Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Lebensgeschichte der Mastigamöben *Mastigella vitrea* n. sp. u. *Mastigina setosa* n. sp.

Von
Dr. Richard Goldschmidt.

(Hierzu Tafel V—IX und 20 Textfiguren.)

Inhalt.

Seite
Einleitung 84
I. Historisches 85
II. Das vegetative Leben der *Mastigella vitrea* und *Mastigina setosa* . . 90
1. *Mastigella vitrea* 91
2. *Mastigina setosa* 108
3. Bemerkungen über Klebkörner und Geißel 114
4. Die vegetative Vermehrung der Mastigella und Mastigina 122
III. Die geschlechtliche Fortpflanzung der *Mastigella vitrea* und *Mastigina setosa* 127
1. *Mastigella vitrea* 127
A. Die Entwicklung der Macrogametocyten 128
B. Die Entwicklung der Microgametocyten 136
C. Die Copulation und metagame Entwicklung 139
2. *Mastigina setosa* 143
A. Die Macrogametocyten 144
B. Die Microgametocyten 146
C. Die metagame Entwicklung 148
IV. Systematisches 152
Schluß 163
Literaturverzeichnis 163
Tafelerklärung 166

Digitized by Google

Einleitung.

Ein glücklicher Zufall gab mir Gelegenheit, mich mit der Lebensgeschichte zweier neuer Arten von Mastigamöben zu befassen, die ich bis zu einem gewissen Grade aufzuklären vermochte, worüber auch bereits in einer vorläufigen Mitteilung kurz berichtet wurde (Goldschmidt 1907). Die betreffenden Formen fanden sich in einer zu Kurszwecken benutzten Kultur von *Spirostomum*, die Herr Kollege Neresheimer im letzten Sommer aus einem Torfstich in der Nähe von Seehausen am Staffelsee mitgebracht hatte. Sie treten dort — wenigstens gilt das für die erste Art — in so ungeheuren Mengen auf, daß eine Zeitlang beliebig viel Material zur Verfügung stand. Dazu fanden sich die Tiere in einer lebhaften Fortpflanzung begriffen, so daß es möglich war, wenigstens für die eine Art den vollständigen Cyklus festzustellen, ohne die bei Schlammbewohnern so unsicheren Dauerkulturen. Die zweite Art kam neben der ersten immer nur vereinzelt vor, so daß ihre Lebensgeschichte auch noch einige Lücken aufweist. Die Untersuchung wurde selbstverständlich zunächst vor allem am lebenden Objekt ausgeführt, das wegen seiner vollständigen Durchsichtigkeit auch die feinsten Strukturen im Leben erkennen läßt. Die Ergebnisse wurden dann an Präparaten kontrolliert und erweitert. Wegen eben dieser Durchsichtigkeit genügte auch die Anfertigung von Totalpräparaten mit den erfahrungsgemäß für Protozoen günstigen Methoden, also in erster Linie Pikrinessigsäurekonservierung und Boraxkarminfärbung, welche von der raffinierten Histologie so verachtete primitive Methode für Protozoenstudien immer noch an erster Stelle steht. Gute Konservierung gab auch Sublimat, weniger befriedigend Osminmgemische, Carnoy'sche und Petrunkewitsch'sche Flüssigkeit. Schöne Färbungen liefert sehr verdünntes Delafield'sches Hämatoxylin und eine primitive Form der Van Gieson-Methode mit pikrinsäurehaltigem Hämatoxylin, die oft der Heidenhain-Färbung ähnliche Bilder liefert. Es ist noch zu bemerken, daß von der ersteren Art die meisten der zu schildernden Stadien mir in lebendem Zustand wie im Präparate hundertemal in der gleichen Weise vorlagen. Eine Ausnahme machen nur gewisse seltene Stadien, wie die Teilungsfiguren, von denen es im Text besonders bemerkt werden wird. Auch von der zweiten Art habe ich die meisten der zu besprechenden Bilder oft, wenn auch nicht so oft wie dort, gesehen.

Für mich selbst hatte die vorliegende Untersuchung ein besonderes Interesse, weil sie mir Gelegenheit gab, die Anschauungen,

Digitized by Google

die ich mir in der für die Protozoenkunde so wichtigen Chromidienfrage hauptsächlich auf Grund von Untersuchungen an Metazoenzellen und unter Verwendung der an der Protozoenzelle gewonnenen Erfahrungen gebildet hatte, selbst an der Protozoenzelle zu erproben. Es wird sich zeigen, daß diese Probleme auch hier im Vordergrunde liegen und deshalb ist es mir auch eine besondere Genugtuung, diese Arbeit dem Forscher widmen zu können, der durch die Schaffung des Chromidienbegriffes und den Nachweis der Möglichkeit der Entstehung von Tochterkernen aus solchen, der Protozoenforschung wiederum ganz neue Wege gewiesen hat, Richard Hertwig, dem ich, wie so viele, die er in den 25 Jahren des akademischen Amtes wissenschaftlich und menschlich gefördert hat, ein steter Schuldner bin.

I. Historisches.

Unter Mastigamöben oder Rhizomastiginen versteht man eine Gruppe von Organismen von rhizopodenartigem Habitus, die aber durch den Besitz einer oder mehrerer Geißeln ein Bindeglied zwischen Amöben und Flagellaten zu sein scheinen. Wenn wir von dem *Podostoma filigerum* Claparède und Lachmann's (1857), das jetzt allgemein zu *Amoeba radiosa* gestellt wird, absehen, stammt die erste Beobachtung eines solchen Organismus von Carter (1864), der eine nur kurze Beschreibung einer geißeltragenden Amöbe als *Amoeba monociliata* gibt. Die genaueren Kenntnisse beginnen erst mit der bekannten Arbeit von F. E. Schulze (1875), der eine von ihm in Graz entdeckte Form als *Mastigamoeba aspera* in die Literatur einführte. Sie ist ausgezeichnet durch spindelförmige Gestalt, fingerförmige abgerundete Pseudopodien, ein spitzes Vorderende und abgerundetes Hinterende, ein hyalines Ectoplasma und körniges Entoplasma; die lange Geißel entspringt von dem Vorderende und führt peitschende Bewegungen aus, wird auch manchmal tastend nach vorn gestreckt, oder in korkzieherartigen Wellen bewegt, kann auch erschlafft ruhen. Mit ihrer Insertionsstelle steht ein ausgezogener Fortsatz des Kernes in Verbindung, der ein klumpiger Körper ist, bei der Bewegung aber seine Form verändert, bald queroval, kugelig, eiförmig oder eckig erscheint. Beim Vorwärtskriechen treten abwechselnd rechts und links vom Geißelursprung Pseudopodien auf, die dann beim Vordringen des Tieres allmählich mehr zur Seite rücken. Der Name *aspera* wird daher abgeleitet, daß die ganze

Digitized by Google

Oberfläche des Tieres dicht mit stark lichtbrechenden Stäbchen besetzt ist, die in ihrer Form dem *Bacterium termo* ähneln. Sie liegen mit ihrer Längsachse der Rindenoberfläche parallel, nur selten stehen sie von ihr ab. Sie sind nicht zu verwechseln mit den Zöttchen, die sich auch hier wie bei vielen anderen Amöben am Hinterende des kriechenden Tieres bilden. Die nächste genauere Darstellung einer Mastigamöbe stammt von O. Bütschli (1878), der der dort als „geißeltragender Rhizopode" beschriebenen Form später (1884) den Namen *Mastigamoeba lobata* (Stein) gab und die Klebs als *M. bütschlii* neu benannte. Sie ist charakterisiert durch ziemlich geringe Größe, sehr fein zugespitzte Pseudopodien, eine oder zwei contractile Vacuolen, vor allem eine Geißel von 8—10facher Länge des Körpers, die entweder nur an ihrem äußersten Ende schraubenartige Drehungen ausführt oder in ihrer ganzen Länge hin- und herpeitscht. Die Insertionsstelle der Geißel kann langsam um den ganzen Körper herumlaufen. Die Bewegung ist meist rhizopodenhaft, manchmal aber streckt sich das Tier in die Länge, ohne die Pseudopodien einzuziehen und schwimmt dann nach Flagellatenart. Der Kern liegt dann regelmäßig am Vorderende. Bütschli erinnert dabei an Beobachtungen von Cienkowsky (1862) und Tatem (1869). Eine Anzahl neuer Mastigamöben beschrieb bald darauf Saville Kent (1880—81) und faßte sie als Ordnung unter dem Namen Rhizoflagellata zusammen. Er beschreibt *Mastigamoeba simplex* ausgezeichnet durch ein langes Pseudopodium am Hinterende, *M. ramulosa* charakterisiert durch reichverästelte Pseudopodien, welche dem Tier ein *Aeolis*-artiges Aussehen geben, als *Reptomonas caudata*, eine monadenartige Form, die mit auf der Unterseite entstehenden Pseudopodien kriecht, und als *Rhizomonas verrucosa* eine mit konischen Pseudopodien versehene meist festsitzende Form. Mit den unvollständigen Beschreibungen Kent's wird man aber wohl nie viel anfangen können. Die Kenntnisse über unsere Gruppe faßte dann Bütschli in seinem Protozoenwerk zusammen und stellte die Familie der Rhizomastigina als 1. Familie der Unterordnung Monadina auf, zu der er die Gattungen *Mastigamoeba*, *Ciliophrys*, *Dimorpha*, *Actinomonas* stellt. Die letzteren 3 Formen, die zeitweise in ihrem Leben heliozoenartig erscheinen, seien in dieser Übersicht aber beiseite gelassen, da sie sich von den eigentlichen Mastigamöben weit entfernen, vielleicht auch zu einer ganz anderen Gruppe zu stellen sind. Näheres darüber bei Cienkowsky (1876), Gruber (1882), Klebs (1892), Blochmann (1894), Kent (1880—81), Meyer (1897). Hier sei noch eine Notiz von Heider (1886) erwähnt, der mitteilt,

Digitized by Google

daß er bei *Mastigamoeba aspera* und *lobata* deutlich den Ursprung der Geißel aus dem Kern feststellen konnte.

Das Jahr 1892 bringt gleichzeitig von zwei Seiten eine wesentliche Vermehrung unserer Kenntnisse der Rhizomastiginen. Klebs gibt in seiner großen Flagellatenarbeit neue Daten an über *Mastigamoeba bütschlii*, *ramulosa* und die neu beschriebene *invertens*. Letztere ist dadurch charakterisiert, daß beim Schwimmen die Geißel nach vorn gerichtet ist, beim Kriechen nach hinten. Er beobachtete auch zum erstenmal eine Querteilung während des Kriechens. Von besonderem Interesse sind seine theoretischen Erörterungen über die Stellung der Rhizomastiginen unter den Flagellaten, auf die noch im systematischen Abschnitt zurückzukommen sein wird. Ausführliche Daten gibt er über *Dimorpha* an, auf die wir aber hier nicht eingehen. Gleichzeitig erschien Frenzel's Arbeit, die unsere Kenntnisse über diese Formen durch ausgezeichnete Beobachtungen an verschiedenen neuen Formen vermehrte. Wir müssen sie etwas genauer referieren, weil sie die eingehendsten Mitteilungen über unsere Gruppe enthält, die bisher vorliegen. Als *Tricholimax hylae* beschreibt er eine Form aus dem Enddarm der Kaulquappen von *Hyla pulchella*. Die Gestalt ist walzenförmig, das Vorderende beim Kriechen stumpf, das Hinterende in einige Läppchen ausgezogen. Das Entoplasma zeigt eine lebhafte Fontänenströmung, die in der Mitte nach vorn gerichtet ist. Der Kern liegt am vorderen Ende und scheint mit der Geißel in Verbindung zu stehen, welche nur kurz ist und keine Schwingungen vollführt. Sie hat nur Kernlänge, ist gerade oder gekrümmt und fehlte sogar bisweilen völlig. Als *Micromastix januarii* wird eine Form eingeführt, deren Geißel nicht ganz Körperlänge erreicht. Sie entspringt, ohne mit dem Kern zusammenzuhängen, am vorderen Pol von einem Zapfen und schlägt schnell in kurzen flachen Wellen. Die Pseudopodien sind kurz fingerförmig und bleiben beim Schwimmen erhalten. — *Mastigella polymastix*, die Gattung, der ich auch die eine der von mir zu schildernden Formen einreihen will, ist eine typisch amöbenartige Form, streckt nach allen Seiten fingerförmige Pseudopodien aus, von denen sie bei schneller Vorwärtsbewegung aber auch frei sein kann. Charakteristisch ist die zwischen 1 und 4 schwankende Geißelzahl. Sie treten nicht direkt aus dem Körper heraus, sondern sitzen auf einem konischen, zapfenförmigen Pseudopodium. Bei der Vorwärtsbewegung schwingt nur die nach vorwärts gerichtete Geißel lebhaft. „Liegt das Tier am Fleck, so braucht die Tätigkeit der Geißel nicht aufzuhören; sie schwingen entweder, wenn auch langsam, weiter, oder sie wechseln in blitz-

Digitized by Google

schnellem Sprunge ihren Ursprung, indem der sie tragende Zapfen bald hierhin bald dorthin wandert, eine Bewegung, die oft so lebhaft ist, daß man kaum imstande ist, die Anzahl der Geißeln festzustellen. . . .“ Der Kern liegt central und hat mit dem Geißelursprung gar nichts zu tun. Die scharfe Körperkontur deutet auf eine dichtere Hautschicht hin. Das Ectoplasma ist feinkörnig, das Entoplasma mit Fettkügelchen und Algen angefüllt. — *Limulina unica* ist dadurch charakterisiert, daß sie die Geißel am Zöttchen tragenden Hinterende trägt. Die Gestalt ist amöbenartig, die Pseudopodien stülpen in der Mitte einen Bruchsack aus, von dem ein schlankerer Abschnitt ausgeht. Die Geißel ist träge, kann nicht zur Fortbewegung dienen und endigt stumpf, fast mit einem kleinen Knöpfchen. Zwei abwechselnd sich contrahierende Vacuolen sind vorhanden. — *Mastigina chlamys* ist die Form, der die zweite der hier zu schildernden Amöben besonders nahe steht. Die Form ist im Ruhezustand die einer flach gedrückten Kugel, bei der Bewegung walzenförmig mit dem dickeren Ende nach vorn, während am Hinterende einige Lappen entstehen. Gewöhnlich schwimmt der Organismus mit der Geißel voran nach Flagellatenart. Die Geißel entspringt aus dem am vorderen Pole liegenden Kern und mißt beim erwachsenen Tier die doppelte Körperlänge, bei jüngeren Individuen hat sie schon dieselbe Länge und ist bis 10 mal so lang wie das Tier. Sie kann wie eine Flagellatengeißel schwingen und kann mit dem Kern unter der Oberfläche nach einer anderen Stelle wandern. Über dem Kern wölbt sich ein von der Geißelbasis durchsetzter Plasmazapfen vor, der, wenn der Kern wandert, noch eine Zeitlang neben dem Kern bestehen kann. Das Hauptcharakteristikum dieses Tieres ist aber die merkwürdige Hautschicht. Sie ist 2 μ dick, wenig lichtbrechend und deutlich quergestreift. Am Schwanzende verdünnt sie sich beträchtlich oder fehlt ganz. Daß die Querstreifung der Hautschicht auf einem Stäbchensaum beruhe, lehnt Verfasser ausdrücklich ab. Bisweilen wurde auch die Bildung von langen, spitzen heliozoenartigen Pseudopodien beobachtet, besonders bei jungen Tieren, bei denen sie dann hin und herpendelten. Von Vacuolen findet sich entweder eine einzige contractile oder mehrere nicht contractile. Das dichte Plasma ist mit Fettkügelchen und Nahrung gefüllt. — *Mastigina paramylon* erscheint mehr flagellatenförmig und ist nur durch den „Maulbeeranhang“ am Hinterende als Mastigamöbe gekennzeichnet. Die Geißel entspringt aus dem am vorderen Pole liegenden Kern. — *Mastigamoeba schulzei* ähnelt in der äußeren Form der *M. aspera*, unterscheidet sich aber durch die langen, spitzen,

Digitized by Google

pfriemenförmigen Pseudopodien, die sich gabeln können, sogar bisweilen gefiedert erscheinen. Bei schneller Bewegung werden aber all diese Pseudopodien eingezogen. Die lange Geißel entspringt aus dem Kern, der länglich ausgezogen ist und unter der Oberfläche am Vorderende des Körpers liegt. Die Körperoberfläche ist dicht mit Stäbchen bedeckt, die gewöhnlich unter einem spitzen Winkel zur Oberfläche stehen und zwar gruppenweise nach verschiedenen Richtungen, so daß eine schachbrettartige Anordnung entsteht. Auf den Pseudopodien stehen sie weniger dicht. Eine Vacuole fehlt. Gelegentlich wurde ein Exemplar mit zwei Kernen beobachtet, von denen aber dem einen die Geißel fehlte. Einmal wurde ein kugeliges Tier gefunden ohne Geißel und Kern. Statt dessen fanden sich zwei große kugelige Körper, die aus dicht liegenden Körnchen bestanden. Frenzel vermutet dahinter einen ihm unbekannt gebliebenen Fortpflanzungsmodus.

Aus neuerer Zeit sind endlich noch einige Arbeiten zu erwähnen, die dem Bilde von dieser Tiergruppe aber nichts Wesentliches mehr zufügen. So schildert Meyer (1897) ein *Mastigamoeba commutans*, die der Klebs'schen *M. invertens* sehr ähnlich ist. Interessant ist an ihr, daß die contractile Vacuole während ihrer Entstehung die hintere Hälfte des Körpers durchwandert, wobei sie alle möglichen Gestalten annimmt. Die Contraction erfolgt aber immer an einer bestimmten Stelle des Hinterendes. In einer Zusammenstellung der bis dahin bekannten Arten werden Frenzel's Beschreibungen überhaupt nicht berücksichtigt. Man hat diesen, aus welchen Gründen weiß ich nicht, ein gewisses Mißtrauen entgegengebracht. Ich freue mich, feststellen zu können, daß seine Beobachtungen vielfach mit denen, die ich an sehr ähnlichen Formen machen konnte, übereinstimmen und, wenn man von der ausschließlichen Beobachtung des lebenden Objektes absieht und der meist nur kurzen Beobachtungsdauer, durchaus zuverlässig erscheinen. Moroff (1904) beschreibt neu *Mastigamoeba radicula*, *limax*, *polyvacuolata*, *Dimastigamoeba simplex* und *agilis*. *M. radicula* ist ausgezeichnet durch ein hyalines Ectoplasma, das beim Schwimmen das Vorderende bildet und sich scharf vom körnchenhaltigen Entoplasma absetzt, nicht sehr lange Pseudopodien und zwei contractile Vacuolen von denen die eine hinten liegt, die andere wandert. Der Kern liegt an der Grenze des hyalinen Plasmas. *M. limax* zeigt ein gleichmäßiges Vorwärtsfließen unterbrochen durch ein schnelles Vorwärtsschnellen. Die ganze Formveränderung erinnert an *Amoeba limax*. Die Geißel von 2—3facher Körperlänge entspringt vom Kern und wandert mit ihm bei Wechsel

Digitized by Google

der Bewegungsrichtung unter der Körperoberfläche. Die contractile Vacuole wird mit dem Plasmastrome herumgeführt und systoliert an verschiedenen Stellen. *M. polyvacuolata* ist gekennzeichnet durch den Besitz zahlreicher Vacuolen, von denen immer einige zusammenfließen und sich dann entleeren. Der Körper erscheint knorrig, die Geißel kaum länger als der Körper. Bei der zweigeißeligen *D. simplex*, die ein Zwischenglied zwischen *Rhizomastiginen* und *Bodoninen* darstellen soll, wurde die Zweiteilung beobachtet, ebenso bei der *D. agilis*, die sehr lebhaft schwimmen kann und vor der Teilung keine Ruhepause macht wie *D. simplex*.

Schließlich hat in jüngster Zeit Bürger (1906) einige Mitteilungen über Mastigamöben gebracht. Er beschreibt *Mastigamoeba eilhardi* als ausgezeichnet durch ein großes konisches, nach vorn gerichtetes Pseudopodium, auf dessen Spitze die Geißel sitzt. Am Hinterende entspringen viele kleine kammförmige Pseudopodien, die auch verästelt sein können. Dazu können noch seitliche fingerförmige Pseudopodien kommen. Die Geißel scheint mehr zum Tasten als zur Bewegung zu dienen und ist von dem großen im Entoplasma gelegenen Kern unabhängig.

Im vorstehenden wurden nur die wichtigsten Mitteilungen über Mastigamöben besprochen. Dazu kommen allerdings noch eine ganze Anzahl mehr gelegentliche Nachrichten und kleinere Mitteilungen wie die von Stokes (1886, 1888, 1889), Gourret u. Roser (1888), Pénard (1890), Prowazek (1900, 1903). Hier sei nur zum Schluß noch eine Angabe von K. C. Schneider (1905) erwähnt, der mitteilt, daß er Gelegenheit hatte, eine Mastigamöbe zu beobachten, die er als *M. aspera* Schulze betrachtet. Seiner Beschreibung und Abbildung nach hatte er die hier als neue Art beschriebene *Mastigina setosa* vor sich, die er somit entdeckt hat. Eine nähere Schilderung gibt er nur von den Borsten, auf die wir späterhin zurückkommen werden. Es erhellt aus vorstehendem wohl, daß die bisherigen Kenntnisse von dieser Tiergruppe noch recht dürftige sind.

II. Das vegetative Leben der Mastigella vitrea und Mastigina setosa.

Wenn ich nunmehr dazu übergehe, meine Beobachtungen an *Mastigella vitrea* n. sp. und *Mastigina setosa* n. sp. zu schildern, so will ich dies tun, ohne vorher die Berechtigung der Aufstellung

Digitized by Google

dieser neuen Arten und ihrer Einreihung in die FRENZEL'schen Genera zu erörtern. Um Wiederholungen zu vermeiden und in Anbetracht dessen, daß dies neben der Aufhellung der Lebensgeschichte dieser Form eine mehr untergeordnete Frage ist, sei dies bis zum Schluß des speziellen Teiles für einen besonderen systematischen Abschnitt aufgespart.

1. *Mastigella vitrea.*

Wie der Speziesname der ersteren Form besagt, ist sie auf den ersten Blick charakterisiert durch ihre ganz außerordentliche Durchsichtigkeit. Sie wird nur selten vermißt, oder richtiger gesagt, getrübt, wenn das Tier sich so vollgefressen hat, daß die stark lichtbrechenden Nahrungsteile eine Untersuchung verhindern, hier und da auch, wenn die später zu besprechenden lichtbrechenden Körnchen sich in besonders reichem Maße vorfinden. Abgesehen von diesen Fällen wüßte ich kein Protozoon, das sich mit *Mastigella* messen könnte. Die feinsten Details, z. B. der Kernstruktur, lassen sich am lebenden Objekt ohne jede Pressung enthüllen. Es hat dies auch eine allgemeine Bedeutung im Hinblick auf die jetzt besonders in Histologenkreisen beliebte Überkritik in der Beurteilung der fixierten Präparate. Ich kann versichern, daß die zartesten Strukturen, die im Leben zu erkennen waren, wie z. B. das schöne konzentrische Wabenwerk, das der Kern in gewissen Stadien aufweist, im fixierten Präparat nach Anwendung der gebräuchlichen Reagentien auf das allergenauste das Bild des Lebens wiederholten. *Mastigella* gehört mit zu den größten unter den bekannten Geißelamöben. Im Ruhezustand maß ich an erwachsenen Tieren bis zu 125 μ Durchmesser, bei wandernden Tieren einen Längendurchmesser von über 150 μ bei 40 μ Breite. Im Zustand völliger Ruhe, in dem man sie allerdings nur direkt nach der Übertragung auf den Objektträger findet, hat sie annähernd Kugelgestalt. Das Protoplasma erscheint dabei völlig einheitlich, bis zum Rand mit den verschiedensten Inhaltskörpern durchsetzt, nirgends etwa in ein Ecto- und Entoplasma gesondert. Lange kann man sie aber so nicht beobachten. Bald sieht man am Rande unter den Körnchen des Protoplasma einen Tumult entstehen und an dieser Stelle bricht plötzlich ein breiter hyaliner Saum hervor und zwar nicht gleich in voller Breite, sondern von einem Punkt beginnend löst er sich sozusagen fortschreitend vom übrigen Plasma ab. Dies geschieht gleichzeitig an mehreren Stellen des Körpers, so daß das Tier schließlich von einer Anzahl breiter und völlig hyaliner Buckel umgeben ist. Erst nach einiger Zeit sieht man auf

Digitized by Google

der Spitze eines solchen Buckels kleine zapfenartige Pseudopodien sich vorwölben, wie es in Textfigur A nach dem Leben gezeichnet ist und bald verbraucht sich der ganze Buckel zur Bildnng eines Büschels von Pseudopodien. Diese sind zunächst kurz fingerförmig, strecken sich dann mehr in die Länge und können bald plumper, bald feiner werden. Dies Spiel tritt nun auf der ganzen Oberfläche des Tieres ein, das nun bald in der Art wie viele Amöben seine Pseudopodien nach allen Seiten ausstreckt, wie es das Habitusbild Fig. 2 Taf. V sehr schön zeigt. Die Form der Pseudopodien, die nie wesentlich länger werden, als hier abgebildet, wechselt dabei fortwährend, ohne daß im Protoplasma irgend eine Strömung wahrzunehmen wäre. Bald werden sie an einer Stelle eingezogen zn einem hyalinen Buckel, der wieder verschwindet, oder von der Oberfläche des Tieres zu einer anderen Stelle wandert, bald werden einzelne eingezogen und an derselben Stelle wieder andere vorgestreckt. Dann wölbt sich auch einmal ein langer konischer Zapfen hyalinen Plasmas nach einer Seite vor, an dessen Rändern Pseudopodien gebildet werden, so daß es den Anschein hat, als ob das Tier nach dieser Richtung fließen wolle. Er wird aber ebenfalls wieder eingezogen. Von einer bestimmten Richtung, die die Pseudopodien zum Körper einnehmen, kann man natürlich hier nicht reden, ebensowenig wie man in der üblichen Weise sie als einfach oder an der Basis verästelt bezeichnen kann. Isolierte Psendopodien sind einfach, wölbt sich aber das Ectoplasma, auf dem sie stehen, im ganzen vor, dann erscheint ein großes peripher verästeltes Pseudopodinm und gelegentlich beobachtet man auch, daß ziemlich weit peripher an einem fingerförmigen Psendopod sich ein Seitenast bildet. So kann das Spiel lange Zeit, tagelang, weitergehen, ohne daß dabei die *Mastigella* ihren Ort verändert. Ich fand sie bisweilen nach 24 Stunden, die sie unter einer 2 mm Immersion sich befand, noch an derselben Stelle des Gesichtsfeldes, manches Mal nnr eine ganz kleine Strecke entfernt. Während dieser Zeit findet sich die Geißel an irgend einer Stelle der Körperoberfläche, ihr genaueres Verhalten soll aber erst später im Zusammenhang geschildert werden.

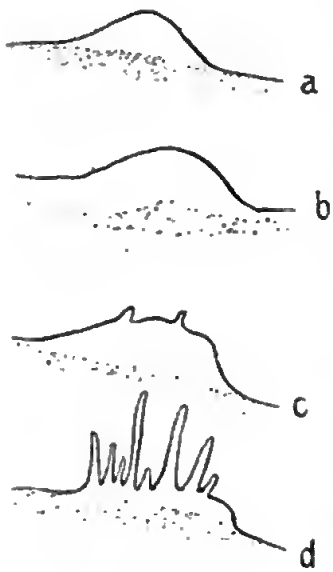


Fig. A.

Digitized by Google

Nicht immer hält aber die Ruhe so lange an, sondern unser Tier begibt sich auf die Wanderschaft. Der Habitus, den es dabei annimmt, ist gut aus den Fig. 3 nach dem Leben und 38 und 39 nach Präparaten zu erkennen. Zunächst wölbt sich ein breiter, hyaliner, konischer Lappen vor, auf dessen Spitze die Geißel wandert und mit dem auf diese Weise markierten Vorderende fängt das Tier zu kriechen an. Dabei hat der vorausgehende ganz hyaline, also rein ectoplasmatische Teil einen bedeutenden Umfang, etwa ein Viertel der Gesamtlänge. An seiner Seitenwand bilden sich während des Kriechens — die Geißel nimmt an der Bewegung gar keinen Anteil — abwechselnd kürzere oder längere fingerförmige Pseudopodien, die aber erst eine Strecke weit hinter dem vordersten konischen Zapfen beginnen. Ihre Zahl ist aber nie sehr groß; meist sind sie in der Richtung der Bewegung ausgestreckt und werden nach kurzem Bestand wieder eingezogen und durch neue ersetzt. An den Seiten des Körpers, der oft viel länger noch als in den Abbildungen, fast wurmartig, ausgezogen ist, werden nur selten vereinzelte Pseudopodien ausgestreckt und wieder eingezogen. Das Hinterende erscheint hingegen öfters in der schönen Weise morgensternartig mit Pseudopodien bedeckt, wie es Fig. 3 nach dem Leben und 38 nach einem Präparat zeigt. In diesen Fällen erscheint es wie eine einheitliche Kugel und durch eine Ringfurche vom übrigen Körper abgesetzt. Diese Form ist aber nur bei langsamer Bewegung zu erkennen, bei schnellerer werden nur einige wenige Pseudopodien am Hinterende gebildet und bei sehr schneller sind nur einige stumpfe Lappen am Hinterende zu sehen, wie z. B. Fig. 39 zeigt. Gelegentlich findet man dann auch das Hinterende in einige feine Spitzen ausgezogen, die in vergröberter Form dasselbe darstellen, was man als Spitzchenbesatz usw. von vielen kriechenden Amöben, besonders schön bei *Pelomyxa* ausgebildet, kennt (Fig. B). Die Bewegung ist eine stetige kriechende oder gleitende, verursacht durch die Strömung des Protoplasmas. Dies führt uns dazu, auf dieses selbst jetzt einen Blick zu werfen.

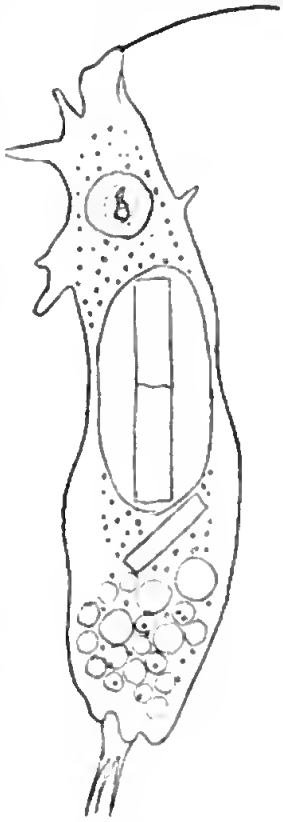


Fig. B.

Digitized by Google

Das ohne Einlagerung von Fremdkörpern oder Körnchen völlig durchsichtige Protoplasma ist im Ruhezustand gleichmäßig strukturiert und nur, wenn Pseudopodien ausgestreckt werden, ist ein Ecto- und Entoplasma getrennt. Die Trennung ist um so schärfer, je körnchenreicher das letztere ist. In letzterem Fall erscheint das Entoplasma manchmal als eine scharf konturierte Kugel vom Ectoplasma abgesetzt (Fig. C). Auch bei Tieren auf der Wanderschaft erscheint die Grenze am vorderen Ende oft als eine scharfe spitzwinklig nach vorn geknickte Linie. Das Entoplasma ist fast immer — nur bei ganz jungen Tieren wird es vermißt — reichlich von großen und kleinen Vacuolen durchsetzt. In besonders großen liegen mehr oder weniger verdaute Nahrungsbestandteile, die übrigen sind einfach von einer durchsichtigen Flüssigkeit erfüllt (Fig. 2, 3). Stets im Entoplasma liegen ferner der Kern, die contractile Vacuole und andere, bald zu besprechende Einschlußkörper. Es ist außerdem der Sitz der Strömung, oder richtiger gesagt, sie ist in ihm am stärksten, da man nicht annehmen kann, daß das pseudopodienbildende Ectoplasma unbeweglich ist, wenn auch der Mangel an Körnchen die Strömung selbst nicht erkennen läßt. Wir werden allerdings später sehen, daß die Ectoplasmabewegung im wesentlichen wohl passiv ist. — Sehr stark ist sie übrigens im Entoplasma auch nie. Bei nichtwandernden Tieren besteht sie bloß in einem explosionsartigen Einbrechen eines Entoplasmastromes in die breite Basis einer frisch gebildeten Pseudopodiengruppe, dann herrscht sogleich völlige Ruhe, auf der Wanderung ist es eine sehr langsame und kontinuierliche Fontänenbewegung.

