

(Zentralinstitut für Hygiene, Direktor: Dr. STEVAN IVANIĆ.)

Über die bei der Nahrungsaufnahme einiger Süßwasseramöben vorkommende Bildung cytostomähnlicher Gebilde.

Von

Momčilo Ivanić (Belgrad)

(Hierzu 32 Textfiguren)

1. Einleitung.

Schon von den ersten Anfängen der modernen Amöbenforschungen an wurde aus zwei Gründen die Aufmerksamkeit auf die Nahrungsaufnahme bei Amöben immer wieder gelenkt. Einerseits ist die Nahrungsaufnahme bei Amöben eine der Beobachtung leicht zugängliche Erscheinung. Da man viele Jahre hindurch die Amöben als die primitivsten tierischen Lebewesen betrachtete, schien es andererseits von besonderem Interesse, die Nahrungsaufnahme als eine der grundlegenden Lebensfunktionen bei diesen phylogenetisch so niedrig stehenden Organismen näher kennen zu lernen.

In dieser Betrachtungsweise liegt die Ursache für die Versuche, durch welche man die Nahrungsaufnahme bei Amöben rein mechanisch, bloß durch die physikalischen Gesetze der Oberflächenspannung erklären zu können glaubte. Die rein mechanistische Betrachtungs- und Erklärungsweise erreichte ihren Höhepunkt, als es durch die geistvollen Versuche von RHUMBLER (1898) den Anschein hatte, man könne die Nahrungsaufnahme und Ausstoßung des unverdauten Materiales bei Amöben in Tropfen von leblosen Flüssigkeiten nachahmen.

Seit diesen Untersuchungen von RHUMBLER sind aber manche Tatsachen bekannt geworden, die kaum durch die Annahme und Versuche RHUMBLER's in befriedigender Weise zu erklären sind. So

muß man REICHENOW (1927) zustimmen, wenn er sagt: „Wenngleich solche Versuche die verschiedenen Formen der Nahrungsaufnahme durch die nackte Zelloberfläche unserem Verständnis näherbringen, so reicht die Oberflächenspannung für sich allein doch nicht aus, um alle zur Betrachtung kommenden Vorgänge zu erklären. So läßt sich z. B. bei *Amoeba proteus* beobachten, daß diese Art große Infusorien (*Paramaecium*, *Frontonia*) manchmal nicht vollständig einverleibt, sondern daß sie deren Körper etwa in der Mitte umfaßt und ihn dort durch allseitigen Druck durchschnürt, so daß eine Hälfte des Ciliates außerhalb der Amöbe verbleibt (MAST und ROOT, BEERS). Wie sich berechnen läßt, ist der für diesen Vorgang benötigte Energieaufwand so groß, daß diese Leistung nicht durch eine lokale Herabsetzung der Oberflächenspannung zustande kommen kann, sondern noch andere Kräfte mitspielen müssen (S. 136).“

Während der vielen Jahre, die ich mich seit 1910 mit Amöbenstudien beschäftigte, habe ich oft auch die Nahrungsaufnahme bei ihnen beobachten können und dabei so manches Bemerkenswerte festgestellt. Das Studium der Nahrungsaufnahme bei Amöben kann aber nicht nur durch die Beobachtung in vivo, wie es bisher üblich war, gefördert werden, sondern auch durch die Beobachtung des mit Hilfe der modernen mikroskopischen Technik einwandfrei präparierten Materiales. Die in der modernen Cytologie üblichen Präparationsmethoden bewähren sich auch bei Untersuchungen über die Nahrungsaufnahme bei Amöben. Die besten Resultate habe ich bei Fixation mit SCHAUDINN'schem Sublimatalkohol und bei Färbung mit HEIDENHAIN'schem Eisenhämatoxylin erhalten. Nur ist bei der Differenzierung darauf zu achten, daß die Farbe nicht zu stark ausgezogen wird. Die Stadien der Nahrungsaufnahme sind meist schon genügend differenziert, wenn der Kernapparat noch die Farbe festhält und noch nicht den feineren Bau deutlich zeigt. Es kommt aber auch vor, daß der Kernapparat ganz gut entfärbt war und daß auch alle Einzelheiten der Nahrungsaufnahme prachtvoll erhalten waren.

2. Beschreibung der einzelnen, bei der Nahrungsaufnahme vorkommenden Erscheinungen bei *Amoeba vespertilio* PÉNARD (Belgrader Form).

Unter dem Namen *Amoeba Gjorgjevici* habe ich eine im August des Jahres 1912 in der Umgebung von Belgrad gefundene Amöbe beschrieben (IVANIĆ, 1924), die ich Jahre hindurch kultiviert und untersucht habe. Im Laufe der Jahre habe ich mich davon überzeugen können, daß es sich hier nicht um eine besondere Amöben-

art handelt, sondern um die von PÉNARD (1902) unter dem Namen von *Amoeba vespertilio* beschriebene Amöbe. Wie DOFLEIN (1907) zuerst hervorgehoben, kommt es bei *Amoeba vespertilio* häufig vor, daß nach erfolgter Kernteilung die Teilung des Protoplasmakörpers ausbleibt, wodurch zweikernige Individuen entstehen. Diese verbleiben eine Zeitlang in diesem Zustande und gehen erst später durch die nachträgliche Protoplasmakörperteilung in die einkernige Form über. Viele Jahre hindurch habe ich in meinem Belgrader Materiale solche Exemplare nicht finden können und es schien mir, als wäre damit tatsächlich ein Artunterschied in den beiden Amöben gegeben. In den letzten Jahren habe ich mich aber an neuem Materiale überzeugt, daß es sich hier nicht um zwei Amöbenarten handelt. Deshalb fasse ich die von mir unter dem Namen von *Amoeba Gjorgjevići* beschriebene Amöbe nicht mehr als selbständige Art, sondern als *Amoeba vespertilio* PÉNARD auf. Da ich zur Zeit meiner Arbeiten im Münchener Zoologischen Institute auch die DOFLEIN'sche Form von *Amoeba vespertilio* züchten und untersuchen konnte, bezeichne ich die in der Umgebung von Belgrad gefundene Amöbe näher noch als „Belgrader Form“.

a) Die Gefangen- und Aufnahme eines freilebenden Süßwassernematoden von *Amoeba vespertilio* PÉNARD.

Von dem vorderen (Kopf-) als auch von dem hinteren (Schwanz-) Ende kann ein Süßwassernematode von *Amoeba vespertilio* angefallen und gefangen werden. Die Aufnahme der gefangenen Nematoden beginnt mit der Bildung einer ansehnlichen Einstülpung des Protoplasmakörpers von *Amoeba vespertilio*. Nicht selten bleibt hierbei ein großer, freier Raum übrig. Ein Vergleich zwischen dem Körpervolumen der *Amoeba vespertilio* und der befallenen Nematoden läßt einen Schluß auf die Größe der Arbeitsleistung der Amöbe bei der Gefangen- und Aufnahme einer solchen Nahrung zu.

Ein tieferer Einblick in den Mechanismus der Gefangen- und Nahrungsaufnahme bei *Amoeba vespertilio* gestattet das in Fig. 1 wiedergegebene Stadium. In demselben sieht man mit stärkerer Vergrößerung, wie die Nahrungsaufnahmeeinstülpung fast den ganzen, in einer Richtung stark verlängerten Amöbenprotoplasmakörper durchzieht. Die mittelgroße Amöbe hat einen riesigen Süßwassernematoden, von welchem in der Abbildung nur ein kleiner Teil zu sehen ist, gefangengenommen. Neben dem vordersten Kopfende ist auch ein Teil des Nematodenkörpers in das Amöbenprotoplasma aufgenommen worden. In der Höhe der Mundöffnung der Protoplasmakörperein-

stülpung der Amöbe fällt noch eine eigentümliche, ringförmige Struktur des Amöbenprotoplasmas auf. Es ist dies eine verdichtete, strukturlose Partie des Protoplasmas, die sich stärker als das übrige Protoplasma mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN färbt. Bei stärkerer Entfärbung ist auch die verdichtete Plasmapartie deutlich vom übrigen Protoplasma zu unterscheiden. Solche Gebilde sind meines Wissens bisher bei Flagellaten beobachtet worden. Bei der Nahrungsaufnahme von *Euglena Ehrenbergii* hat CLARA HAMBURGER

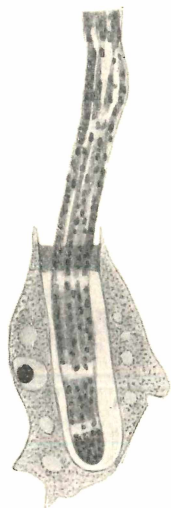


Fig. 1.



Fig. 2.

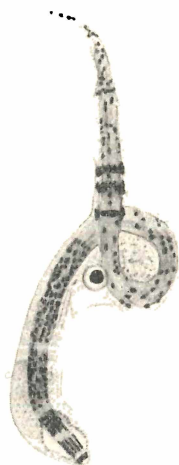


Fig. 3.

Sämtliche Figuren sind nach den mit SCHAUDINN'schem Sublimatalkohol fixierten und HEIDENHAIN'schen Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten mit Hilfe des ABBÉ'schen Zeichenapparates in der Höhe des Arbeitstisches entworfen. Vergr.: ZEISS Oc. 2 Obj. Hom. Imm. $\frac{1}{12}$: Fig. 2, 3, 9, 24; Oc. 4 Obj. Hom. Imm. $\frac{1}{12}$: Fig. 1, 4—8, 10—23, 25—31; Oc. 12 Obj. Hom. Imm. $\frac{1}{12}$: Fig. 32. Bei der Herstellung der Klischees sind die Fig. 1—6, 8, 17, 19—21 auf $\frac{1}{2}$ verkleinert worden.

Fig. 1—3. Die Aufnahme eines Süßwassernematoden.

(1911) das Gebilde zuerst gesehen und beschrieben. HAMBURGER faßt es als eine Muskelstruktur auf und nennt es „Sphinkter“. Die Rolle des „Sphinkters“ besteht nach HAMBURGER darin, daß die Mundhöhle dadurch von Zeit zu Zeit geöffnet und zugesperrt sein kann. In letzter Zeit hat HAYE (1930) bei *Phacus pleuronectes* dasselbe Gebilde (Fig. 6—8) gefunden und unter dem indifferenten Namen der „ringförmigen Verdickung“ des Protoplasmas beschrieben. Denn HAYE konnte sich von der angeblichen Funktion des Öffnens und Schließens des Trichters nicht überzeugen. Im folgenden werden

wir uns überzeugen können, daß die „Sphinkterbildung“, resp. die Bildung einer „ringförmigen Verdickung“ bei der Nahrungsaufnahme der Amöben eine regelmäßige Erscheinung ist, welche die Gefangen- und Nahrungsaufnahme begleitet. Dann wird auch die Gelegenheit sein, die eigentliche Rolle des Gebildes näher zu besprechen. An dieser Stelle soll nur darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei Amöben sowie bei Flagellaten, welche ein ständiges Cytostom besitzen, während der Nahrungsaufnahme diese Bildungen anzutreffen sind.

Nachdem *Amoeba vespertilio* den Süßwassernematoden gefangen-genommen hat, fließt ihr Protoplasma entlang des gefangengenommenen Opfers, wodurch das gefangengenommene Tier in den Amöbenprotoplasmakörper weiter einverleibt wird. Dabei ist die „Sphinkter“-Bildung, resp. die „ringförmige Verdickung“ manchmal nicht zu sehen, wenn die Präparation (besonders: die Fixation oder die Differenzierung) nicht völlig gelungen ist. Daß die Bildung aber nicht ausbleibt, sondern regelmäßig stattfinden muß, beweist das Stadium Fig. 2, wo die drei „Sphinkter“-Gebilde deutlich zu sehen sind. Offenbar wird beim Vorwärtsfließen des Amöbenprotoplasmakörpers entlang den gefangengenommenen Nematoden von Zeit zu Zeit etappenweise je ein weiterer „Sphinkter“, resp. „ringförmige Verdickung“ gebildet, um so die Gefangennahme des Opfers zu ermöglichen. Bei dem in Fig. 2 wiedergegebenen Stadium sind drei solche Etappen und drei solche Gebilde zu sehen. Wenn wir uns nun noch die Frage nach der Bedeutung der Gebilde stellen, drängt sich die Annahme auf, daß das in den „Sphinkter“-Bildungen sich verdichtende Protoplasma im ersten Augenblicke der Nahrungsgefangennahme eine klebrige Beschaffenheit zu besitzen vermag, um entweder das Opfertier bei der Gefangennahme festhalten oder sich am Opfertiere festkleben zu können. Wenn das verdichtete Protoplasma darauf höchstwahrscheinlich mehr oder minder erstarrt, wird dadurch die Öffnung der Protoplasmakörpereinstülpung in eine regelmäßige Mundöffnung verwandelt und damit die weitere Nahrungsaufnahme gesichert und erleichtert.

