmipara*, *Acinetopsis rara* und *Dendrocometes paradoxus*. Während die meisten Suktorien Tentakel besitzen, die sowohl dem Beutefang als auch der Nahrungsaufnahme dienen, kommen bei *Ephelota gemmipara* verschieden differenzierte Fang- und Saugtentakel vor. *Acinetopsis rara* bildet einen langen Fangtentakel aus, mit dem er den Zellkörper von *Ephelota gemmipara* von seinem Stiel herunterreißt. Ganz abweichend sind die Tentakel von *Dendrocometes paradoxus* gebaut.

Summary of the Film

The film shows the catching of prey and food-intake among the suctorian *Tokophrya lemnae*, *Acineta tuberosa*, *Ephelota gemmipara*, *Acinetopsis rara*, and *Dendrocometes paradoxus*. Whereas most suctorian have tentacles which serve both for catching of prey and food-intake, various, differentiated catching and sucking tentacles occur among *Ephelota gemmipara*. *Acinetopsis rara* forms a long catching tentacle with which it pulls the cell bodies of *Ephelota gemmipara* down from its stalk. The tentacles of *Dendrocometes paradoxus* are very aberrantly formed.

Résumé du Film

Le film montre la prise de la proie et la façon de se nourrir des infusoires (Suctoria) *Tokophrya lemnae*, *Acineta tuberosa*, *Ephelota gemmipara*, *Acinetopsis rara* et *Dendrocometes paradoxus*. Tandis que la majeure partie des infusoires ont des tentacules qui servent à attraper la proie et à se nourrir, l'*Ephelota gemmipara* a des tentacules différents pour attraper la proie et pour sucer. L'*Acinetopsis rara* forme un long tentacule avec lequel il arrache le corps cellulaire de l'*Ephelota gemmipara* de sa tige. Les tentacules du *Dendrocometes paradoxus* sont formés de façon complètement différente.