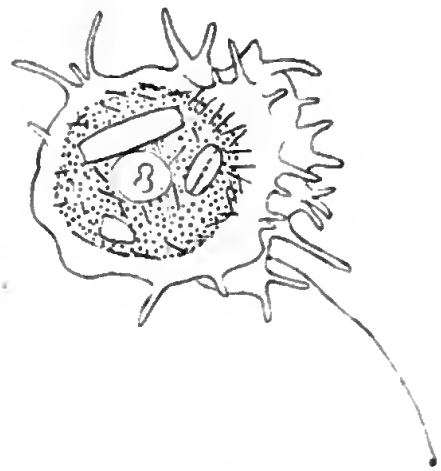


Fig. C.

Von der feineren Struktur des Protoplasmas ist im Leben für gewöhnlich nicht viel zu sehen, da es eine ziemlich gleichmäßige Lichtbrechung zu besitzen scheint. Nur in einem Moment im Leben, im Beginn der Encystierung, tritt, wie wir später schildern werden, die feinere Struktur plötzlich hervor und zwar in der gleichen Weise, wie sie im gefärbten Präparat zu beobachten ist. In Fig. 31 ist das Vorderende eines Tieres abgebildet, das im Begriff steht, sich

Digitized by Google

auf die Wanderschaft zu begeben und zwar bei sehr starker Vergrößerung. Da sieht man, daß das Ectoplasma aus einem außerordentlich feinen und gleichmäßigen Wabenwerk besteht, während das Entoplasma eine viel gröbere und wegen der stärkeren Färbbarkeit seiner dicken Wabenwände undeutlichere Schaumstruktur aufweist. Was aber besonders interessant erscheint, ist, daß von dem Entoplasma aus durch das Ectoplasma hindurch feine aber sehr deutliche fadenartige Stränge ziehen, die in die Pseudopodien eintreten und deren Achse bis zur Spitze durchsetzen. An der gezeichneten Stelle sieht man diese Achsenfäden in allen Stadien ihrer Bildung. Links erstrecken sich drei geradenwegs zur Körperoberfläche, auf der sich aber noch keinerlei Pseudopodien gebildet haben, wo sich aber nach dem im Leben Beobachteten beim Kriechen weiterhin solche bilden werden. Nahe der Spitze sieht man zwei kleine höckerförmige, gerade beginnende und rechts zwei ausgebildete Pseudopodien, alle im gleichen Verhältnis zu den Achsenfäden. Es wäre natürlich sehr interessant, näher das Verhältnis dieser Achsenfäden zum Entoplasma festzustellen, d. h. zuzusehen, ob sie aus einer Reihe Waben, oder wenigen längsgezogenen Alveolen bestehen oder nur aus der Substanz der Wabenwände. Ich vermochte bei der Feinheit der Strukturen, um die es sich hier handelt, aber nichts Bestimmtes darüber festzustellen, neige aber mehr der letzteren Meinung zu. Natürlich darf man sich die Achsenfäden nicht so vorstellen wie etwa bei einem Heliozoon. Starre Gebilde können sie bei ihrer Fähigkeit auszuwachsen und schnell wieder zu verschwinden nicht sein. Daß ihnen aber trotzdem eine gewisse Festigkeit zukommen muß, ist bei der ihnen zukommenden physiologischen Bedeutung wahrscheinlich. Auf diesen Punkt will ich aber erst später bei Besprechung der Bedeutung der Geißelstrukturen im 3. Abschnitt eingehen, da diese beiden Kapitel auf das engste miteinander verknüpft sind. Ich möchte nur noch bemerken, daß die eben gegebene Schilderung keine zufälligen Befunde darstellt, sondern an guten Präparaten und zum genauen Studium genügend flach ausgestreckten Tieren stets in der gleichen Weise zu beobachten ist.

Bei der lebenden Amöbe erscheint die Oberfläche des Körpers von einer sehr scharfen Grenzlinie umsäumt, die bisweilen auch einen leicht grünlichen Schimmer haben kann. Es frägt sich, ob wir hier von einer Art Pellicula reden wollen. In der Tat müssen wir eine solche, wenn auch sehr labile Struktur annehmen; ihr Vorhandensein tritt besonders deutlich beim Beginn der Pseudopodienbildung hervor,

Digitized by Google

wo das charakteristische an einer Stelle beginnende Loslösen des Ectoplasmabuckels von ihr bedingt zu sein scheint. Sie überzieht auch alle Pseudopodien, muß also entweder sehr dehnbar sein oder ständig neugebildet und wieder eingeschmolzen werden. Daß die Beobachtung im Leben nicht auf Täuschnng bernht, beweisen auf das deutlichste die Präparate. In diesen sieht man auf das schönste die Pellicula als scharfe Linie, wohl zu unterscheiden von der äußersten Wabenschicht, dem Alveolarsaum, uud am besten ist sie an den Pseudopodien zu erkennen, deren zarter Inhalt, wenn sie länger sind, bei der Konservierung leicht schrumpft nnd dann die gefaltete äußere Membran deutlich zeigt. Übrigens ist das Vorhandensein einer solchen Pellicula für die großen Mastigamöben nichts Ungewohntes.

Wenn ich mich nunmehr den Einschlüssen des Protoplasma zuwende, so bestehen diese natürlich in erster Linie ans Nahrungsbestandteilen. Die interessanten Vorgänge bei der Nahrungsaufnahme werden erst weiter unten beschrieben werden, hier sei nur bemerkt, daß die Tiere meist mit unverdauten Nahrungsresten vollständig vollgepfropft angetroffen werden, in weit höherem Maß als dies bei den zur Abbildung gewählten Formen Fig. 2 nnd 3 der Fall ist. Meist liegen die betreffenden Dinge getrennt in besonderen Vacuolen, manchmal findet man aber auch alle Reste in einer riesigen Vacuole angesammelt, die den eigentlichen Körper des Tieres nur als einen sie umgebenden Saum erscheinen läßt (Fig. D). Wenn wir von der Nahrung also absehen, so müssen wir von eigentlichen Protoplasmaeinschlüssen unterscheiden die lichtbrechenden Körnchen, die Bacteroiden und die Klebkörner. Die ersteren sind sehr kleine und sehr stark lichtbrechende Körperchen, die, soweit man ihre Gestalt beurteilen kann, nicht kugelig, sondern unregelmäßig geformt sind. Sie fehlen eigentlich nie, wechseln aber in ihrer Menge außerordentlich. Manchmal sind nur wenige vorhanden, manchmal erfüllen sie auch dicht das ganze Entoplasma, wie schon erwähnt wurde. Über ihre chemische Natur vermag ich nichts auszusagen, halte aber eine Beziehung zu den nachher zu besprechenden Klebkörnern für wahrscheinlich.

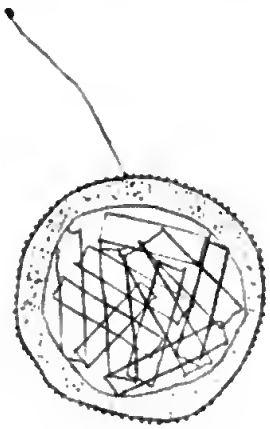


Fig. D.

Digitized by Google

Merkwürdiger sind die Bacteroiden, wenn ich diesen nichts vindizierenden Ausdruck beibehalten darf. Im Körper der *Mastigella* fehlen sie fast nie in ihrer charakteristischen Gestalt von säulenförmigen Kristallnadeln. Ihre Größe variiert sehr; bald sehen wir kurze Stäbchen von etwa 3 μ Größe, die oft in Reihen hintereinander liegen, bald längere von 10 μ. Sie liegen stets innerhalb des Entoplasmas, manchmal wie in Fig. C zahlreich auf der Grenze von Ecto- und Entoplasma. Besonders typisch ist ihre Anordnung in der Nähe des Kernes, den sie oft strahlig umgeben oder wie in ein dichtes Nest einhüllen. Sind nur wenige vorhanden, so können wir sicher sein, sie in der Nähe des Kernes zu finden; sind sie zahlreich, so liegen sie überall im Plasma zerstreut, und zwar den durch die Vacuolen bedingten Zügen des Plasmas eingeordnet, oft auch zu Bündeln vereinigt. Dabei findet man häufig Tiere, die ganz frei von ihnen sind, andere aber, die sie in geradezu unglaublicher Weise beherrschen, so daß man besonders in der weiteren Umgebung des Kernes kaum das Plasma sieht, in das sie eingebettet sind. Ihre Verteilung in den verschiedensten Lebenszuständen ist auf den meisten Abbildungen zu erkennen und bedarf deshalb keiner weiteren Erläuterung. Im lebenden Tier fallen sie sogleich durch ihren matten seidigen Glanz auf, im Präparat erscheinen sie durch Kernfarbstoffe mittelstark gefärbt. Irgend eine feinere Struktur an ihnen wahrzunehmen gelang weder im Leben noch im Präparat, sie erschienen stets gleichmäßig homogen. Natürlich bemühte ich mich, irgend eine Gesetzmäßigkeit ihres Auftretens und ihrer Menge herauszufinden; das einzige Resultat in dieser Beziehung ist, daß ich sie in besonders großer Menge in den Teilungsstadien auffand, und dies regelmäßig.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß wir es hier mit denselben Bildungen zu tun haben, die schon lange aus verschiedenen Rhizopoden bekannt sind; so vor allem aus *Pelomyxa*, wo sie unter den verschiedensten Bezeichnungen als die Glanzkörper umlagernd beschrieben werden. Ich kann aus eigener Anschauung bezeugen, daß diese Stäbchen und Bacteroiden der *Pelomyxa*, abgesehen von der geringeren Größe, den hier beschriebenen Dingen völlig gleichen. Vollständig identisch sind sie mit den von Gruber (1884) für *Amoeba binucleata* angegebenen und für kommensale Pilzfäden erklärten Stäbchen, eine Ansicht, der sich auch Schaudinn (1895) anschloß. Da diese Amöbe (oder wohl besser *Pelomyxe*) auch in meiner Mastigamöbenkultur in Mengen vorkam, konnte ich mich von der völligen Identität der Bildungen überzeugen. Über ihre Natur wage ich

Digitized by Google

aber kein bestimmtes Urteil abzugeben, da Versuche, sie auf chemischem und optischem Wege zu ermitteln, mißlangen. Bei *Pelomyxa* soll es ja gelungen sein, diese Stäbchen in Reinkultur zu züchten und so als Bacterien zu erweisen. Die Bacteroiden der *Mastigella* wuchsen jedenfalls auf Agarnährboden nicht. Ihre auffallenden Beziehungen zum Kern und die Tatsache, daß sie am reichlichsten in sich teilenden großen, also sicher reichlich ernährten Tieren angetroffen werden, lassen es mir aber viel wahrscheinlicher erscheinen, daß es sich um kristallisierte Reservestoffe handelt. Dagegen wäre allerdings zu halten, daß sie später, wie wir sehen werden, in den Cysten nicht aufgebraucht werden. Eine Entscheidung über ihre Natur wird aber wohl nur auf chemischem Wege möglich sein.

Ein sehr interessanter Bestandteil des Leibes der *Mastigella* sind die Bildungen, die ich als Klebkörner bezeichnen möchte. Auf ihre Beziehungen zu Bildungen, die von anderen Mastigamöben her bekannt sind, will ich erst im 3. Abschnitt im Zusammenhang eingehen und jetzt nur die Befunde mitteilen. Es handelt sich um kleine Körner von kurz stabförmiger Gestalt (im optischen Durchschnitt sind sie kreisrund), die zwar kein konstantes Vorkommen sind, wenn sie aber vorhanden sind, eine sehr charakteristische Lage einnehmen und wahrscheinlich eine bestimmte Funktion erfüllen. Im ruhenden Tier sind sie, wenigstens nicht in ihrer typischen Lage, an der Körperoberfläche zu finden, dagegen werden sie beim wandernden Tier nie vermißt. Und zwar findet man sie hier ausschließlich am hinteren Ende. Ist dieses mit Pseudopodien bedeckt, so überziehen sie auch diese, wie sehr schön Fig. 3 u. 38 zeigt. Im allgemeinen stehen sie begreiflicherweise dabei auf deren Oberfläche weniger dicht wie an der Körperoberfläche, da sie beim Ausstrecken der Pseudopodien ja auseinandergezogen werden. Sind keine Pseudopodien vorhanden, dann haben wir das Bild wie in Fig. 39. (In diesen Figuren sind die Körner nur auf einem Teil des Hinterendes vollständig dargestellt und sind auf der ganzen Oberfläche zu ergänzen.) Die Klebkörner liegen nun nicht innerhalb des Protoplasmas, sondern oberflächlich auf der Pellicula, der sie mit ihrer Längsseite angeschmiegt sind. Die gegenseitige Anordnung in Bezug auf ihre Achse ist ganz unregelmäßig. Auch in den Fig. 54 u. 61 ist ihr massenhaftes Auftreten auf der Oberfläche kenntlich. Es fragt sich nun, wo diese Gebilde herkommen und welche Funktion sie haben. Was ersteren Punkt anbetrifft, so kann ich darüber nur Vermutungen äußern. Bei ruhenden Tieren findet man bisweilen im Entoplasma ganz ähnliche Gebilde, die vielleicht darauf schließen

Digitized by Google

lassen, daß sie von dort her an die Oberfläche wandern. Bemerkenswert ist aber vor allem eine anscheinende Beziehung der Körner zum Kern. Man findet nämlich bisweilen — aber ohne daß sich ein regelmäßiger Unterschied zwischen ruhenden und nichtruhenden Tieren feststellen ließe — den Kern umgeben von einem Kranz stets nur in einer Reihe gestellter, radiär angeordneter Stäbchen, die nach Lichtbrechung im Leben und Färbung im Präparat genau den Klebkörnern gleichen, nur bisweilen, aber nicht immer, kleiner sind. Sie sind gut in Fig. 3, 4, 65 zu erkennen. Bei Betrachtung von der Oberfläche erscheinen sie wie vollständig regelmäßig in gleicher Distanz aufgestellte Kreischen. Ich erachte es nicht für ausgeschlossen, daß wir hier an der Kernoberfläche den Bildungsherd der Körner vor uns haben.

Was die Funktion der Körner anbetrifft, so muß ich vor allem die Bezeichnung Klebkörner rechtfertigen. Dies geschieht aus der Beobachtung ihres Verhaltens bei der Wanderung, bei der Cystenbildung und bei der Nahrungsaufnahme. Es wurde schon erwähnt, daß sie bei der Wanderung sich stets am Hinterende des Tieres anhäufen. Beobachtet man ein solches Tier, so kann man sich des schwer in Worten ausdrückbaren Eindrucks nicht erwehren, daß das Tier sich beim Vorwärtskriechen des Hinterendes als Stützpunkt bedient, von dem aus der Körper weitergeschoben wird, und erst dann löst sich das an die Unterlage fixierte Hinterende los und wird nachgezogen. Die Funktion, die die Klebkörner bei dieser Bewegungsart ausüben, wäre dann die gleiche wie die der Nägel an den Schuhen des Bergsteigers. Ich glaube aber, daß es nicht nur dieser Reibungswiderstand ist, in dem die Bedeutung der Körner liegt, sondern daß diese ihre Funktion noch durch eine gewisse Klebrigkeit gesteigert wird. Am Hinterende lebhaft kriechender Tiere sieht man die Körner, die am meisten hinten liegen, sich zu kleinen Tröpfchen umbilden (Fig. E), die beim Weiterkriechen oft spitz ausgezogen werden. Für diese ihre Natur spricht auch ihr Verhalten bei der Encystierung, wobei sie an der Bildung der Cystenhülle in charakteristischer Weise teilnehmen. Das nähere soll aber erst bei Schilderung dieses Vorganges dargestellt werden, um die Beschreibung nicht aus dem Zusammenhang zu reißen. Besonders schön tritt ihre Klebrigkeit bei gewissen Phasen der Nahrungsaufnahme hervor, weshalb wir uns jetzt diesem Vorgang zuwenden.

Fig. E.

Mastigella vitrea ist geradezu ungeheuer gefräßig. Neben Diato-

Digitized by Google

meen und kleinen grünen Algen bildet ihre Hauptnahrung lange Algenfäden verschiedener Arten, von denen sie schier unglaubliche Mengen bewältigen kann, aber auch Fäden von im Verhältnis zu ihrem Körper riesiger Länge. Die Art, wie diese langen Fäden aufgenommen werden, ist für unsere Form direkt charakteristisch; zu Zeiten, in denen in der Kultur große Mengen jener Nahrung vorhanden, brauchte man bloß nach den Algenfäden zu schauen, um dann der durchsichtigen, sie überziehenden Mastigellen gewahr zu werden. Das erste Ergreifen des Fadens ist in Fig. F dargestellt; in diesem Falle wurde der Faden an einem Ende ergriffen, öfters aber sah ich, daß er in der Mitte gefaßt wurde. An dem der Beute zugekehrten Hinterende entstanden zunächst lange Pseudopodien, die sich dem Faden anlegten. Ein besonders langes bog sich in diesem Falle über den Faden hinweg und hielt ihn fest wie zwischen den Schenkeln einer Zange. Und nun fließt das Plasma langsam um den Faden herum, so daß seine Spitze im Innern des Tieres liegt. Ist, wie meistens, der Faden in der Mitte ergriffen worden, so steckt er jetzt peripher in dem Tiere drin, so daß etwa das gleiche Bild entsteht, wie es eine Epithelmuskelzelle einer Hydra zeigt, wobei der Algenfaden dem contractilen Faden, die Amöbe der Epithelzelle zu vergleichen wäre. Und nun schiebt sich das Protoplasma langsam über den Faden nach beiden Seiten hinweg (Fig. G). Es beteiligt sich daran zunächst nur das Ectoplasma, das nun keine Pseudopodien aussendet. Das Hinwegschieben über den Faden erfolgt vollständig gleichmäßig wie die Ausstülpung eines Handschuhfingers, so daß der peripherste Teil immer manschettenartig abschließt (Fig. G_1). Der Körper der Amöbe wird dabei immer mehr verbraucht und überzieht, wenn es sich um lange Fäden handelt, schließlich nur als eine ganz dünne Hülle den Faden, die nur in

Fig. F.

Digitized by Google

der Mitte spindelförmig angeschwollen ist (Fig. H). Es kann dies so weit gehen, daß man den durchsichtigen Plasmaüberzug überhaupt

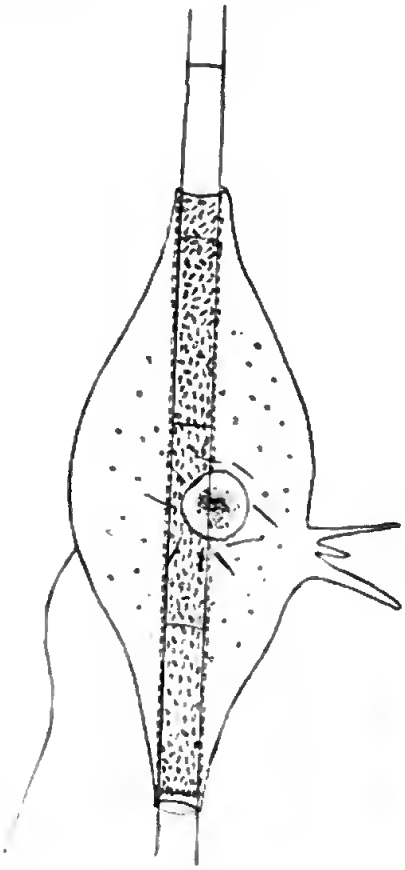


Fig. G.

Fig. G_1.

Fig. H.

nur an den Enden des Fadens, wo er stets etwas vorquillt, sehen kann. Sehr merkwürdig ist, daß während dieses Vorganges oft die Klebkörner im Bereich der Hauptplasmamasse in der spindelförmigen Anschwellung sich dicht um den Algenfaden gruppieren, ihn vollständig einhüllend (G). Wir können dies nur so erklären, daß sie die Amöbe in diesem Falle an dem Faden befestigen. Dafür spricht, daß er bis zur völligen Aufnahme des Fadens, wie die gefärbten Präparate deutlich zeigen, durch eine feine Hautschicht noch vom Plasma getrennt ist, so daß man sich den ganzen Vorgang so vorstellen muß, daß das Tier für den Faden einen Kanal bildet, der ihn umschließt und dessen Wand

erst aufgelöst wird, wenn die Beute ganz umflossen ist. Besonders deutlich tritt die Richtigkeit dieser Auffassung auch an der manschettenartigen Vorflußstelle zutage, wie die stärker vergrößerte Fig. G_1 zeigt.

Hat die *Mastigella* kleine oder mittlere Fäden aufgenommen, so verdaut sie sie in loco und hat dann für lange Zeit eine Form, wie sie die Fig. 54, 60—62 zeigen. Erst wenn der Faden ausgedaut ist, bricht er, wohl schon durch die Bewegungen des Tieres, auseinander und die leeren Zellmembranen liegen in einer oder mehreren Vacuolen beisammen, wie auch schon oben besprochen wurde, bis sie ausgestoßen werden. Dies geschieht einfach, indem die Hautschicht über einer solchen Vacuole dünner wird und schließlich einreißt. Hat das Tier aber sehr große Fäden umflossen, so müssen diese, um verdaut zu werden, erst richtig dem Körper einverleibt werden, und dies geschieht in einer überaus merkwürdigen Weise. Schon bald nachdem der Faden ganz umflossen ist, werden wieder auf der Körperoberfläche Pseudopodien gebildet, und zwar zuerst an den Enden des Fadens und dann allmählich überall. Nunmehr sammeln sich alle Klebkörnchen in einer Zone in der Mitte der Länge an der Körperoberfläche an, hier eine Art Gürtel bildend (Fig. J). Und nun beginnt das Plasma auf einer Seite kleine konische Pseudopodienhöcker zu bilden, auf deren Spitze je ein Klebkorn liegt (Fig. J_1). Und indem das Plasma, sichtlich mit Hilfe der Klebkörnchen sich anheftend, auf dieser Seite vorwärts wandert, während die Körner der Gegenseite wohl das Punctum fixum herstellen, wird der Faden allmählich geknickt. In Fig. J ist er bereits in der ersten Knickung dargestellt; wenn der Prozeß weiter fortschreitet, bildet der Faden ein winkliges Gerüst, zwischen dem der Körper jetzt membranartig ausgespannt ist (Fig. J_2). Schließlich ist der Faden vollständig bewältigt und einverleibt und kann verdaut werden. Der ganze Vorgang nimmt etwa 1 Stunde in Anspruch. Die Berechtigung der Bezeichnung Klebkörner erhellt wohl aus dieser Schilderung.

Nachdem wir so die Bestandteile des Protoplasmas unseres Tieres kennen gelernt haben, können wir uns der Betrachtung der Geißel zuwenden. Das was bei ihrem Studium zunächst in die Augen fällt, ist, daß sie uns in zwei ganz verschiedenen Formen vor Augen tritt, wie Fig. 2 u. 3 zeigt. Im einen Fall erscheint sie als ein dünner Faden von Körperlänge oder darüber, im anderen als eine ziemlich kurze, starre Borste. In ersterem Zustand finden wir sie hauptsächlich bei Tieren im Ruhezustand (Fig. 2) und bei fressenden Tieren

Digitized by Google

(Fig. J), in letzterem teils bei ruhenden und stets bei wandernden Tieren. Im ausgestreckten Zustand sehen wir die Geißel an irgend einer Stelle aus dem Ectoplasma entspringen. An ihrem Ursprung liegt stets ein stark lichtbrechendes Körnchen. Diese Stelle nimmt keine bestimmte Lage ein, sondern wird durch die Bewegungen des

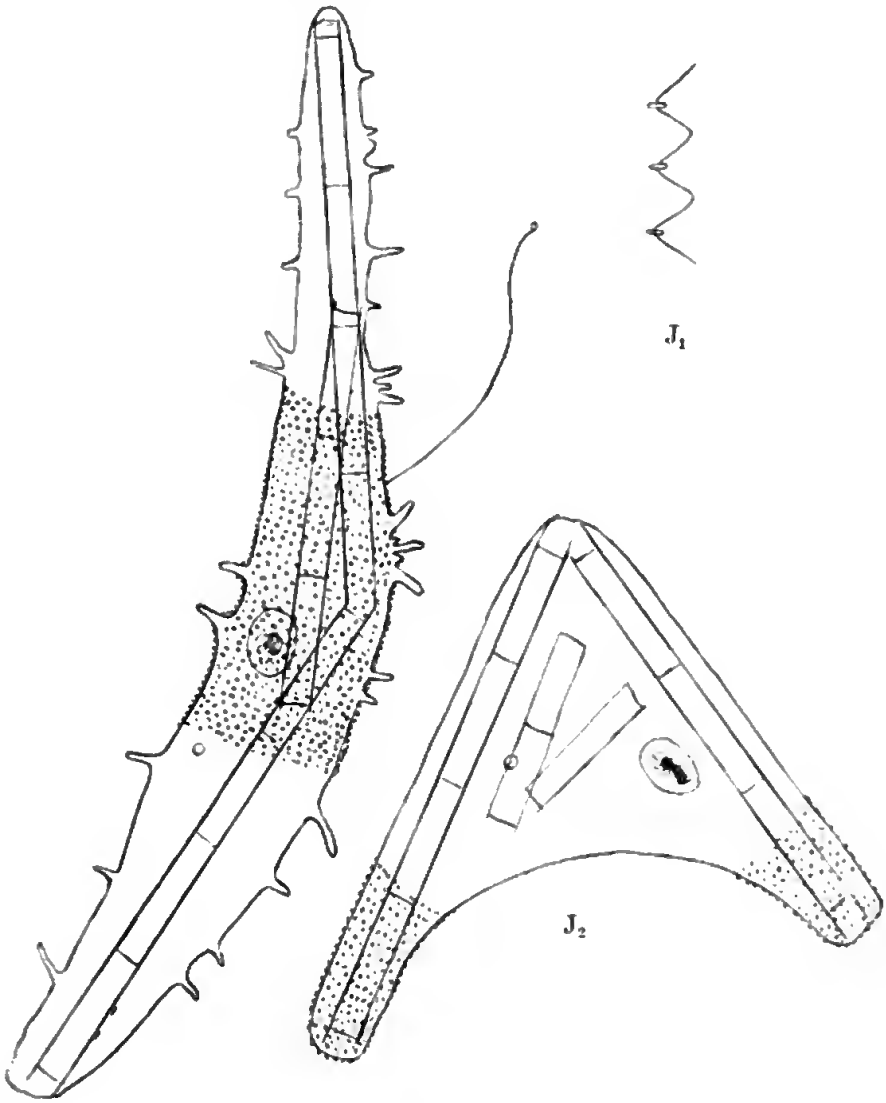


Fig. J.

Ectoplasmas bald hierhin bald dorthin verschoben, bald auf einen nicht markierten Punkt der Oberfläche, bald auf die Spitze eines Pseudopodiums. Der Geißelfaden selbst hängt in diesem Zustand schlaff in das Wasser und führt oft lange Zeit keine Bewegung aus,

Digitized by Google

abgesehen vom passiven Flottieren. Nur hier und da führt er einen plötzlichen aber recht matten peitschenartigen Schlag aus, um dann wieder still zu liegen. Charakteristisch ist, daß in diesem Zustand das äußerste Ende der Geißel stets ösenförmig umgebogen oder zu einem plasmatischen Klümpchen verdickt ist, wie die Fig. 33 zeigt, die die Geißelspitze in 3 verschiedenen Typen darstellt. Bei fressenden Tieren, die lang ausgezogen einen Algenfaden umschließen, hängt die Geißel stets in diesem Zustand irgendwo seitlich an der Körperoberfläche und führt überhaupt keine Bewegung aus (Fig. J). Von einer Funktion der Geißel kann in diesem Zustand wohl keine Rede sein.

Anders wenn sie die borstenartige Form zeigt, ein Zustand, in dem sie außer der Kürze wesentlich dicker erscheint. In dieser Form liegt sie nie ruhig, sondern befindet sich stets in aktiver oder passiver Bewegung. Die erste besteht entweder in einem ruhigen Hin- und Herpendeln mit einer Amplitude von 180°, wobei das ganze Organ borstenartig starr bleibt. Dazwischen wird einmal wieder die Stellung zum Körper durch einen schnellen Schlag um 180° gewechselt. Der Schlag ist dann so, wie wenn man eine gespannte Gerte schnicken läßt. Hier und da werden aber auch ein paar schnelle peitschenartige Schläge ausgeführt. Die passive Bewegung wird durch die ständige Verschiebung des Ectoplasmas bedingt, die die Geißel immer auf der Wanderung erscheinen läßt. Beobachtet man ein solches Tier längere Zeit, so liegt die Geißel bald am Rand in verschiedenen Lagen, bald rückt sie auf die Oberfläche hinauf und wandert wieder zu einer anderen Stelle des Randes hinüber. In Fig. K sind vier Stellungen wiedergegeben, die eine solche Geißel im Laufe von 5 Minuten einnahm. Zuerst lag sie auf der Spitze eines konischen Pseudopodiums und pendelte langsam hin und her (1); dann wurde dieses Pseudopodium weiter vorgewölbt und auf seinem Gipfel bildete sich ein fingerförmiger Lappen. Die Geißel blieb dabei seitlich liegen (2) und führte hier einige Peitschenschläge aus. Dann wurde das Pseudopodium ganz eingezogen und die Geißel saß auf einem flachen Ectoplasmasaum (3), auf dem sie dann mit plötzlichem Ruck zwischen

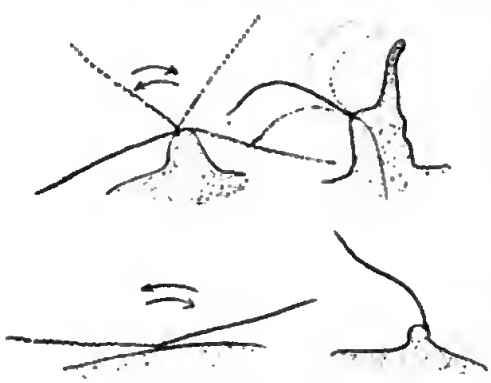


Fig. K.

Digitized by Google

der gezeichneten Stellung und einer um 180° gedrehten wechselte. Dann geriet sie wieder auf ein kurzes Pseudopodium (4) und wanderte mit diesem auf die Oberseite hinauf, wo sie sich der Untersuchung entzog.

Bei einem auf der Wanderung befindlichen Tier sitzt die kurze Geißel dagegen stets auf der vordersten Spitze des vorankriechenden Ectoplasmazapfens. Sie wird dabei meist starr in die Bewegungsrichtung gestreckt und bei schnell wandernden Tieren überhaupt nicht bewegt. Ist die Wanderung aber verlangsamt, so pendelt sie auch hier hin und her und wird von vorfließendem Ectoplasma bald mehr nach rechts, bald mehr nach links geschoben. Will das Tier seine Bewegungsrichtung ändern, so wölbt sich auf der entgegengesetzten Seite eine Plasmamasse vor, die die Geißel in die neue Bewegungsrichtung verlagert, der dann das ganze Tier nachströmt. Die gegebene Schilderung, wie der Gesamteindruck, den man bei der Beobachtung erhält, zeigen klar, daß die Geißel der *Mastigella* für die Bewegung des Tieres überhaupt keine Rolle spielt. Ihr ständiges Hin- und Hertasten legt den Gedanken nahe, daß es sich um ein Tastorgan handelt, eine Ansicht, die ja auch schon früher für andere Mastigamöben aufgestellt worden ist.