In Fig. 3 hat die Amöbe fast den ganzen gefangengenommenen Süßwassernematoden in ihren Protoplasmakörper einverleibt. Das Amöbenplasma fließt immer weiter entlang des Nematodenkörpers, wobei in der Endregion die drei „Sphinkter“-Bildungen, resp. „die ringförmigen Verdickungen“ wiederzufinden sind. Den um das Kopfeinde des aufgenommenen Nematoden sich bildenden freien Raum möchte ich als Beginn der Bildung der Nahrungsvakuole ansehen.

Durch die regen aktiven Bewegungen des Protoplasmakörpers, gekennzeichnet — wie dies zuerst RHUMBLER (1898) richtig erkannt und hervorgehoben hat — durch den Mangel jeglicher Ortsbewegung, gelingt es der *Amoeba vespertilio* den ganzen, nicht selten riesengroßen Wurm in sich aufzunehmen und in dem Protoplasmakörper aufzurollen. Bald nach erfolgter Aufnahme setzt die Bildung der Nahrungsvakuole um das gefangengenommene Opfer ein, womit die eigentliche Verdauung beginnt.

Da ich über kein Stadium von geringerer Größe, sondern nur über die Riesentiere verfüge, kann ich jene sehr merkwürdige Erscheinung nicht mit entsprechenden Abbildungen belegen, auf welche in der letzten Zeit ENTZ jun. (1925) gerade bei *Amoeba vespertilio* aufmerksam gemacht hat. Bei *Amoeba vespertilio* hat nämlich ENTZ jun. den Vorgang der Zerstückelung und der Zerkleinerung der aufgenommenen Nahrung (eines lebenden Infusors) Schritt für Schritt in vivo verfolgen können. Durch eigentümliche, kräftige, innere Bewegungen des Protoplasmakörpers wird nach und nach die aufgenommenen Nahrung in immer kleinere Stücke zerlegt, wodurch offenbar die Verdauung gefördert wird. Meine Befunde unmittelbar nach der Gefangen- und Aufnahme der Süßwassernematoden durch *Amoeba vespertilio* liefern auch die unzweideutigen Belege für die Annahme, daß die aufgenommenen Würmer, bevor sie der Verdauung anheimfallen, in mehrere kleinere Stücke zerlegt werden.

Neben den Fällen, wo eine einzige Amöbe einen Süßwassernematoden bewältigt und aufnimmt, habe ich auch solche beobachten können, wo zwei oder drei Amöben an der Gefangen- und Aufnahme eines Nematoden sich beteiligen. Bei der Gefangen- und Aufnahme eines Süßwassernematoden von zwei Amöben kann man im allgemeinen zwei Möglichkeiten unterscheiden: Einmal fallen die Amöben fast gleichzeitig einen Nematoden an und nehmen ihn auf, ein anderes Mal eilt eine der beiden Amöben in der Gefangen- und Aufnahme des Süßwassernematoden ihrer Genossin voraus. Sowohl vom hinteren (Schwanz-) als auch vom vorderen (Kopf-) Ende aus vermag die vorausseilende Amöbe einen Süßwassernematoden zu befallen und aufzunehmen.

An dieser Stelle möchte ich noch die Tatsache, daß eine Amöbe einen Wurm vom hinteren (Schwanz-) Ende aus zu bewältigen imstande ist, näher besprechen. Bei der Gefangen- und Aufnahme vom vorderen (Kopf-) Ende könnte man vermuten, daß der befallene Wurm durch die Einwirkung betäubender Säfte des Amöbenprotoplasmas auf die Kopfreionsganglien gelähmt wird. Da aber in der Schwanz-

region ein solcher Einfluß ausgeschlossen ist, bleibt nur die Möglichkeit übrig, daß die Amöbe, resp. ihr Protoplastmakörper sich auf dem Wurmkörper festklebt, etwa wie die Ectoparasiten bei höheren Tieren. Erst nach dieser Festklebung können weitere Vorgänge der Gefangen- und Aufnahme des Wurmes erfolgen.

b) Die Aufnahme von Cyanophyceenfäden
bei *Amoeba vespertilio* PÉNARD.

Bei Aufnahme langer Cyanophyceenfäden sind bei *Amoeba vespertilio* außerordentlich klare und lehrreiche Bilder zu sehen, die die im Vorhergehenden beschriebenen Befunde bestätigen und in glücklicher Weise ergänzen. Bei Berührung, resp. „Wahrnehmung“ des Cyanophyceenfadens von Seite der *Amoeba vespertilio* ist auch hier eine positive Reaktion der Nahrung gegenüber anzunehmen, die zur Folge die Bildung zur Aufnahme der Nahrung bestimmter und geeigneter, ihrem Bau nach wiederkehrender Mechanismen hat.

Die allerersten Stadien der Aufnahme eines Cyanophyceenfadens überzeugen uns schon auf den ersten Blick, daß die Aufnahme dieses Nahrungsmateriales durch Bildung einer mehr oder minder tiefen Protoplastmakörpereinstülpung, wie wir sie bei der Aufnahme der früher beschriebenen Objekte kennengelernt haben, charakterisiert ist. Die Stelle der Nahrungsaufnahme ist dem Algenfaden gegenüber im Protoplastmakörper so gelegen, daß ein einfaches mechanisches Hineintauchen des Algenfadens in das Amöbenprotoplastma unmöglich und ausgeschlossen ist (Fig. 4). Das in Fig. 4 wiedergegebene Stadium ist noch besonders dafür lehrreich, als ein großer Teil des Algenfadens über dem Protoplastmakörper der großen Amöbe liegt. Trotz möglicher Berührung wird der Algenfaden nicht der Länge nach aufgenommen, sondern es bildet sich eine Nahrungsaufnahmeeinstülpung im Protoplastmakörper, die den Algenfaden von seinem vorderen Ende aufnimmt.

Die im ersten Beginn der Aufnahme eines Algenfadens durch die *Amoeba vespertilio* zum Ausdruck kommende Betätigung des Amöbenprotoplastmakörpers läßt sich auch weiter verfolgen (Fig. 5). Da es sich hier um eine Riesenform handelt, konnte in der Abbildung nur ein kleiner Teil des Protoplastmakörpers wiedergegeben werden. In Fig. 5 liegt das vorderste Ende des Algenfadens auf der Mundöffnung der riesigen Einstülpung des Amöbenprotoplastmakörpers. Nur ein kleiner, vorderster Teil des Algenfadens ist in der Abbildung wiedergegeben. Die Einstülpung des Amöbenprotoplastmakörpers befindet sich noch im ersten Anfang, weshalb ihre Wände noch nicht

wie gewöhnlich geradlinig, sondern wellenartig gekrümmt sind. Bald darauf wird die riesige Protoplasmakörpereinstülpung geradlinig, während der Algenfaden in ihr Inneres zu gleiten beginnt.

Die Amöbe muß nicht immer von einem Ende den Algenfaden aufnehmen. Es gibt genug Fälle, wo die Amöbe einen Algenfaden von der Mitte aus zu erfassen und aufzunehmen vermag (Fig. 6). Daß die Amöbe dabei zu einer aktiven Kräftespannung befähigt ist, ersieht man daraus, daß die Amöbe bei der Nahrungsaufnahme den Algenfaden aufrollt. Ohne besonderen, erhöhten Energieaufwand, bloß durch das Spiel mechanisch-physikalischer Oberflächenspannungen ist die Möglichkeit solcher Nahrungsaufnahme kaum zu erklären.

Bisher habe ich die Bildung des sog. „Sphinkters“, resp. der „ringförmigen Verdickung“ nicht berührt. Neben den Nah-

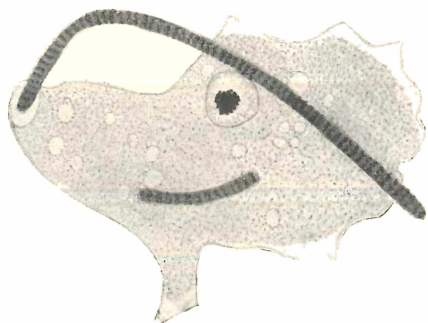


Fig. 4.

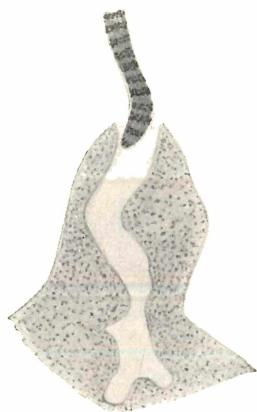


Fig. 5.

Fig. 4—5. Die Aufnahme eines Cyanophyceenfadens.

rungsaufnahmestadien, wo infolge der Präparation die „Sphinkter“-Gebilde, resp. die „ringförmigen Verdickungen“ herausdifferenziert waren und deshalb nicht in Abbildungen zur Darstellung gebracht werden konnten, waren aber auch die zahlreichen Fälle gegeben, wo die Präparation gelungen war und die Gebilde prachtvoll zum Vorschein gekommen waren (Fig. 7 u. 8).

Bei dem in Fig. 7 wiedergegebenen Stadium ist eine Riesenamöbe, eben im Begriff Nahrung aufzunehmen, abgebildet. Von derselben ist nur ein sehr kleiner, die Mundöffnung enthaltender Teil wiedergegeben. Der Mechanismus erinnert hier an jenen der Nahrungsaufnahme bei anderen Protozoen, so daß man mit Recht das Gebilde als Cytostom zu deuten hat. Wir werden also im folgenden es auch als Cytostom bezeichnen. Somit drängt sich die Annahme auf, daß das „Sphinkter“-Gebilde tatsächlich eine wichtige Rolle bei

der Nahrungsaufnahme spielt. Diese Differenzierung stellt einen im weichen Protoplasmakörper entstandenen, festen Trichter dar, der den Durchgang der Nahrungskörper in den Protoplasmakörper ermöglicht. Da diese Differenzierung im Stadium *in vivo* von HAYE (1930) nicht gesehen wurde, ist anzunehmen, daß sie zwar während der Nahrungsaufnahme aufgebaut, nach derselben aber vielleicht wieder abgebaut wird. Wir werden noch im weiteren unzweideutige Belege für diese Annahme gewinnen.

In Fig. 8 ist die Darstellung des echten Cytostoms bei der Aufnahme eines Cyanophyceenfadens in allen seinen Bestandteilen bei

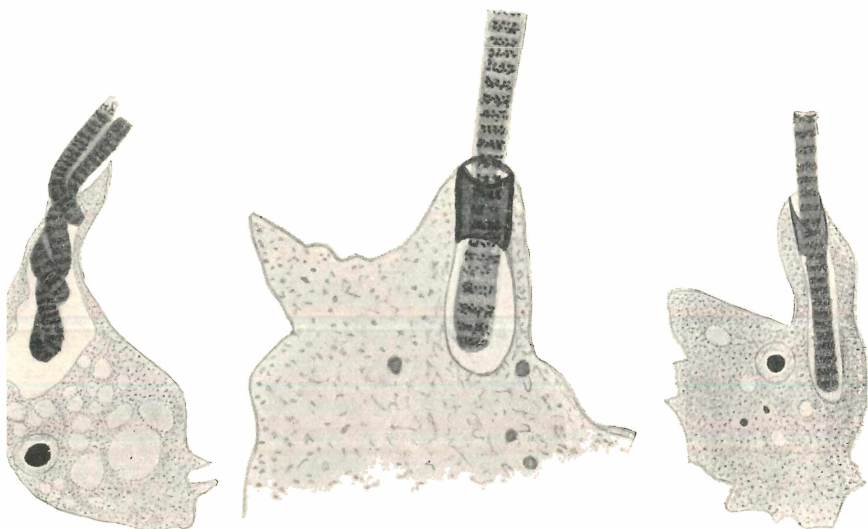


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 6—8. Die Aufnahme eines Cyanophyceenfadens.

der Präparation gelungen. Mehr als die Hälfte des Protoplasmakörpers der Amöbe ist von der Munddifferenzierung durchzogen. Ich möchte noch darauf aufmerksam machen, daß die Amöbe sich hier an der Nahrungsaufnahme mit einem Riesenpseudopodium beteiligt, während der übrige, weit größere, den Kern enthaltende Teil des Protoplasmakörpers fast völlig in Ruhe geblieben ist. Dies ist ein neuer Beweis dafür, daß die Amöbe bei der Nahrungsaufnahme sich nicht wie ein Tropfen einer leblosen Flüssigkeit benimmt, denn nur ein kleiner Teil ihres Protoplasmakörpers besitzt die Fähigkeit, als das für die Nahrungsaufnahme bestimmte Organ zu funktionieren und die dafür notwendige Einrichtung eines besonderen Mundmechanismus aufzubauen.

Eine ganze Reihe hintereinanderfolgender, die Protoplasma-körpereinstülpung unterstützender „Sphinkter“-Gebilde, resp. „ringförmiger Verdickungen“ ist von mir bei der Aufnahme von Algen-fäden durch *Amoeba vespertilio* gefunden worden (Fig. 9). Die hier abgebildete Amöbe hat fast den ganzen Algenfaden in den Protoplasmakörper einverleibt. Nur ein kleiner Teil desselben ragt noch frei hervor. Bei der Aufnahme des Algenfadens sind acht

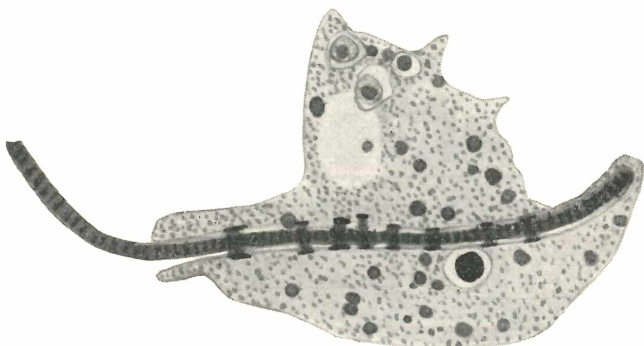


Fig. 9. Die Aufnahme eines Cyanophyceenfadens.

„Sphinkter“-Gebilde, resp. „ringförmige Verdickungen“ zu zählen, was dafür spricht, daß zu Aufnahme des Algenfadens nicht weniger als achtmal die festen, unterstützenden Bestandteile in der Protoplasmakörpereinstülpung gebildet worden sind.

Ich bin auch mehrmals Fällen begegnet, wo zwei oder drei (einige Male auch mehr) Amöben an der Aufnahme eines langen Algenfadens sich beteiligen. Dabei waren auch die Fälle zu treffen, wo die Amöben deutliche Mundapparate zur Nahrungsaufnahme gebildet hatten.

c) Die Aufnahme von Diatomeen und einigen kleineren Nahrungsobjekten durch *Amoeba vespertilio* PÉNARD.

Bei der Aufnahme von Diatomeen und einigen anderen kleineren Objekten baut die *Amoeba vespertilio* die gleichen Mundmechanismen, wie ich sie bisher beschrieben habe. Ich konnte sowohl den Aufbau als auch den Abbau der zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundwerkzeuge beobachten und bei der Präparation darstellen.

Daß mehrere Nahrungskörper durch eine und dieselbe Mundöffnung aufgenommen werden können, beweist das in Fig. 10 wiedergegebene Nahrungsaufnahmestadium. Die Amöbe hat hier durch

den gebildeten Mundmechanismus schon mehrere kleinere Nahrungskörper aufgenommen, während eine kleinere Diatomeenzelle eben durch die Mundöffnung in das Innere des Mundmechanismus einzutreten begriffen ist. Die Stützelemente des festen Plasmas sind auch bei dem Mundmechanismus mit voller Deutlichkeit zu erkennen.

Ich habe das Glück gehabt, den Ein- und Durchgang einer Diatomeenzelle durch die von festen Differenzierungen des Amöbenprotoplasmas gestützte Mundöffnung beobachten zu können (Fig. 11).

Es ist da eine Diatomee zu sehen, die den Durchgang durch die Mundöffnung fast schon durchgemacht hat. Vorher wurde aber höchstwahrscheinlich eine andere Diatomee durch denselben Mundapparat aufgenommen.

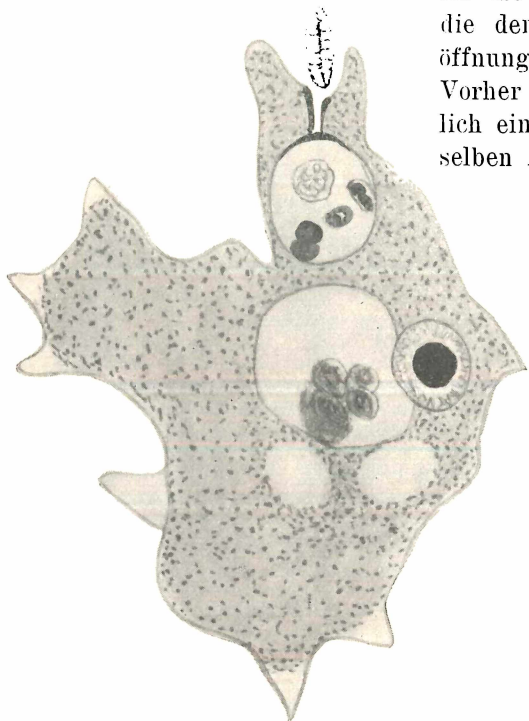


Fig. 10.

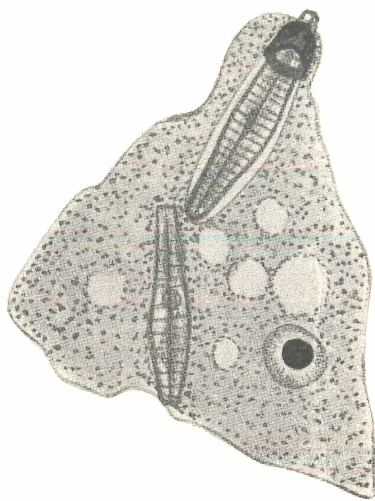


Fig. 11.

Fig. 10—11. Die Aufnahme von Diatomeen und anderen Objekten.

Die Abbauprozesse des Mundapparates nach erfolgter Nahrungsaufnahme sind deutlich in Fig. 12 und 13 zu sehen. Die Amöbe in Fig. 12 hat im ganzen fünf Diatomeenzellen, die in Fig. 13 zwei Diatomeenzellen mit Hilfe des aufgebauten Mundapparates aufgenommen. Im ersten Falle sieht man die fünfte Diatomee noch in Verbindung mit der Öffnung des Mundapparates. Die weiteren vier liegen schon im Amöbenprotoplasmakörper und bei den zwei erst

aufgenommenen hat die Bildung der Mundvakuolen begonnen. Der Abbauprozess des Mundapparates ist in Fig. 12 schon etwas weiter vorgeschritten, da nur noch die Mundöffnung deutlich erhalten ist. In Fig. 13 ist aber auch noch ein Teil des Durchgangskanals zu sehen. Ein Vergleich dieser beiden

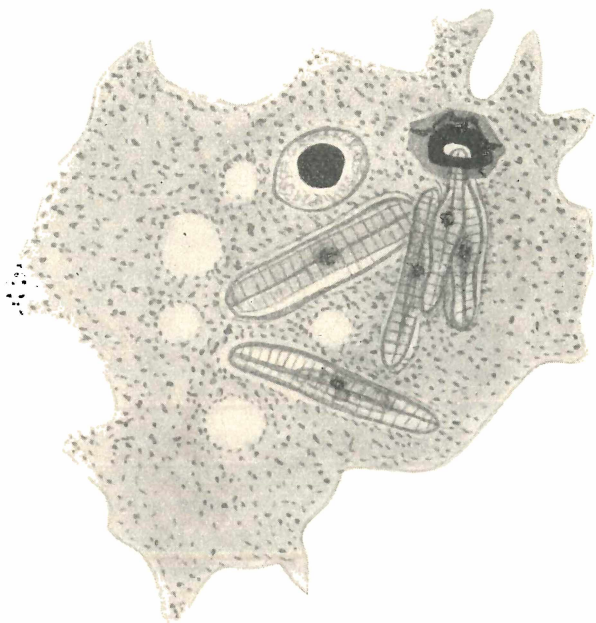


Fig. 12.

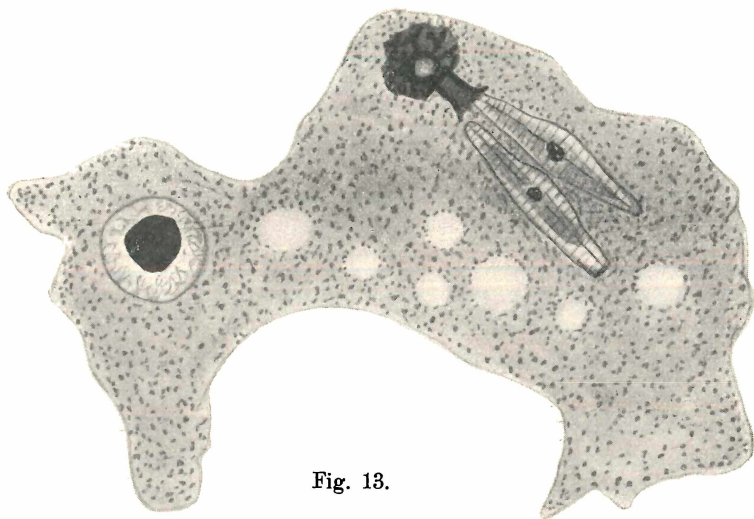


Fig. 13.

Fig. 12—13. Die Aufnahme von Diatomeen und anderen Objekten.

Fälle lehrt, daß der Abbauprozess des Mundapparates nach erfolgter Nahrungsaufnahme bei verschiedenen Stadien mit verschiedener Schnelligkeit vor sich geht. Der Abbauprozess des zur Nahrungs-

aufnahme dienenden Mundapparates nach erfolgter Nahrungsaufnahme ist bei *Amoeba vespertilio* ein Auflösungsprozeß der festen plasmatischen Teile.

d) Die Aufnahme von Kolonien saprophytischer Bakterien durch *Amoeba vespertilio* PÉNARD.

Bei der Aufnahme von Kolonien saprophytischer Bakterien habe ich bei *Amoeba vespertilio* zahlreiche Fälle beobachten können, wo Auf- und Abbauprozess des Mundapparates Schritt für Schritt verfolgt werden konnten. Ich gebe einige Übersichtsbilder wieder, um den merkwürdigen, mit der Bildung des ausgesprochenen Mundapparates verbundenen Nahrungsaufnahmeprozess möglichst klar zur Darstellung zu bringen.

Sobald die Amöbe, während ihres Umherkriechens auf dem Kulturboden, auf die günstige Nahrung in Form von Kolonien der saprophytischen Bakterien gestoßen ist und diese „wahrgenommen“ hat, schickt sie sich zu ihrer Aufnahme an, indem sie die hierzu geeigneten, besonderen Einrichtungen aufbaut. Die Amöbe kann in reger Bewegung in der Richtung der auf ihrem Wege liegenden Nahrung begriffen sein. Ohne die Bewegung zu unterbrechen, kann sie dann den zur Nahrungsaufnahme nötigen Mundmechanismus aufbauen. Wenn sich aber die Nahrung unweit der in relativer Ruhe befindlichen Amöbe befindet und von der Amöbe „wahrgenommen“ wird, kann die Amöbe den zur Nahrungsaufnahme nötigen Mundapparat aufbauen und die Nahrungsaufnahme ausführen, ohne merkliche Bewegungen und Ortsveränderungen durchzumachen (Fig. 14). Gleichgültig ob die Amöbe bei der Nahrungsaufnahme in reger Bewegung begriffen ist oder ob sie sich in einem relativen Ruhezustand befindet, immer wird ein seinem Bau nach regelmäßig wiederkehrender Mundmechanismus aufgebaut, wie wir ihn in vorhergehenden Abschnitten näher kennengelernt und beschrieben haben. Es wird eine deutliche Einstülpung im Amöbenprotoplastmakörper gebildet, mit allen wichtigsten Bestandteilen des Mundapparates: mit einer deutlichen Mundöffnung, einem mehr oder minder entwickelten, trichterförmigen Zufuhrs- oder Durchgangskanal und einem kugelförmigen, mehr oder minder großen, freien Raum, Mundraum, wo die Nahrung aufgenommen wird.