Es frägt sich nun, ob wir imstande sind, diese verschiedenartigen Funktionszustände miteinander in Zusammenhang zu bringen. Das Studium gefärbten Materials ermöglicht uns dies in der Tat. Schon am lebenden Tier sieht man in günstigen Fällen, d. h. wenn die Geißel auf einem breiten und dünnen Pseudopodium sitzt, am besten bei Tieren auf der Wanderschaft, von dem lichtbrechenden Körnchen aus, das die Geißelbasis bezeichnet, eine feine Fortsetzung der Geißel in das Innere des Protoplasmas ziehen. In Fig. 3 ist dies zu erkennen, ebenso in Fig. K_2. Bei den geringen Lichtbrechungsdifferenzen zwischen dieser Bildung und dem Protoplasma ist sie im Leben nicht sehr tief zu verfolgen und von einer feineren Struktur gar nichts zu erkennen. Untersuchen wir nun aber gefärbte Präparate am besten von wandernden Tieren, die ja wegen ihres gestreckten hyalinen Vorderendes besonders günstig sind, so sehen wir von der Geißelbasis aus einen scharf gezeichneten Strang meist leicht wellig gebogen das konische ectoplasmatische Vorderende durchsetzen und im Entoplasma plötzlich enden. Die relative Größe dieser Bildung ist aus Textfigur L zu entnehmen. Sie zeigt auch, daß es sich nicht um einen einfachen Faden handelt, sondern daß der Bildung eine kompliziertere Struktur zukommt, die sich an guten Präparaten folgendermaßen aufklärt (Fig. 32). Das an der Geißelbasis liegende Körnchen erweist sich als ein Ring, der eine feine

Digitized by Google

Röhre abschließt, die im Ectoplasma nach hinten zieht, sich allmählich verjüngt und, wenigstens in dem abgebildeten Falle, in einen kräftigen gebogenen Faden ausläuft, der scharf abgeschnitten an der vorderen Grenze des Entoplasma endet. Die Röhre selbst aber wird durchsetzt von einem äußerst zarten, in Windungen gelegten Faden, der den abschließenden Ring durchsetzend in die Geißel übergeht. Hinten geht der Faden in den gemeinsamen Strang über. Daß er sich hier aber bis zum Ende des ganzen Gebildes fortsetzt, erkennt man an Präparaten, in denen die Röhre vorn kollabiert, also fadenförmig ist, hinten dagegen offen ist und so den „Achsenfaden" zeigt, wie es in Fig. L der Fall ist. Man erkennt weiterhin deutlich, daß der Achsenfaden viel dünner ist als die Geißel, wenn es sich auch wohl kaum in Zahlen wird ausdrücken lassen. Was das Hinterende des ganzen Apparates betrifft, so glaubte ich bisweilen eine Endigung an irgend einem geformten Körper zu sehen. Es erwies sich aber immer als eine Täuschung, hervorgerufen durch eine besonders deutlich begrenzte Vacuole, wie es in Fig. 31 der Fall ist. In Wirklichkeit endet der Apparat stets unvermittelt an einem Entoplasmazapfen. Die Elastizität, die der ganzen Einrichtung zukommt, erhellt sehr schön aus Präparaten, in denen das Tier gerade in dem Moment abgetötet wurde, in dem es im Begriff stand, seine Richtung zu ändern: dann erscheint die Geißelwurzel in elegantem Bogen in die neue Richtung gekrümmt (Fig. M). Nach dieser Schilderung brauche ich wohl gar nicht weiter zu betonen, daß die lange schlaffe Form der Geißel durch Ausstoßung dieses Wurzelapparates aus der borstenartigen Form hervorgeht. Die Bedeutung dieser Strukturen für das Problem der Geißelbewegung und die mutmaßliche Funktion dieses Apparates soll dann später im Zusammenhang erörtert werden.

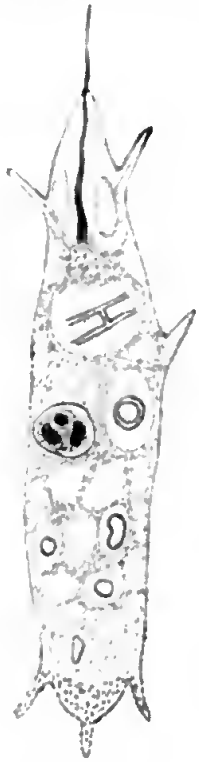


Fig. L.

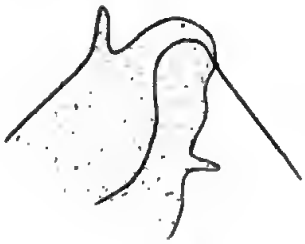


Fig. M.

Es erübrigt nunmehr nur noch einen Blick auf den Bau des Kernes zu werfen. Dieser ist ein kugeliges Bläschen von 10—15 μ Durchmesser, das im ruhenden Tier ungefähr in der Mitte liegt, bei

Digitized by Google

der Wanderung sich oft weit hinten findet. Seine ziemlich variable feinere Strnktnr ist in genau der gleichen Weise im lebenden wie im gefärbten Tier zu sehen. Er wird von einer deutlichen Kernmembran begrenzt, die ziemlich elastisch sein muß. Denn beim fressenden Tier beobachtet man oft, daß der Kern durch die übergroße Menge der Nahrung oder durch die sehr lange Ausziehung des Tieres gepreßt wird und dann ganz abgeflacht oder napfförmig wie ein Säugetiererythrocyt erscheinen kann. Im Innern des Kerns bemerkt man gewöhnlich eine kugelige Masse, die aus dicht aneinandergereihten feinen Körnchen besteht (Fig. 37, 38), die sich bei Färbung als chromatisch erweisen. In welcherlei Grundlage sie eingebettet sind, läßt sich für gewöhnlich nicht erkennen, erst wenn der Kern sich zur Teilung anschickt, wird das die Grundlage bildende feine Wabenwerk deutlich. Zwischen dieser aus chromatischen Körnchen bestehenden Kugel und der Kernmembran ist ein heller Raum vorhanden, in dem sich meist einige wenige chromatische Körnchen finden. Im Innern jener Kugel findet man gewöhnlich einen großen chromatischen und stark vacuolisierten Körper, ein Caryosom, wie es z. B. Fig. 38 zeigt. Alle diese Bestandteile des Kerns sind nun sehr variabel. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß es sich dabei um vegetative Veränderungen handelt, wie sie auch von anderen Protozoenkernen bekannt sind. Die Körnerkugel kann kleiner sein oder größer und je nachdem auch die äußere helle Zone bis zu ihrem völligen Verschwinden, die chromatischen Körnchen können größer oder kleiner sein. Besonders variiert das Caryosom, das vollständig zerfallen kann, wie Fig. 45 a—e zeigt. Ich habe solchen Zerfall auch im Leben unter dem Mikroskop verfolgen können; da es mir aber nicht gelang, in die verschiedenen Bilder eine Ordnung und Gesetzmäßigkeit zu bringen, so will ich mich auch nicht weiter mit ihrer Schilderung aufhalten. Die um den Kern häufig vorhandene Körnchenzone wurde bereits oben besprochen.

Es wäre schließlich noch zu erwähnen, daß *Mastigella vitrea* auch eine contractile Vacuole besitzt. Sie schlägt aber ganz außerordentlich langsam, wohl kaum mehr als einmal in der Stunde, ist im übrigen von den zahlreichen Vacuolen im Plasma so wenig verschieden, daß sie nur äußerst selten zur Beobachtung kam. Sie entleerte sich in diesen Fällen in der Nähe des Geißelursprunges.

Mastigella vitrea ist ein Schlammbewohner, der niemals an den Wänden der Kultnrgefäße in die Höhe kriecht oder in höhere Wasserschichten steigt. Eine Lichtempfindlichkeit, wie sie anderen Schlammbewohnern zukommt, ist nicht vorhanden.

Digitized by Google

2. *Mastigina setosa.*

Wie bereits in der historischen Einleitung bemerkt, wurde diese Art vor nicht langer Zeit von K. C. Schneider entdeckt und abgebildet, aber fälschlich zur *Mastigamoeba aspera* gestellt. Sie unterscheidet sich von der bisher besprochenen Art sofort durch ihre viel geringere Durchsichtigkeit. Meist ist sogar ihr Plasma so mit gefressenem Material vollgestopft, daß im Innern gar nichts zu erkennen ist. In ihrer Größe gleicht sie etwa der vorigen Art, mißt, je nachdem sie ausgestreckt ist, 90—140 μ im Durchmesser. Auch hier trifft man das Tier öfters in einem Ruhezustand, in dem es annähernd kugelig erscheint und eine Unterscheidung von Ecto- und Entoplasma nicht möglich ist. Bald geht es aber in Bewegung über und nimmt dann beim Wandern die in Fig. 1 wiedergegebene Gestalt an. Das Kriechen beginnt damit, daß an einem Pole, der damit zum vorderen wird, plötzlich ein halbkugeliger Höcker hervorbricht. Er besteht aus völlig hyalinem Ectoplasma, daß sich in ähnlicher Weise, wie es für *Mastigella* beschrieben wurde, vom Entoplasma loslöst. Wir müssen hier nun schon vorwegnehmen, daß der Kern, aus dem die lange Geißel entspringt, stets am Vorderende liegt und zwar an der Grenze von Ecto- und Entoplasma, dicht unter der Körperoberfläche, an der er durch die Geißelwurzel befestigt ist. Die Vorwärtsbewegung kommt nun folgendermaßen zustande. Im Plasma tritt eine oft außerordentlich kräftige Fontänenströmung des Entoplasmas auf, die durch die vielen darin enthaltenen Fremdkörper besonders deutlich wird. Eine kurze Zeit fließt der Strom gleichmäßig nach vorn und an den beiden Seiten wieder zurück. Dann aber schießt er plötzlich ruckweise vor, um sofort wieder ins alte Tempo zurückzukehren. Durch diesen Ruck wird ein hyalines halbkugeliges Pseudopodium seitlich vom bisherigen Vorderende vorgestoßen und zwar geschieht dies bald auf dieser, bald auf jener Seite vom Vorderende (Fig. 1). Alsbald strömt aber das wieder gleichmäßig vorfließende Entoplasma nach und reißt mit sich den Kern samt der Geißel an das neue Vorderende, das nun wieder nur einen schmalen Ectoplasmasaum hat, und das Spiel beginnt von neuem. Auf diese Weise kann die Amöbe ruhig vorwärtskriechen, bis sie aus irgend einem Grund veranlaßt wird, ihre Richtung zu ändern. Dies geschieht mit einer geradezu erstaunlichen Geschwindigkeit. Zunächst wird ein ebensolches hyalines Pseudopodium vorgewölbt wie beim Kriechen, aber es flacht sich sofort wieder auf der Seite, nach der die Wendung vor sich gehen soll, ab

Digitized by Google

und seine Masse tritt an dieser Stelle wieder neu hervor und indem dies so weiter geht, wandert dies Pseudopodium wie eine Welle über die Körperoberfläche hin. Der Kern mit seiner Geißel wandert mit der gleichen Geschwindigkeit immer wieder nach und so ist im Augenblick ein neues Vorderende hergestellt, das jetzt eine neue Marschrichtung aufnimmt. In seinen Einzelheiten stimmt der Prozeß sehr gut mit der typischen Pseudopodienbildnng überein, die Rhumbler (1898) so schön von seiner *Amoeba limicola* beschreibt. Ich habe übrigens diese interessante Amöbe in Menge beobachtet und kann die Rhumbler'sche Darstellung in jeder Beziehung bestätigen. Nicht immer aber wandert das Tier in dieser amöboiden Weise. Plötzlich sieht man es die Pseudopodienbildung einstellen, während die Fontänenströmung zunimmt und es resultiert daraus eine eigenartige rollende Bewegung, die sich durch große Geschwindigkeit und Stetigkeit auszeichnet. Es scheint dabei auch die Geißel eine Rolle zu spielen.

Außer an dem Vorderende wird beim Kriechen auch am Hinterende etwas hyalines Ectoplasma sichtbar. Das Hinterende bildet nämlich beim Kriechen stets eine Anzahl mehr oder minder großer stumpfer Lappen. Sie sind in Fig. 1 und 26 zu sehen. Manchmal setzt sich das Hinterende aber auch vom übrigen Körper wie ein Fuß ab und dann erscheinen die Lappen wie Zehen (Textfig. N). Morphologisch stellen sie wohl das gleiche dar, wie die bei *Mastigella* schon erwähnten Härcheubesätze des Hinterendes oder das was Frenzel als maulbeerartige Anhänge bezeichnete. Physiologisch dienen sie möglicherweise als Stützpunkt bei der Bewegung. Außer den erwähnten Pseudopodienbildungen kommen bisweilen aber selten kleine warzenartige Pseudopodien vor, die aber bald wieder vergehen und für die Ortsbewegung keine Bedeutung haben (Fig. N).

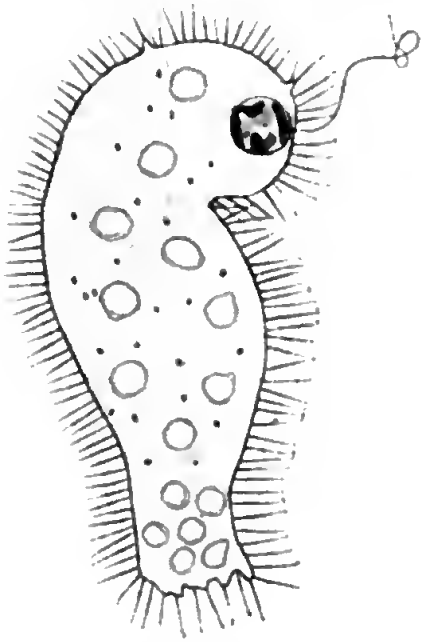


Fig. N.

Was den Bau des Protoplasmas anbetrifft, so ist im Leben hier nicht so viel zu erkennen wegen der Menge von Inhaltskörpern. Das im Leben vollständig hyalin erscheinende Ectoplasma ist im

Digitized by Google

Präparat sehr feinwabig gebaut und durch einen Alveolarsaum nach außen abgesetzt (Fig. 47 b). Das Entoplasma ist sehr reich von großen und kleinen Vacuolen durchsetzt. Die großen enthalten meist mehr oder weniger verdaute Nahrungskörper, sind aber auch oft leer. Die kleinen finden sich besonders oft dicht gedrängt im Hinterende (Fig. 1), dem sie bei massenhaftem Vorkommen ein charakteristisches Gepräge geben können. Dazu finden sich noch sehr häufig im Entoplasma große Fettkugeln, oft in großer Menge. Es ist dies nicht uninteressant. Da die Nahrung bei dieser Amöbe die gleiche ist wie bei der *Mastigella*, so zeigt uns dies, wie zwei einander so nahestehende Organismen einen grundverschiedenen Stoffwechsel haben können. Denn bei *Mastigella* wurden nie fettartige Substanzen beobachtet. Da der *Mastigina* auch vollständig die Bacteroiden fehlen, so erscheint diese Verschiedenheit noch deutlicher, vorausgesetzt, daß diese Stäbchen Stoffwechselprodukte sind. Im Präparat erscheint das Entoplasma stets sehr fein gekörnt. Es scheint, daß ein Wabenwerk vorliegt, dessen Wände besonders dicht mit feinen Granulis besetzt sind, doch kann ich dies nicht mit aller Bestimmtheit behaupten.

Wir haben schon bei *Mastigella* das Vorhandensein einer Pellicula festgestellt. Noch viel besser entwickelt finden wir sie bei *Mastigina*. Hier fällt sie schon bei schwacher Vergrößerung als eine dichte, stark lichtbrechende und gelblich schimmernde Haut auf. Ihre spezifische Natur ist sehr schön nachzuweisen, wenn man das Tier preßt, wobei sie Falten bildet. Auch bei der Encystierung werden wir sie als gesonderte Membran wiederfinden. Besonders charakterisiert wird diese Schicht aber dadurch, daß sie dicht mit borstenartigen Härchen besetzt ist, denen das Tier seinen Namen verdankt. Sie besitzen eine Länge von 8—14 μ und stehen in regelmäßigen Abständen über die ganze Körperoberfläche verteilt. Sie fehlen weder den Lappen des Hinterendes noch den Pseudopodien. Sie sind nicht alle gleich lang, sondern stets ragen einige, besonders in der Nähe des Geißelursprungs durch besondere Länge hervor. Sie sind vollständig starre, fein zugespitzte Borsten, die meist senkrecht vom Körper abstehen, und nur hier und da ein wenig geneigt sind. Ihre Anordnung ist aus den Figg. 1, 26, 40—44, 76—79 zu erkennen. K. C. Schneider (1905), der unsere Form zum ersten Mal sah, gibt an, daß er auch Exemplare ohne diesen Borstenbesatz fand. Ich habe an ausgewachsenen Tieren sie aber nie vermißt. Er fand ferner in der Pellicula an der Basis jeder „Cilie" ein stark lichtbrechendes Korn, das er als Basalkorn bezeichnet,

Digitized by Google

und glaubt, daß aus ihm die Cilie vorgewachsen ist. Kleinere Stäbchen, die er fand, vergleicht er mit den Rauhigkeiten der *Mastigamoeba aspera* und hält sie für Jugendstadien der Borsten. Ich sehe diese Dinge etwas anders. Die Borsten sind in die Pellicula eingepflanzt und zwar endigen sie unter der Pellicula mit einer feinen knöpfchenartigen Anschwellung (Fig. O). Die kurzen dicken Stäbchen, die SCHNEIDER zeichnet, konnte ich nie beobachten. Dagegen konnte ich über die Entwicklung der Borsten folgende Beobachtung machen. Junge Tiere entbehren, wie wir später sehen werden, des Borstenkleides. In dem Stadium aber, in dem sie auftraten, findet man Tiere, deren Oberfläche dicht besetzt ist mit Körnchen, die genau das Aussehen der Klebkörner der *Mastigella* haben (Fig. 30). Aus solchen dürften dann wohl die Borsten auswachsen. Daß die Körner aber nichts mit Basalkörpern zu tun haben, werden wir später auseinandersetzen. Was die Funktion dieser Borsten betrifft, so werden sie wohl durch die so erzeugte rauhe Oberfläche bei der Bewegung des Tieres nützlich sein. Eine Eigenbewegung haben sie nicht und bei der Nahrungsaufnahme spielen sie auch keine Rolle. Dieser wollen wir jetzt eine kurze Betrachtung widmen.

Fig. O.

Mit *Mastigella* kann sich *Mastigina* nicht an Gefräßigkeit messen, immerhin vermag sie auch relativ große Beute zu bewältigen. Sie nährt sich ebenfalls ausschließlich von pflanzlicher Nahrung, vorzugsweise Diatomeen und kleinen grünen Algen, wagt sich aber auch hier und da an größere Algenfäden heran, wenn auch nicht an solche Riesen wie *Mastigella*. In Fig. 76 ist ein Tier abgebildet mit der größten Beute, die ich beobachtet habe. Das Ergreifen der Nahrung geschieht auch hier mit dem Hinterende — *Mastigella* ergriff sie ja auch mit dem der Geißel entgegengesetzten Pole —, das die Beute umfließt. Ich habe dann öfters beobachtet, daß das Tier weiterkroch oder auch schnell davonrollte, während im Hinterende ein so langer Nahrungskörper stak, daß er wie der berühmte Balken der Schildbürger nachgeschleppt wurde. Erst allmählich wurde dann durch die Strömung des Plasmas der betreffende Körper in die Bewegungsrichtung gebracht und wieder ein normales Hinterende gebildet.

Von besonderem Interesse ist die Geißel der *Mastigina*, die gemeinsam mit dem Kern besprochen werden muß. Sie ist im Gegensatz zur anderen Art sehr groß und beweglich. Ihre Länge variiert sehr. Ich fand sie allerdings niemals kürzer als von etwa $1^1/_2$ facher

Digitized by Google

Körperlänge, aber auch zwei- und dreifache Körperlänge kam vor, also Geißeln von fast $^1/_2$ mm Länge. Ihre Bewegungen sind sehr verschiedenartige. Bewegt sich das Tier in einer Richtung, so wird sie gerade und starr vorgestreckt und nur das vorderste Ende macht schraubenartige Bewegungen. Eine solche Bewegungsart wurde auch schon von anderen Mastigamöben geschildert und das so dargestellt, als ob die Geißel sich dabei wie eine Schiffsschraube ins Wasser bohre. Ich glaube nicht, daß bei *Mastigina* von einer solchen Funktion die Rede sein kann, da die Vorwärtsbewegung durch die Plasmaströmung bewirkt wird. Es scheint mir nur, daß die erwähnte eigenartige Stetigkeit der Bewegung durch die wie ein langer Schiffsschnabel vorgestreckte Geißel bewirkt wird. In der Hauptsache dürften die Bewegungen des Vorderendes tastende sein — auch für andere Mastigamöben wird eine Tastfunktion der Geißel angenommen —, wie man auch sehr hübsch beobachten kann, wie das Tier sofort seine Kriechrichtung ändert, wenn die Geißelspitze an eine Luftblase oder dergleichen anstößt. Bisweilen führt auch die ganze Geißel einige wenige Bewegungen aus, die entweder in ein paar kurzen Schlägen bestehen, die wellenförmig über die Geißel ablaufen oder in einem Zurückbiegen und nachfolgendem fahnenartigen Entrollen.

Es wurde bereits erwähnt, daß, wie bei vielen Mastigamöben, die Geißel der *Mastigina* aus dem Kern entspringt. Wie Fig. 1 zeigt, oder noch besser Fig. 46 a, b und 47 a ist dies sehr schön im Leben zu sehen. Die Geißel durchbohrt die Pellicula und tritt mit einem kurzen Wurzelstück zum Vorderende des Kerns. Ob dieses Wurzelstück eine Fortsetzung der ganzen Geißel oder vielleicht nur eines Teiles ist, läßt sich bei der Zartheit der ganzen Bildung nicht sagen. Der Kern ist ein kugeliges Bläschen, das an der Stelle der Geißelinsertion einen feinen schornsteinartigen Aufsatz hat, den man im Leben bei genauer Profilstellung des ganzen sehr schön sehen kann (Fig. 47 a). Der Schornstein ist abgeschlossen durch eine Endplatte, die sich im Präparat etwas stärker färbt (Fig. 47 b) und dann leicht als vom Kern unabhängige Scheibe fälschlicherweise erscheinen kann, ein Eindruck, der in dem Fig. 41 zugrunde liegenden Präparat vorgetäuscht wurde. In der Mitte dieser Platte befestigt sich die Geißelwurzel und zeigt kurz vorher eine feine punktartige Anschwellung, die ebenfalls im Leben zu erkennen ist, eine Art Basalkorn (Fig. 47).

Es wurde schon oben gelegentlich der Pseudopodienbildung beschrieben, wie der Kern mit der Geißel stets vom nachströmenden Entoplasma wieder an das neue Vorderende getrieben wird. Beob-

Digitized by Google

achtet man dieses Spiel eine Zeitlang, so kommt man zur Überzeugung, daß die Geißel in der Pellicula in irgend einer Weise befestigt sein muß. Denn bei dieser Wanderung der Geißel bleibt sie stets der gleichen Stelle der Pellicula eingepflanzt, wie man an der Mitwanderung der benachbarten Borsten erkennen kann, während der Kern durch die Geißelwurzel am gleichen Punkt aufgehängt erscheint. Er wird durch die Strömung oft an diesem Faden hin und hergerissen, kann dabei völlig deformiert werden, wie Fig. 46 a und b vom gleichen Kern zeigen, ohne seine Lage aufzugeben. Es folgt daraus auch, daß wenigstens die Geißelwurzel eine gewisse Festigkeit haben muß.

Damit ist aber die Geißelstruktur noch nicht erschöpft. Im gefärbten Präparat sieht man stets von dem in der Geißelwurzel liegenden Knöpfchen einen feinen gefärbten Faden seitlich abgehen (Fig. 47 b *wu*), einen Wurzelfaden. An günstigen Präparaten kann man ihn, wie in Fig. 43 *wu*, weit in das Plasma hinein verfolgen, wo er frei endigt, nachdem er sich manchmal dichotomisch geteilt hat. Bisweilen findet man aber statt des einen Fadens auch mehrere bis zu vier. Besonders schön sind sie in Fig. 42 *wu* zu erkennen (es sind nur die drei nach oben liegenden gezeichnet), die auch zeigt, daß darin stets ein Faden besonders lang erscheint. Über die Funktion dieser Bildungen kann man zunächst nur Hypothesen aufstellen. Bei der Wahrscheinlichkeit, daß die Geißel ein Tastorgan darstellt, könnte man an reizleitende Strukturen denken? Vielleicht liegt die gleiche Bildung vor, die Prowazek (1903) als Rhizoplast bezeichnete, womit allerdings auch nicht viel gewonnen ist. Es sei schließlich noch hervorgehoben, daß es mir gelang auch die Regenerationsfähigkeit der Geißel in einem Zeitraume von 14 Stunden festzustellen. Es ist dies meines Wissens das erste Mal, daß dies beobachtet wurde. Ich will nicht mehr darüber mitteilen, weil besondere Untersuchungen in dieser Richtung in Gang sind.

Es wären nunmehr nur noch ein paar Worte über den Bau des Kernes zu sagen. Er ist ebenfalls von einer deutlichen Kernmembran umgeben. Sein Chromatin ist wenigstens im ruhenden Kern stets peripher dicht unter der Kernmembran angeordnet und zwar entweder in Form kleiner Scheibchen (Fig. 46, 47) oder in Form chromatischer Stränge und Bänder (Fig. 76, 77). Bisweilen findet man auch zwei gegenüberliegende Schollen durch einen feinen, den Kernraum durchsetzenden Faden miteinander verbunden (Fig. 77). Damit ist aber die Schilderung der Kernsubstanzen nicht erledigt. Denn außer dem Kern gibt es noch im Plasma geformtes Chromatin,

Digitized by Google

das wir nach seinem späteren Schicksal als Sporetien oder propagatorische Chromidien bezeichnen müssen. Sie sind in ihrer Verteilnng im Plasma sehr schön in Fig. 76 zu sehen. Näher soll auf sie aber erst bei Besprechung der Fortpflanzung eingegangen werden.

Auch *Mastigina setosa* ist ein Schlammbewohner. Im Gegensatz zu *Mastigella* scheint sie ziemlich lichtempfindlich zu sein. Bei Beobachtung in hellem Licht ist sie stets bestrebt, aus dem Gesichtsfeld zu kommen und ist Schlamm in der Nähe, so kriecht sie bald in ihn hinein nnd entzieht sich so der Beobachtung.

3. Bemerkungen über Klebkörner und Geißel.

Es seien an dieser Stelle einige Bemerkungen über die Klebkörner und Geißel eingeschaltet. Die ersteren scheinen eine für die größeren Mastigamöben geradezu charakteristische Organisationseigentümlichkeit zu sein. Schon die erste näher bekannt gewordene Form, die *M. aspera*, erhielt von ähnlichen Gebilden ihren Namen. Schulze verglich sie äußerlich dem *Bacterium termo*, bildete sich über ihre Bedeutung aber keine definitive Ansicht. Auch Frenzel läßt die Frage offen, neigt aber dazu, sie nicht für Bacterien zu halten. Dafür könnte sprechen, daß bei Leidy's *Dinamoeba mirabilis* auch Exemplare beobachtet wurden, die in der feuchten Kammer ihre Stäbchen verloren. Bütschli neigt hingegen dazu, die Stäbchen für Bacterien zu halten, da z. B. manche Choanoflagellaten an ihrer Oberfläche dicht mit Bacterien besetzt sein können, was auch von Plenge (1899) für Myxomycetenschwärmer angegeben wird. K. C. Schneider (1905) bezeichnet die Borsten seiner Mastigamöbe als starre Cilien und glaubt die Rauhigkeiten der *Mastigamoeba aspera* als junge Borsten ansehen zu müssen. Jedenfalls hält er diese Bildungen nicht für Bacterien, wie daraus hervorgeht, daß er annimmt, daß sie aus Basalkörpern hervorwachsen. Durch meine oben geschilderten Beobachtungen an *Mastigella* ist wohl mit Sicherheit erwiesen, daß die von mir als Klebkörner bezeichneten Gebilde keine Bacterien sind, sondern der Amöbe angehören. Ihre verschiedenartige Verwendung bei der Bewegung und der Bewältigung der Beute lassen wohl auch an der in der Bezeichnung ausgedrückten Funktion keinen Zweifel.[1]) Ebenso wenig kann wohl bezweifelt

[1]) Ich habe übrigens gelegentlich bemerkt, daß sich ein Klebkorn zu einem feinen Faden ausziehen kann und bei Schilderung der Encystierung werden wir die gleiche Fähigkeit wiederfinden.

Digitized by Google

werden, daß die ähnlichen Bildungen der *Mastigamoeba aspera* genau das gleiche darstellen. In diesen Fällen handelt es sich aber nicht um eine Struktur der Körperoberfläche, sondern um deutoplasmatische Bildungen, die nach Bedürfnis verwandt werden. Ich glaube aber auch annehmen zu dürfen, daß die haar- oder borstenartigen Bildungen der *Mastigamoeba schulzei* (Frenzel), *Dinamoeba mirabilis* (Leidy) und *Mastigina setosa* nichts anderes darstellen, als solche ausgewachsenen Klebkörner. Der Hauptunterschied wäre darin gegeben, daß in diesen Fällen die Körner konstant vorkommen und in Form der Borsten zu einer ständigen Organisationseigentümlichkeit der betreffenden Tiere geworden sind. Für die Homologisierung spricht auch, daß ich ja die Entstehung der Borsten aus klebkörnerartigen Teilen bei jungen Tieren feststellen konnte. K. C. Schneider nimmt zwar an, daß auch bei *Mastigina* die Borsten gelegentlich fehlen können oder die Form der Stäbchen der *M. aspera* haben können, weil er einmal ein Exemplar fand, dem die Borsten fehlten, von der Geißel nur ein Stumpf vorhanden war, das sich aber durch den Kern als das gleiche Tier erwies. Ich weiß nicht, was er da vor sich hatte, vermute nur, daß es ein Macrogametocyt im Beginn der Encystierung war. Ich habe bei den zahllosen Tieren, die ich lebend und tot untersuchte, niemals die Borsten vermißt und ebenso wenig die Geißel, außer wenn sie abgerissen war, was beim Herausfangen passiert. Auch die quergestreifte Hautschicht, die Frenzel von seiner *Mastigina chlamys* beschreibt, möchte ich als eine Täuschung, bedingt durch dicht und regelmäßig gestellte solche Stäbchen, auffassen.