Die Mundöffnung ist besonders deutlich in Fig. 14—16 zu sehen. Die Mundöffnung besteht aus den beschriebenen Strukturen des festen Protoplasmas, das sich mit HEIDENHAIN'schem Eisenhämatoxylin tiefschwarz färbt und sich dadurch vom umgebenden Protoplasma

deutlich unterscheidet. Die Mundöffnung setzt sich in einem trichterförmigen Zufuhr- oder Durchgangskanal fort, der ebenso aus festem Protoplasma aufgebaut wird. Offenbar kommt dieser regelmäßigen Bildung fester Protoplasmastrukturen eine besondere Rolle bei der Nahrungsaufnahme zu, da sie so regelmäßig bei der Nahrungsaufnahme auftreten. Sie erleichtern ohne Zweifel den Durchtritt der aufzunehmenden Nahrung. Außerdem läßt sich auch nicht die Möglichkeit von der Hand weisen, daß die festen Strukturen die Funktion

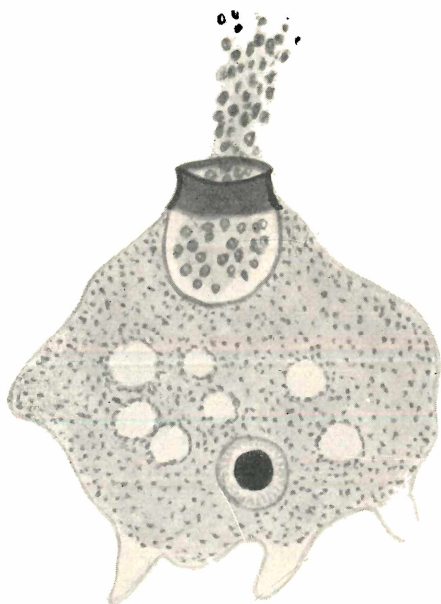


Fig. 14.

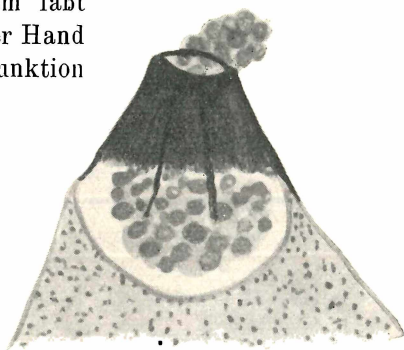


Fig. 15.

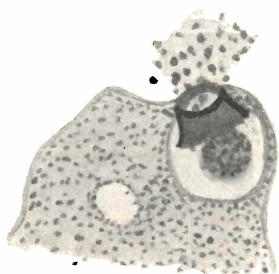


Fig. 16.

Fig. 14—16. Die Aufnahme von saprophytischen Bakterien.

eines Muskelmechanismus leisten könnten, was dies HAMBURGER zuerst angenommen hat. In frischem Zustande scheinen die festen Strukturen noch eine klebrige Beschaffenheit zu besitzen, welche zur Gefangennahme der „wahrgenommenen“ Nahrung (besonders der größeren, lebenden Objekte) dient, um dann allmählich zum Durchgangsassarat zu erstarren. HAYE (1930) sagt ausdrücklich, daß sie sich über das Vorhandensein der „ringförmigen Verdickung“ bei *Phacus pleuronectes* in vivo nicht überzeugen konnte. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß die Strukturen der Beobachtung HAYE's in vivo entweder entgangen sind oder daß die Strukturen auch bei

Flagellaten nur während der Nahrungsaufnahme zum Vorschein kommen. Die Nahrungsvakuole ist als eine Einstülpung des Protoplasmakörpers aufzufassen, welche im allerersten Stadium der Bildung von einem feinen Saum des äußeren Ectoplasmas begrenzt ist. Nach und nach wandelt sich dieser Teil des Ectoplasmas in Entoplasma um, wodurch die eigentliche Nahrungsvakuole gebildet und die Verdauung der aufgenommenen Nahrung eingeleitet wird. Die Bildung der Nahrungsvakuolen bei *Amoeba vespertilio* kommt demnach so wie bei allen mundhaltigen Protozoen (Flagellaten und Infusorien) zustande: Am Grunde des Mundapparates wird der Mundraum zu einer Vakuole, wo die Nahrung enthalten ist. Diese Vakuole rückt dann in das Innere des Protoplasmakörpers. Es besteht hier kein prinzipieller, sondern nur ein gradueller Unterschied zwischen Amöben und den anderen erwähnten Protozoen, da die Amöben bei jeder Nahrungsaufnahme den Mundapparat neubilden, zahlreiche Flagellaten und Infusorien besitzen dagegen im freilebenden Zustande einen solchen Apparat ständig als Organelle.

Der Größe nach unterscheiden sich die Mundapparate bei verschiedenen Amöbenstadien beträchtlich. Riesiggroße Amöben besitzen manchmal viel kleinere Mundwerkzeuge als viel kleinere Individuen. Es ist schwer zu entscheiden, welche Ursache für diese Größenunterschiede bestimmend ist. Wenn die größere Quantität der zur Aufnahme gekommenen Nahrung die Unterschiede in der Größe der Mundwerkzeuge herbeiführt, was wohl nicht ohne weiteres auszuschließen ist, so würde diese Tatsache von besonderer Tragweite sein, denn damit würde es gleichzeitig auch wahrscheinlich, daß die Amöbe es „versteht“ einen größeren Mundapparat aufzubauen, wenn ihr die Aufnahme einer größeren Menge von Nahrung bevorsteht. Eine solche Erscheinung wäre aber nur in der Weise zu erklären, daß die Amöbe imstande wäre, nicht nur die günstige Nahrung zu „unterscheiden“ und „wahrzunehmen“, sondern daß sie auch über ein Quantitätsvermögen, wenigstens in gewissen Grenzen, verfügen würde.

Gleich nach erfolgter Nahrungsaufnahme treten interessante Einzelheiten im Bau des Mundapparates sowie in der Bildung der künftigen Nahrungsvakuole auf. Die aufgenommene Nahrung samt mit dem Mundapparate gelangt immer tiefer in den Amöbenprotoplasmakörper. Die Ortsveränderung wird durch die inneren Bewegungen des Amöbenprotoplasmas herbeigeführt. Dann beginnt der Abbauprozess des Mundapparates, der als ein Auflösungsprozeß der festen Bestandteile des Mundapparates zu bezeichnen ist. Auf welche

Weise der Auflösungs-, resp. Abbauprozess des Mundapparates nach erfolgter Nahrungsaufnahme einsetzt, zeigen die Stadien Fig. 17—19. Im Stadium Fig. 17 ist die Mundöffnung dem Auflösungsprozesse besonders schnell unterlegen, der Durchgangskanal aber ist im großen und ganzen noch erhalten. Es ist aber auch der umgekehrte Fall möglich, wie das Stadium Fig. 18 zeigt, wo die Mundöffnung noch intakt erhalten geblieben ist, das feste Material des Durchgangskanals dagegen nur als formlose Masse erübrigt ist.

Der Auflösungsprozeß des Mundapparates kann manchmal so schnell vor sich gehen, daß bald weder die Mundöffnung noch der Zufuhr-, resp. Durchgangskanal nicht mehr zu unterscheiden sind. Das eine steht aber auch hier ganz fest, nämlich: daß nach dem Abbauprozesse der

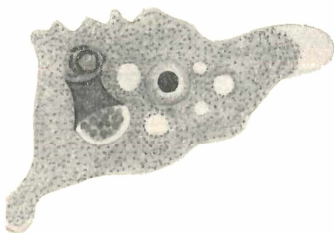


Fig. 17.

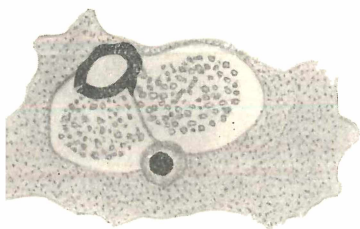


Fig. 19.

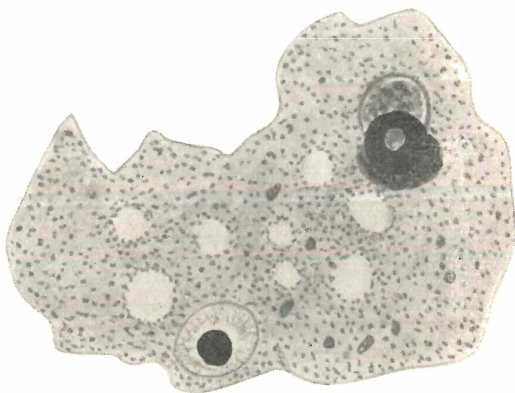


Fig. 18.

Fig. 17—19. Die Aufnahme von saprophytischen Bakterien.

festen Elementen des Mundapparates der Mundraum als Nahrungsvakuole regelmäßig übrigbleibt. Auf dem Wege der direkten Beobachtung konnten wir uns also wieder überzeugen, daß die Bildung der Nahrungsvakuolen bei Amöben mit jener bei Flagellaten und Infusorien in völlig gleicher Weise vor sich geht: Jede Nahrungsvakuole wird auch hier in engem Zusammenhange mit dem Mundapparate gebildet, nur mit dem nicht prinzipiellen Unterschiede, daß die Amöben bei jeder Nahrungsaufnahme ein Mundapparat aufbauen und ihn nach erfolgter Nahrungsaufnahme wieder abbauen (Fig. 19). Beim Stadium Fig. 19 ist von den festen Elementen des Mundapparates nur noch eine ringförmige Struktur übriggeblieben. Noch ist bei dem Stadien ins Auge zu fassen, daß

die ursprünglich einheitliche, riesige Nahrungsvakuole sich in zwei Tochtervakuolen zu teilen beginnt. Dies erfolgt durch Bildung einer zarten Scheidewand des Amöbenprotoplasmas etwa in der Mitte der riesigen Nahrungsvakuole. Somit ist uns bei dem Stadium auch eine Art der Zerstückelung und der Zerkleinerung der aufgenommenen Nahrungsmasse bei *Amoeba vespertilio* gegeben. Die Teilung einer riesigen Nahrungsvakuole in die immer kleineren durch die aktive Beteiligung des Amöbenprotoplasmas wird ohne weiteres klar, sobald wir daran gedenken, daß durch die Bildung mehrerer kleinerer Nahrungsvakuolen die aufgenommene Nahrung an die immer größeren Partien des Amöbenprotoplasmakörpers verteilt wird, so daß damit in der Nahrungsverdauung immer größere Partien des Amöbenplasmas teilnehmen. Daß dadurch auch die gleichmäßigere Verteilung der Nahrungsassimilate gleichzeitig erzielt wird, ist ohne weiteres klar.

Die Aufnahme von saprophytischen Bakterien bei jugendlichen Stadien von *Amoeba vespertilio* findet in gleicher Weise statt wie bei erwachsenen Formen. Die durch multiple Teilung der encystierten, erwachsenen Formen hervorgebrachten, jugendlichen Stadien nehmen nach dem Freiwerden die Nahrung in Form von Bakterien sehr begierig auf. An ihnen sind bei gelungener Präparation die gleichen, zur Aufnahme der Bakterien bestimmten Mundmechanismen festzustellen, welche wir im Vorhergehenden bei den erwachsenen Formen kennengelernt haben. Noch sei die merkwürdige Erscheinung erwähnt, daß eine Amöbe gleichzeitig mehrere, zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundapparate aufzubauen imstande ist. Dabei sind die auf verschiedener Stufe des Auf- und Abbauprozesses stehenden Mundapparate nebeneinander zu treffen.

e) Die Gefangen- und Aufnahme einiger anderer Nahrungsobjekte durch *Amoeba vespertilio* PÉNARD.

In diesem Abschnitte möchte ich vereinzelt Fälle von Gefangen- und Aufnahme verschiedener Nahrungsobjekte beschreiben, durch welche die im Vorhergehenden vorgetragenen Befunde die erwünschte Ergänzung finden mögen.

Ein treffendes Beispiel, daß die Nahrungsaufnahme bei Amöben nicht ein einfaches Spiel von mechanisch-physikalischen Kräften der Oberflächenspannung in leblosen Flüssigkeiten ist, geben die Fälle von Gefangen- und Aufnahme freilebender Infusorien durch *Amoeba vespertilio* (Fig. 20—23). In Fig. 20 hat eine *Amoeba vespertilio* gerade ein frei umherschwimmendes Infusor gefangengenommen. Bei

Berührung des Infusors hat die Amöbe die günstige Nahrung „wahrgenommen“ und sogleich auch „erfaßt“. Zu diesem Behufe sandte sie ein breites Pseudopodium aus, in welchem die Bildung des



Fig. 20.