Die Frage nach einer Klebrigkeit der Oberfläche der Rhizopoden ist schon oft diskutiert worden. Besonders eingehend hat es Rhumbler (1898) getan. Ihm gelang es durch sinnreiche Versuche das Vorhandensein einer klebrigen Substanz bei verschiedenen beschalten und nackten Rhizopoden nachzuweisen. Er kommt zu dem Schluß, daß jeder Oberflächenbezirk der Amöben unter geeigneten Bedingungen den klebrigen Stoff abgeben kann und faßt seine Beobachtungen und Überlegungen in den Schluß zusammen: „Auf alle Fälle läßt sich dem eben Gesagten zufolge verstehen, daß durch die passive Beihilfe der zähflüssigen Substanz das Fortrücken der Amöbe auf der Unterlage, das ohne diese Substanz wegen des geringen Gewichts (Reibung) nicht erfolgen könnte, eine rein physikalische Ermöglichung findet". Auch Hofer (1889) konnte eine solche Klebrigkeit schon nachweisen und eine Beziehung zum Kern statuieren, indem sie in kernlosen Fragmenten aufhörte. Es ist dies

Digitized by Google

vielleicht interessant, im Hinblick auf die oben beschriebenen Tatsachen, die eine nähere Beziehung zwischen Kern und Klebkörnern vermuten lassen. Schneider (1905) hält ebenso wie Jensen (1902) eine solche Klebrigkeit für überflüssig und erklärt die betreffenden Erscheinungen durch Verdichtung auf einen Reiz hin. Mir scheint aber insbesondere nach Hofer's (1889), Verworn's (1892), Rhumbler's (1898) Beobachtungen eine wirkliche Klebrigkeit durch Ausscheidung einer besonderen Substanz weit verbreitet zu sein und ihre bis jetzt bekannte höchste Ausbildung bei den Mastigamöben zu erreichen, wo ihr morphologisch geformtes Substrat nachzuweisen ist.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit einige Beobachtungen einschalten, die wenn auch nicht direkt in diese Arbeit gehörig, doch für die vorliegende Frage von Interesse sein dürften. Diese Beobachtungen beziehen sich auf einen kleinen flagellatenartigen Organismus, den man ebensogut zu den Mastigamöben wie zu den Monadinen stellen könnte. Ich vermute, daß er irgendwie mit *Cercomonas* zusammenhängt, ohne es aber bestimmt behaupten zu können. Rhumbler hatte in der erwähnten Arbeit angenommen, „daß die auf der Unterseite der Amöbe abgeschiedene zähflüssige Masse hinter der Amöbe zu Fäden zusammengezogen würde (vgl. eventuell die schleimigen Fäden in der Difflugienkultur) und daß diese Fäden dann periodisch vom Hinterende von selber abrissen".

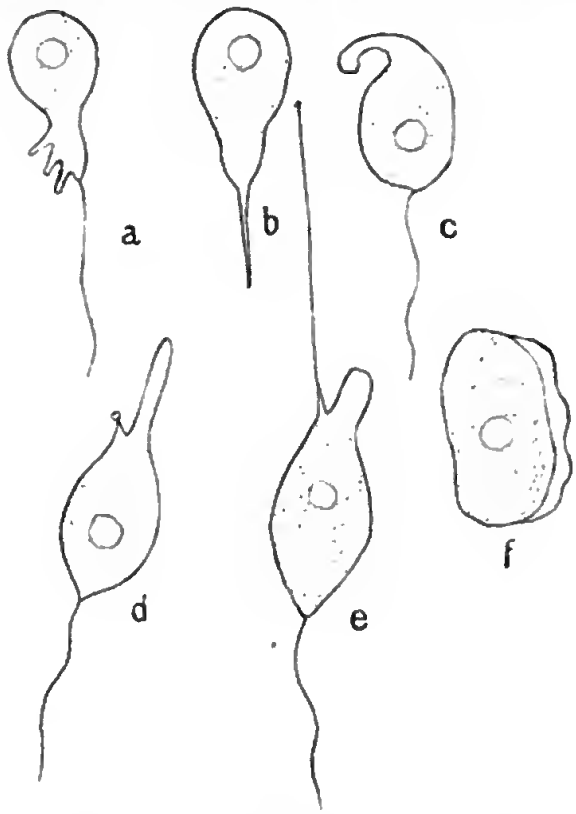


Fig. P.

Der von mir beobachtete *Cercomonas*-artige Organismus zeigte nun folgende merkwürdige Bewegungsart (Fig. P). Das Protoplasma des Tieres ist feinkörnig und geht am Vorderende in einen hyalinen Zapfen über, auf dessen Spitze die lebhaft hin und herzüngelnde Geißel sitzt. An

diesem Konus können gelegentlich auch fingerförmige Pseudopodien ausgestreckt werden (*a*). Gelegentlich kommt es vor, daß die Geißel sich verkürzt und direkt in ein noch hin und herschwingendes Pseudopodium sich verwandelt. Dies kann sich dann auf den Rand des Körpers verbreitern und dieser schwingt dann wie eine undulierende Membran hin und her und bietet das Tier in diesem Zustand ein *Trichomonas*-artiges Bild (*f*). Beginnt nun das Tier sich vorwärts zu bewegen, so streckt es zunächst die Geißel gerade nach vorn und bildet hinten ein hyalines fußartiges Pseudopodium. Mit diesem muß es sich an der Unterlage festheften, denn das ganze Tier schwingt dann auf diesem Fuß suchend hin und her, wie auf einem Stiel (*c*), plötzlich streckt es sich nach einer Richtung, der Fuß wird lang ausgedehnt und gleichzeitig bildet das Protoplasma neben der Basis des Fußes ein feines Spitzchen, auf dem ein deutliches Tröpfchen einer glashellen Flüssigkeit ausgeschieden wird (*d*); und nun läßt der Fuß los, schnellt wie ein losgelassener Gummi zum Körper zurück und gleichzeitig zieht sich das Tröpfchen zu einem feinen Faden aus, an dem das Tier befestigt ist und hin und herpendelt (*e*). Und jetzt setzt sich der Fuß wieder fest, der dünne Klebfaden reißt vom Körper los und ist noch ein paar Sekunden lang zu sehen und nun beginnt das Spiel wieder von vorn. Hier liegt also ein Fall vor, wo in exquisiter Weise ein Klebstoff für die Bewegung des Tieres in ganz absonderlicher Weise verwandt wird. Rhumbler neigt der Ansicht zu, daß der Klebstoff nicht ein auf geeignete Berührung erfolgtes Exsudat des Weichkörpers ist, sondern daß er momentan verändertes, lebendes Protoplasma selbst darstellt. Nach den Beobachtungen an *Mastigella* möchte ich glauben, daß auch bei den anderen Rhizopoden der Klebstoff ein wirklich ausgeschiedener Stoff ist.

Was die Beziehungen der Borsten der *Mastigina* usw. sowohl, wie der ihnen homologen Klebkörner zu Cilien und den Härchenanhängen kriechender *Pelomyxen* usw. anbetrifft, so möchte ich solche völlig ablehnen. Die Ähnlichkeit mit Cilien ist bei den Borsten eine ganz äußerliche und die Bezeichnung der verdickten Borstenbasis als Basalkorn ist meiner Ansicht nach falsch. Und auch eine Beziehung zu den Härchen der kriechenden Amöben, wie sie Schneider annimmt, wenn ich ihn recht verstehe, besteht keinesfalls. Schon F. E. Schulze hat diese Ansicht zurückgewiesen und ich habe ja auch oben für *Mastigella* das Auftreten solcher Härchen ohne jede Beziehung zu den Klebkörnern geschildert. Wie diese Härchen zustande kommen, ist ja noch unklar, soviel kann man aber

Digitized by Google

sagen, daß es sicher protoplasmatische Gebilde sind, wie die Cilien auch, was für die Borsten der Mastigamöben nicht zutrifft. Solche Borsten scheinen übrigens bei Rhizopoden auch sonst in ähnlicher Weise vorzukommen; Beispiele finden sich bei Schneider (1905 S. 124) zusammengestellt.

Wenn wir jetzt noch kurz versuchen wollen, unsere Erfahrungen über Geißel und Pseudopodien mit der Lehre von der Cilienbewegung in Zusammenhang zu bringen, so kann es natürlich nicht unsere Aufgabe sein, diese Lehre hier ausführlich zu erörtern. Es ist dies auch um so weniger nötig, als in neuester Zeit von verschiedenen Seiten die diesbezüglichen Fragestellungen und Tatsachen mehrmals kritisch gesichtet wurden. So gab Pütter (1904) eine zusammenfassende Übersicht der morphologischen und physiologischen Tatsachen unter kritischer Erörterung ihrer Bedeutung, Schuberg (1905) erörterte im Anschluß an neue Befunde bei Cilien eingehend das Problem, und Gurwitsch (1904) gab in seinem meiner Ansicht nach gar nicht genug zu rühmenden Buch über die Zelle eine klare und präzise Fragestellung unter Heranziehung aller wichtigen Tatsachen. Für uns hier handelt es sich um Verwertung der beschriebenen Tatsachen für folgende drei Fragen: Ist ein feinerer Bau der Cilien nachzuweisen, der zu ihrer Funktion eine typische Beziehung hat? Läßt sich eine morphologische Beziehung zwischen Cilien und Pseudopodien statuieren? Was bedeuten die Beziehungen von Geißel und Kern?

Die Versuche, einen feineren Bau der Cilie (wenn ich hier unter Cilie im erweiterten Sinne Cilien und Geißeln verstehen darf) aufzufinden, aus dem sich ein Verständnis ihrer Funktion schöpfen läßt, haben zwar nicht zu vielen positiven Befunden, aber zu vielen Theorien geführt. Unter diesen hat sich eine Zeitlang die der contractilen Fibrillen, die im Anschluß an die Erforschung des Spermatozoenbaues entstand, merkwürdigerweise viele Anhänger erworben. Jetzt scheint aber endgültige Einigung erzielt zu sein für eine Auffassung, die sowohl mit den Tatsachen harmoniert, als auch physikalisch die einzige mögliche ist. Nach Schuberg wurde es zuerst von Leydig (1885) deutlich ausgesprochen, daß man auch am Flimmerhaar unterscheiden müsse zwischen etwas aktiv sich Bewegendem und passiv Bewegtem, zwischen dem halbflüssigen contractilen und dem festen elastischen Element. Eine ähnliche, mehr physiologisch gefaßte Auffassung vertrat Verworn (1890) gelegentlich seiner Untersuchungen an den Wimperplättchen der Ctenophoren, und ich kann mitteilen, daß ich die Auffassung von einer axialen

Digitized by Google

oder seitlichen elastischen Differenzierung und einer Hülle contractilen Protoplasmas bereits 1896 von W. Kühne gehört habe, der in seiner Vorlesung energisch dies als die einzige Möglichkeit für ein Verständnis der Flimmerbewegung betonte. Auch von morphologischer Seite sprachen sich viele Forscher in dieser Richtung aus, so Ray Lankester (1897), Bütschli (1902), Prowazek (1904) und in vollständiger Übereinstimmung in allen wesentlichen Punkten die schon erwähnten Pütter, Gurwitsch, Schuberg, zu denen noch Koltzoff (1903, 1906) kommt, der die Notwendigkeit einer derartigen Vorstellung aus seiner Lehre von den formbestimmenden Bestandteilen des Protoplasmas ableitet. Es besteht also vollständige Übereinstimmung darin, daß für den Mechanismus der Cilienbewegung eine passiv bewegte, feste, elastische Achse und eine protoplasmatische bewegliche Hülle vorhanden sein muß. Die diesbezüglichen Tatsachen sind allerdings entsprechend der Schwierigkeit der Beobachtung sehr spärliche. Es sind einmal die Beobachtungen von Plenge (1899), der allerdings seine Darstellung eines Achsenfadens mit umgebendem Protoplasma durch den Satz abschwächt: „doch möchte ich mich eines abschließenden Urteils hier noch enthalten". Sodann vermochte Bütschli (1902) den Nachweis eines Achsenfadens bei Flagellaten zu erbringen, das gleiche gibt Prowazek (1904) für *Trichomastix lacertae* an und Koltzoff (1906) für Flimmerzellen von Pteropoden. Für die Cilien der Infusorien konnte endlich Schuberg (1906) einen Achsenfaden nachweisen durch Darstellung eines differenzierten Endstückes, wie es schon von Löffler (1889), Fischer (1894), Bütschli (1902), Prowazek (1904), Hamburger (1905) an anderen Objekten aufgezeigt wurde.

Meine oben geschilderten Beobachtungen an *Mastigella vitrea* liefern nun dieser Auffassung, wie ich glaube, eine weitere Stütze. Wenn wir die Geißel der *Mastigella* im kurzen borstenartigen Zustande starrer und dicker fanden als im langen ausgestreckten Zustande, in dem sie schlaff herunterhing, und wenn wir dazu den eigenartigen oben geschilderten Wurzelapparat nehmen, so müssen wir dem Ganzen wohl folgende Deutung unterlegen. Die Geißel besteht aus einem elastischen Achsenfaden, der von einer Protoplasmahülle überzogen ist. Dieser Faden hat eine beträchtliche Länge und wurzelt im Entoplasma. Ist das Entoplasma weit von der Geißelursprungstelle zurückgezogen, so liegt der Achsenfaden zum größten Teil innerhalb des Protoplasmas, wie es tatsächlich die Beobachtung zeigt (Fig. 32). Da die Geißel aber im höchsten Falle so lang sein kann wie der Achsenfaden, wie ohne weiteres aus

Digitized by Google

der Dynamik der Flüssigkeiten hervorgeht, wie es besonders klar Koltzoff (1906) entwickelte, so haben wir eine kurze Geißel, die deshalb aber ziemlich dick erscheint, weil um den Achsenfaden das Geißelprotoplasma in seiner gegebenen Menge sich anhäuft. Nähert sich das Entoplasma aber dem Geißelursprung, so wird der Achsenfaden ausgestoßen und dementsprechend verlängert sich die ganze Geißel, da das ihn umgebende Protoplasma jenem Faden adhäriert. Ist der ganze Faden ausgestoßen, so hat die Geißel ihre maximale Länge erreicht; sie muß jetzt natürlich dünner erscheinen, weil die gleiche Plasmamenge sich auf viel größeren Raum verteilt. Ihre geringere Contractionsfähigkeit erklärt sich aus dem gleichen Grunde, gleichzeitig ein schönes Beispiel dafür, daß der Sitz der Bewegung in der äußeren Plasmahülle liegt. Die Unfähigkeit zu schnellen energischen Schwingungen im ausgedehnten Zustande erklärt sich aus der Elastizität des Achsenstabes, dessen Eigenschwingungen ja von seiner Länge abhängig sind. Nach dem vorgehenden muß die Scheide, die den Achsenfaden in zurückgezogenem Zustande umgibt, als eine Art von Führung angesehen werden, und das gleiche gilt für das basalkörperartige Korn an der Geißelbasis, das wohl sicher die Form eines Ringes hat. Es ist dann aber nicht nur Führung, sondern auch Widerlager für die elastischen Eigenschwingungen des Achsenstabes. Ich glaube, es möchte sich lohnen, diesen Gedankengang auch auf die Flimmerzellen auszudehnen, und es sollen auch diesbezügliche Versuche ausgeführt werden.

Was den zweiten Punkt anbelangt, die Beziehung der Geißeln zu Pseudopodien, so ist er ebenfalls schon oft erörtert worden und verweise ich auch in bezug auf diesen Punkt auf Gurwitsch, Pütter, Schuberg. Diese Forscher haben auch mit Recht hervorgehoben, daß zwischen echten Pseudopodien mit Achsenfaden und Cilien alle erdenklichen Übergänge existieren. Übergänge von Pseudopodien in Geißeln sind ja besonders für die *Amoeba radiosa* oft erwähnt worden (Bütschli 1878, s. auch Claparède u. Lachmann's *Podostoma*) und dem lassen sich jetzt auch die oben geschilderten Beobachtungen an jener merkwürdigen *Cercomonas* einreihen. Bei den echten Axopodien, wie sie z. B. von *Actinosphaerium* jedermann bekannt sind, ist die elastische Achse des Pseudopods ja leicht nachzuweisen. Anders aber bei den gewöhnlichen fadenförmigen oder lang fingerförmigen Pseudopodien zahlreicher Rhizopoden. Schon die bloße Beobachtung eines solchen Pseudopodiums, wie ich es z. B. von *Difflugia acuminata* und einer großen, nicht näher bestimmbaren Amöbe kenne, bei welchen Organismen die Pseudopodien wie starre Stäbe hin und

Digitized by Google

her bewegt werden, legt es nahe, daß auch hier eine elastische Achsendifferenzierung vorhanden ist. Schon Bütschli (1892) hat darauf hingewiesen, daß für die fadenförmigen Pseudopodien eine festere Achse wohl angenommen werden muß, und das physikalische Desiderat einer solchen geht besonders aus Koltzoff's Entwicklungen klar hervor (s. auch Gurwitsch). Außer bei den echten Axopodien, also formbeständigen Pseudopodien mit fester Achse, der Heliozoen (M. Schultze 1863), gewisser Rhizopoden (*Camptonema*, Schaudinn 1894) und der Radiolarien (R. Hertwig 1879), deren Achse übrigens bekanntlich leicht eingeschmolzen werden kann, ist mir keine Angabe bekannt, daß bei dem Vorstoßen gewöhnlicher fadenförmiger Pseudopodien festere Achsenstrukturen nachgewiesen wurden. (Allenfalls ließen sich hier die Angaben von Ray Lankester (1897) über *Chlamydomyxa montana* anführen.) Es scheint mir deshalb von besonderer Bedeutung zu sein, daß das Vorhandensein eigener axialer Differenzierungen beweglicher Pseudopodien hier bei *Mastigella* nachgewiesen werden konnte. Merkwürdig ist dabei, daß es das Entoplasma übernimmt, diese Filamente zu liefern. Wir können uns den gesamten Vorgang nur so vorstellen, daß ein fadenförmiger Entoplasmastrom — von einem Gerüstfaden im Sinne der Filarlehre, die Schneider (1906) kürzlich für die Protozoen zu beleben suchte (ein Weg, auf dem ihm wohl wenige Protozoenforscher folgen werden und meiner Überzeugung nach mit Recht), kann dabei natürlich nicht die Rede sein, weil es solche wenigstens hier nicht gibt — zur Pellicula vorgestreckt wird, erhärtet und, indem neues Material nachströmt, das ebenfalls alsbald erhärtet, die Pellicula vortreibt und so den Anlaß zur Bildung eines Pseudopodiums gibt; dessen Ectoplasma würde nach dieser Auffassung rein passiv nach den bekannten physikalischen Regeln mit vorgeschoben.[1]) Die Zurückziehung des Pseudopodiums beruhte dann auf einem centralen Einschmelzen des axialen Entoplasmastabes. Jedenfalls ist durch die mitgeteilten Tatsachen einmal die Kluft zwischen Pseudopodien und Geißel noch weiterhin überbrückt worden, als es schon bisher der Fall war, und anderenteils auch der neuerdings durchdringenden naturgemäßen Lehre vom Geißelbau und -funktion neues Stützmaterial zugeführt. Es sei schließlich zur weiteren Bekräftigung jener Homo-

[1]) Es ist bei allen diesen Auseinandersetzungen stillschweigend vorausgesetzt, daß der Aggregatzustand des Protoplasmas flüssig ist. Es gibt wohl keinen Protozoologen oder überhaupt Zoologen, der hieran noch zweifelt. Fanatische Anhänger der unglückseligen Flemming'schen Doktrinen werden allerdings wohl nie davon überzeugt werden.

Digitized by Google

logisierung nochmals auf die Endigung des Achsenfadens der Geißel von *Mastigella* am Entoplasma hingewiesen.

Ein dritter Punkt, der noch eine Besprechung erheischte, wäre endlich die Verbindung von Geißel und Kern, die bei *Mastigina* ebenso wie bei anderen Mastigamöben (s. Schulze, Bütschli, Frenzel, Prowazek, Schneider usw.), bei Myxomycetenschwärmern (Plenge) und auch bei Geißelzellen der Metazoen (Spongien, Maas 1890, F. E. Schulze 1900 u. a., Amphioxides, Goldschmidt 1905) sichergestellt wurde. Über ihre physiologische Bedeutung sich Vorstellungen zu machen, ist vorderhand zwecklos, wenn man ja auch daran denken könnte, in diesem Falle im Kern die Energiequelle für die Geißel zu sehen. Eher läßt sich der Frage vom allgemeincellulären morphologischen Standpunkt aus nahetreten, vom Standpunkt der Lehre des Kerndualismus und im Vergleich mit den Spermien der Metazoen. Doch sei dies für eine spätere Gelegenheit aufgespart.

4. Die vegetative Vermehrung der Mastigella und Mastigina.

Die vegetative Vermehrung unserer beiden Mastigamöben erfolgt durch Zweiteilungen. Leider kann ich diesen Vorgang nur lückenhaft schildern, da es mir bei keiner der beiden Arten gelang, ihn vom Anfang bis zum Ende im Leben zu beobachten. Und auch die Stadien, die ich im gefärbten Material fand, sind so selten, daß ich, außer den häufigen Endstadien, nur über die abgebildeten Fälle verfüge. Es scheint hier der gleiche Fall vorzuliegen, wie bei so vielen anderen Amöben, bei denen es selbst zu Zeiten kolossaler Vermehrung so selten gelingt, Teilungsstadien zu beobachten. Hier bei meinen Mastigamöben gehen die letzten Teilungsstadien sicher, wie ich beobachten konnte, sehr langsam vor sich, die ersten müssen dagegen außerordentlich geschwind ablaufen.

Bei *Mastigella vitrea* beginnt die Teilung mit einer Einziehung aller Pseudopodien und vollständigen Abkugelung des Tieres. Am lebenden Objekt kann man diese Stadien kaum von einer jungen Cyste unterscheiden. Der Unterschied tritt aber sofort zutage, wenn man das Objekt etwas preßt. Liegt eine Cyste vor, so faltet sich die sonst nicht sichtbare Cystenmembran, liegt der Beginn der Teilung vor, so werden aus der vom Druck reißenden Pellicula auf der ganzen Oberfläche kleine Plasmatropfen ausgepreßt. Im übrigen kann das Bild ein völlig gleiches sein, wie ein Vergleich der Cyste Fig. 4 mit dem Teilungsbeginn Fig. 34 zeigt. Bei dem sich teilenden Tier fällt aber auf, daß der Kern unverhältnismäßig stark sich

Digitized by Google

vergrößert hat (vgl. die bei gleicher Vergrößerung gezeichneten Fig. 34 und 45). Dementsprechend erscheint auch die Kernstruktur wesentlich verändert. Die färbbaren Substanzen haben sich alle im Centrum des Kerns konzentriert; in dem in Fig. 34 wiedergegebenen Präparat ist ein großer vacuolisierter, stark chromatischer Körper vorhanden, und jederseits von diesem ein kleinerer. (Im gefärbten Präparat erkennt man sofort, ob eine Cyste oder ein Teilungsbeginn vorliegt, indem erstere bei der Konservierung an der Oberfläche leichte Runzeln bekommen, letztere dagegen die Kugelform sehr schön erhalten.) Der übrige Kernraum nimmt die schon früher erwähnte ungemein regelmäßige Wabenstruktur an, bestehend aus genau konzentrisch gelagerten Wabenreihen oder richtiger Kugelschalen, die im Leben wie im Präparat in gleich schöner Weise sichtbar sind. Wie diese Kernstruktur aus der normalen hervorgeht, konnte nicht beobachtet werden. Analog anderen bekannten Vorgängen scheint es mir am plausibelsten anzunehmen, daß das Wabengerüst in gleicher Weise, aber mit engeren Maschen schon vorher vorhanden war, aber durch die dicht eingelagerten chromatischen Körnchen verdeckt wurde. Erst wenn diese sich im Centrum sammeln und gleichzeitig durch Flüssigkeitsaufnahme die Wabenräume sich vergrößern, wodurch ja der Kern anschwillt, werden sie deutlich sichtbar.

Wie nun dieser Kern in die Teilungsspindel übergeht, konnte ich wie gesagt, nicht beobachten, obwohl ich mehrmals eine Nacht hindurch ein solches Stadium verfolgte. Ich muß mich also mit der Schilderung der beiden einzigen Spindelpräparate, die ich besitze, begnügen. Eine noch junge Spindel zeigt Fig. 35. Sie zeigt eine breite Tonnenform unter völliger Erhaltung des Kernmembran. Das Wabengerüst hat sich in die Länge gestreckt und täuscht so bei schwächerer Vergrößerung Spindel„fasern“ vor, in deren Verlauf feine Körnchen eingelagert sind. Bei sehr starker Vergrößerung erkennt man aber die längsgedehnten Wabenreihen (35a), deren Wände die Fasern darstellen. Das Chromatin bildet eine typische Äquatorialplatte, in der man im Profil dicht nebeneinander gestellte, rechteckige chromatische Stäbchen sieht. Dreht man das Präparat, so daß die Spindel nun vom Pole gesehen wird, so tritt das Bild Fig. 35B auf. Die Äquatorialplatte nimmt nicht den ganzen Raum des Kernes ein, aber doch den größten Teil. Die Chromosome liegen dicht beieinander und sind ungefähr gleich groß. Ich zählte rund 40, doch kommt ja bei einmaliger Zählung dem keine weitere Bedeutung zu.

Digitized by Google

Das zweite Teilungsstadium ist in Fig. 36 abgebildet. Es zeigt das Stadium der Tochterplatten. Die Spindel ist außerordentlich lang ausgezogen durch das elliptische Tier. Sie wird gebildet von gezogenen, parallelen Faserzügen, deren feinere Struktur nicht zu ermitteln war. Die Pole werden von Faserpyramiden eingenommen, die mit einem centrosomenartigen Punkt endigen. Ich glaube aber nicht, daß irgend ein distinktes Korn vorliegt, sondern neige mehr zur Ansicht, daß es ein durch den Zusammenfluß der Spindelfasern hervorgerufenes Trugbild ist. An der Grenze von Spindel und Polkegel liegt jederseits eine einheitliche bohnenförmige Chromatinmasse mit feinen Vacuolen im Innern, die im ganzen so aussieht wie der Körper, den wir als Caryosom im Kern bezeichnet haben. Außerdem sind aber dem Verlauf der Spindel noch chromatische Stränge eingeordnet, die chromosomenartig aussehen. Ich bedauere ganz besonders, nicht weitere Teilungsstadien haben auffinden zu können, weil dieses Bild in so außerordentlicher Weise an die Spindeln erinnert, die Vahlkampf (1904) von *Amoeba limax* abbildet. Auch dort treten zwei differente Chromatinteile in den Spindeln auf und in einer kürzlich erschienenen Arbeit haben Popoff und ich diese merkwürdige Teilungsart u. a. theoretisch zu verwerten gesucht (Goldschmidt u. Popoff (1907). Da wir nun nach dem gleich zu schildernden Bau des frisch geteilten Kernes annehmen müssen, daß der bohnenförmige Körper tatsächlich nur das Caryosom des Kernes bildet, das fädige Chromatin der Spindel aber das übrige Kernchromatin, da weiterhin gezeigt werden wird, daß aus dem extracaryosomalen Kernchromatin bei der Fortpflanzung das Material der Geschlechtskerne entsteht, so ließe sich hier besonders schön die in jener Arbeit entwickelte Auffassung nachweisen, daß in der Teilungsspindel gemischter Protozoenkerne der Kerndualismus zutage tritt. Bei dem Mangel an Zwischenstadien muß leider diese Wahrscheinlichkeitsargumentation genügen.

Das nächste Bild, das ich geben kann — und von hier an sind wieder alle Bilder auch im Leben beobachtet — zeigt den Kern bereits vollständig in zwei geteilt (Fig. 37). Die beiden Kerne liegen noch nahe beieinander und sind durch eine besonders aussehende Plasmamasse miteinander verbunden. Sie zeigt eine merkwürdige Zusammensetzung aus feinen Stäbchen und soll, da über ihre Herkunft und Bedeutung mir nichts bekannt ist, mit dem Namen Archoplasma belegt werden, ohne daß damit irgend eine an diesen Namen knüpfende Anschauung untergelegt würde. Das Protoplasma dieses Tieres nimmt bereits unregelmäßige Gestalt an und in der Tat sehen

Digitized by Google

wir solche Tiere nunmehr mit zwei Kernen umherkriechen, ohne daß das Protoplasma irgend eine Veränderung erfährt. Sie sind auch im Leben außer an den zwei Kernen an der Archoplasmamasse zu erkennen und können alle die oben beschriebenen Formen einnehmen. Ein im Beginn der Wanderung begriffenes solches Tier ist in Fig. 38 abgebildet; das Archoplasma ist in diesem Fall nur einem Kern angelagert. Auch das Fressen großer Algenfäden geht bei diesen Formen in der gleichen Weise vor sich und bei einem solchen Tier konnte ich auch einmal die Teilung des Körpers beobachten, die also erst lange nach der Kernteilung erfolgt. Hier bildete das Tier um die Mitte des Algenfadens eine große spindelförmige Anschwellung, an deren Polen je ein Kern lag und nun schnitt in der Mitte die Teilungsfurche genau senkrecht durch und jetzt lagen die beiden Tochtertiere hintereinander auf demselben Algenfaden aufgereiht (Fig. Q). Ein jedes kroch dann nach einer anderen Seite vom Faden weg. Merkwürdig oft scheint es vorzukommen, daß bei dieser Teilung ein Tier keinen Kern mitbekommt. Zur Zeit der lebhaftesten Vermehrung fand ich sehr oft solche ganz kernlosen Tiere, die vergnügt umherwanderten und sich in nichts sonst von gewöhnlichen Tieren unterschieden. Sie hatten oft verdaute Nahrung in ihrem Innern, weshalb ich es für möglich hielt, daß der Kern verdeckt und der Beobachtung entgangen war. In den Präparaten fand ich sie aber dann oft wieder und konnte mich von der wirklichen Kernlosigkeit überzeugen. In Fig. 39 ist ein solches Tier abgebildet, das sich auf der Wanderung befand und eine reiche Archoplasmaansammlung besaß. Es wäre interessant zu wissen, ob solche Tiere noch Nahrung aufnehmen können. Die im Innern oft gefundenen ausgedauten Pflanzenzellen können aber schon bei der Teilung vorhanden gewesen sein, da solche Reste während der Teilung nicht entfernt werden. Übrigens erinnere ich mich einer Angabe von Pénard — abgesehen von den allbekannten Untersuchungen Hofer's — daß kernlose Difflugien noch wochenlang umherkriechen. Es sei schließlich noch bemerkt, daß in sich teilenden Mastigellen stets eine besonders reiche Menge von Bacteroiden angetroffen werden. Sie umgeben dann dicht die Spindel und die sich zur

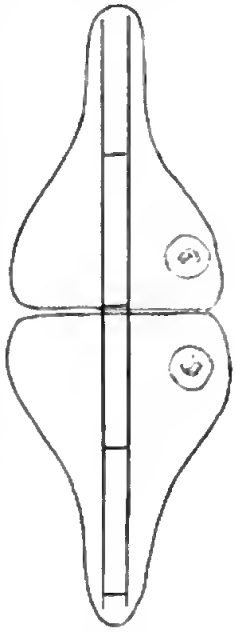


Fig. Q.

Digitized by Google

Teilung anschickenden oder geteilten Kerne; es läßt dies auch auf ihre Reservestoffnatur schließen, da der Teilung ja eine reichliche Ernährung vorangeht. Von besonderem Interesse wäre es auch, zu wissen, wie sich bei der Teilung die Geißel mit ihrem Wurzelapparat verhält, doch vermochte ich darüber nichts zu eruieren.

Auch über die Teilung der *Mastigina setosa* sind meine Erfahrungen recht unvollständige. Immerhin folgt aus den Bildern, die ich besitze, daß sie auf ganz andere Weise vor sich geht, nämlich mittels einer Art von Amitose. Das erste Stadium, das mir vorliegt, ist in Fig. 40 abgebildet. Es zeigt den Kern sehr stark vergrößert und in seiner Struktur verändert. Er ist elliptisch ausgezogen und zeigt das gesamte Chromatin in Form von Kügelchen an der Peripherie. Das Centrum wird von einer feinkörnigen schwach färbbaren Masse eingenommen, von der aus feine Körnchenreihen zu jedem chromatischen Kügelchen ziehen. Von der Geißel war nichts zu sehen, das übrige Protoplasma unverändert. Das nächste Stadium stellt Fig. 41 dar. Die Teilung des Kernes ist schon vollzogen und die beiden Tochterkerne unter der Oberfläche ein Stück weit auseinandergerückt. An dem einen Kern hängt ein Zipfel dichteren Protoplasmas, der auf die erst kurz vollendete Teilung schließen läßt. In jedem Kern ist das Chromatin wieder in Form von Kügelchen an der Peripherie abgelagert und das Centrum von einer körnigen Masse eingenommen. Aus jedem Kern entspringt in typischer Weise eine Geißel. Ein Vergleich von Fig. 40 u. 41 macht es sehr wahrscheinlich, daß die Tochterkerne durch eine einfache Durchschnürung des Mutterkerns zustande kommen. Dafür spricht auch die auffallende Ähnlichkeit dieser Stadien mit Teilungsbildern mancher Infusoriennacronuclei.

Nunmehr rücken die beiden Tochterkerne unter der Oberfläche des Tieres auseinander. Solche Bilder habe ich oft gesehen (Fig. 42. 43), sie erwecken den Eindruck, als ob jedem Kern entsprechend sich ein Vorderende ausbilde, die nun selbständig nach verschiedenen Richtungen auseinanderkriechen und auf diese Weise sich immer mehr voneinander entfernen. In Fig. 42 zeigen die Kerne weitere Stadien der Rekonstruktion ihrer Struktur durch Ineinanderfließen der chromatischen Kugeln. Der hier wenigstens an dem einen Kern besonders schön sichtbare Wurzelapparat wurde schon oben besprochen. Fig. 43 wurde abgebildet, um zu zeigen, daß gelegentlich noch eine Teilung stattfinden kann, wenn bereits die Gametenkerne gebildet sind. Das Ende des ganzen Prozesses zeigt endlich Fig. 44, wegen der riesigen Größe des betreffenden Tieres bei schwächerer

Digitized by Google

Vergrößerung. Die beiden Kerne sind mit ihren Geißeln an entgegengesetzte Enden des Körpers gelangt. Dieser schnürt sich in der Mitte ein und dürfte sich hier wohl bald durchgeschnürt haben, wenn das Tier nicht getötet worden wäre. Ich hoffe, daß es mir später noch einmal möglich sein wird, die Lücken dieses Abschnitts auszufüllen.

III. Die geschlechtliche Fortpflanzung der Mastigella vitrea und Mastigina setosa.

Wenn wir uns jetzt dem interessantesten Teil der Untersuchung, der geschlechtlichen Fortpflanzung, zuwenden, so sei nochmals voraus bemerkt, daß wenigstens bei der ganz durchsichtigen *Mastigella* alle wesentlichen Stadien zuerst im Leben beobachtet wurden und dann außerordentlich oft, bis auf wenige sogar Dutzende von Malen und mehr, im Präparat gesehen wurden. Die Aufeinanderfolge der einzelnen Bilder ist also ebenfalls nicht kombiniert, sondern auf Grund des Verfolgs am lebenden Objekt gegeben. Natürlich soll damit nicht gesagt sein, daß viele Einzelheiten, die als Zwischenstadien wesentlich sind, nicht auch nur in gefärbtem Zustand beobachtet werden konnten. Das versteht sich ja wohl von selbst.

1. *Mastigella vitrea.*

Der Eintritt der geschlechtlichen Fortpflanzung erfolgte in meinen Kulturen nach einer Periode überreichlicher Ernährung, als die hauptsächlich zur Nahrung dienende Alge auszugehen begann, also bei Hunger nach reichlicher Fütterung mit lebhafter ungeschlechtlicher Vermehrung. Es stimmt dies sehr gut mit den sonstigen Erfahrungen überein, besonders mit denen R. Hertwig's (1898) an *Actinosphaerium*, wo der Vorgang so präzis abläuft, daß im hiesigen Institut jeder Anfänger sich mühelos alle Stadien verschafft. Gleich von Anfang an kann man bei *Mastigella* zwei Wege einschlagen sehen, die zur Bildung von Macro- und Microgameten führen. Wegen ihres in manchen Punkten differenten Verlaufs müssen sie getrennt behandelt werden.

Nach der bekannten Nomenklatur seien die Formen des Tieres, die den Gameten ihre Entstehung geben, als Macro- und Microgametocyten bezeichnet, soweit der Vorgang sich in einer Cyste abspielt, reden wir von Macro- und Microgametocysten, die Fortpflanzungszellen heißen Macro- und Microgameten.

Digitized by Google

A. Die Entwicklung der Macrogametocyten.

Ein sich zum Macrogametocyten differenzierendes Tier ist zunächst äußerlich in nichts von einem gewöhnlichen Tier unterschieden. Es kriecht oder ruht und zeigt alle die typischen Lebenserscheinungen, die wir eben beschrieben haben, in unveränderter Weise weiter. Merkliche Veränderungen sind zunächst nur am Kern zu beobachten. Sie beginnen damit, daß bei unveränderter Kernstruktur an seiner Oberfläche im Plasma kleine lichtbrechende und kaum färbbare Tröpfchen verschiedener Größe auftreten, die wir nach ihrem späteren Verhalten als Nucleolarsubstanz bezeichnen müssen (Fig. 48, 55 *nu*). Sie bildet stets zunächst eine mehr weniger gleichmäßige Schicht um den Kern herum. Wir nehmen an, daß sie aus dem Kern stamme und an seiner Oberfläche durch die Kernmembran ausgeschwitzt wurde, ohne das hier beweisen zu können. Erst jetzt beginnen auch im Innern des Kernes Veränderungen wahrnehmbar zu werden. Sie bestehen in einer starken Anhäufung chromatischer Substanz an der Kernperipherie in dem hellen Raum zwischen der centralen Körnerkugel und der Kernmembran. Es scheint, daß diese Chromatinkugeln, die, wie Fig. 55 zeigt, von sehr verschiedener Größe sind, zum Teil wenigstens aus den chromatischen Körnchen entstehen, die schon früher an dieser Stelle lagen. Sie müssen aber auch aus der centralen Körnerkugel Zuwachs erhalten, da ihre Masse zu bedeutend ist, um nur von jenen kleinen Körnchen stammen zu können. Im Leben sehen die Kügelchen ebenso eigenartig lichtbrechend aus, wie das Caryosom. (Ich möchte hier gleich bemerken, daß ich, um die Abbildungen nicht noch mehr zu vermehren, davon Abstand genommen habe, alle diese Bilder auch nach dem Leben wiederzugeben. Wie sie im Leben aussehen, kann man sich nach den wenigen später zu besprechenden Cystenstadien, die nach dem Leben gezeichnet wurden [Fig. 4—8], ergänzen.) Bald darauf finden wir dieselben chromatischen Massen außerhalb des Kernes da wieder, wo vorher die Nucleolarsubstanz war. Wie dies zustande kommt, zeigt in besonders instruktiver Weise Fig. 56. Der Oberfläche des Kernes ist etwa im Bereich einer Halbkugel eine dichte unregelmäßig gestaltete Masse kleiner chromatischer Kügelchen angeschmiegt. Und im ganzen Bereich dieser Masse, aber auch nur hier, finden sich die gleichen Kügelchen im Innern des Kernes, dicht an der Kernmembran. Es kann gar keinem Zweifel unterliegen, daß hier eine Chromatinmasse aus dem Kern eliminiert wurde. Der Vorgang der Elimination selbst läßt sich im Leben nicht verfolgen, was

Digitized by Google

auch begreiflich ist, da der Durchtritt in gelöster Form erfolgt. Man sieht plötzlich im Plasma die Masse lichtbrechender, ein wenig opaleszierender Körnchen auftreten und dann anwachsen. Was bedeutet nun diese chromatische Masse? Es läßt sich Schritt für Schritt verfolgen, daß es die Substanz der künftigen Gametenkerne ist, die hier aus dem Kern eliminiert wurde. Wir bezeichnen die Masse (*Sp*) deshalb nach unserer Nomenklatur als Sporetium.

An dieser Stelle müssen ein paar Worte über die Nomenklatur eingeschaltet werden. Bekanntlich stellte R. Hertwig (1902) für im Plasma liegendes Kernchromatin die Bezeichnung Chromidien auf, die sich seitdem allgemein einbürgerte. Die Vertiefung unserer Kenntnis solcher Bildungen, die für die Protozoenzelle von Schaudinn (1903), für die Metazoenzelle von mir (1904 a) gegeben wurde, führte mich zu der Anschauung, daß unter dem Begriff Chromidien zwei verschiedene Dinge vereinigt werden, die auseinander gehalten werden müssen. Seine grundlegenden Untersuchungen über die Fortpflanzung der Rhizopoden hatten Schaudinn (1903) dazu geführt, einen Kerndualismus der Protozoenzelle, d. h. eine Unterscheidung zwischen somatischem und propagatorischem Kern anzunehmen. Ich selbst war von dem Studium der Metazoenzelle aus zu der gleichen Auffassung für das Gesamtgebiet der Zellenlehre geführt worden und schloß mich dann, als Schaudinn mich persönlich auf seine diesbezüglichen Sätze, die wegen ihrer Kürze leicht zu übersehen waren, aufmerksam gemacht hatte, rückhaltlos dieser von Schaudinn zuerst proklamierten Auffassung an. Ich mußte mir nun klar machen, daß somatische sowohl wie propagatorische Kernbestandteile in „Chromidien"form auftreten können und schlug deshalb vor, nur für die ersteren die Bezeichnung Chromidien beizubehalten, die letzteren als Sporetien zu bezeichnen (1904 b). Mesnil (1905), der den gleichen Gegenstand in enger Anlehnung an meine Ausführungen referierte, schloß sich der Unterscheidung sachlich an, schlug aber vor, die Bezeichnung Trophochromidien und Idiochromidien zu wählen. Endlich hat Schaudinn (1905) in seinem Vortrage ebenfalls seine Zustimmung zu dieser Auffassung gegeben und als Termini seinerseits vorgeschlagen Somatochromidien und Gametochromidien.

Zweifellos hat eine Zusammensetzung mit „Chromidien" große Vorzüge. Denn 1. wendete Hertwig, der Autor des Begriffes, diese Bezeichnung auf das eine wie das andere an, 2. ist das Wort Chromidien bereits sehr eingebürgert und vom ästhetischen Standpunkt ebenfalls zu bevorzugen, 3. legt es keinerlei theoretische Anschauungen zugrunde, sondern besagt einfach extranucleäres Chromatin.

Digitized by Google

Dagegen ist aber einzuwenden, daß diese Voraussetzungslosigkeit leicht zu einem großen Durcheinander führt, und da es keinem Zweifel unterliegt, daß die beiden Arten ihrem Schicksal nach verschieden sind, so sollte man sie auch von Anfang an mit verschiedenen Terminis belegen. Die Bezeichnungen somatische und propagatorische Chromidien statuieren aber einen prinzipiellen Unterschied, den ich zwar mit Schaudinn für richtig halte, den aber Forscher wie R. Hertwig nicht anerkennen; man muß also einerseits Dinge, die zweifellos ihrem Schicksal nach verschieden sind, auseinanderhalten und vor Verwirrungen bewahren, andererseits aber auch in der Terminologie nicht noch nicht allgemein anerkannte theoretische Auffassungen, selbst wenn man von ihrer Richtigkeit überzeugt ist, zum Ausdruck bringen. Und deshalb halte ich es immer noch für am besten, daß wir in den Fällen, in denen extranucleäres Chromatin beobachtet wird, sprechen von

Chromidien im weiteren Sinne, ganz allgemein, wenn uns ihr Schicksal unbekannt ist,

Chromidien im engeren Sinne, wenn die betreffenden Substanzen für irgendwelche normalen oder pathologischen, formativen oder funktionellen Leistungen verbraucht werden,

Sporetien, wenn die betreffenden Substanzen dazu dienen, zur Bildung von Gametenkernen verbraucht zu werden.

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder dazu zurück, das weitere Schicksal der Sporetien zu verfolgen. Wir müssen da verschiedene Wege unterscheiden, die zwar alle zum gleichen Ziel, der Gametenbildung führen, aber im einzelnen etwas verschieden verlaufen. Die Verschiedenheiten beruhen im wesentlichen in der Anordnung des Sporetienmaterials und den entsprechenden Differenzen in den weiteren Umbildungen. Sie sind wohl von keiner großen Bedeutung und nur durch Strömungen im Plasma u. dgl. bedingt. Der erste Typus ist in den Fig. 49—54 dargestellt. Er beginnt damit, daß die Nucleolarsubstanz (*nu*) sich an einer Stelle der Kernoberfläche zu einer dichten Kappe anhäuft, deren einzelne Körnchen etwas stäbchenförmig sein können und so dem oben geschilderten Archoplasma sehr ähnlich sehen. Ich halte es daher auch nicht für ausgeschlossen, daß wirklich identische Bildungen vorliegen. Nunmehr beginnt wieder die Ausscheidung der Chromatinmassen aus dem Kern, sie werden aber sofort von der Nucleolarsubstanz zu einem kugelschalenartigen Körper zusammengefaßt, der wie eine Haube dem Kern aufsitzt. Damit rechtfertigt sich auch bereits die Be-

Digitized by Google

zeichnung Nucleolarsubstanz, als deren wesentliche Funktion R. Hertwig (1898, 1902) erkannte, das Chromatin zu organisieren. Der so gebildete Sporetienhaufen besteht also aus einer nucleolaren Grundsubstanz, der zahlreiche kleine Chromatinkügelchen, die Sporetien, dicht eingelagert sind (Fig. 50). Im Leben ist jedes einzelne Kügelchen besonders schön durch seine starke Lichtbrechung charakterisiert. Nunmehr rückt die Sporetienkugel von dem Kern ab und liegt in seiner Nähe frei im Plasma (Fig. 51). In diesem Zustande habe ich sie 24 Stunden unverändert liegen sehen. Dann beginnt eine Auflockerung der ganzen Masse, die zu einer starken Vergrößerung der ganzen Bildung führt, die jetzt als ellipsoidischer Körper von mehr als doppelter Größe des Kernes erscheint, in dem die einzelnen Sporetien nunmehr viel deutlicher zu erkennen sind (Fig. 52). Nunmehr beginnen im Innern der Masse, wie an ihrer Oberfläche große Vacuolen zu erscheinen, die eine weitere Auflockerung herbeiführen (Fig. 53), und damit ist der Moment gekommen, in dem die Bildung der Gametenkerne aus den Sporetien beginnt. Sehr schön ist der Vorgang in Fig. 54 zu erkennen, die ein ganzes Tier inmitten dieses Vorganges zeigt. Man sieht, daß das Tier sich in seinen vegetativen Funktionen durch den ganzen Prozeß gar nicht stören ließ. Es hat einen kleinen Algenfaden umflossen und ausgesaugt und schickt nach den verschiedensten Richtungen seine Pseudopodien aus. An der Oberfläche finden sich zahlreiche Klebkörner, im Innern eine Menge Bacteroiden. Der Kern ist durch den Algenfaden etwas deformiert und in seiner Nähe liegt ein sternförmiger Haufen Nucleolarsubstanz (*nu*). In der Nähe dieses liegt nun der Rest der elliptischen Sporetienmasse, der immer noch in lebhafter Bildung von Gametenkernen begriffen ist. An dieser Stelle finden wir nun alle Stadien der Gametenbildung, die nicht gleichzeitig entstehen, sondern sukzessive. In Fig. 54 a ist dieser Haufen stärker vergrößert dargestellt und da können wir den ganzen Prozeß erkennen. Zunächst vereinigen sich kleine Chromatinkörnchen zu größeren Kügelchen. Diese lockern central ihre Substanz auf, so daß sie im optischen Schnitt als chromatische Ringe erscheinen. In deren Innerm erscheinen dann feine Körner und damit ist ein Gametenkern gebildet. Die jungen Kerne gelangen nun an die Peripherie des Haufens und hier umgeben sie sich alsbald mit einem hellen Hof. In diesem Zustand geraten sie in das Plasma des Macrogametocyten, in dem sie, wohl durch die Strömung, verteilt werden. Dabei wächst der helle Hof zu einem kleinen Protoplasmaleib an und somit erhalten wir den in Fig. 54 wieder-

Digitized by Google

gegebenen Zustand eines Tieres, in dessen Plasma bereits zahlreiche junge Gameten zerstreut liegen (*g*), während noch weiterhin neue von einem einheitlichen Sporetienhaufen ausgebildet werden. Ist der Prozeß zu Ende geführt, so haben wir eine Mastigamöbe vor uns, deren Plasmaleib dicht mit kleinen Zellen angefüllt ist, wie es z. B. die später noch zu besprechenden Fig. 61 und 64 zeigen.

Dem Leser wird sich wohl bei dieser Schilderung zunächst der gleiche Gedanke aufdrängen, den ich auch hatte, daß es sich hier vielleicht um Parasiten handeln könne. Mir war der Gedanke besonders naheliegend, da ich ja genau die Präparate unseres leider so früh verstorbenen Hans Prandtl kannte, dem es gelungen ist, den Entwicklungskreis einer *Allogromia* zu eruieren, deren geschlechtliche Prozesse im Innern der *Amoeba proteus* oder anderer Protozoen vor sich gehen (Prandtl 1907). Es hatte sich dabei gezeigt, daß Amöben in geradezu unglaublicher Weise infiziert sein können, ohne daß ihre vegetativen Funktionen darunter litten. Mein Verdacht ward erst definitiv entkräftet, als ich das Ausschlüpfen der Gameten beobachtet hatte und aus ihnen wieder die *Mastigella* züchten konnte.

Der zweite Modus der Entstehung der Macrogameten schließt sich mehr an die eingangs generell gegebene Schilderung der Sporetienbildung an. Weder die Nucleolarsubstanz noch auch dementsprechend die Sporetien werden zu einer Kugel vereinigt. Die erstere verteilt sich in Strängen im Plasma und die Sporetien folgen dem mehr oder weniger. Es kommen dann Bilder, wie Fig. 57, zustande. Nun beginnt an irgend einer Seite dieser Masse die Umbildung der Chromatinpartikel zu Gametenkernen in genau der gleichen Weise, wie es oben geschildert wurde. Fig. 58 zeigt den Prozeß im Gange, Fig. 59 nahe seiner Vollendung. Die Bildung der Gameten und ihre Verteilung im Plasma bietet weiter nichts Neues.

Der dritte Modus unterscheidet sich von den anderen dadurch, daß die frisch gebildeten Sporetien sogleich im Plasma überall verteilt werden. Dementsprechend verläuft auch die Bildung der Gametenkerne etwas anders. In Fig. 62 ist ein solcher Fall abgebildet. Die Sporetien sind noch in einer Art Centrum (*sp*) vereinigt, von dem aber Körnchenreihen und isolierte Körnchen sich überall hinaus ins Plasma verteilen. An einigen Stellen im Plasma hat bereits die Gametenbildung begonnen. Sie ist in Fig. 62 A bei stärkerer Vergrößerung dargestellt. Man sieht zunächst die Sporetien gruppenweise (*a*) oder auch einzeln in den Maschen des protoplasmatischen Wabenwerkes gelagert. Dann findet man Gruppen

Digitized by Google

von dicht gedrängten Körnchen (*b*), die sich dann noch enger miteinander vereinigen und zwar oft zu zwei nebeneinanderliegenden Kernanlagen (*c*). Um diese Häufchen sondert sich dann, noch ehe sie sich zu einem einheitlichen Kern konsolidiert haben, wieder der helle Hof (*d*) und dann erst beginnen die Körnchen miteinander zu verschmelzen (*e*) und bilden in derselben Weise wie sonst den Gametenkern. Es wurden aber auch in den Präparaten Fälle beobachtet, in denen die Verteilung der Sporetien im Plasma des Macrogametocyten von Anfang an eine ganz diffuse war. Ein solcher Fall ist in Fig. 60 abgebildet. Im Plasma diffus zerstreut findet man kleinere und größere Gruppen von Sporetien, sowie in Bildung begriffene oder fertige Gameten. Bei stärkerer Vergrößerung ist ihre der eben geschilderten ähnliche Bildung in verschiedenen Stadien in Fig. 60 A zu sehen. Nur in diesem Fall war es zu beobachten, daß in Gameten, deren Protoplasmaleib fertig gebildet war, der Kern noch ein Sporetienhäufchen darstellte. Zum Schluß dieser Schilderung sei mehr als Kuriosum darauf aufmerksam gemacht, daß die hier beschriebene Gametenbildung im Innern des Muttertieres einen Prozeß darstellt, der in seinen einzelnen Phasen in merkwürdigster Weise mit den Anschauungen übereinstimmt, die die Begründer der Zellenlehre von der Entwicklung der Zellen überhaupt hatten.

Wie der Protoplasmaleib der Gameten zustande kommt, ist mir nicht recht klar geworden. Daß sich, wie es sonst geschehen mag, ein Stück Plasma des Gametocyten um den Gametenkern sondert, ist hier nicht der Fall. Denn stets fand ich zuerst den hellen Hof, der an die berühmte Niederschlagsmembran erinnert. Wenn dann die Gameten heranwachsen, zeigen sie ein deutlich wabig strukturiertes Protoplasma. Vermittelnde Bilder, die dies erklären könnten, habe ich nicht gesehen.

Die Gameten erfüllen nun dichtgedrängt das Protoplasma. Sie zeigen meist eine länglich elliptische Form, sind aber auch oft kugelig und im Leben schon bei schwachen Vergrößerungen erkennbar. Auch der Kern ist im lebenden Tier gut sichtbar; bisweilen allerdings fiel mir auf, daß in den Gameten keine Spur davon zu sehen war. Die Erklärung dafür gaben mir Präparate, wie das in Fig. 61 abgebildete. Hier sind in zahlreichen Gameten Mitosen in verschiedenen Stadien zu sehen und es zeigte sich, daß es sich dabei um Reduktionsteilungen handelte. In Fig. 63 sind einzelne solche Gameten stärker vergrößert dargestellt. Ein erstes Stadium zeigt *a* mit einer kleinen Spindel, in deren Äquator zahl-

Digitized by Google

reiche winzig kleine und deshalb weder zählbare noch in ihrer Form bestimmbare Chromosomen liegen; *b* zeigt die Spindel sehr lang gestreckt und eine Art von Polkegeln von einer helleren inneren Zone abgesetzt. Näheres Detail ist wegen der Kleinheit des Ganzen nicht zu ermitteln. In *e* ist ein Stadium mit Tochterplatten dargestellt und *d* zeigt einen Gameten nach vollendeter Teilung. Am einen Pol liegt der Kern, am anderen eine unregelmäßige chromatische Masse, der Reduktionskörper. Es wäre natürlich sehr interessant gewesen, festzustellen, ob eine oder zwei Reduktionsteilungen vorliegen. Darüber konnte ich aber keinerlei Sicherheit erhalten, da die Reduktionskörper keinen Anhaltepunkt gaben und aus den Mitosen sich ebenfalls nichts schließen ließ.

Nunmehr ist das ganze Tier dicht erfüllt mit reifen Macrogameten und bietet entweder den Anblick, wie er in Fig. 64 bei starker Vergrößerung dargestellt ist. Es sind nur die in einer Ebene liegenden Gameten eingezeichnet, in Wirklichkeit sind es viel mehr. Ich schätze ihre Zahl auf 200—300. In den meisten erkennt man noch den Reduktionskörper. In dem abgebildeten Tier fand sich außerdem noch eine große dem Kern anliegende Masse Nucleolarsubstanz. Es ist dies der einzige Fall, in dem ich noch Nucleolarsubstanz in größeren Mengen nach der Gametenbildung fand. Über die Bedeutung dieser Erscheinung vermag ich mir keine Vorstellung zu machen. Bacteroiden sind immer noch in großer Menge vorhanden und im übrigen kriecht der Macrogametocyt umher und zeigt immer noch keinerlei Veränderungen seiner vegetativen Funktionen. Auch der Kern ist noch vollständig intakt, die einzige Veränderung, die er zeigt, ist, daß die chromatischen Körnchen der äußeren hellen Zone nicht mehr vorhanden sind und die innere Körnerkugel sich nicht mehr so stark wie vorher färbt. Im Leben sind solche Tiere, besonders wenn sie viel Nahrung enthalten, die die Gameten verdeckt, nicht von gewöhnlichen zu unterscheiden. Erst jetzt beginnt der Macrogametocyt sich zu encystieren. Den Detailvorgang der Encystierung will ich erst bei den Microgametocyten schildern, wo ich ihn besser verfolgen konnte. Es sei nur bemerkt, daß bei der Bildung der sehr zarten und durchsichtigen, aber resistenten Cystenhülle die Klebkörner eine Rolle spielen. Dementsprechend zeigt das gerade im Moment der Encystierung abgetötete Tier (Fig. 65) die ganze Oberfläche mit Klebkörnern dicht bedeckt und charakteristischerweise war auch der Körnchenbesatz um den Kern vorhanden.

Die weiteren Vorgänge bis zum Ausschlüpfen der Gameten lassen sich begreiflicherweise nur nach dem Leben schildern. Fig. 6

Digitized by Google

zeigt eine solche Macrogametocyste nach dem Leben gezeichnet. Sie ist umgeben von einer bei sehr starker Vergrößerung doppelt konturierten Membran. Das Plasma ist von zahlreichen großen Vacuolen durchsetzt, in denen bisweilen noch Reste ganz oder halbverdauter Nahrung liegen. Zahlreiche Bacteroiden fallen durch ihre starke Lichtbrechung auf, ebenso kleine Körnchen, die eine Molekularbewegung zeigen. Der Kern enthält einen größeren und einige kleinere Binnenkörper, und zeigt dasselbe schöne achromatische Wabenwerk, wie es vor der Teilung auftrat. Er ist umgeben von dem Kranz der uns wohlbekannten Körnchen. Die zwischen den Vacuolen liegenden Protoplasmazüge sind dicht erfüllt mit den Gameten, die genau Kugelgestalt haben und in ihrer Größe etwas differieren. Um das Bild nicht zu verwirren, sind nicht so viele dargestellt als wirklich vorhanden waren. Bei stärkster Vergrößerung zeigen sie feine Körnchen im Protoplasma, und hier und da auch den Kern. In diesem Zustande konnte ich die Cysten bis zu 24 Stunden beobachten. Dann sieht man mit einemmal einige der Vacuolen im Plasma zusammenfließen, so daß es noch gröber vacuolisiert wird wie bisher, und jetzt fangen auch die Gameten an sich zu bewegen. Bald hier, bald da sieht man einen von ihnen ruckweise eine kurze zuckende Bewegung ausführen, dann liegt er wieder eine Zeitlang still. Dieser Zustand dauert etwa 1 Stunde an, dann hebt sich plötzlich der Inhalt der Cyste von deren Membran ab, die so deutlich wird, und bringt so ein Bild zustande, das an ein befruchtetes Seeigelei mit weit abgehobener Dotterhaut erinnert. Der Prinzipalkern war bisher ganz unverändert; jetzt platzt plötzlich das Caryosom, d. h. man sieht es unter dem Mikroskop mit einem Schlage verschwinden, auch die übrigen Kernstrukturen werden undeutlich, und schließlich ist der ehemalige Kern nur noch an der Membran mit ihrem Körnchenbesatz zu erkennen. Dies Stadium ist in Fig. 7 dargestellt; man sieht vor allem die jetzt dichtgedrängten Gameten, die lebhaft hin und her zucken. Nach einer halben Stunde gelingt es ihnen endlich, sich aus dem Rest des Mutterkörpers zu befreien und in den durch das Platzen der Plasmavacuolen mit Flüssigkeit gefüllten Raum unter der Cystenmembran zu gelangen. Erst jetzt erkennt man, daß jeder Gamet eine lange Geißel besitzt, mit der er lebhaft umherschwimmt, bis plötzlich von dem wilden Trubel in ihrem Innern die Cystenhaut platzt und die Gameten austreten (Fig. 8).

Digitized by Google

B. Die Entwicklung der Microgametocyten.

Bei der Entwicklung der Microgametocyten können wir uns wesentlich kürzer fassen, da zahlreiche Details genau sich vollziehen wie bei den Macrogametocyten. Für die Beobachtung im Leben sind die Microgametocyten aber noch günstiger, weil sie sofort mit Beginn der Entwicklungsprozesse in ein Ruhestadium eintreten. Hier läßt sich der Prozeß der Encystierung, der etwa in einer Stunde abläuft, auch sehr schön verfolgen. Ein Tier, das im Begriff steht dies zu tun, ist sogleich daran zu erkennen, daß es keine fingerförmigen Pseudopodien zeigt. Man sieht vielmehr aus dem abgerundeten Körper bald nach dieser, bald nach jener Seite hin breite Ectoplasmasäume vorfließen. Den Eindruck, den man dabei erhält, möchte man so ausdrücken, daß das Tier unschlüssig erscheint, nach welcher Seite es sich wenden soll. Die Ectoplasmamassen zeigen aber auch eine Besonderheit gegen sonst, sie sind nämlich auf das deutlichste feinwabig gebaut. Da man, wie bereits oben erwähnt, für gewöhnlich diese Struktur des Ectoplasmas nur im gefärbten Präparat sehen kann, so muß man wohl annehmen, daß in diesem Moment eine chemische Veränderung des Protoplasmas statthat, die die Lichtbrechung von Wabenwand und -inhalt so verändert, daß sie nunmehr durch ihre Differenz sichtbar werden, während sie vorher wohl vorhanden, aber durch gleichmäßiges Lichtbrechungsvermögen nicht nachweisbar waren. Nachdem dieser Prozeß der Ectoplasmavorwölbungen eine Zeitlang vor sich gegangen ist, tritt schließlich Ruhe ein, indem jetzt eine Kugel vorliegt, in der ein centrales dichtgekörntes Entoplasma mit dem Kern von einem hyalinen Ectoplasmasaum mit feinwabiger Struktur umgeben ist. Die rechte Hälfte der Fig. 10 zeigt dieses Stadium nach dem Leben. Die Wabenstruktur des Ectoplasmas ist aber für die gewählte Vergrößerung zu groß eingetragen, um nicht der Abbildung einen unnötigen Umfang zu geben. Während dieses ganzen Prozesses hatten sich an der Oberfläche der Kugel die Klebkörner dicht angesammelt, wie die linke Hälfte der Fig. 11 darstellt. Und diese sieht man nun mit einemmal verschwinden und statt dessen eine doppelt konturierte, ein wenig gelblich schimmernde Cystenmembran auftreten. Stellt man im Moment ihrer Bildung auf die Oberfläche ein, so erhält man das in Fig. 11 wiedergegebene Bild: die Oberfläche ist bedeckt mit zarten langen Fäden (die nicht etwa durch Falten vorgetäuscht werden), von denen oft mehrere parallel laufen. Ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich sie von den schlierenartig aus-

Digitized by Google

gezogenen Klebkörnern ableite, die auf diese Weise die Cystenmembran bilden.

Die fertigen Cysten sind in ihrer Größe außerordentlich verschieden. Sie schwankt im Durchmesser zwischen 55 und 80 μ. Dies hängt wohl im wesentlichen davon ab, wieviel Nahrungsreste und dementsprechend große flüssigkeitsgefüllte Vacuolen noch im Plasma vorhanden sind. Der Unterschied zwischen Ecto- und Entoplasma hat sich mit Abschluß des Vorganges wieder völlig ausgeglichen. Im Innern der vollständig durchsichtigen Cyste liegt der große Kern von bekannter Struktur, außerdem zahlreiche Bacteroiden und lichtbrechende tanzende Körnchen. Erst jetzt beginnt die Sporetienbildung aus dem Kern, die in gleicher Weise stattfindet wie bei den Macrogametocyten, so daß wir uns kurz fassen können. Auch hier beginnt der Prozeß mit der Bildung von Nucleolarsubstanz, die sich im Plasma verteilen kann, wie Fig. 66 zeigt. Um jede Masse dieser Substanz liegen die Bacteroiden in großer Zahl. Im Kern dieser Figur erkennt man auch bereits die peripheren Chromatinkörnchen, die die Sporetienbildung einleiten. Diese häufen sich wieder an der Kernoberfläche an, wie es oben geschildert wurde, und zwar lassen sich ebenfalls verschiedene Typen beobachten. Einmal kann sich genau wie bei den Macrogametocyten eine kompakte einheitliche Sporetienmasse dem Kern anschmiegen, wie es in Fig. 67 dargestellt ist. In diesem Fall geht die Entwicklung zunächst wie bei den Macrogametocyten so weiter, daß sich die Masse vom Kern loslöst und als einheitlicher Haufen neben diesem liegt. Die Bildung des Gameten erfolgt aber erst, wenn die Sporetien sich, was innerhalb weniger Stunden geschieht, diffus im ganzen Plasma verteilt haben, wie sehr schön im Leben zu beobachten ist. In einem anderen Fall sammeln sich die Sporetien rings um den Kern an (Fig. 68) und verteilen sich erst von hier aus. Diese Verteilung kann dabei so vor sich gehen, daß sie reihenweise unter der Oberfläche der Cyste vorrücken, wie es in Fig. 70 dargestellt ist. Oder aber die Sporetien häufen sich an einer Seite des Kernes an, um von hier strahlig innerhalb der Plasmastränge an die Peripherie zu wandern (Fig. 69). Ein solches Stadium wurde auch für die Abbildung nach dem Leben Fig. 4 gewählt, eine nähere Erklärung ist wohl nicht nötig. Das Vorrücken ins Plasma auf verästelten Straßen zeigt Fig. 71.