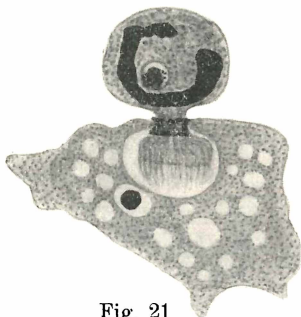


Fig. 21

Mundapparates mit Ausscheidung fester Strukturen begonnen hat. Das Stadium Fig. 20 liefert wohl die Belegedafür, daß auf dem allerersten Stadium der Ausscheidung der festen Protoplasmastrukturen dem Materiale eine klebrige Beschaffenheit zukommt, durch welche entweder das Opfer im ersten Augenblicke der Gefangennahme festgehalten wird oder die Amöbe an das

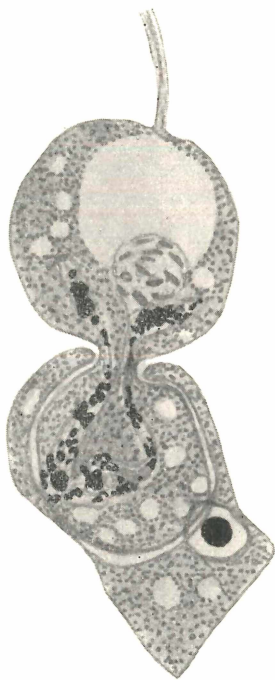


Fig. 22.

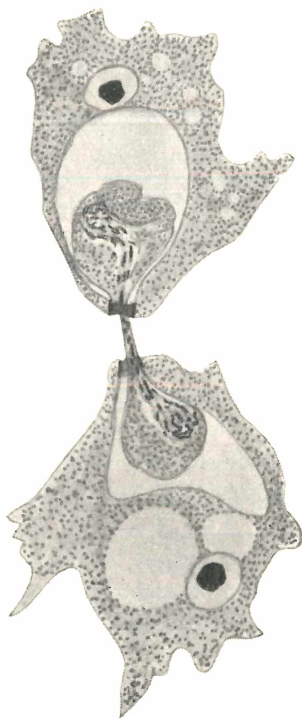


Fig. 23.

Fig. 20—23. Die Gefangen- und Aufnahme einiger anderer Objekte.

Opfer festgeklebt ist. Die letzte Möglichkeit scheint mir wahrscheinlicher zu sein. Zugunsten der Annahme scheinen mir besonders die Fälle der Gefangen- und Aufnahme der großen und manchmal sogar riesigen Objekte, die die Größe und die Kraft einer Amöbe um mehrmals übertreffen, zu sprechen (z. B.: die Gefangen- und Aufnahme der riesigen freilebenden Süßwassernematoden durch *Amoeba vespertilio*). Nachdem der Amöbe gelungen ist, an das Opfer sich so wie etwa ein Ectoparasit festzukleben, kommt sie in die Lage, das Opfer nach und nach umzufließen und einzuverleiben. Daß aber die Tätigkeit kaum als ein einfaches Spiel der mechanisch-physikalischen Kräfte der Oberflächenspannung des Amöbenprotoplastmakörpers zu deuten ist, wird ohne weiteres klar.

Die in Fig. 21 und 22 wiedergegebenen Stadien stellen Fälle vor, wo eine *Amoeba vespertilio* eine frei umherschwimmende Vorticelle vom vorderen Ende gefangengenommen und aufzunehmen begonnen hat. In Fig. 21 ist die Vorticelle von der adoralen Zone erfaßt worden. Der Cilienkranz der adoralen Zone ist noch deutlich zu sehen. Der zur Aufnahme bestimmte Mundapparat ist in allen seinen wichtigen Bestandteilen deutlich zu erkennen. Wie im Stadium Fig. 21, ist auch in Fig. 22 die aktive Betätigung der Amöbe bei der Gefangennahme der Vorticelle auf den ersten Blick zu erkennen. Ein passives Hineinsinken der Vorticelle in den Amöbenprotoplastmakörper bei zufälliger Berührung ist hier wohl entschieden in Abrede zu stellen. Das in Fig. 22 wiedergegebene Stadium liefert eine wertvolle Ergänzung und Bestätigung zur Annahme der aktiven Betätigung der Amöbe bei der Nahrungsaufnahme. Leider ist es bei der Präparation nicht gelungen, alle Bestandteile des Mundapparates voll zur Darstellung zu bringen. Berücksichtigt man aber die Größe der Amöbe und jene der gefangengenommenen Vorticelle, so fällt es auf, daß die fast um die Hälfte kleinere Amöbe sich nicht wie ein passiver Tropfen einer leblosen Flüssigkeit benimmt, sondern daß die kleinere Amöbe der viel größeren Vorticelle gegenüber sich wie ein echtes Raubtier bei Ausführung eines Anfalles benimmt.

Ich habe auch die Fälle beobachtet, wo zwei Amöben eine Vorticelle gefangengenommen und aufzunehmen begonnen haben (Fig. 23). Bei beiden Amöben sind die zur Aufnahme nötigen Mundapparate in typischer Weise aufgebaut. Was aber in diesem Falle von besonderem Interesse ist, ist die Zugkraft und der Energieaufwand, welche die beiden Amöben bei Aufnahme einer und derselben Vorticelle äußern. Denn nur durch die Annahme einer solchen

Zugskraft und eines bedeutenden Energieaufwandes ist es zu erklären, daß die gefangengenommene Vorticelle samt ihrem Großkerne in derartiger Weise ausgezogen wird. Wenn die Vorticelle in die beiden Amöben wie in zwei Tropfen einer leblosen Flüssigkeit hineinsinken würde, bliebe das Ausziehen ihres Leibes und Kernes unerklärlich.

In einer früheren Arbeit habe ich das Vorkommen von Kannibalismus bei *Amoeba vespertilio* erwähnt (IVANIĆ, 1927). Diese Erscheinung haben bei dieser Amöbe zuerst DOFLEIN (1907) und dann LAPAGE (1922) beobachtet und näher beschrieben. An dieser Stelle möchte ich einen speziellen Fall von Kannibalismus bei *Amoeba vespertilio* etwas näher mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme beschreiben. In meinen Kulturen von *Amoeba vespertilio* konnte ich zwei Arten von Kannibalismus beobachten: Im ersten Falle inkorporierte das Kannibaltier allmählich die ganze Schwesteramöbe in seinen Protoplasmakörper; im zweiten Falle wird nur ein Teil des Protoplasmakörpers der Schwesteramöbe aufgenommen und von dem übrigen Protoplasmakörper der Schwesteramöbe losgerissen. Im ersten Falle handelt es sich um einen „totalen Kannibalismus“ oder einfach um Kannibalismus; im zweiten Falle um einen „Partialkannibalismus“.

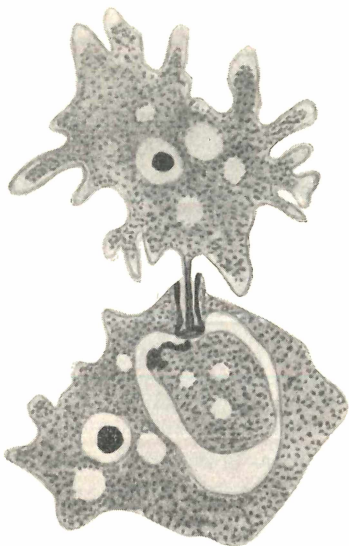


Fig. 24. Die Gefangen- und Aufnahme einiger anderer Objekte.

Ich nehme Abstand davon, den „totalen Kannibalismus“ an dieser Stelle zeichnerisch zur Darstellung zu bringen. Es sei mir gestattet, hier nur einen Fall des „Partialkannibalismus“ wiederzugeben und näher zu beschreiben (Fig. 24). Wie ersichtlich, werden beim „Partialkannibalismus“ ebenso wie bei der gewöhnlichen Nahrungsaufnahme die zur Aufnahme der Nahrung bestimmten, schon näher beschriebenen Mundapparatstrukturen gebildet. Die Kannibalamöbe hat nur einen Teil des „Protoplasmakörpers“ der Schwesteramöbe aufgenommen und denselben von dem übrigen Opfertier abgerissen. Dort, wo der aufgenommene Teil des Protoplasmas noch mit dem Mutterprotoplasma in Berührung steht, ist ein deutliches, napfartiges

Gebilde zu sehen, welches der Stelle des Abreißen entspricht. Auch die Fälle von „Partialkannibalismus“, sowie von Kannibalismus im allgemeinen lassen sich nicht rein mechanisch, durch physikalische Gesetze erklären. Sobald wir aber annehmen, daß die Kannibalamöbe an diesem Räuberakt so wie jedes Raubtier aktiv beteiligt ist und dabei einen ganz erheblichen Energieaufwand leistet, versteht sich der Kannibalismus, resp. der „Partialkannibalismus“ von selbst. Die große Angriffsfähigkeit der Kannibalamöbe geht besonders deutlich aus den häufig vorkommenden Fällen hervor, wo ein Teil des Protoplastmakörpers einer Riesenamöbe von einer vielfach kleineren Kannibalamöbe angegriffen wird und teilweise aufgenommen ist.

3. Beschreibung der einzelnen, bei der Nahrungsaufnahme vorkommenden Fälle bei *Amoeba iuvenalis* IVANIĆ.

Als *Amoeba iuvenalis* habe ich vor Jahren eine mittelgroße Amöbe beschrieben (IVANIĆ, 1924), bei deren Präparation es mir gelungen war, auch zahlreiche Nahrungsaufnahmestadien zur Darstellung zu bringen (Fig. 25—31). Die Resultate dieser Nahrungsaufnahmeuntersuchungen an *Amoeba iuvenalis* ergänzen willkommen die an *Amoeba vespertilio* erhobenen Befunde.

Das allererste Stadium, das mir zu finden gelungen war, ist in Fig. 25 dargestellt. Hier ist ein Palmellastadium durch den zur Nahrungsaufnahme aufgebauten Mundapparat höchstwahrscheinlich schon aufgenommen worden. Die Aufnahmekavität hat sich abgelöst. Nach erfolgter Aufnahme des ersten kommt ein zweites Palmellastadium zur Aufnahme. Ein typischer Mundapparat ist zur Nahrungsaufnahme gebildet. Die stützenden Elemente des festen Protoplastas sind so deutlich als nur möglich zu sehen. Am Grunde des Zufuhr- oder Durchgangskanals befindet sich die breite, flaschenförmige Einstülpung, der Mundraum oder die künftige Nahrungskavität. Außerdem ist aus dem Mundapparate ein tentakelartiges, homogen erscheinendes Gebilde ausgezogen, das bis an das Palmellastadium von *Euglena viridis* heranreicht. Bei aufmerksamer Beobachtung sieht man, daß es sich hier um ein protoplasmatisches Gebilde handelt. Diese Erscheinung ist kaum anders zu erklären als durch die Annahme, daß die aufzunehmende Nahrung (in dem Falle das Palmellastadium von *Euglena viridis*) durch das „zungenartige“ Gebilde gefangen- oder festgenommen und in den Mundraum hineingezogen wird. Die Amöbe besitzt also nicht nur den zur Nahrungsaufnahme nötigen „Mund“, sondern verfügt auch noch über eine

„Zunge“, die etwa so wie die echte Zunge bei der Nahrungsaufnahme zu funktionieren scheint.

Der Durchgang der aufzunehmenden Palmellastadien von *Euglena viridis* ist in Fig. 26 dargestellt. Wenngleich die Mundöffnung beim

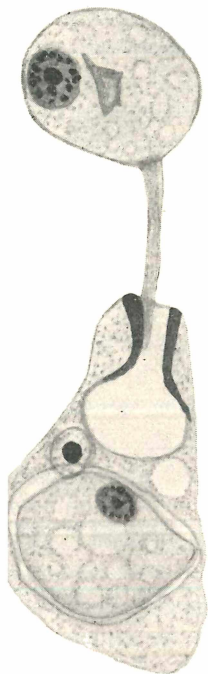


Fig. 25.

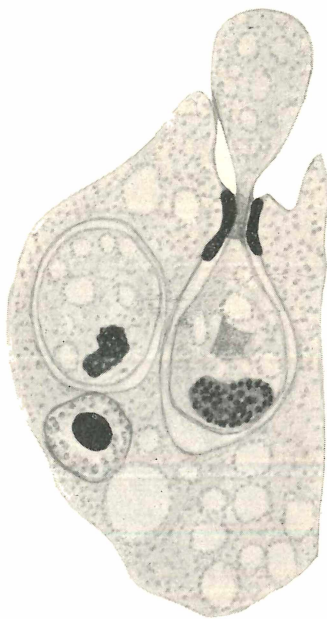


Fig. 26.

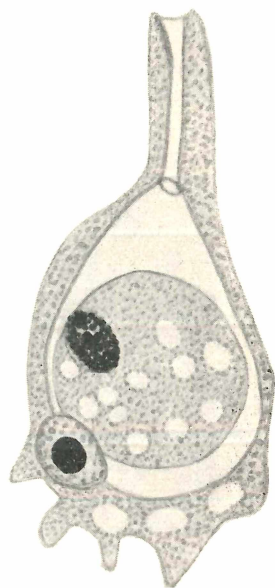


Fig. 27.