Die Ausbildung der Gameten, deren Detail wie gesagt genau wie bei den Macrogameten verläuft und deshalb nicht nochmals besonders geschildert werden soll, erfolgt also meist diffus im Plasma. Es kommt aber auch vor, daß im Plasma sich die Sporetien erst

Digitized by Google

wieder zu Gruppen ansammeln. Es dürfte dies wohl mit der Nucleolarsubstanz zusammenhängen, die ja auch wohl hier das Chromatin organisiert. Fig. 72 zeigt ein sehr charakteristisches solches Stadium, in dem außer den peripheren Sporetienhaufen auch noch reiche, den Kern umgebende Nucleolarsubstanz vorhanden ist. Die fertigen Gameten füllen nun wieder dichtgedrängt die Cyste an, wie Fig. 73 zeigt. Ob auch bei ihnen Reifeteilungen vorkommen, konnte ich nicht direkt beobachten. Abgesehen aber davon, daß dies schon an und für sich wahrscheinlich ist, fand sich in fertigen Gameten, wie Fig. 75 erkennen läßt, meist eine chromatische Masse vor, die dem Reduktionskörper der Macrogameten so sehr gleicht, daß zweifellos auch das gleiche vorliegt.

Was die Entwicklung der Microgametocyten weiterhin charakterisiert, ist, daß bei ihnen im Gegensatz zu den Macrogametocyten der Kern alsbald nach der Sporetienbildung degeneriert. In Fig. 72 sehen wir ihn bereits in ganz anormalem Zustande, verkleinert und chromatinarm. In Fig. 73 zeigt er die typischen Degenerationserscheinungen, Zerfall und starke Vacuolisierung des Caryosoms. In der Cyste Fig. 74 ist er völlig degeneriert, bildet eine flache kuchenartige Masse, die dicht mit stark färbbaren Stäbchen angefüllt ist. Eine ähnliche solche Cyste ist nach dem Leben in Fig. 5 dargestellt, in ihr war aber der Kern überhaupt vollständig verschwunden. Diese Verschiedenheit im Verhalten des Kernes scheint, wenn Awerinzew's (1906) kurze Angaben richtig sind, ein Analogon bei *Arcella* zu haben. Er schreibt: „Bei *Arcella* schlägt die Degeneration der primären Kerne (der Stoffwechselkerne) bei dem Beginn des Reproduktionsprozesses zweierlei Wege ein: entweder verlieren diese Kerne allmählich ihr Chromatin und existieren noch zu der Zeit, wo in dem Protoplasma der betreffenden Rhizopode infolge der Konzentration der chromidialen Substanz die neuen, sekundären Geschlechtskerne auftreten, oder aber die primären Kerne werden noch vor der Differenzierung der sekundären Kerne, nachdem sie etwas Chromatin eingebüßt haben, aus dem Protoplasma nach außen gestoßen, wobei nach einem derartigen Ausstoßen in dem Protoplasma von *Arcella* ebenso wie wir dies auch in dem ersteren Fall gesehen haben, eine gewisse Anzahl von Geschlechtskernen auftritt.“ In ersterem Fall werden dann Microgameten, im letzteren Macrogameten gebildet. (Das umgekehrte Verhältnis bei *Arcella* ist nur scheinbar, weil die Macrogameten der *Mastigella* ja morphologisch Microgameten zu vergleichen sind.) Die Cyste ist jetzt reif, um die Gameten ausschlüpfen zu lassen. Dies geschieht aber in

Digitized by Google

einfacherer Weise wie bei den Macrogameten, ohne daß sich der Cysteninhalt von der Membran abhebt, sondern durch einfaches Platzen, wobei die Microgameten, die der Geißel entbehren, aus der Cyste herausgeschleudert werden. Es bleiben dabei aber immer zahlreiche Gameten, die nicht frei werden, innerhalb der zusammenfallenden Membran zurück, und ein solches Präparat ist in Fig. 75 dargestellt.

C. Die Copulation und metagame Entwicklung.

Die ausgetretenen Macrogameten haben einen Durchmesser von im Durchschnitt 3,6 μ, wenn die Größe auch einigermaßen schwankt. Sie sind absolut kugelig und lassen den kleinen Kern im Innern erkennen und ein feinschaumiges Protoplasma, dem kleine Körnchen eingelagert sind. An einem Ende entspringt aus einem deutlichen Körnchen eine 15—18 μ lange Geißel. Im Ruhezustand wird sie wie eine Borste starr ausgestreckt. Hat man eine Macrogametocyste isoliert und die Gameten sind ausgeschlüpft, so schwimmen sie zuerst durch heftiges Schlagen mit der Geißel lebhaft umher, ohne daß sie aber sich dabei weit von der verlassenen Cystenhaut entfernen. Nach etwa einer halben Stunde liegen aber die meisten still und schlagen langsam mit der nach aufwärts gewandten Geißel, die dabei die in Fig. 12 gezeichnete Biegung zeigt. Nach einer weiteren Stunde hört auch diese Bewegung auf und nach einigen Stunden sind die Gameten tot.

Die Microgameten messen im Durchschnitt 2,8 μ im Durchmesser und zeigen viel geringere Schwankungen in der Größe. Es sind ebenfalls kugelige Körperchen, deren Kern nicht immer zu sehen ist (Fig. 12a). Sie bleiben da liegen, wo sie beim Ausschleudern aus der Cyste hingerieten, da ihnen ja die Geißel und somit die Bewegungsfähigkeit fehlt. Ihre Lebensdauer ist eine größere als bei den Macrogameten, denn sie wurden noch nach 48 Stunden intakt gefunden.

Die Copulation der Gameten läßt sich beobachten, wenn man eine Anzahl verschiedenartiger Cysten unter dem Deckglas isoliert hat. Liegt eine Macro- und Microgametocyste nahe genug beieinander, so schwimmen die Macrogameten auf die Microgameten zu und verschmelzen mit ihnen. In Fig. 12c ist der Beginn dieses Prozesses gezeichnet, in d ist er weiter gediehen und die Zygote hat eine nierenförmige Gestalt angenommen. Die Geißel des Macrogameten bleibt dabei erhalten und wird zur Geißel der neuen Generation. Natürlich wird wohl eine Kernverschmelzung der beiden

Digitized by Google

Gameten stattfinden. Im Leben konnte ich sie aber nicht sehen und Präparate dieser Stadien waren nicht zu erhalten. Die junge Zygote erscheint nun als ein kleiner Flagellat und behält bis auf weiteres diesen Zustand auch bei. Im gefärbten Zustand zeigt sie nicht mehr als auch im Leben wie Fig. 80 beweist.

Der kleine Flagellat wächst nun heran und zwar ziemlich schnell. Schon nach 18 Stunden hat er den 3fachen Durchmesser erreicht, wie Fig. 13 zeigt. Sein Protoplasma erscheint lockerer wie bisher, enthält meist an einem Pol gelagert zahlreiche lichtbrechende Körnchen und im Centrum den Kern, der stärker angewachsen ist, als seinem ursprünglichen Größenverhältnis zum Plasma entspricht. Von einem stark lichtbrechenden Körnchen entspringt die Geißel und nicht weit von ihrer Basis liegt eine kleine contractile Vacuole, die in regelmäßigen Abständen von 14 Sekunden pulsiert. Der Flagellat, den man seinem Bau nach zu den Monadinen stellen würde, liegt meist ganz ruhig und führt dabei mit der Geißel regelmäßige, wellige Schlagbewegungen aus. In diesem Zustand wächst er weiter heran, indem er sich von herbeigestrudelten Bacterien nährt und erreicht bereits 48 Stunden nach der Copulation die in Fig. 14 gezeichnete Größe von 14 μ Durchmesser. Der Kern ist unverhältnismäßig stark angewachsen, Geißel, Unbeweglichkeit und contractile Vacuole unverändert. Und jetzt beginnt der Flagellat sich lebhaft durch eine typische Flagellatenteilung zu vermehren. Fig. 15 zeigt einen solchen Teilungszustand, der sich durch die geradlinig scharf einschneidende Teilungsfurche charakterisiert. Die frisch aus der Teilung hervorgegangenen Individuen sind lang eiförmig und schwimmen sehr lebhaft mit der Geißel nach vorne umher (Fig. 16). Bald kugeln sie sich aber wieder ab, schwimmen noch eine Zeitlang herum, bleiben dann liegen und wachsen wieder auf die alte Größe heran. Auf diese Weise erhielt ich sowohl unter dem Deckglas, wo ein reicher Bacterienrasen gute Nahrung bot, als auch in Uhrschälchenkulturen, die viele reife Cysten enthalten hatten, in wenigen Tagen zahllose Flagellaten. Im Uhrglas sammelten sie sich meist am Rand an. Wir haben also in der metagametischen Entwicklung der *Mastigella* einen monasartigen Flagellatenzustand, der längere Zeit anhalten kann. Es ist dies kein isoliertes Vorkommnis bei den Rhizopoden; erst kürzlich wurde von Prandtl (1907) für *Allogromia* ein der Ausbreitung der Art dienendes Flagellatenstadium beschrieben.

Nach einigen Tagen derartiger Vermehrung hörten aber die Teilungen auf und es war auffallend, daß alle Tiere eine starke

Digitized by Google

Tendenz zur Formveränderung zeigten. Anfänglich waren es nur stumpfe Höcker, die gebildet wurden, wie es ja auch bei echten Flagellaten beobachtet wird (Fig. 17). Bald konnte man aber sehen, daß die Flagellaten große Bacterien in derselben Weise umflossen und verzehrten, wie es die erwachsene *Mastigella* tut, was Fig. 18 schön zeigt. Und schließlich traten gelegentlich an der Oberfläche feine spitze Pseudopodien auf, wie Fig. 19 zeigt. Oder aber es wurde ein breites hyalines Pseudopodium vorgestreckt, wie in Fig. 20 zu sehen ist. Kurzum, der Flagellat ging in den Zustand der Mastigamöbe über. Die typische Wanderform mit einem großen hyalinen Pseudopodium, auf dessen Spitze die Geißel sitzt und das auch seitliche Pseudopodien treibt, wurde beobachtet (Fig. 21) und endlich stellten sich auch die Klebkörner ein, wie Fig. 22 zeigt. In diesem Stadium ließ sich auch bereits die typische Kernstruktur der *Mastigella* erkennen. Gefärbt ist ein der Figur 21 entsprechendes Tier in Fig. 81 abgebildet. Bis zu diesem Moment ließ sich die Entwicklung Schritt für Schritt unter dem Deckglas verfolgen. Weiter ging sie aber hier nicht und zwar glaube ich, daß die Ursache der eintretende Nahrungsmangel war, da von jetzt ab keine Bacterien mehr aufgenommen werden, sondern Algenfäden und Diatomeen in der für das erwachsene Tier geschilderten Weise. In den Uhrschälchenkulturen wuchsen sie dagegen weiter; Zeitangaben über das Alter sind hier natürlich nicht möglich. Im allgemeinen boten die jungen Tiere keine wesentlichen Besonderheiten dar. Im Anfang fand ich die Bewegung häufig strömend, etwa in der Art der *Amoeba proteus* (Fig. 23, 24). Das in Fig. 23 abgebildete Tier ließ schon die Körnchenzone um den Kern erkennen, während das in Fig. 24 sich durch den Besitz zahlreicher Stärkekörner im Entoplasma auszeichnete. Von dem weiteren Wachstum ist nur noch zu bemerken, daß gelegentlich an jungen Tieren eine Pseudopodienbildung auftrat, wie sie an Erwachsenen nie beobachtet werden konnte. Fig. 25 zeigt eine solche Form — immer noch bei der gleichen Vergrößerung wie die vorhergehenden Stadien — mit ihren außerordentlich langen und spitzen Pseudopodien. Bei diesem Exemplar war das Entoplasma dicht gefüllt mit teilweise grünen Körnchen. Die weitere Entwicklung bis zum ausgewachsenen Zustand bietet nichts Besonderes dar; das einzige Bemerkenswerte ist vielleicht, daß jüngere Tiere in noch viel höherem Maße durchsichtig sind als erwachsene, so daß sie manchmal nur bei völliger Abblendung sichtbar sind.

Zum Schluß dieses Abschnitts sei noch einmal kurz der Zeugungs-

Digitized by Google

kreis der *Mastigella vitrea* an Hand der schematisierten Skizze Fig. R rekapituliert. 1, 2, 3 zeigen die drei typischen Erscheinungsformen der *Mastigella* in Ruhe, Fressen und Wanderung. Die vegetative Vermehrung geschieht durch eine mitotische Zweiteilnng (3a) mit langanhaltender Doppelkernigkeit (3b). Die geschlechtliche Fort-

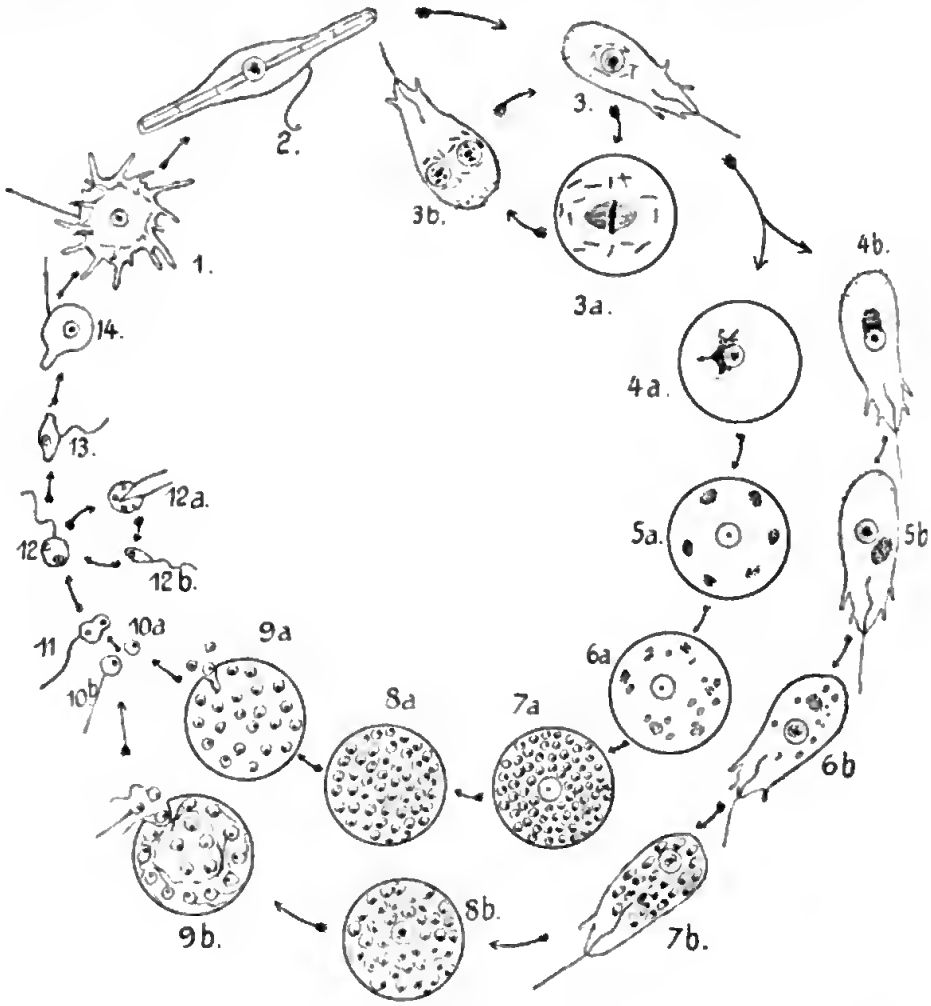


Fig. R.

pflanzung wird eingeleitet durch die Sonderung in Macro- und Microgametocyten, indem erstere weiterhin im amöboiden Zustand verharren und äußerlich in Bewegung, Nahrungsaufnahme usw. sich in nichts von gewöhnlichen Tieren unterscheiden. Im Innern geht aber inzwischen die Gametenbildung vor sich. Im Kern gehen Veränderungen vor, die mit der Ausstoßung chromatischer Massen ins Protoplasma enden (4b). Dieser Sporetienhaufen kann als einheitliche Masse beisammen bleiben und dann wie ein 2. Kern aussehen (5b)

Digitized by Google

oder sich nach verschiedenen Typen im Plasma verteilen. Die einzelnen Sporetien wandeln sich dann, je nach ihrer vorherigen Verteilung etwas verschieden, in kleine Gametenkerne um, von denen sich ein jeder mit etwas Protoplasma umgibt (6 b). Schließlich ist der ganze Macrogametocyt vollständig mit Gameten erfüllt. Haben sie eine gewisse Größe erreicht, so bildet ihr Kern eine Richtungsspindel und es wird ein (vielleicht auch zwei) Reduktionskörper ausgestoßen. Jetzt kugelt sich das Tier ab und bildet eine Cyste (8 b). Nach einiger Zeit geht der alte Prinzipalkern zugrunde, die Gameten beginnen sich zu bewegen, der Inhalt der Cyste zieht sich von der Membran zurück, diese platzt und die Macrogameten werden frei (9 b).

Der Microgametocyt encystiert sich vor der Gametenbildung und bildet dann in gleicher Weise aus dem Kern die Sporetien (4 a). Diese wandern meist zur Peripherie und können hier zahlreiche Gruppen bilden (5 a). Aus ihnen bilden sich die Gametenkerne und Gameten in gleicher Weise wie beim Macrogametocyt aus (6 a). Der Prinzipalkern degeneriert hier schon im Beginn des Prozesses. Schließlich ist die Cyste wieder ganz mit Microgameten gefüllt (7 a) und platzt dann, wodurch die kleineren, geißellosen Microgameten frei werden (9 a), dazwischen liegt wahrscheinlich auch eine Reduktionsteilung (8 a). Die Gameten verschiedener Cysten copulieren miteinander (10, 11), wobei die Geißel des Macrogameten erhalten bleibt und die Geißel der neuen Mastigamöbengeneration bildet. Die Zygote nimmt aber zunächst monadenartige Flagellatengestalt an und vermehrt sich eine Zeitlang durch Längsteilung (12, 12 a, b). Nur die gerade aus der Teilung hervorgegangenen Individuen schwimmen umher, die anderen liegen am Boden und schlagen kurz mit ihrer Geißel. Nach einiger Zeit beginnt dann wieder die amöboide Bewegung und das Tier wächst zur Mastigamöbe heran (13, 14).

2. *Mastigina setosa.*

Die geschlechtliche Fortpflanzung der *Mastigina* ähnelt in vielen Punkten der der *Mastigella*, zeigt aber doch einige Verschiedenheiten, die besonders für unsere theoretischen Auffassungen von Bedeutung sind. Leider vermag ich sie nicht mit der Vollständigkeit zu schildern wie für *Mastigella*, da die *Mastigina* doch im Verhältnis zur monatelang nach tausenden vorhandenen *Mastigella* ziemlich selten war. Immerhin genügen die Daten, die ich besitze, um ein einigermaßen vollständiges Bild zu geben. Wie dort, so wurden auch hier alle vorliegenden Stadien oft oder doch mehrmals beobachtet.

Digitized by Google

A. Die Macrogametocyten.

Auch bei *Mastigina* ist von Anfang an eine Differenz zwischen Macro- und Microgametocyten zu erkennen. Sie äußert sich in gleicher Weise wie bei *Mastigella* darin, daß erstere bis zur Ausbildung der Gameten ungestört ihr vegetatives Leben weiterführen, während letztere sich sofort encystieren. Ich habe oben bereits kurz mitgeteilt, daß sich in der erwachsenen *Mastigina* stets im Protoplasma chromatische Partikel finden, die nach ihrem Schicksal als Sporetien zu bezeichnen sind (propagatorische Chromidien). Ihre Verteilung im Plasma kann eine verschiedenartige sein. Sie können einmal den Anblick bieten, wie ihn Fig. 42 zeigt, d. h. große chromatische Körner, die ziemlich regelmäßig im gesamten Protoplasma verteilt sind. Oder aber es sind nicht so zahlreiche Gruppen kleiner Körnchen wie Fig. 40 zeigt. Sie können dann ziemlich regelmäßig in einer Zone des Protoplasmas in den Kanten zwischen den Vacuolen liegen, wie besonders schön das der Fig. 76 zugrunde liegende Tier zeigt. Ihre Sporetiennatur erweisen diese Körnchen, sobald die Fortpflanzung beginnt, indem sich aus ihnen die Gametenkerne entwickeln. Dies kann aber auch hier wieder in etwas differenter Weise, je nach der Verteilung der Sporetien vor sich gehen. Ein Beispiel ist in Fig. 77 abgebildet. Hier bildeten sich die Kernchen aus größeren Chromatinkügelchen, die sich auflockern und ringförmig im optischen Schnitt erscheinen. Dann wachsen sie heran und nehmen typische Kernstruktur an. Die Verteilung dieser jungen Gametenkerne im Plasma ist dabei eine ganz unregelmäßige. In Fig. 77 liegen viele auf einen Haufen gedrängt im Hinterende des Tieres, in anderen Fällen waren sie diffus durch das Plasma verteilt usw. Waren die Sporetien schon vorher in Form kleiner Körnchengruppen ausgebildet, so bilden sich die Kernchen, ganz ähnlich wie bei *Mastigella*, durch Zusammenschluß der Körnchen, wie Fig. 89 zeigt. Jedenfalls ist schließlich der Macrogametocyt dicht angefüllt mit kleinen Gametenkernen. Ein Unterschied gegen *Mastigella* besteht darin, daß die Kerne lange nackt im Plasma liegen bleiben, ehe sich um sie eine Protoplasmaportion sondert. An dem ganzen Prozesse nimmt der Kern der *Mastigina* nicht den geringsten Anteil, er verändert seine Struktur in keiner Weise und liegt stets ganz für sich an der Oberfläche. Wie weitgehend seine Unabhängigkeit ist, zeigt das in Fig. 43 abgebildete Tier, das bereits vollständig mit fertigen Gametenkernen angefüllt ist und sich trotzdem noch teilt. Ein Analogon

Digitized by Google

dazu bieten die Beobachtungen Prandtl's (1907) an *Allogromia*, bei der sich auch die Gametocyten noch teilen können.

Erst jetzt sondert sich nm die Gametenkerne ihr Protoplasma ab. In welcher Weise dies vor sich geht, vermag ich nicht zu sagen, da das lebende Tier nicht genügend durchsichtig ist und ich im gefärbten Präparat diese Stadien nicht erhielt. Jedenfalls ist das Ende des Prozesses das gleiche wie bei *Mastigella*, daß nämlich der Macrogametocyt vollständig mit Gameten gefüllt umherkriecht. Im Leben kann man dies besonders gnt am Hinterende erkennen, das durchsichtiger ist nnd zu dem durch die Strömung immer wieder die Gameten geführt werden. Das Hinterende eines solches Tieres ist in Fig. 26 nach dem Leben wiedergegeben (*g* = Gameten). Im gefärbten Präparat besitze ich dies Stadium ebenfalls nicht, da die im Leben beobachteten Tiere bei ihrer relativen Seltenheit stets weitergezüchtet wurden und später, als dies nicht mehr nötig war, die geschlechtliche Fortpflanzung erlosch. Erst jetzt erfolgt, wieder in Übereinstimmung mit *Mastigella*, die Encystierung, deren genauen Verlauf ich wieder für die Microgametocyten darstellen werde.

Die fertige Macrogametocyste ist in Fig. 9 nach dem Leben dargestellt. Die Cyste zeigt stets in typischer Weise die dort zu erkennende ellipsoidische Gestalt. Sie ist im Gegensatz zu der der *Mastigella* sehr dickwandig nnd fest. Die Cystenhülle besteht aus zwei verschiedenen Membranen; die innere (*ic*) ist ziemlich dünn, homogen und durchsichtig und zeichnet sich durch einen gelblichen Schimmer aus. Die äußere ist viel dicker aber nicht vollständig gleichmäßig, sondern an den Polen etwas stärker. Sie ist glashell aber durch und durch mit feinen Körnchen durchsetzt. Die innere Hülle ist nichts anderes wie die erhärtete Pellicula des Tieres. Von der äußeren, deren Entstehung nicht direkt verfolgt werden konnte, nehme ich an, daß sie aus den verflüssigten Borsten entstand, was nicht so sehr merkwürdig ist, wenn wir die Homologie der Borsten mit den Klebkörnern zn Recht erkennen. Das Innere der Cyste ist ausgefüllt mit einer nngeheueren Menge dicht gedrängter Gameten (*g*). Sie müssen eine Geißel besitzen, da sie von Zeit zu Zeit ruckweise Bewegungen machen. Außerdem finden sich zahlreiche gelbe Ölkugeln (*oe*) unter der Oberfläche und kleine lichtbrechende Körnchen. Vom Kern ist in der dichten Gametenmasse nichts mehr zu erkennen. In diesem Zustand bewahrte ich die Cysten wochenlang anf, ohne daß die Gameten ausschlüpften. Unter welchen Bedingungen dies geschieht, ist mir rätselhaft; in den Kulturen muß es bald nach Anftreten der Cysten geschehen sein, da dort ganz

Digitized by Google

junge Tiere auftraten, die sich dann zu typischen *Mastiginen* weiter entwickelten.

B. Die Microgametocysten.

Wie bei *Mastigella* so beginnt auch bei *Mastigina* die Microgametenbildung mit der Encystierung. Ein im Begriff der Encystierung stehendes Tier ist an dem Fehlen der Geißel zu erkennen, die entweder abgeworfen oder resorbiert wurde. Ein solches bewegt sich träge und direktionslos hin und her. Am einen Ende des Körpers liegt der Kern, im Innern sind zahlreiche polygonale gelbliche Plättchen zu sehen. An dem dem Kern entgegengesetzten Ende tritt nun eine Art von Bruchsack hervor, dessen Oberfläche auch mit den typischen Borsten bedeckt ist, aber keine Spur der Pellicula zeigt, die am Beginn des Sackes plötzlich aufhört (Fig. S_1). Die

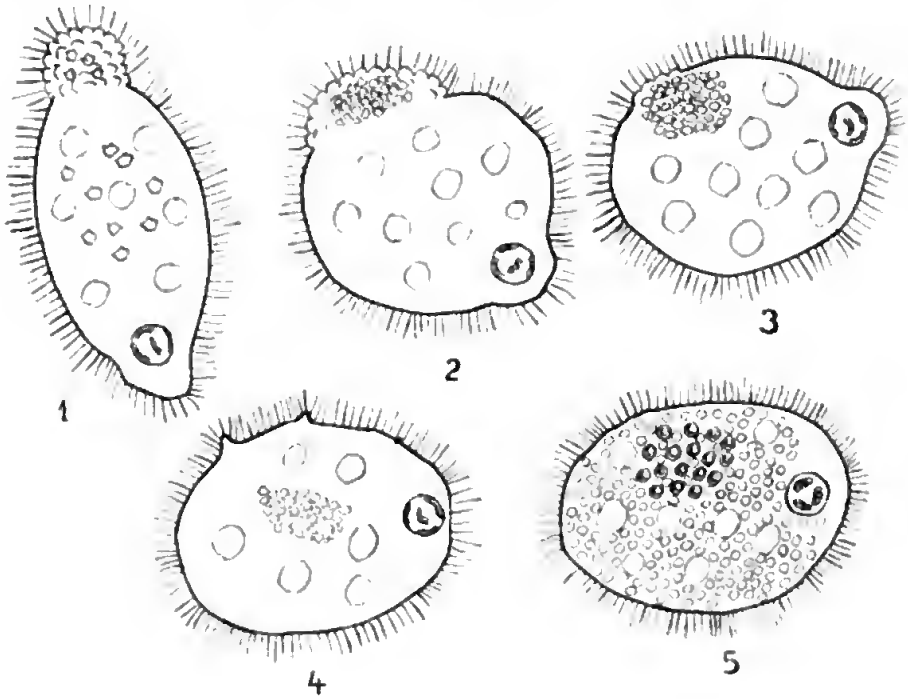


Fig. 8.

Oberfläche des Sackes ist von lauter kugeligen Höckern begrenzt die dem Ganzen das typische Aussehen einer Maulbeere geben, womit Frenzel trefflich derartige Bildungen verglich. Während nun das Tier unter trägen plumpen Bewegungen seine Form fortgesetzt verändert, werden alle die gelben Plättchen allmählich durch die Plasmaströmung in den hinteren Sack gebracht, bis das Plasma völlig frei

Digitized by Google

von ihnen ist (Fig. S_2). Dieser Prozeß war in dem gezeichneten Beispiel in 2 Stunden vollendet. Und nunmehr wird der Sack wieder in den Körper eingezogen, während sich über ihm die Pellicula wieder schließt (Fig. S_3). Wenn dieser Prozeß beendet ist (nach etwa 3 Stunden), hat der Körper eine breit ovale Gestalt (Fig. S_4). Nun beginnt er wieder hin- und herzurollen, streckt nach verschiedenen Seiten breite hyaline Lappen vor und kommt endlich nach einer weiteren Stunde zur Ruhe, indem er die typische ellipsoidische Cystenform annimmt. Dann folgen in kurzen Abständen noch einige convulsivische Zuckungen mit Veränderungen der ganzen äußeren Form, bis nach ungefähr 5 Stunden vom Beginn des Prozesses dauernd Ruhe eintritt. Jetzt sieht man die Pellicula dicker werden und sichtlich zu einer derben gelben Membran erhärten. Die Borsten sind noch vorhanden und bleiben bei der Microgametocyste auch dauernd erhalten (Fig. S_5). Die polygonalen gelben Plättchen hatten sich während des letzten Prozesses an einer Stelle der Oberfläche beisammen befunden, indem sie wie ein Mosaik beisammen lagen. Mit Beendigung der Encystierung verwandeln sie sich plötzlich in kugelige Öltröpfchen. Der Kern hat bis zum Schluß der Encystierung seine normale Struktur in nichts geändert. In dem Plasma beginnen sich aber schon vor vollständigem Abschluß des Encystierungsprozesses Veränderungen abzuspielen (etwa nach 4 Stunden), die nun auch beobachtet werden können, weil durch die Ansammlung des deutoplasmatischen Materials an einem Punkte das Plasma jetzt durchsichtig ist. Man sieht plötzlich diffus im Plasma verteilt kleine lichtbrechende Kügelchen auftauchen, die nichts anderes sind als die Gametenkerne. Um sie tritt mit Vollendung der Encystierung ein heller Raum auf, das Plasma der Gameten, die nun immer größer werden. Zuerst sind sie in ihrer Größe sehr verschieden, etwa 8 Stunden aber nach Beginn des ganzen Prozesses sind sie alle gleich groß und erfüllen die jetzt fertige Cyste. Der Kern, der auf das schönste zu sehen ist, beginnt mit der Gametenbildung zu degenerieren. Man sieht sein durch starke Lichtbrechung charakterisiertes Chromatin sich zu größeren Klumpen zusammenballen und diese werden vacuolisiert. Mit Abschluß der Gametenbildung ist der Kern vollständig verschwunden.