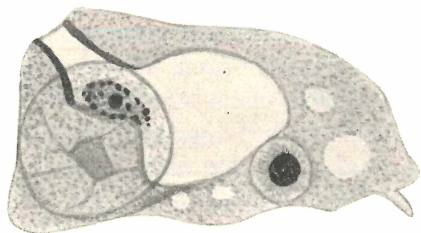


Fig. 28.

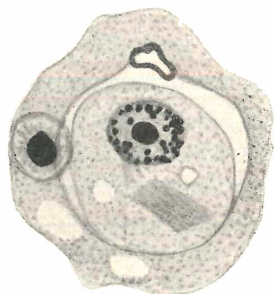


Fig. 29.

Fig. 25—29. Die Aufnahme der Palmellastadien von *Euglena viridis*.

Stadium in Fig. 26 außerordentlich eng ist, schreitet die Aufnahme des Palmellastadiums doch weiter fort. Seine größere, kernhaltige Hälfte ist schon aufgenommen. Das Palmellastadium ist durch die

schmale Mundöffnung in der Mitte stark verengt und ausgezogen. Durch welche Kraft getrieben kann das Palmellastadium die enge Mundöffnung passieren? Dies ist nur möglich durch eine aktive Kraft der Amöbe selbst, zumal von einem „zungenartigen“ Gebilde in dem Stadium keine Spur zu sehen ist. Die allgemeinen Kräfte des mit Mundapparaten bewaffneten Amöbenprotoplastmakörpers sind als hinreichend genügend dazu zu betrachten.

Die folgenden Stadien liefern weitere Belege für die Anschauung, daß die Nahrungsaufnahme bei Amöben regelmäßig durch Bildung besonderer, der Nahrungsaufnahme dienender Mundapparate erfolgt

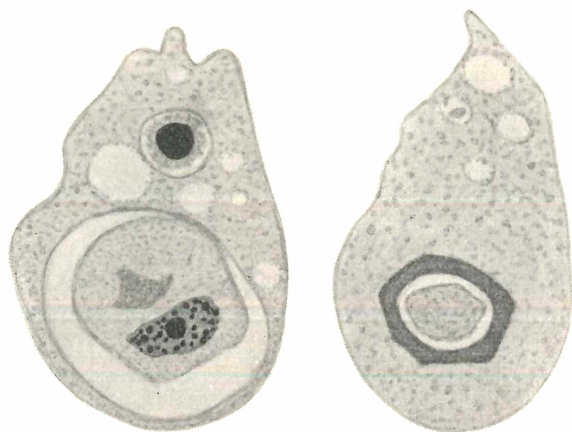


Fig. 30.

Fig. 30a.

Fig. 30—30a. Die Aufnahme der Palmellastadien von *Euglena viridis*.

(Fig. 27). Im Falle Fig. 27 sind die wichtigsten Bestandteile des Mundapparates mit voller Deutlichkeit zu erkennen. Die Mundöffnung, der Zufuhr- oder Durchgangskanal und der Mundraum (die künftige Nahrungsvakuole) sind deutlich zu sehen. Bei der Präparation sind die Stadien nur etwas stärker ausgezogen.

Ich konnte auch den Abbau des zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundapparates bei *Amoeba iuvenalis* Schritt für Schritt verfolgen (Fig. 28—30 a). So wie z. B. bei der Aufnahme von Bakterien durch *Amoeba vespertilio* der Auflösungsprozeß der einzelnen Teile des Mundapparates mit ungleicher Schnelligkeit vor sich geht, so ist dies auch bei *Amoeba iuvenalis* der Fall. In Fig. 28 ist die Mundöffnung bereits spurlos verschwunden, der Zufuhr-, resp. Durchgangskanal dagegen noch recht gut erhalten. In Fig. 29 und 30 u. 30a dagegen ist der Zufuhr-, resp. Durchgangskanal spurlos verschwunden während die Mundöffnung noch deutlich zu sehen ist. Die Bildung der Nahrungsvakuole findet dabei in der Weise statt, daß Mundöffnung und Zufuhr-, resp. Durchgangskanal allmählich der Auflösung anheimfallen, so daß vom Mundapparate nur der ursprüng-

liche Mundraum als Nahrungsvakuole übrigbleibt. In Fig. 30 u. 30a ist eine und dieselbe Amöbe, in zwei verschiedenen optischen Ebenen betrachtet, wiedergegeben. In Fig. 30 liegt ein Palmellastadium von *Euglena viridis* in einer riesigen Nahrungsvakuole. Betrachtet man aber dasselbe Stadium in einer anderen optischen Ebene, bei etwas höherer Einstellung des Tubus, so erkennt man, daß der Abbauprozess des Mundapparates noch nicht völlig beendet ist, denn die riesenbreite Mundöffnung ist noch erhalten geblieben. Durch die breite Mundöffnung ist ein Teil des Protoplasmakörpers des Palmellastadiums von *Euglena viridis* deutlich zu sehen.

Daß die Bildung des zur Nahrungsaufnahme nötigen Mundapparates eine regelmäßige Erscheinung darstellt, beweisen auch jene Fälle, in welchen *Amoeba iuvenalis* Bakterien aufnimmt. In Fig. 31 ist eine erwachsene *Amoeba iuvenalis* wiedergegeben, die gerade in der Aufnahme von Bakterien begriffen ist. Wie ersichtlich, sind mehrere Bakterien schon aufgenommen worden, die anderen aber im Begriffe, durch den Mundapparat durchzutreten. Der Mundapparat weist denselben, bisher kennengelernten Bau auf.

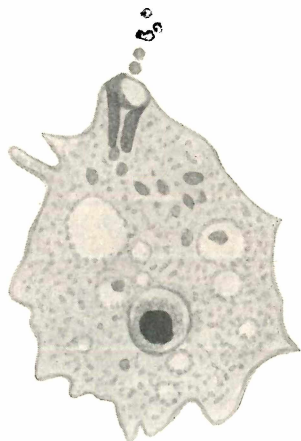


Fig. 31. Die Aufnahme der Palmellastadien von *Euglena viridis*.

4. Die Nahrungsaufnahme bei *Hartmannella spec.*?

Wenngleich ich noch nicht Zeit gefunden habe, meine vor einigen Jahren hergestellten Präparate von einer *Hartmannella*-Art systematisch zu studieren, möchte ich doch eine gelegentliche Beobachtung erwähnen, weil sie mit den in dieser Arbeit niedergelegten Befunden im Zusammenhang steht.

In Fig. 32 ist ein kleines *Hartmannella*-Individuum bei sehr starker Vergrößerung gezeichnet, um alle Einzelheiten möglichst deutlich zur Ansicht zu bringen. Ein *Oscillaria*-Faden ist fast zu zwei Dritteln aufgenommen. Diese Aufnahme ist durch die Bildung eines deutlichen Mundapparates ermöglicht worden. Diese Aufnahme erfolgt, ohne daß das sich ernährende Tier gezwungen war, irgendwelche Ortsbewegung auszuführen. Dieser Befund läßt sich wohl nur in der Weise deuten, daß nur durch Bildung des Mundapparates

die *Hartmannella* befähigt wurde, einen so langen *Oscillaria*-Faden zu inkorporieren. Innere Bewegungen des Amöbenprotoplastmakörpers spielen hierbei die wesentliche Rolle, was implizite besagt, daß die Amöbe sich bei der Nahrungsaufnahme als ein selbständiger Organismus benimmt und nicht einfach wie ein Tropfen lebloser Flüssigkeit.

5. Vergleich der in dieser Arbeit über die Nahrungsaufnahme der Amöben erhobenen Befunde mit denen früherer Autoren.

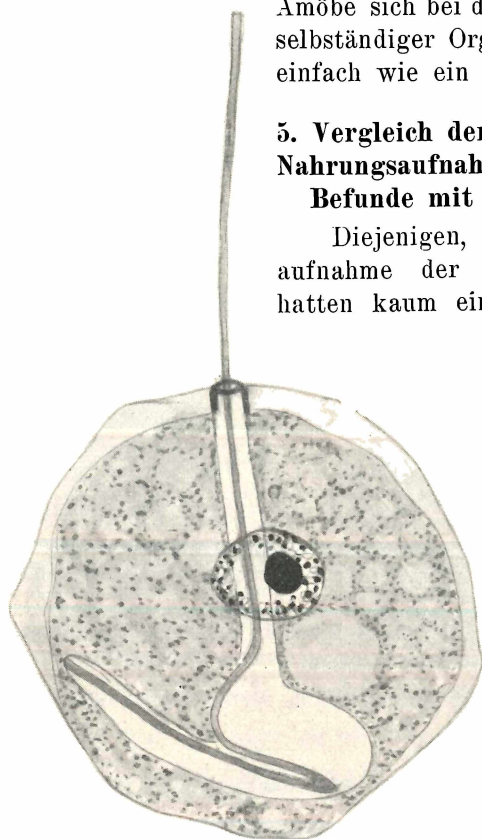
Diejenigen, die sich mit der Nahrungsaufnahme der Amöben beschäftigt haben, hatten kaum eine Ahnung von der Bildung eines zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundwerkzeuges bei diesen Organismen. Und doch kann man bei aufmerksamer Durchsicht der Literatur sich leicht davon überzeugen, daß die Mundbildung bei Amöben schon von früheren Forschern mehr oder minder deutlich beobachtet, ja sogar mehr oder minder zutreffend beschrieben worden ist.

So hat selbst der Begründer der mechanisch-physikalischen Erklärung der Nahrungsaufnahme

Fig. 32. Nahrungsaufnahme bei *Hartmannella* spec. ?

bei Amöben RHUMBLER (1898), in seiner klassischen Arbeit, eine Reihe von Beobachtungen mitgeteilt, aus denen deutlich hervorgeht, daß RHUMBLER die bei der Nahrungsaufnahme der Amöben stattfindende Mundbildung gesehen hat, sie aber nicht erkannt und nicht richtig gedeutet, da er sich nur auf die Beobachtungen in vivo stützte.

RHUMBLER hat schon gesehen, daß die Nahrungskörper, welche keine selbständige Bewegung besitzen, in den Amöbenprotoplastmakörper hineinsinken, ohne daß dabei die Amöbe irgendwelche sichtbare Bewegungen ausführt: „... Es ist klar, daß bei solchem Verhalten



der Fremdkörper selbst in einer Bewegung nach dem Amöbeninnern sein muß. Er bleibt nicht passiv liegen . . ., sondern er selbst bewegt sich in die Amöbe hinein, er wird in die Amöbe hineingezogen oder von unsichtbaren Kräften in sie hineingedrückt (S. 201).“ — „Daß die Fremdkörper nicht durch eigene Bewegung in die Amöbe vordringen, ist selbstredend, denn die meisten besitzen gar keine Werkzeuge zu eigener Bewegung, ebensowenig ist es wahrscheinlich, daß äußere Druckkräfte den Fremdkörper in das Amöbeninnere eintreiben. Es bleibt nur die Annahme, daß die Amöbe den Fremdkörper hineinzieht, aber hineinzieht, ohne unter Umständen irgendwie hervortretende Bewegungen zu machen (S. 201/202).“ Wie ersichtlich, hat RHUMBLER die auf dem Wege des Einstülpungsprozesses des Amöbenprotoplastmakörpers vor sich gehende Nahrungsaufnahme, wie ich sie beschrieben habe, sehen müssen. Durch die mehr oder minder tiefe und rasche Bildung der Einstülpung ihres Protoplastmakörpers ruft die Amöbe mehr oder minder starken Strudel im umgebenden Wasser hervor, wodurch die Nahrungskörper in den Mundapparat hineingezogen werden. Die „unsichtbaren Kräfte“ RHUMBLER's werden auf die Weise leicht erklärt: sie entpuppen sich doch als „äußere Druckkräfte“, die „den Fremdkörper in das Amöbeninnere eintreiben“. Auf die Weise wird es auch verständlich, warum die Amöbe bei einer solchen Art der Nahrungsaufnahme keine „hervortretende Bewegungen“ zu machen braucht.