Dieser Schilderung nach dem Leben läßt sich auf Grund der Präparate nur wenig noch zufügen. Die Ausbildung der Gametenkerne aus den Sporetien erfolgt in genau der gleichen Weise wie bei den Macrogametocyten. Fig. 78 zeigt eine solche Microgametocyste etwa zur Zeit der convulsivischen Zuckungen vor Schluß der

Digitized by Google

Encystierung, wodurch ihre unregelmäßige Gestalt bedingt wird. Im Innern findet die Bildung der Gametenkerne statt und zwar auch hier gruppenweise an verschiedenen Punkten der Cyste. In Wirklichkeit ist natürlich die Zahl der Gruppen eine viel größere, da nur ein optischer Schnitt gezeichnet ist. Viele Kerne sind schon fertig, andere in der bekannten Weise im Entstehen aus Sporetien begriffen. Der Kern der Cyste (Prinzipalkern) zeigt bereits die Zeichen beginnender Degeneration. Eine fertige Cyste zeigt endlich Fig. 79. Die an dem einen Ende der Pellicula aufsitzenden gestielten Bläschen sind Protoplasmatröpfchen, die beim Abtöten ausgepreßt wurden. Die Gametenkerne liegen mit einer gewissen Regelmäßigkeit im Protoplasma zerstreut, ohne aber schon ihr Plasma um sich abgegrenzt zu haben. Diesen letzteren Prozeß konnte ich auch bei den Microgametocyten nur im Leben beobachten. Der Prinzipalkern ist in vollständiger Degeneration begriffen, hat unregelmäßige Conturen, enthält vacuolisierte chromatische Massen und große mit einer schwach färbbaren Flüssigkeit angefüllte Blasen.

C. Die metagame Entwicklung.

An dieser Stelle muß ich in der Darstellung des Entwicklungscyklus der *Mastigina* einige Fragezeichen einschalten, da wie gesagt das Ausschlüpfen der Gameten und ihre Copulation nicht beobachtet werden konnte. Wenn man aber die prinzipielle Übereinstimmung der ganzen Vorgänge mit denen der *Mastigella* bedenkt, ist es wohl erlaubt anzunehmen, daß auch hier die Gameten in ähnlicher Weise copulieren. Ob allerdings der Copulation ein Flagellatenstadium folgt, dafür fehlen mir alle Anhaltspunkte. Dagegen traten nach der Cystenbildung in meinen Kulturen die ganz jungen Mastiginen auf, die ich bis zur Umbildung in das erwachsene Tier verfolgen konnte, so daß ich diesen Teil des Cyklus abschließen kann.

Ihrer Größe nach können diese jungen Tiere nicht weit von der Zygote entfernt sein. Fig. 27 zeigt sie nach dem Leben, Fig. 83 im Präparat. Sie sind sofort an der eigenartig opaken Beschaffenheit ihres Plasmas zu erkennen. Im Vorderende des Körpers liegt der kleine kugelige Kern, und aus ihm entspringt die lange, nach vorn gerichtete Geißel. Im gefärbten Präparat erkennt man, daß der Kern einen großen chromatischen Binnenkörper besitzt und daß die Geißelbasis durch die Kernmembran hindurch zu diesem tritt. Bei etwas größeren Tieren kann man dieses merkwürdige Verhalten sogar im Leben beobachten. Die Bewegung dieser kleinsten Formen ist ein Schwimmen mit Hilfe der nur wenig sich bewegenden Geißel

Digitized by Google

unter ständiger amöboider Bewegung des Körpers. Nun wachsen die Tiere auf etwa das Doppelte heran, wobei die einzige Veränderung, die sie erleiden, ist, daß das Plasma eine deutliche feinkörnige Beschaffenheit annimmt. Jetzt aber vollzieht sich ein Prozeß von allergrößter Wichtigkeit. An der Oberfläche des Kernes wird eine chromatische, aus feinen Körnchen bestehende Masse ausgeschwitzt (Fig. 82), die, wie die stärker vergrößerte Fig. 82 A deutlich zeigt, halbmondförmig der an dieser Stelle nicht mehr sichtbaren Kernmembran aufliegt. Gleichzeitig ist der chromatische Binnenkörper des Kernes viel kleiner geworden. Wir haben hier nichts anderes vor uns als die Entfernung der Sporetien aus dem zuerst gemischten Kern, als die Trennung der somatischen und propagatorischen Kernsubstanz, die von jetzt ab für das ganze Leben erhalten bleibt. Die Sporetien rücken alsbald nach ihrer Elimination vom Kern ab und liegen als ein aus gleichmäßig großen, sehr stark färbbaren Körnchen zusammengesetzter Haufen irgendwo im Plasma (Fig. 86). Anfangs glaubte ich eine Zahlenkonstanz dieser Sporetien nachweisen zu können, mußte mich aber bald von dessen Unmöglichkeit überzeugen. Um das weitere Schicksal dieser Sporetien zu erledigen, so liegen sie noch eine Zeitlang in einem gemeinsamen Haufen beieinander (Fig. 85) und verteilen sich dann in verschiedener Weise im Plasma (Fig. 84, 87, 88). Dabei erfahren sie bis zum erwachsenen Zustande eine bedeutende Vermehrung, und da nichts darauf hindeutet, daß aus dem Prinzipalkern neuer Nachschub erfolgt, so müssen sie sich wohl selbständig ernähren und vermehren. Übrigens müssen wir das gleiche ja auch für die Sporetien (sog. Chromidialnetz) der beschalten Rhizopoden annehmen.

Fig. T.

Die junge *Mastigina* selbst zeigt bei ihrem Heranwachsen von der Bildung der Sporetien an mancherlei interessante Besonderheiten. Das betrifft vor allem den Bewegungsmodus. Die Bewegung mit Hilfe der Geißel hört bald auf und an ihre Stelle tritt eine amöboide Bewegung von dem Typus der *Amoeba proteus*; Fig. T zeigt ein solches Tier mit seinen lappigen Pseudopodien. Dann folgt — es variiert dies etwas in der Zeit und der Größe der betreffenden Tiere

— eine ausgesprochen amöboide Bewegung durch Rollen auf der Unterlage, und in diesem Zustande können dann, das einzige Mal im Leben, fingerförmige Pseudopodien gebildet werden. In Fig. 85 ist das Hervorbrechen solcher Pseudopodien aus der Pellicula zu sehen, ein besonders schönes Exemplar mit zahlreichen langen Pseudopodien ist nach dem Leben in Fig. 28 abgebildet. Nun folgt eine Zeit, in der die Bewegung bereits typisch *mastigina*-artig ist, wo aber auf der Oberfläche merkwürdig zugespitzte stachelartige Pseudopodien ausgestreckt werden. In Fig. 29 ist ein Tier mit wenigen Stachelpseudopodien nach dem Leben dargestellt, ein größeres mit sehr vielen zeigt nach einem Präparat Fig. 84. Endlich folgt das typische *Mastigina*-Stadium (Fig. 87), in dem dann die Bildung der Borsten aus Klebkörnern, wie schon oben geschildert, erfolgt. Fig. 30 zeigt nach dem Leben eine solche Form, die dicht mit den Klebkörnern besät ist, und Fig. 88 im Präparat ein Tier mit den fertig gebildeten, allerdings noch kurzen und sehr dichten Borsten. Von hier aus bis zum ausgewachsenen Tier — ein Wachstum auf etwa die 6fache Länge — ist nichts Besonderes mehr zu beobachten. In meinen Kulturen vollzog sich die gesamte hier geschilderte metagametische Entwicklung in etwa 3 Wochen.

Nach der Sporetienbildung erfährt auch der Kern Veränderungen, die ihn zum typischen *Mastigina*-Kern machen. Er wächst stark heran, der chromatische Binnenkörper in seinem Innern lockert sich auf, zerfällt in einzelne Partikel (Fig. 87), die dann an die Peripherie rücken und mit Entwicklung der Borsten (Fig. 88) ist auch der typische *Mastigina*-Kern nahezu fertig. Die Geißel ist nicht mehr in das Innere des Kernes zu verfolgen. Im übrigen bietet sie gegen die erwachsene *Mastigina* nichts Besonderes.

Zum Schluß dieses Abschnittes sei wieder der Entwicklungscyclus der *Mastigina* an Hand des Schemas Fig. U kurz resümiert. Die vegetative Vermehrung geschieht durch Zwei-Teilung, wobei sich der Kern amitotisch teilt und der Körperoberfläche entlang wandernd die beiden Kerne an das entgegengesetzte Ende gelangen, worauf die Teilhälften auseinanderkriechen (1, 1a, 1b). Die geschlechtliche Vermehrung beginnt wieder mit einer Sonderung von Micro- und Macrogametocyten. Bei letzteren bilden sich zunächst aus den zeitlebens im Plasma verteilten Sporetien Gametenkerne (2b); um diese sondert sich etwas Protoplasma ab und so kriecht der Macrogametocyt mit intaktem Prinzipalkern vollständig mit Gameten gefüllt umher (3b). Nach einiger Zeit encystiert er sich, indem er eine eiförmige Cyste bildet, die von zwei Cystenhüllen umgeben ist.

Digitized by Google

von denen die innere von der Pellicula stammt, die äußere wohl aus dem Borstenbesatz; der Prinzipalkern verschwindet in der Cyste (4 b). Der Prozeß der Microgametenbildung unterscheidet sich von dem geschilderten nur dadurch, daß der Microgametocyt sich sogleich encystiert und währenddessen die Gametenkerne gebildet werden (3 a). Die Cystenhülle besteht hier nur aus der festgewordenen Pellicula, die Borsten bleiben erhalten. Der Kern degeneriert schon, bevor

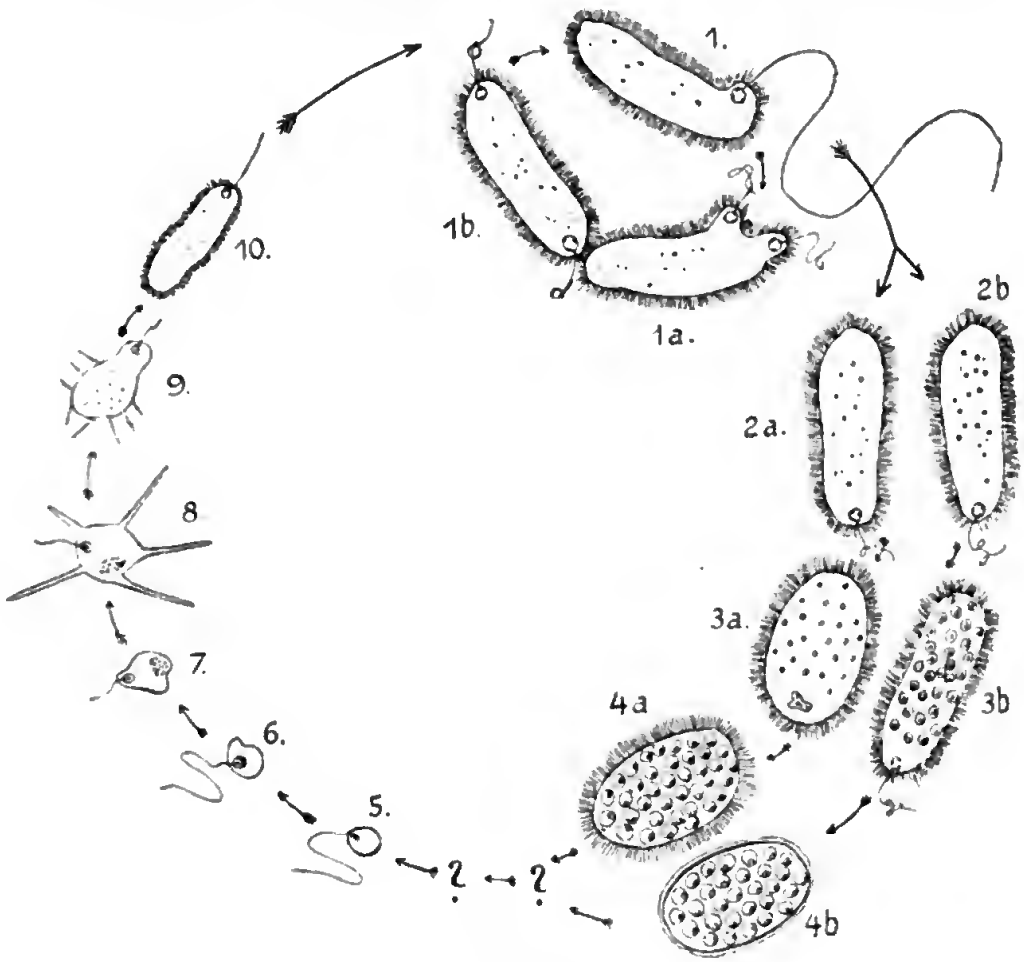


Fig. U

die Gametenkerne gebildet sind. Um diese sondert sich dann Plasma ab und die Microgameten sind fertig (4 a). Das Ausschlüpfen der Gameten und die Copulation wurde nicht beobachtet. Die jungen, wohl direkt aus der Copulation hervorgegangenen Tiere haben noch kein Chromatin im Plasma (5). Dies, d. h. die Sporetien, wird aber schon sehr früh aus dem Kern eliminiert (6) und verteilt sich dann im Plasma (7). Den jungen Tieren fehlt das Haarkleid und sie sind

Digitized by Google

imstande, fingerförmige Pseudopodien zu bilden (8). Nach einiger Zeit tritt die charakteristische Rollbewegung ein und auf der Oberfläche entstehen stachelige Pseudopodien (9), endlich werden die Borsten aus Klebkörnern gebildet und der Kern nimmt auch seine definitive Struktur an.

IV. Systematisches.

Es erscheint notwendig, an die Schilderung der Lebensgeschichte der beiden Mastigamöben einige Betrachtungen über die Systematik dieser Gruppen anzuschließen, und zwar ist zunächst die Aufstellung der beiden neuen Spezies zu rechtfertigen. Was die *Mastigina setosa* anbetrifft, so ist dies leicht, da ein so auffallender Organismus selbst in der unvollkommensten Beschreibung wiederzuerkennen wäre. Soviel mir bekannt wurde, ist aber K. C. Schneider der einzige, der unsere Form schon beobachtete. Seine Schilderung lautet: „Ich hatte Gelegenheit, eine Mastigamoeba zu untersuchen, die sich von der *M. aspera* Schulze nur durch den Besitz von feinen starren Cilien (Borsten) unterschied. Da sich aber auch Exemplare ohne den Borstenbesatz fanden, so zweifle ich nicht an der Identität und wende den Schulze'schen Namen auf meine Form an. Die genauere Untersuchung zeigte folgendes: Es ist eine deutliche Pellicula, d. h. ein feines Häutchen, das sich vom Ectosark scharf abhebt, ausgebildet und auffällig charakterisiert durch eingelagerte glänzende Körnchen, die sich — je eines — an der Basis einer Cilie finden und daher als Basalkörner zu deuten sind (Fig. 7). Auch Blochmann beobachtete an der Basis jeder Cilie bei seiner *Pelomyxa* einen glänzenden Punkt, „wie man ihn ja leicht an den Cilienursprüngen der Infusorien sieht," der also jedenfalls auch ein Basalkorn repräsentierte. Die Beziehung der feinen, relativ langen Borsten zu den Körnchen war an gelegentlich auftretenden kurzen Pseudopodien besonders deutlich zu erkennen (Fig. 7c und d). Aber außer den Borsten fanden sich auch kurze stäbchenförmige Gebilde auf der Pellicula (Fig. 7e), die mir identisch mit den von Schulze beschriebenen Rauhigkeiten an der Oberfläche seiner Form zu sein scheinen. Ich möchte die Ansicht äußern, daß es sich hier um junge Borsten handelt, die vom Basalkorn, aus dem sie hervorwachsen dürften, noch nicht scharf gesondert sind. Eine Fortsetzung der Rauhigkeiten oder der Borsten ins Innere des Ectosarks hinein, etwa in Form eines Wurzelapparates war nirgends zu beobachten.

Digitized by Google

während gerade die Beziehung der uns hier nicht weiter interessierenden Geißel zum Kern, also ihre Fortsetzung ins Plasma, ohne weiteres festgestellt werden konnte (Fig. 7a).

Für *Dactylosphaerium* beschreiben Hertwig und Lesser ein ähnliches rauhes Aussehen der Pseudopodien, bringen es aber zur Contraction in Beziehung und vergleichen die Rauhigkeiten mit den Zöttchen, wie sie am Hinterende fast aller Amöben bei der Bewegung beschrieben wurden. Indessen hat diese Zottenbildung nichts mit Contractionszuständen zu tun, und ferner fand ich eine Amöbe, die in ihrem Aussehen ganz dem *Dactylosphaerium* glich, die aber auch an den gestreckten Pseudopodien (sowie am ganzen Körper) mit Rauhigkeiten bedeckt war. Diese kleinen Höcker schienen mir im wesentlichen identisch mit denen der Mastigamöba, so daß ich nicht Bedenken trage, mit Bütschli die Hertwig-Lesser'sche Form mit der Schulze'schen (und Leidy'schen) zu vereinigen. Mangel oder Vorhandensein einer Geißel erscheinen mir nicht von besonderer Bedeutung, da erstens die Geißel leicht übersehen, zweitens aber auch ihr Mangel ein rein zufälliger sein kann. Ich fand ein Tier (ohne Borsten, aber doch am Kern leicht als hierher gehörig erkennbar), das nur einen Geißelstummel besaß und derart die Möglichkeit völligen Verlustes nahe legte."

Es unterliegt nach dieser Beschreibung und der Abbildung gar keinem Zweifel, daß uns die gleiche Form vorlag. Ich kann aber nicht zugeben, daß sie in irgend einem näheren Zusammenhang mit *Mastigamoeba aspera* steht. Schneider begründet dies vor allem mit der Annahme, daß das Vorhandensein und Fehlen der Borsten unwesentlich sei und daß sie aus den Rauhigkeiten der *M. aspera* abgeleitet werden könnten. Ich kann beides nicht zugeben. Schneider macht leider keine Größenangaben über die borstenlosen Exemplare, die er beobachtete. Ich sehe die Tiere jetzt schon seit fast 4 Monaten nahezu täglich und habe niemals ein erwachsenes Tier ohne Borsten gefunden. Daß sie in der Jugend fehlen, kann aber hier unberücksichtigt bleiben, da Schulze's Mitteilungen seinen Maßangaben nach sich auf sehr große Tiere beziehen und nicht auf die sehr kleinen Jugendstadien. Ich muß also die Borsten für einen durchaus konstanten und deshalb auch systematisch verwertbaren Charakter ansehen und das um so mehr, wenn man ihre oben geschilderte Rolle bei der Encystierung bedenkt. Was den zweiten Punkt anbetrifft, so bin ich ja auch von der Homologie der Borsten und Rauhigkeiten (richtiger Klebkörner) überzeugt. Die Homologie ist aber nur vergleichend morphologisch, ist keine Identität, um so mehr als die

Digitized by Google

Borsten konstant sind, die Klebkörner aber, nach allem was wir wissen, nach physiologischem Bedürfnis auftreten. Schneider berücksichtigt aber auch gar nicht die Pseudopodienbildung, die doch im allgemeinen bei Rhizopoden unter normalen Bedingungen konstant ist. Die *M. aspera* verhält sich da aber nach Schulze folgendermaßen: „Trotz der mannigfach wechselnden äußeren Gestalt des Körpers, welche wie bei den meisten Amöben in ständiger Wandelung zu sein pflegt, läßt sich doch eine gewisse Grundform, welche sehr häufig wieder erscheint und am längsten bewahrt wird, nicht verkennen. Dieselbe kann im allgemeinen mit derjenigen einer horizontal liegenden Spindel verglichen werden, welche am einen Ende nur ganz leicht, am anderen stärker abgerundet, von oben und unten aber knochenförmig abgeplattet ist. Von der Oberfläche des Körpers erheben sich, soweit sie nicht der Unterfläche aufliegt, zahlreiche fingerförmige Pseudopodien, von der Länge des Körperdurchmessers, welche gewöhnlich einfach, seltener an der Basis vereinigt sind, und mit einem abgerundeten, bisweilen etwas konisch verschmälerten, niemals aber fadenförmig oder ganz spitz auslaufenden Endteile aufhören. Wenn auch die Stellung und Richtung dieser bald weit ausgestreckten, bald in den Weichkörper sich spurlos zurückziehenden Pseudopodien eine sehr wechselnde und im einzelnen unbestimmte genannt werden muß, so läßt sich doch auch hierin eine gewisse Gesetzmäßigkeit der Anordnung bemerken, welche, wenn man sie einmal beobachtet hat, meistens sehr deutlich hervortritt. Es finden sich nämlich bei der vorhin angegebenen Normalgestalt des Tieres die fingerförmigen Pseudopodien auf der gerade nach oben gewandten, also der Rückenfläche nur wenig entwickelt, werden dagegen an den beiden Seitenrändern und dem spitzeren, beim Kriechen stets nach vorn gewandten, sagen wir daher einfach vorderen Ende weit ausgestreckt. — — Dadurch nun, daß die bedeutenderen Pseudopodien sämtlich von den beiden Seitenrändern und zwar annähernd rechtwinklig zur Oberfläche abstehen, und die dicht neben der vorderen Spitze befindlichen sich schräg nach vorn und außen richten, erhält der ganze Körper eine gewisse äußere Ähnlichkeit mit einem seitlich symmetrischen, mittels lateraler Extremitäten kriechenden Tiere, welche natürlich ganz oberflächliche Ähnlichkeit noch dadurch erhöht wird, daß gerade in der Nähe der Vorderspitze die Pseudopodien annähernd symmetrisch zu stehen pflegen."

Nun haben wir aber gesehen, daß bei unserer *Mastigina* stets die amöboide Bewegung eine rollende ist, daß ferner im allgemeinen, außer dem Vorfließen am Vorderende überhaupt keine Pseudopodien

Digitized by Google

gebildet werden und daß, wenn solche überhaupt auftreten, es unscheinbare und unbeständige warzenartige Höcker sind. Es wäre doch sehr merkwürdig, wenn während der langen Beobachtungszeit niemals die von SCHULZE als typisch geschilderte Bewegungsart aufgetreten wäre, wenn es sich wirklich um die gleiche Form handelt. Dazu kommen aber noch weitere Differenzpunkte. SCHULZE gibt als typisch ein zugespitzes Vorderende an, von dem die Geißel entspringt. Dies ist bei der ganzen Bewegungsart der *Mastigina* aber für sie völlig ausgeschlossen und SCHNEIDER's Zeichnung stimmt da auch genau mit meinen Beobachtungen überein. Ferner hat *M. aspera* einen typisch biruförmigen Kern, wie er ja vielen Mastigamöben zukommt. Davon kann bei *Mastigina* keine Rede sein, er ist, abgesehen von vorübergehenden Deformationen stets kugelig, wie es ebenfalls auch SCHNEIDER abbildet. Schließlich fand SCHULZE den Kern der *M. aspera* so gelagert, daß seine hintere Hälfte vom Entoplasma bedeckt und unsichtbar war. Auch seine auf diesen Punkt bezügliche Schilderung macht eine Identität mit *Mastigina* unmöglich, da ihr Kern beim Vorwärtsfließen des Tiers stets wundervoll sichtbar ist. Nach alledem kann es also keinem Zweifel unterliegen, daß die von SCHNEIDER zuerst beobachtete Form eine neue Art darstellt.

Es wäre nunmehr zu rechtfertigen, weshalb sie dem FRENZEL'schen Genus *Mastigina* eingereiht wird. Dieses wurde für die beiden Arten *Mastigina chlamys* und *paramylon* aufgestellt mit der Begründung: „In das Genus *Mastigina* möchte ich einige derjenigen geißeltragenden Amöben einordnen, welche sich ihrer Gestaltung nach teils mehr an das Genus *Saccamoeba*, teils mehr an *Amoeba* (im engeren Sinne) anschließen und deren Geißel auf dem Kern sitzt, sowie wir es auch noch bei dem Genus *Mastigamoeba* antreffen, das jedoch besser für sich bestehen bleibt." Unsere Form zeigt nun in Bewegung und dergleichen so viele Ähnlichkeiten mit der zweifellos sehr gut beschriebenen FRENZEL'schen Form *M. chlamys*, daß ich diesen Gattungsnamen akzeptieren möchte. Die Charakteristika der Gattung wären einmal die konstante und wichtige Beziehung der Geißel zum Kern und dann als Unterschied gegen *Mastigamoeba* der Mangel fingerförmiger Pseudopodien, *pelomyxa*-artiger Habitus. Eine Zusammengehörigkeit der *M. chlamys* und *setosa* dürfte ebenfalls auszuschließen sein. Wenn ich auch glauben möchte, daß FRENZEL's Angabe einer gestrichelten Hautschicht sich auf sehr dicht gestellte stäbchenartige Borsten bezieht, so ist der Unterschied der beiden Bildungen doch ein so großer, daß von einer Identität keine Rede sein kann.

Digitized by Google

Schneider möchte im Anschluß an Bütschli auch das *Dactylosphaerium vitreum* zu *M. aspera* ziehen. Meiner Ansicht nach ist dies völlig ausgeschlossen. Soweit ich es beurteilen kann, ist das Vorhandensein oder Fehlen der Geißel kein unwesentliches Merkmal. Wenn Schneider dafür anführt, daß er ein Exemplar mit einem Geißelstummel beobachtet habe, so lag ihm ein Tier vor, wie ich es auch beobachtete, dessen Geißel beim Herausfangen abgerissen war. Ich konnte ja dann die Regeneration einer solchen Geißel feststellen. Natürlich kann man die Möglichkeit, daß die Geißel übersehen wurde, nicht ausschließen, wenn sie auch recht wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, gänzlich ausgeschlossen ist aber, daß die periphere Lage des Kerns übersehen wurde. Pénard (1902) vereinigt das *Dactylosphaerium* wohl mit Recht mit Schulze's *Amoeba polypodia* zu *Amoeba vitraea*. Daß ihm auch hier der Mastigamöbencharakter entgangen sei, ist völlig ausgeschlossen. Überdies ist mir selbst diese Form wohl bekannt, und nach dem ganzen Habitus bezweifle ich nicht, daß Pénard's Homologisierung berechtigt ist. Was endlich die Homologisierung mit Leidy's *Dinamoeba mirabilis* betrifft, die Schneider ebenfalls durchführen möchte, so ist sie auch ausgeschlossen, da Blochmann (1894) wie Pénard (1902) die Form wiedergesehen haben und übereinstimmend mit Leidy (1879) schildern. (Blochmann fand, daß zwei Kerne vorhanden waren.) Mastigamöbencharakter wäre diesen beiden Forschern sicher nicht entgangen.

Was *Mastigella vitrea* anbetrifft, so ist sie von den bisher betrachteten Mastigamöbenarten grundsätzlich verschieden durch den Mangel an Beziehungen zwischen Geißel und Kern. Die einzige der bisher bekannten Mastigamöben, mit denen sie sich einigermaßen vergleichen ließe, ist Frenzel's *Mastigella polymastix*, weshalb ich auch diesen Gattungsnamen beibehielt. Sie besitzt auch einen großen von der Geißel unabhängigen Kern, ein durchsichtiges Protoplasma und fingerförmige Pseudopodien. Der Hauptunterschied ist die schwankende Zahl der Geißeln, die 1—4 betragen kann. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß *Mastigella vitrea* schon früher als Amöbe beschrieben wurde, da ihre Geißel viel leichter zu übersehen ist, doch ist mir keine Form bekannt, auf die ich sie beziehen könnte.

Es ist vielleicht angebracht, in diesem Zusammenhang die bisher bekannten Mastigamöbenarten ein wenig zu sichten. Sieht man die Literatur darüber durch, so ergibt sich gleich, daß es wohl recht verschiedenartige Formen sind, die wegen des Besitzes von Geißeln bei sonstigem Rhizopodencharakter als Rhizomastiginen zusammengefaßt werden. Da ist zunächst eine Gruppe, mit der wir

Digitized by Google

vor der Hand noch wenig anfangen können. Es sind Formen, bei denen der Flagellatentypus überwiegt, wenn auch rein amöboide oder heliozoenartige Zustände beschrieben werden. Dahin gehören die *Cercomonas*, *Rhizomonas*, *Reptomonas* und *Cercobodo*-Arten. Vielleicht müssen sogar alle echten Monaden hierher gezählt werden. Eine Klassifizierung dieser Formen ist bis jetzt zwecklos; sie erforderte die Kenntnis ihres ganzen Entwicklungsganges, der sie möglicherweise als Jugendstadien anderer Formen erwiese, wie es die Monasform meiner *Mastigella vitrea* beweist. Wir lassen sie also am besten hier ganz aus dem Spiel und stellen sie zu der Gruppe der Monadinen, im Bewußtsein, daß diese noch unverstanden sind. Eine zweite Gruppe stellen die heliozoenartigen Rhizomastiginen dar, wie die verschiedenen *Dimorpha*-Arten. Wenn diese auch gut charakterisiert sind, so können wir aus gänzlicher Unkenntnis ihrer Lebensgeschichte, doch nichts darüber aussagen, ob sie mit den eigentlichen Mastigamöben verwandt sind. Wir lassen sie deshalb ebenfalls hier beiseite und beschränken uns auf die Betrachtung der Mastigamöben im engeren Sinne, von denen auch nur die Formen zu berücksichtigen sind, die nach ihrer Beschreibung wieder zu erkennen sind.

Ich möchte vorschlagen, da vor der Hand 3 Gattungen zu unterscheiden, *Mastigamoeba*, *Mastigina* und *Mastigella*. Die ersten beiden umfassen alle die Formen, deren Geißel im Kern wurzelt, die letztere solche, bei denen eine solche Beziehung nicht besteht.

1. Genus. *Mastigamoeba* [F. E. Schulze].

Rhizopodenartiger Organismus, ausgezeichnet durch den Besitz einer aus dem Kern entspringenden Geißel. Die Körperoberfläche hat die Fähigkeit Pseudopodien zu bilden.

a) *M. aspera* [F. E. Schulze].

Vorderende beim Kriechen zugespitzt, Pseudopodien fingerförmig von etwa Körperdurchmesser, Körperoberfläche mit Klebkörnern ausgerüstet von der Gestalt eines *Bacterium termo*. Größe etwa 100 μ.

b) *M. lobata* [Bütschli] (*M. bütschlii* [Klebs]).

Körperform polymorph mit breit aufgesetzten und fein zugespitzten Pseudopodien. Geißel 10 mal so lang als der Körper. Größe etwa 20 μ.

Digitized by Google

c) *M. ramulosa* [S. Kent].

Körper rundlich, stets auch beim Schwimmen mit kurzen verästelten Pseudopodien versehen. Geißel 2—3 mal so lang als der Körper. Größe 60 μ.

d) *M. schulzei* [Frenzel].

Habitus wie bei *M. aspera*; bildet aber sehr lange spitze und oft vielfach verästelte Pseudopodien. Die Körperoberfläche ist dicht mit borstenartigen Stäbchen bedeckt, die aber länger sind als die Klebkörner der *M. aspera*. Größe bis 120 μ.

2. Genus ***Mastigina*** [Frenzel].

Rhizopodenartige Organismen mit aus dem Kern entspringender Geißel; Bewegung rollend, Körper walzenförmig ohne fingerförmige oder ähnliche Pseudopodien. Eine dicke Pellicula vorhanden.

a) *M. chlamys* [Frenzel].

Habitus wie bei allen Arten der Gattung; ausgezeichnet durch einen Besatz mit radiären Stäbchen, die so gleichmäßig angeordnet sind, daß sie eine radiärgestreifte Hautschicht vortäuschen. Größe bis zu 75 μ.

b) *M. paramylon* [Frenzel].

Der gleiche Habitus, keinerlei Differenzierung der Körperoberfläche, Hinterende bildet beim Kriechen einen Maulbeeranhang. Größe 50 μ.

c) *M. hylae* [Frenzel] (*Tricholimax hylae* [Frenzel]).

Habitus wie vorige; Geißel kaum größer als der Kerndurchmesser; schwimmt vorwärts und rückwärts, ausgesprochene Fontänenströmung des Plasma. Lebt im Enddarm der Kaulquappen von *Hyla pulchella*. Größe 80 μ.

d) *M. limax* [Moroff] (*Mastigamoeba limax* [Moroff]).