Bei der Aufnahme von *Zoogloea*-Haufen durch *Amoeba verrucosa* hat RHUMBLER nicht nur die gewöhnliche Mundbildung, sondern sogar die gleichzeitige Bildung mehrerer Mundapparate beobachtet und dabei ganz richtig hervorgehoben, daß nur die die Nahrung aufnehmenden Amöben den infolge des Einstülpungsprozesses durchlöcherten Plasmaleib besitzen: „. . . sieht es oft aus, als ob der Leib der Amöbe von oben gewaltsam durchlöchert worden sei und als ob dann die Löcher mit Zoogloeen ausgestopft waren . . . Ähnliche Ringbildungen und Durchlöcherungen kommen bei Amöben, die nicht mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt sind, niemals vor; die Vorgänge sind für die Nahrungsaufnahme allein charakteristisch (S. 206/207).“

Auch die bei der Aufnahme von Oscillarienfäden durch RHUMBLER bei *Amoeba verrucosa* erhobenen Befunde sind nur in dem Sinn zu deuten, daß die Aufnahme auf dem Wege einer Mundbildung vor sich geht: „Ich habe die Schnittpräparate durch ein ganzes Nest von Amöben, in welchen die Entoplasmateile der Amöben vollständig gelöst oder wenigstens aus den Ectoplasmateilen spurlos herausgefallen sind . . . Von den Amöben sind bloß vollständig hautartig

erscheinende Ectoplasmahülle und etwa in der Amöbe vorhanden gewesene Oscillarienfäden erhalten geblieben. Nun sieht man um die Oscillarienknäuel in vielen Fällen eine glashelle Hülle, die im Aussehen ganz der Ectoplasmahülle entspricht, und die ihre ectoplasmatische Herkunft außerdem noch dadurch verrät, daß sie mit dem äußeren Ectoplasma noch durch einen aus derselben glashellen Substanz bestehenden Stiel zusammenhängt . . . (S. 207/208).“ Sobald RHUMBLER die Beobachtungen in vivo zum erstenmal mit den Beobachtungen des präparierten Materiales vervollständigte, hat er, wie ersichtlich, die auf dem Wege eines Einstülpungsprozesses des äußeren Ectoplasmas vor sich gehende Bildung des Nahrungsaufnahmемundapparates bei Amöben im großen Ganzen gut beobachtet und richtig beschrieben und abgebildet.

*

*

*

Wie ich aus der Arbeit von GROSSE-ALLERMANN (1909) ersehe, hat PÉNARD (1902 und 1905) in zwei mir leider unzugänglichen Arbeiten bei *Amoeba terricola* die durch den sog. Invaginationsprozeß (= Protoplastmakörpereinstülpung, wie ich sie nenne) des Amöbenprotoplasmas stattfindende Nahrungsaufnahme beobachtet: „PÉNARD . . . schließt mit Recht aus dem häufigen Auftreten des Invaginationsprozesses auch auf ihr Mitwirken bei der Nahrungsaufnahme, und später gelingt es ihm, auch eine solche zu beobachten, die er kurz beschreibt (GROSSE-ALLERMANN, S. 222).“

GROSSE-ALLERMANN selbst hat die Mundbildung bei der Aufnahme einer *Euglypha* durch *Amoeba terricola* in vivo gesehen und in folgender Weise beschrieben: „... An der Stelle . . . wo die Schalenöffnung (von *Euglypha*) ihre (der *Amoeba terricola*) Oberfläche berührte, ging ein tiefer Kanal in das Innere (von *Amoeba terricola*) hinein . . . gleich an seiner Einmündungsstelle verengte er sich trichterförmig bis etwa auf $\frac{1}{3}$ seines Durchmessers und durchzog dann in gleicher Breite von längsgefältelten, stark lichtbrechenden Wänden umgeben, fast das ganze Tier, um in einer blasigen Anschwellung blind zu endigen . . . (S. 222).“ Bei der Beobachtung der Aufnahme einer *Euglypha* in vivo durch *Amoeba terricola* hat GROSSE-ALLERMANN, wie ersichtlich, alle drei Bestandteile des Mundapparates deutlich unterscheiden können: die Mundöffnung, den Zufuhr-, resp. Durchgangskanal und den Mundraum, der der künftigen Nahrungsvakuole entspricht.

Die Gefangen- und Aufnahme eines kleinen, frei umherschwimmenden Infusors durch *Amoeba terricola* wird nach den Beobachtungen

in vivo von GROSSE-ALLERMANN auch von der auf dem Wege der Protoplasmakörpereinstülpung zustandekommenden Mundbildung begleitet: „... Eines der Tierchen berührte die Oberfläche (von *Amoeba terricola*), sofort bildete sich an derselben Stelle eine Einsenkung ... in die das Infusor hineinsank. Oberhalb schloß sich die Höhlung bis auf einen kleinen Kanal (S. 223).“

In einem Falle von Kannibalismus bei *Amoeba terricola* hat GROSSE-ALLERMANN sowohl die Mundbildung als auch die aktive Betätigung der kannibalen Amöbe beobachtet und sehr trefflich beschrieben: „Die Invaginationsvorgänge erfordern lange Zeit und müssen mit großer Kraftanstrengung vor sich gehen. Das zeigte sich deutlich in einem Falle, wo die aufgenommene Nahrung plastischere Konsistenz besaß. Es schien eine kleine *Amoeba terricola* zu sein, denn nur noch ein kleiner Teil ragte als kugelige Anschwellung aus dem Kanal heraus. Der andere aber war durch die Invagination ganz in die Länge gepreßt und paßte sich der langen, schlauchartigen Gestalt des Kanals vollständig an. Sehr langsam verschwand das Tier mehr und mehr in demselben, während das bläschenförmige Ende sich erweiterte, um, wie es schien, das ganze Tier aufnehmen zu können (S. 223).“

* * *

In seinem bekannten Werke hat JENNINGS (1910) auch einige Fälle von Nahrungsaufnahme bei *Amoeba proteus* beschrieben und durch entsprechende Abbildungen zur Anschauung gebracht, aus denen zu ersehen ist, daß bei der Nahrungsaufnahme von *Amoeba proteus* die derselben dienende Mundbildung regelmäßig vorkommt.

Bei der Aufnahme von *Euglena*-Cysten durch *Amoeba proteus* sagt JENNINGS ausdrücklich, daß „die Cyste ... zugleich mit einem kleinen Wassertropfen vollständig eingeschlossen war (S. 18)“. Daraus ist wohl mit Recht der Schluß zu ziehen, daß die Nahrungsaufnahme durch die Protoplasmakörpereinstülpung eingeleitet und ausgeführt wird, denn nur so kann um den Nahrungskörper der freie Raum „mit einem kleinen Wassertropfen“ entstehen.

In Fig. 18₁₋₁₄ (S. 18) gibt JENNINGS die Aufnahme einer *Euglena*-Cyste wieder. Diese Bilder lassen auf den ersten Blick die mit der Protoplasmakörpereinstülpung verbundene Mundbildung erkennen. Auch in einem Falle von „Partialkannibalismus“ hat JENNINGS bei *Amoeba proteus* die Bildung des Mundapparates gesehen und bringt sie in Abbildungen zur Darstellung. Fig. 21₁₋₅ liefern hierfür den unzweideutigen Beweis.

* * *

GRUBER (1912) ist ein eifriger Anhänger der RHUMBLER'schen Erklärung der Nahrungsaufnahme bei Amöben. So wie RHUMBLER, PÉNARD, GROSSE-ALLERMANN und JENNINGS hat aber auch er unzweideutige Stadien von Mundbildung bei der Nahrungsaufnahme durch *Amoeba proteus* beobachtet und beschrieben.

Die Gefangen- und Aufnahme der frei lebenden Infusorien durch *Amoeba proteus* beschreibt GRUBER wie folgt: „... Ist eine genügend große Annäherung von Amöbe und Beutetier erreicht, so beginnt auf Reizwirkung des letzteren hin plötzlich hyalines Plasma aus dem Amöbenleib auszutreten und entweder wallartig um das Infusor herum zu fließen, oder aber häufiger sich wie eine Glocke über das Tier zu stülpen. Anfänglich liegt das Infusor noch auf dem von Amöbenplasma freien Boden des Kulturgläschens, dann sucht es plötzlich, scheinbar überrascht, zu fliehen, sieht sich aber, während es nun nach Verlassen des Bodens auch umflossen wird, in einer immer enger werdenden Höhle gefangen. Auf diese Weise gelang in einem Falle einer Amöbe acht Exemplare von *Coleps hirtus* ... zugleich zu überdecken und gemeinsam in eine Vakuole einzuschließen ... (S. 331)“. Wie aus der Beobachtung von GRUBER deutlich hervorgeht, nimmt *Amoeba proteus* mit Hilfe eines Mundapparates die freilebenden Infusorien gefangen und es ist dabei möglich, daß sogar acht Tiere zugleich gefangengenommen werden. Die Tatsache, daß *Amoeba proteus* acht freilebende Infusorien gleichzeitig gefangenzunehmen und einzuverleiben imstande ist, macht die mechanisch-physikalische Erklärung gerade zu einer Unmöglichkeit. Denn wir können uns noch die Möglichkeit vorstellen, daß ein Nahrungskörper, wenn auch er ein Lebewesen ist, bei der Berührung mit dem Protoplasmakörper einer Amöbe in denselben passiv hineinzusinken vermag, daß aber die acht freilebenden Infusorien auch rein passiv und ohne Berührung mit dem Protoplasmaleib von *Amoeba proteus*, nur durch die angenommenen Kräfte der mechanisch-physikalischen Oberflächenspannungsgesetze getrieben, gefangen- und aufgenommen werden können, ist wohl mit Recht als unmöglich zu bezeichnen.

Besonders merkwürdig ist aber der von GRUBER beschriebene Fall, in dem er feststellen konnte, daß auch ein operativ kernlos gemachter, im Wasser frei schwebender Teil des Protoplasmaleibes von *Amoeba proteus* imstande ist, ein kleines, lebhaft frei umher schwimmendes Infusor mit Hilfe eines durch den Einstülpungsprozeß gebildeten Mundapparates gefangen- und aufzunehmen: „Die *Amoeba proteus* flottiert frei im Wasser. Es nähert sich mehrmals ein kleines ciliates Infusor, stößt an die flottierende Amöbe, schwimmt weiter

fort, kommt wieder, bis es in einem Mal bei etwas längerem Verweilen in der Nähe der Amöbe von hyalinem Plasma ohne Berührung umflossen und in eine Höhle eingeschlossen wird . . . In diesem Falle handelt es sich um die Nahrungsaufnahme durch eine auf dem Wege der Operation erhaltene kernlose Amöbe (S. 332)“. Ich mache vor allem darauf aufmerksam, daß hier das frei umherschwimmende Infusor „ohne Berührung umflossen und in einer Höhle eingeschlossen wird“. Der Annahme RHUMBLER's zufolge ist die Vorbedingung der Nahrungsaufnahme die Berührung des Nahrungskörpers mit dem Amöbenprotoplasmakörper, wodurch der Verflüssigungsprozeß an der Berührungsstelle hervorgerufen wird und wodurch es möglich wird, daß der Nahrungskörper in das verflüssigte Amöbenplasma hineinsinkt. Bleibt aber die Berührung aus, dann ist auch der angenommene Verflüssigungsprozeß mit all seinen Folgen unmöglich. Doch ist die Amöbe, wie GRUBER angibt, imstande, ein lebhaft bewegliches Infusor ohne Berührung gefangen- und aufzunehmen, ja dies kann sogar eine kernlose, also eine nicht mehr normale Amöbe. Wie die Höhle, in welche das Infusor eingeschlossen wird, zu deuten ist, geht aus dem im Vorhergehenden dargestellten Tatsachenmaterial hervor.

6. Bemerkungen über die formativen Eigenschaften des lebendigen Protoplasmas mit Rücksicht auf die bei der Nahrungsaufnahme der Amöben erhobenen Befunde.

Wie besonders durch die klassischen Untersuchungen von RHUMBLER (1898) nachgewiesen ist, stellt das lebendige Protoplasma eine Flüssigkeit dar. Unter dem Einflusse dieser Vorstellung versuchte RHUMBLER die Nahrungsaufnahme bei Amöben an nicht belebten Flüssigkeiten nachzuahmen.

Wenn auch der flüssige Aggregatzustand des lebendigen Protoplasmas außer Zweifel steht, so unterscheidet sich doch das Protoplasma von allen leblosen Flüssigkeiten dadurch, daß es während der Nahrungsaufnahme bei Amöben die Fähigkeit besitzt, gewisse Teile seines Körpers in den festen Zustand überzuführen und nach erfolgter Nahrungsaufnahme wieder aus dem festen in den flüssigen Zustand zurückzubringen. Es gibt eben keine leblose Flüssigkeit, welche die Fähigkeit besäße, besondere, ihrem Bau nach regelmäßig wiederkehrende, feste Strukturen aufzubauen und sie nach erfolgter Funktion regelmäßig abzubauen. Demnach kann man die bekannten RHUMBLER'schen Versuche an leblosen Flüssigkeiten, die Nahrungsaufnahme der Amöben nachzuahmen, als nicht gelungen bezeichnen.

Bei der Nahrungsaufnahme der Amöben kommt noch der Zustand hinzu, daß die während der Bildung eines besonderen Mundapparates zum Ausdruck kommende, formative Tätigkeit des Protoplasmas durch den besonderen Reiz hervorgerufen wird. Die dargebotene Nahrung ist es nämlich, welche schon auf gewisse Entfernung das Amöbenprotoplasma zur Bildung des zur Nahrungsaufnahme nötigen Mundapparates reizt. Um die dargebotene Nahrung „unterscheiden“ und „wahrnehmen“ zu können und darauf mit Bildung von besonderen Mundapparaten zu reagieren, muß Amöbenprotoplasma entweder ganz im allgemeinen das Vermögen zu „Unterscheiden“ und „Wahrzunehmen“ besitzen oder über besondere sensible Elemente verfügen.

Sobald wir die Nahrungsaufnahme der Amöben von dem eben entwickelten Gesichtspunkte aus betrachten, erscheint es unmöglich, eine so komplizierte Lebenserscheinung, wie die Nahrungsaufnahme es ist, einfach mechanisch, durch die physikalischen Gesetze der Oberflächenspannung zu erklären.

Wie sich mit Rücksicht auf die Nahrungsaufnahme die Amöben mit anderen Protozoen als eine zusammengeschlossene Gruppe erweisen, zeigt die Tatsache, daß so wie bei Amöben auch bei anderen Protozoen die ähnlichen Auf- und Abbauprozesse der Mundapparate vorkommen. Bei den Amöben werden die Mundapparate bei jedem Akt der Nahrungsaufnahme neu aufgebaut und regelmäßig nach erfolgter Nahrungsaufnahme wieder abgebaut. Bei Flagellaten werden die ständigen Mundapparate während der Encystierung abgebaut, um nach der Excystierung aufs neue aufgebaut zu werden. Bei Infusorien sind die Auf- und Abbauprozesse der Mundapparate ebenso wie bei Amöben regelmäßig während des vegetativen Lebens zu beobachten. Bei *Chilodon*-Arten z. B. wird bei jeder gewöhnlichen Zweiteilung der alte, mit Reusen unterstützte Mundapparat abgebaut und für die beiden Tochtertiere neue Mundapparate aufgebaut. Vergleicht man die Fähigkeit der im System der Protozoen wohl am höchsten stehenden und ihrem Bau nach kompliziertesten Infusorien, den alten Mundapparat bei jedem Teilungsschritte abzubauen und neue Mundapparate für die Tochtertiere aufzubauen, mit der Fähigkeit der Amöben bei jeder Nahrungsaufnahme die Mundapparate auf- und abzubauen, so geht daraus hervor, daß die formative Tätigkeit des Amöbenprotoplasmas jene der am kompliziertesten gebauten Protozoen, der Infusorien, weit übertrifft. Seit Jahren sind wir gewöhnt, die Amöben als die primitivsten tierischen Lebewesen zu betrachten. In dieser Betrachtungsweise, wie schon bemerkt, wurzelt auch der Versuch von RHUMBLER, die Nahrungsaufnahme bei Amöben

einfach durch die mechanisch-physikalischen Gesetze der Oberflächenspannung zu erklären. Bei richtiger Erkenntnis der tatsächlichen Verhältnisse gewinnt man alsbald die Überzeugung, daß die Leistungstätigkeit der Amöben während der Nahrungsaufnahme von keiner anderen freilebenden Protozoengruppe übertroffen, ja sogar nicht einmal erreicht wird.

Zum Schlusse möchte ich aber den RHUMBLER'schen Versuchen, die Nahrungsaufnahme der Amöben zu erklären, nicht jeden Wert absprechen. Ein Körnchen Wahrheit ist in seiner Theorie doch enthalten und liegt wohl darin, daß „solche Versuche“, wie REICHENOW trefflich sagt, „die verschiedenen Formen der Nahrungsaufnahme durch die nackte Zelloberfläche unserem Verständnisse näherbringen“. Ich stimme mit NIRENSTEIN (1927) völlig überein, der schreibt: „Offenbar liegen schon bei den Rhizopoden die Dinge so wie bei der Nahrungsaufnahme der höher organisierten Protisten und Metazoen vor: der Vorgang in der Außenwelt wirkt als Reiz, der Bewegungsvorgänge im Protoplasma auslöst, die zur Aufnahme der Nahrung führen. Damit soll nicht geleugnet werden, daß in der langen Kette von Energiewandlungen, die den Bewegungsvorgängen bei der Nahrungsaufnahme der Amöben zugrunde liegen, auch Oberflächenkräfte eine wesentliche Rolle spielen. Einer chemisch-physikalischen Analyse jedoch sind die betreffenden Bewegungsvorgänge derzeit ebensowenig zugänglich, wie alle andere Formen mechanischer Energie, die von der lebendigen Substanz produziert werden (S. 8)“.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Es wurde die Nahrungsaufnahme bei einigen freilebenden Süßwasseramöben (*Amoeba vespertilio* PÉNARD, *Amoeba iuvenalis* IVANIĆ und *Hartmannella* spec.?) auf Grund der in SCHAUDINN'schem Sublimatalkohol fixierten und mit HEIDENHAIN'schem Eisenhämatoxylin gefärbten Präparate Schritt für Schritt verfolgt und beschrieben.

2. Es stellte sich bei gelungener Präparation (besonders Differenzierung) heraus, daß die genannten Amöben bei jedem Nahrungsaufnahmeakte die zur Nahrungsaufnahme dienenden, besonderen Mundapparate aufbauen.

3. Die Bildung der zur Nahrungsaufnahme dienenden Mundapparate kommt auf dem Wege eines besonderen, mehr oder minder tiefen Einstülpungsprozesses des Amöbenprotoplasmaleibes zustande. Wenn die Amöbe während ihres Umherkriechens auf dem Grunde des Kulturwassers einer günstigen Nahrung begegnet und diese

„wahrgenommen“ hat, stülpt sich ihr Protoplasmakörper mehr oder minder tief ein, wodurch ein Mund zur Nahrungsaufnahme gebildet wird. Durch eine Einstülpung des Amöbenprotoplasmakörpers wird ein mehr oder minder starker Wirbel im umgebenden Wasser hervorgerufen, wodurch die „wahrgenommene“ Nahrung (auch jene, die keine aktive Bewegungskraft besitzt) in den durch die Protoplasma-körpereinstülpung gebildeten Raum hineingezogen wird.

4. Der fertig gebaute Mund besteht aus einer ringförmigen Mundöffnung, aus einem längeren oder kürzeren Zufuhr-, resp. Durchgangskanale und aus einem mehr oder minder großen, kreisrunden Raume, dem Mundraume. Die die Mundöffnung bildenden Protoplasteile, sowie jene des Zufuhr-, resp. Durchgangskanales besitzen eine festere Beschaffenheit als das übrige Protoplasma, das flüssige Protoplasma ist daselbst in den festeren Zustand übergegangen. Hierdurch wird das Durchgehen der aufzunehmenden Nahrung erleichtert. Im ersten Augenblicke der Gefangen- und Aufnahme besonders lebhaft beweglicher Objekte scheinen die Teile des Amöbenprotoplasmas überdies noch eine klebrige Beschaffenheit zu gewinnen, durch welche die freibeweglichen Objekte von der Amöbe festgehalten werden oder die Amöbe sich auf das gefangene Opfer festklebt.

5. Nach erfolgter Nahrungsaufnahme werden die Mundapparate abgebaut. Der Abbauprozess besteht in einem mehr oder minder schnell vor sich gehenden Auflösungsprozesse der festen Bestandteile des Mundapparates (der Mundöffnung und des Zufuhr-, resp. Durchgangskanals), welche verflüssigt spurlos im übrigen Protoplasma verschwinden.

6. Nach erfolgter Auflösung der festen Bestandteile der Mundapparate bleibt nur noch der dritte, die Nahrung enthaltende Bestandteil des Mundapparates als Nahrungsvakuole übrig, die durch innere Bewegungen des Amöbenprotoplasmas ihre ursprüngliche, mehr oder minder oberflächliche Lage verläßt, um immer tiefer in das Innere des Amöbenleibes zu liegen zu kommen.

7. Demgemäß erfolgt die Bildung der Nahrungsvakuolen bei Amöben prinzipiell in derselben Weise, wie bei Flagellaten und Infusorien mit ständigem Mundapparate. Am Grunde der Zufuhrorgane lösen sich auch bei Amöben ebenso wie bei den genannten Protozoen regelmäßig die Nahrungsvakuolen ab.

8. Die Nahrungsaufnahme der Amöben weist dieselben Grundzüge auf, wie z. B. bei Infusorien. Hiermit stimmt auch die Tatsache überein, daß der Mundapparat bei Infusorien während der

vegetativen Teilung wieder abgebaut wird, und daß für die beiden Tochtertiere wieder neue Mundapparate aufgebaut werden.

9. Durch den Mundapparat können Amöben auch mehrere Nahrungsobjekte zu gleicher Zeit aufnehmen.

10. Es besitzt die Amöbe aber auch manchmal die Fähigkeit, mehrere Mundapparate zu gleicher Zeit zu bilden und so gleichzeitig verschiedene Nahrung aus der Umgebung aufzunehmen.

11. Alle diese gleichzeitig gebildeten Mundapparate besitzen den gleichen, regelmäßigen Bau, wie einzeln gebildete.

12. Nachdem die Amöben regelmäßig, gleich anderen freilebenden Protozoen in ihrem Bau untereinander übereinstimmende Mundapparate herausbilden, wird die mechanisch-physikalische Erklärung der Nahrungsaufnahme bei Amöben, wie sie RHUMBLER zuerst vertreten hat, unhaltbar.

Literaturverzeichnis.

- DOFLEIN, FRANZ (1907): Studien zur Naturgeschichte der Protozoen. V. Amöbenstudien. Arch. f. Protistenk. Suppl. I.
- ENTZ jun. GEZA (1925): Über Nahrungsverkleinerung im Plasma einer Amöbe (*Amoeba vespertilio* PÉNARD). Zool. Anz. Bd. 63.
- GROSSE-ALLERMANN, W. (1909): Studien über *Amoeba terricola* GREEFF. Arch. f. Protistenk. Bd. 17.
- GRUBER, KARL (1912): Biologische und experimentelle Untersuchungen an *Amoeba proteus*. Arch. f. Protistenk. Bd. 25.
- HAMBURGER, CLARA (1911): Studien über *Euglena Ehrenbergii*, in besonderem über die Körperhülle. Sitz.-Ber. Heidelb. Akad. Wiss. Mat.-Nat. Classe. 4. Abt.
- HAYE, ANS (1930): Über den Excretionsapparat bei den Protisten. Arch. f. Protistenk. Bd. 72.
- IVANIĆ, Momčilo (1924): Zur Kenntnis der Fortpflanzungserscheinungen einiger Süßwasseramöben. Arch. f. Protistenk. Bd. 50.
- (1927): Über den Kannibalismus bei *Amoeba verrucosa* EHRBG., nebst Bemerkungen über den Kannibalismus bei Protozoen im allgemeinen. Zool. Anz. Bd. 74.
- JENNINGS, H. S. (1910): Das Verhalten der niederen Organismen unter natürlichen und experimentellen Bedingungen. Übersetzung von ERNST MANGOLD, Verlag von B. G. TEUBNER, Leipzig u. Berlin.
- LAPAGE, G. (1922): Cannibalism in *Amoeba vespertilio* (PÉNARD). Quart. Journ. Micr. Sc. Vol. 66.
- NIRENSTEIN, EDMUND (1927): Die Nahrungsaufnahme bei Protozoen. BETHE-BERGMANN-EMDEN-ELLINGER's Handbuch der normalen und pathologische Physiologie. Verlag von JULIUS SPRINGER, Berlin.
- PÉNARD, EUGEN (1902): Faune Rhizopodique du Bassin de Léman. Genf.
- (1905): Observations sur les Amibes à pellicula. Arch. f. Protistenk. Bd. 6.
- REICHENOW, EDUARD (1927): Lehrbuch der Protozoenkunde. Verlag von GUSTAV FISCHER, Jena.
- RHUMBLER, LUDWIG (1898): Physikalische Analyse der Lebenserscheinungen der Zelle. I. Bewegung, Nahrungsaufnahme, Defäkation, Vakuolen-Pulsation und Gehäusebau bei Rhizopoden. Arch. f. Entwicklungsmech. Bd. 7.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1933

Band/Volume: [79_1933](#)

Autor(en)/Author(s): Ivanic Momcilo

Artikel/Article: [Über die bei der Nahrungsaufnahme einiger Süßwasseramöben vorkommende Bildung cytotomähnlicher Gebilde. 200-233](#)