Habitus der *Amoeba limax* mit zugespitztem Vorder- und stumpfem Hinterende. Geißel 3 mal so lang als der Körper. Größe 20—25 μ.

e) *M. setosa* [mihi] (*Mastigamoeba aspera* [Schneider]).

Habitus der Gattung, Körperoberfläche mit langen Borsten bedeckt, dichte Pellicula. Größe bis 140 μ.

Digitized by Google

3. Genus *Mastigella* [Frenzel].

Rhizopodenartige Organismen mit einer oder mehreren Geißeln, die vom Kern völlig unabhängig sind.

a) *M. polymastix* [Frenzel].

Pseudopodien fingerförmig oder zottenförmig nach allen Seiten ausgestreckt, niemals zahlreich, erreichen den Durchmesser des Körpers höchstens halb. Zahl der Geißeln zwischen 1 und 4 schwankend. Sehr großer Kern. Größe bis 80 μ.

b) *M. unica* [Frenzel] (*Limulina unica* [Frenzel]).

Wenige fingerförmige Pseudopodien, die auf bruchsackartigen Ausstülpungen des Körpers sitzen. Geißel sitzt stets am zöttchentragenden Hinterende. Größe 75 μ.

c) *M. Januarii* [Frenzel] (*Micromastix januarii* [Frenzel]).

Wenige fingerförmige radiäre Pseudopodien. Geißel kürzer als der Körperdurchmesser. Größe 40 μ.

d) *M. commutans* [Meyer] (*Mastigamoeba commutans* [Meyer]).

Zugespitztes Vorderende, das die Geißel von 5facher Körperlänge trägt, konstant, Hinterende amöboid beweglich. Contractile Vacuole wandert zwischen jeder Systole unter Formveränderungen im Körper herum. Größe 20 μ.

e) *M. radicula* [Moroff] (*Mastigamoeba radicula* [Moroff]).

Habitus ähnlich wie vorige. Bildet an der ganzen Körperoberfläche lappige Pseudopodien. Geißel ungefähr von Körperlänge. Größe bis 55 μ.

f) *M. polyvacuolata* [Moroff] (*Mastigamoeba polyvacuolata* [Moroff]).

Habitus wie vorige. Geißel $1^1/_2$ mal so lang als der Körper, zahlreiche im Körper verteilte pulsierende Vacuolen. Größe bis 35 μ.

g) *M. eilhardi* [Bürger] (*Mastigamoeba eilhardi* [Bürger]).

Ein großes kegelförmiges Pseudopod, in dessen Mitte die Geißel entspringt, und kleine kammförmige Pseudopodien am Hinterende. Geißel etwas über Körperlänge. Größe bis 80 μ.

Digitized by Google

h) *M. vitrea* [mihi].

Körper völlig durchsichtig, Pseudopodien fingerförmig aber kurz. Geißel in ausgestrecktem Zustand von über Körperlänge, in zurückgezogenem borstenartig. Stäbchenförmige Klebkörner vorhanden. Größe bis 150 μ.

Die vorstehenden Formen dürften nach den bisherigen Beschreibungen alle zu identifizieren sein. Natürlich ist es nicht ausgeschlossen, daß bei genauerer Kenntnis manche von den kleineren Formen in Wegfall kommen wird. Denn wir haben ja eben gesehen, daß die Jugendstadien großer Mastigamöben ganz beträchtlich von den erwachsenen Tieren verschieden sein können. Aus diesem Grund wurden auch Formen, die kleiner als 20 μ sind, hier gar nicht aufgeführt, zumal sie von Myxomyceteuschwärmern ohnehin nicht zu unterscheiden sind. Solche Formen sind *M. simplex* [Kent], *M. invertens* [Klebs] und auch die *bodo*-artigen *Dimastigamoeba simplex* und *agilis* [Moroff]. Auch Prowazek's (1900) *Mastigamoeba viridis* möchte ich hier beiseite lassen. Aber auch die oben den 3 Gattungen eingereihten Formen dürften nicht ganz gleichwertig sein; vielmehr scheinen die ganz großen Arten viel schärfer definiert und es ist nicht ausgeschlossen, daß sie später einmal allein bestehen bleiben. Jedenfalls verdienen auch vom systematischen Standpunkt die Rhizomastiginen neue Beachtung.

Welche Stellung soll nun unseren Formen, wenn wir die Gruppe der Rhizomastiginen zunächst auf die 3 obigen Genera beschränken, im System zugewiesen werden? Seit Bütschli's Vorgang stellt man die Rhizomastiginen allgemein an die Basis der Flagellaten und betrachtet sie als eine Gruppe, die den Übergang von den Amöbinen zu den Monadinen vermittelt. Zweifellos mußte der Besitz einer Geißel als ein Merkmal von entscheidender Bedeutung angesehen werden. Ob dies heute noch der Fall ist, erscheint mir jedoch zweifelhaft. Es scheint mir vielmehr, daß die Fortpflanzungserscheinungen, da, wo sie bekannt sind, in zweifelhaften Fällen entscheiden müssen. Die Forschungen der letzten Zeit haben gezeigt, daß hierin nun eine außerordentliche Gleichmäßigkeit bei einzelnen Protozoengruppen vorzuliegen scheint. So scheint vor allem die Gruppe der Rhizopoden mit Ausschluß der Heliozoen in typischer Weise einen geschlechtlichen Fortpflanzungsprozeß zu besitzen, bei dem zahlreiche Gameten entstehen, deren Kerne einmal das Chromidien- oder richtiger Sporetienstadium durchmachen. Dies ist jetzt für nackte wie beschalte Formen aus allen

Digitized by Google

Gruppen nachgewiesen, so daß es wohl als Gesetzmäßigkeit gelten kann. Von Flagellaten ist uns dagegen bisher kein derartiger Prozeß bekannt. Nun verhalten sich unsere beiden Rhizomastiginen in ihrer Fortpflanzung genau wie eine Foraminifere oder Testacee und so glaube ich, müssen wir die Familie den Rhizopoden einordnen als eine Familie der Amöbinen. Dazu ist allerdings zu bemerken, daß Bütschli die Rhizomastiginen für die niedersten Protozoen ansieht, von denen Rhizopoden wie Flagellaten abzuleiten seien. Wenn man sich auf diesen wohlbegründeten Standpunkt stellen will, so kann man annehmen, daß die Rhizomastiginen in ihren 3 differenten Untergruppen (echte Mastigamöben, *Dimorpha*-Arten, *Cercomonas*-Arten) die Ausgangspunkte für Amöbinen, Heliozoen und Flagellaten darstellen. Die echten Mastigamöben wären dann aber jedenfalls den Amöben bereits viel näher stehend als einer der beiden anderen Rhizomastiginengruppen. Ganz andere Ansichten hat Klebs entwickelt doch möchte ich nicht tiefer in phylogenetische Spekulationen hineingeraten. Nur eine Einschränkung muß ich zum Schluß dieses Abschnitts noch machen. Die große Ähnlichkeit der Myxomycetenschwärmer mit Mastigamöben ist schon lange bekannt und die Möglichkeit eines Zusammenhangs beider Gruppen erwogen worden. So hält es Plenge für möglich, daß die Mastigamöben eine Art von Schwärmerzellen von Myxomyceten darstellen. Dies ist nun nach obiger Schilderung ihrer Entwicklungsgeschichte unmöglich. Und doch möchte ich, obwohl scheinbar der Mastigamöbenentwicklungscyklus geschlossen ist, nicht definitiv jede Beziehung zwischen beiden Gruppen ablehnen. Ja, ich habe sogar positive Anhaltepunkte in dieser Richtung, muß mich aber, ehe es Beweise geworden sind, mit dieser Andeutung begnügen.

Zum Schlusse gebe ich noch eine Bestimmungstabelle der obigen Arten der Rhizomastiginen:

Digitized by Google

- Geißel entspringt aus dem Kern
  - Fingerförmige oder ähnliche Pseudopodien . . . . ***Mastigamoeba***
    - Geißel 10 mal so lang wie der Körper . . . . . *M. lobata.*
    - Geißel höchstens 3 mal so lang wie der Körper
      - Pseudopodien fingerförmig . . . . . *M. aspera.*
      - Pseudopodien kurz und verästelt . . *M. ramulosa.*
      - Pseudopodien lang, spitz und verästelt *M. schulzei.*
  - Bewegung *Pelomyxa-* oder *Amoeba limax-*artig . . . . . ***Mastigina***
    - Hautschicht mit Borsten oder Stäbchen
      - Lange Borsten . . . . . *M. setosa.*
      - Radiäre Stäbchen (gestrichelte Hautschicht) . . . . . *M. chlamys.*
    - Hautschicht undifferenziert
      - Geißel eine sehr kurze Borste . . . . *M. hylae.*
      - Geißel von Körperlänge . . . . . *M. paramylon.*
      - Geißel von 3facher Körperlänge . . . *M. limax.*
- Geißel unabhängig vom Kern . . . . ***Mastigella***
  - Geißel kleiner als Körperdurchmesser . . . . . *M. Januarii.*
  - Geißel ungefähr Körperlänge
    - Fingerförmige Pseudopodien . . . . *M. polymastix.*
    - Lappige Pseudopodien
      - 2 contractile Vacuolen . . *M. radicula.*
      - Viele contr. Vacuolen . . *M. polyvacuolata.*
    - Fingerförmige Pseudopodien auf bruchsackartigen Erhebungen . . . . . *M. unica.*
    - Ein großes vorderes und viele kleine hintere Pseudopodien . . . . . *M. eilhardi.*
  - Geißel von 5facher Körperlänge . . . . . *M. commutans.*
  - Geißel bald in Borstenform, bald von Körperlänge, Klebkörner vorhanden . . . . . *M. vitrea.*

Schluß.

Es läge nahe aus meinen Beobachtungen, die ich ohne theoretische Auseinandersetzungen oben gegeben habe, nun einige allgemeine Schlußfolgerungen zu ziehen. Insbesondere bieten meine Beobachtungen neue wichtige Belege für das Problem des Kerndualismus. Sind doch in den beiden geschilderten Formen die beiden Typen des gemischten Kerns, der sich erst im Begriff der geschlechtlichen Fortpflanzung in seine somatischen und generativen Teile zerlegt und der dauernden infusorienartigen Trennung der beiden Bestandteile nebeneinander vorhanden. Und gibt doch auch das Verhalten des Blepharoplastkernes der *Mastigina* neues Material, meine Anschauungen in bezug auf die Metazoenzelle zu stützen. Ich will aber hier von theoretischen Erörterungen absehen. Denn einmal hat sich mein Standpunkt, wie er in meinen früheren auf den Gegenstand bezüglichen Arbeiten (Goldschmidt 1904a, b, 1905, Goldschmidt u. Popoff 1907) präzisiert ist, in keinem wesentlichen Punkt geändert. Und sodann möchte ich noch einige Zeit warten, bis sich weiteres Tatsachenmaterial angesammelt hat, um dann im Zusammenhang meine Vorstellungen für Protozoen- und Metazoenzellen zu entwickeln. Bis dahin möchte ich die Tatsachen für sich sprechen lassen.

Literaturverzeichnis.

Awerinzew, S. (1906): Die Süßwasserrhizopoden. Lfg. 1 u. 2. in: Trav. Soc. Natur. St. Petersburg V. 36. Russisch mit deutschem Resumé.

Blochmann, F. (1894): Kleinere Mitteilungen über Protozoen. Biol. Centralbl. V. 14.

— (1894): Zur Kenntnis von Dimorpha mutans. Biol. Centralbl. V. 14.

Bürger, O. (1906): Estudios sobre Protozoas Chilenos de lagna dulce. Anali de la Universidad de Chile.

Bütschli, O. (1878): Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandten Organismen. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 30 1878.

— (1883—87): Mastigophora. in: Bronn's Klassen und Ordnungen.

— (1897): Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig.

— (1902): Bemerkungen über Cyanophyceen und Bacteriaceen. in: Arch. f. Protistenk. V. 1.

Carter (1864): On freshwater rhizopoda of England and India. Ann. nat. hist. 1864.

Cienkowsky, L. (1862): Zur Entwicklungsgeschichte der Myxomyceten. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. V. 3.

— (1876): Über einige Rhizopoden und verwandte Organismen. Arch. f. mikr. Anat. V. 12.

Digitized by Google

Claparède, E. et Lachmann, J. (1858): Etudes sur les infusoires et les Rhizopodes. Mém. Inst. nat. Génévois V. 5—6.
Fischer, A. (1894): Über die Geißeln einiger Flagellaten. Jahrb. f. wiss. Bot. V. 26.
Frenzel, J. (1892): Untersuchungen über die mikroskopische Fauna Argentiniens. I. Die Protozoen. 1. u. 2. Abt. in: Bibl. Zoologica Heft 12.
Goldschmidt, R. (1904): Die Chromidien der Protozoen. Arch. f. Protistenk. V. 5.
— (1904 a): Der Chromidialapparat lebhaft funktionierender Gewebszellen. Zool. Jahrb., Anat. Abt., V. 21.
— (1905): Eireifung, Befruchtung und Embryonalentwicklung des Zoogonus mirus. Ibid.
— (1905): Amphioxides. in: Ergebn. deutsche Tiefseeexped. V. 12.
— (1907): Über die Lebensgeschichte der Mastigamöben. in: Sitz.-Ber. d. Ges. f. Morph. u. Phys. München.
Goldschmidt, R. u. Popoff, M. (1907): Die Karyokinese der Protozoen und der Chromidialapparat der Protozoen- und Metazoenzellen. Arch. f. Protistenk. V. 8.
Gourret, P. u. Roser, P. (1888): Contributions à l'étude des Protozoaires de la Corse. Arch. Biol. V. 8.
Gruber, A. (1882): Dimorpha mutans. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 36.
— (1884): Studien über Amöben. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 41.
Gurwitsch, A. (1904): Morphologie und Biologie der Zelle. Jena (G. Fischer).
Hamburger, Cl. (1905): Zur Kenntnis der Dunaliella salina und einer Amöbe aus Salinenwasser von Cagliari. Arch. f. Protistenk. V. 6.
Heider, C. (1886): Zur Metamorphose der Oscarella lobularis O. Schn. Arb. Zool. Inst. Wien. V. 6.
Hertwig, R. (1879): Der Organismus der Radiolarien. Jen. Denkschr. V. 2.
— (1898): Über Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von Actinosphaerium eichhorni. Abh. Bayr. Akad. Wiss. V. 19.
— (1902): Die Protozoen und die Zelltheorie. Arch. f. Protistenk. V. 1.
Hofer, B. (1889): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Kernes auf das Protoplasma. Jen. Zeitschr. f. Naturw. V. 24.
Jensen, P. (1902): Die Protoplasmabewegung. Ergebn. Physiol. V. 1.
Kent, F. Saville: A manual of the infusoria. London 1880—81.
Klebs, G. (1892): Flagellatenstudien. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 55.
Koltzoff, N. (1903): Über formbestimmende elastische Gebilde in Zellen. Biol. Centralbl. V. 23.
— (1906): Studien über die Gestalt der Zelle. I. Arch. f. mikr. Anat. V. 67.
Lankester, Ray (1887): Chlamydomyxa montana n. sp. one of the Protozoa Gymnomyxa. in: Quart. Journ. Micr. Sc. N. S. V. 39.
Leidy, J. (1879): Fresh-water Rhizopods of North Amerika. Rep. U. S. Geolog. Survey of the Territ. V. 12.
Leydig, F. (1885): Die Zelle und die Gewebe. Bonn.
Löffler, T. (1889): Eine neue Methode zum Färben der Mikroorganismen, im besonderen ihrer Wimperhaare und Geißeln. Centralbl. Bakter. Paras. V. 6.
Maas, O. (1890): Über die Entwicklung des Süßwasserschwamms. Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 50.
Mesnil, F. (1905): Chromidies et questions connexes. Bull. Inst. Pasteur V. 3.
Meyer, H. (1897): Untersuchungen über einige Flagellaten. Revue Suisse de Zoologie V. 5.

Digitized by Google

Moroff, Th. (1904): Beitrag zur Kenntnis einiger Flagellaten. in: Arch. f. Protistenk. V. 3.
Penard, E. (1902): Faune rhizopodique du bassin du Léman. Genf 1902.
— (1890): Über neue oder wenig bekannte Protozoen. Jahresb. nassauisch Ver. Naturw. V. 43.
Plenge, H. (1899): Über die Verbindungen zwischen Geißel und Kern usw. in: Verh. naturhist. Vereins Heidelberg N. F. V. 6.
Prandtl, H. (1907): Der Entwicklungskreis von Allogromia sp. Arch. f. Protistenk. V. 9.
Prowazek, S. (1900): Potamoplankton der Moldau. Verh. zool.-bot. Ges. Wien.
— (1903): Flagellatenstudien. in: Arch. f. Protistenk. V. 2.
— (1904): Untersuchungen über einige parasitische Flagellaten. Arb. a. d. kaiserl. Gesundheitsamte V. 21.
Pütter, A. (1904): Die Flimmerbewegung. in: Ergebn. d. Physiol. V. 2.
Rhumbler, L. (1898): Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen der Zelle. I. Arch. f. Entwicklungsmech. V. 7.
Schaudinn, F. (1894): Camptonema nutans n. gen. u. sp. Sitz.-Ber. d. kgl. preuß. Akad. d. Wiss. Berlin.
— (1895): Über die Teilung von Amoeba binucleata Gruber. in: Sitz.-Ber. Ges. Naturf. Fr. Berlin.
— (1903): Untersuchungen über die Fortpflanzung einiger Rhizopoden. Arb. a. d. kaiserl. Gesundheitsamte V. 19.
— (1905): Die Befruchtung der Protozoen. Verh. d. deutsch. Zool. Ges.
Schneider, K. C. (1905): Plasmastruktur und -Bewegung bei Protozoen und Pflanzenzellen. Arb. Zool. Inst. Wien V. 16.
Schuberg, A. (1905): Über Cilien und Trichocysten einiger Infusorien. in: Arch. f. Protistenk. V. 6.
Schulze, M. (1863): Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen. 1873.
Schulze, F. E. (1875): Rhizopodenstudien. V. in: Zeitschr. f. wiss. Zool. V. 11.
— (1900): Die Hexactinelliden. Fauna Arctica V. 1.
Stokes, A. (1886): Notices of new freshwater Infusoria. Proc. Am. Phil. Soc. Philadelphia V. 23.
— (1888): Notices of new Infusoria Flagellata. Quart. Journ. micr. Sc.
— (1889): Notices on new freshwater Infusoria. Proc. Am. Phil. Soc. Philadelphia.
Tatem (1869): On freeswimming Amoeba. Monthl. micr. Journ. V. 1.
Vahlkampf, E. (1904): Beiträge zur Biologie und Entwicklungsgeschichte von Amoeba limax einschließlich der Züchtung auf künstlichem Nährboden. Inaug.-Diss. Marburg.
Verworn, M. (1890): Studien zur Physiologie der Flimmerbewegung. in: Arch. ges. Physiol. V. 48.
— (1892): Die Bewegung der lebenden Substanz. Jena.

Digitized by Google

Tafelerklärung.

Abkürzungen.

ac äußere Cystenhülle.
ach Achsenfaden.
ar Archoplasma.
bk Basalkorn.
cv contraktile Vacuole.
ec Ectoplasma.
en Entoplasma.
fl Flagellum.
g Gameten.
gk Gametenkerne.
ic innere Cystenhülle.
kl Klebkörner.
kr krystallartige Bacteroide.
n Kern.
nu Nucleolarsubstanz.
oe Öltropfen.
Sch Kernschornstein.
wu Geißelwurzel.

NB. Die Anordnung der Figuren auf den Tafeln entspricht nicht der natürlichen Reihenfolge, sondern ist durch die Rücksicht auf die Ausnutzung des Raumes bestimmt.

Tafel V.

Fig. 1. *Mastigina setosa* n. sp. Habitusbild nach dem Leben. Vergr. 815.

Fig. 2. *Mastigella vitrea* n. sp. Ruheform, Habitusbild nach dem Leben. Vergr. 815.

Fig. 3. Desgl. Wanderform, Habitusbild nach dem Leben. Vergr. 815.

Tafel VI.

Sämtliche Figuren der Tafel sind nach dem Leben gezeichnet.

Fig. 4. *Mastigella vitrea*. Frischgebildete Microgametocyste in Sporetienbildung. Vergr. 1270, nachträgliche Verkleinerung auf $^2/_3$.

Fig. 5. Desgl. Microgametocyste mit fertigen Gameten angefüllt. Vergr. wie 4.

Fig. 6. Desgl. Macrogametocyste bald nach ihrer Bildung mit Prinzipalkern und Gameten. Vergr. wie vorige.

Fig. 7. Desgl. Macrogametocyste vor dem Freiwerden der Gameten. Prinzipalkern degeneriert, Körper von der Cystenmembran zurückgezogen. Vergr. wie vorige.

Fig. 8. Desgl. Ausschlüpfen der Macrogameten. Vergr. wie vorige.

Fig. 9. *Mastigina setosa*. Reife Macrogametocyste mit Gameten und Ölkugeln. Vergr. 815.

Fig. 10. *Mastigella vitrea*. Bildung der Microgametocyste. Die Hälfte A zeigt die Oberfläche mit den Klebkörnern, die Hälfte B das Verhalten von Ecto- und Entoplasma. Vergr. ca. 600.

Fig. 11. Desgl. Ein weiteres Stadium von der Oberfläche. Vergr. ca. 600.

Fig. 12. Desgl. a Microgameten, b Macrogameten, c, d Copulationsstadien. Vergr. 1270.

Fig. 13. Desgl. Die Zygote nach ungefähr einem Tage. Vergr. 1270.

Fig. 14. Desgl. Die Zygote nach 2 Tagen. Vergr. 1270.

Fig. 15. Desgl. Teilung im Flagellatenstadium. Vergr. 1270.

Fig. 16. Desgl. Flagellat nach der Teilung. Vergr. 1270.

Fig. 17. Desgl. Beginn der amöboiden Bewegung. Vergr. 1270.

Fig. 18. Desgl. Verzehren eines großen Bacteriums. Vergr. 1270.

Fig. 19—21. Desgl. Übergang zur amöboiden Form. Vergr. 1270

Digitized by Google

Fig. 22—25. Desgl. Weitere Jugendstadien. Vergr. 1270.

Fig. 26. *Mastigina setosa.* Hinterende eines Macrogametocyten mit Gameten. Vergr. 815.

Fig. 27—30. Desgl. Metagametische Entwicklung. Vergr. 1270.

Tafel VII.

Fig. 31. *Mastigella vitrea.* Vorderende eines wandernden Tieres. Plasmastruktur und Pseudopodienbildung. Vergr. 1270.

Fig. 32. Desgl. Vorderende mit Geißelwurzel. Vergr. 1270.

Fig. 33. Desgl. Ende der Geißel im schlaffen Zustande. Nach dem Leben.

Fig. 34. Desgl. Beginn der vegetativen Teilung. Vergr. 815.

Fig. 35. Desgl. Äquatorialplatte der Teilungsspindel. Vergr. 815. In A ein Teil stärker vergrößert, in B dieselbe Spindel um 90° gedreht.

Fig. 36. Desgl. Anaphase der Spindel. Vergr. 815.

Fig. 37. Desgl. Kurz nach der Teilung des Kernes. Vergr. 815.

Fig. 38. Desgl. Ein zweikerniges Individuum auf dem Marsch. Vergr. 815.

Fig. 39. Desgl. Ein kernloses Tier auf dem Marsch. Vergr. 815.

Fig. 40. *Mastigina setosa.* Frühes Stadium der Kernteilung. Vergr. 815.

Fig. 41. Desgl. Auseinanderrücken der frischgeteilten Kerne. Vergr. 815.

Fig. 42. Desgl. Weiteres Stadium derselben Kerne mit schönen Geißelwurzelfäden. Vergr. 815.

Fig. 43. Desgl. Tier in Teilung, das bereits Gametenkerne enthält. Vergr. 815.

Fig. 44. Desgl. Kurz vor Auseinanderkriechen der beiden Tochtertiere. Vergr. 590.

Fig. 45. *Mastigella vitrea.* a, b, c verschiedene vegetative Kernzustände. Vergr. 815.

Fig. 46. *Mastigina setosa.* Kern mit Geißelursprung, in b Deformation desselben durch den Plasmastrom. Nach dem Leben. Vergr. 815.

Fig. 47. Desgl. Detail des Geißelursprungs, a im Leben, b im Präparat. Vergr. 815.

Tafel VIII.

Fig. 48—65. *Mastigella vitrea.* Entwicklung des Macrogametocyten.

Fig. 48. Bildung der Nucleolarsubstanz. Vergr. 815. Nur die Partie um den Kern dargestellt.

Fig. 49. Desgl.

Fig. 50—53. Der erste Typus des Verhaltens der Sporetien. Vergr. 815.

Fig. 54. Ganzes Tier. Beginn der Gametenbildung aus dem Sporetienhaufen. Vergr. 815. A. Der Sporetienhaufen stärker vergrößert.

Fig. 55. Vorbereitung des Kernes zur Sporetienbildung. Vergr. 1130.

Fig. 56. Der Moment der Sporetienbildung. Vergr. 1130.

Fig. 57—59. Bildung der Gametenkerne nach dem 2. Typus. Vergr. 815.

Fig. 60. Diffuse Gametenbildung. Vergr. 815. Bei A Detail stärker vergrößert.

Fig. 61. Macrogametocyt mit Gameten gefüllt, in denen die Reduktion vor sich geht. Vergr. 815.

Fig. 62. Gametenbildung nach dem 3. Typus. Vergr. 600. In A, a, b, c, d der Vorgang stark vergrößert.

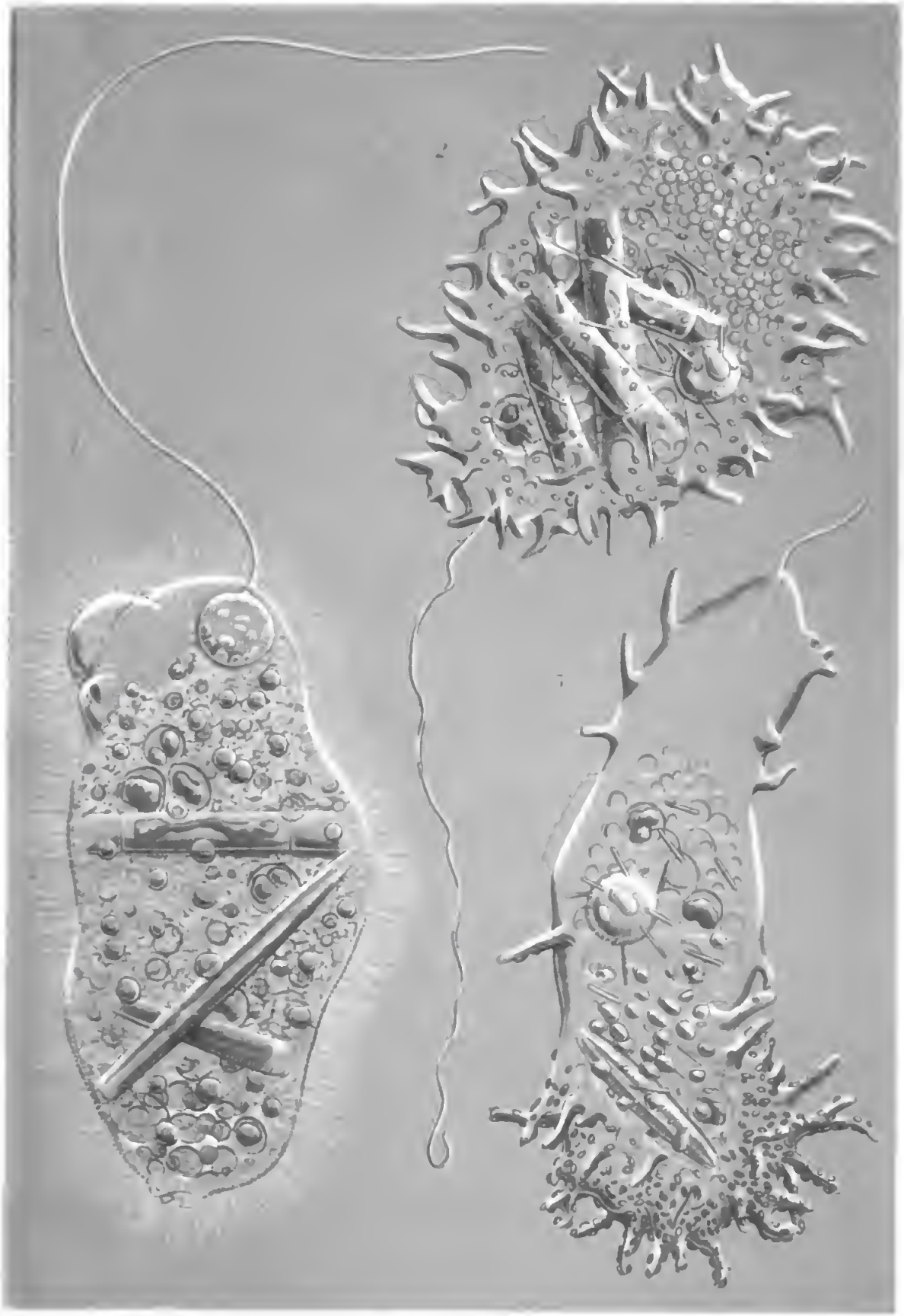
Digitized by Google

Fig. 63. a, b, c, d Stadien der Reduktionsteilung.
Fig. 64. Macrogametocyt mit reifen Gameten. Vergr. 1130.
Fig. 65. Macrogametocyt im Begriff der Encystierung.

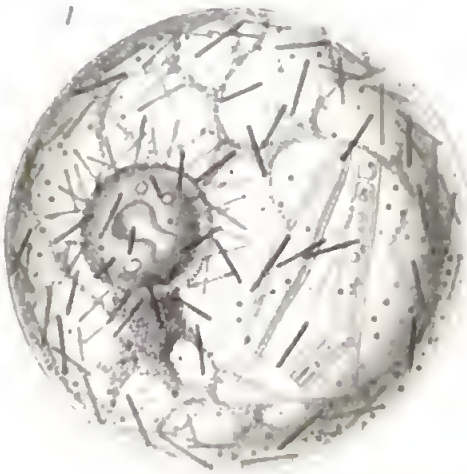
Tafel IX.

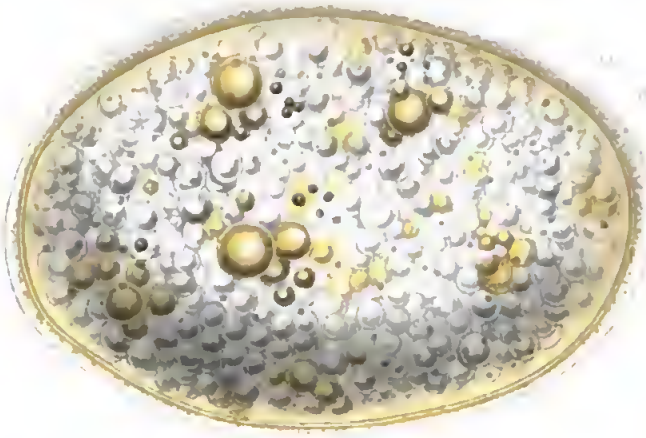
Fig. 66—75. *Mastigella vitrea*. Entwicklung der Microgametocyten. Vergr. 815.
Fig. 66. Bildung und Verteilung der Nucleolarsubstanz.
Fig. 67. Bildung der Sporetien.
Fig. 68—71. Deren Verteilung in der Cyste.
Fig. 72. Periphere Gruppenbildung der Sporetien.
Fig. 73. Cyste mit fertigen Gameten und degenerierendem Primärkern.
Fig. 74. Desgl. später nach der Reduktionsteilung.
Fig. 75. Leere Cysteuhaut mit zurückgebliebenen Microgameten. Vergr. 1130.
Fig. 76. *Mastigina setosa*. Fressendes Tier mit diffusen Sporetien. Vergr. 815.
Fig. 77. Desgl. Macrogametocyt mit in Bildung begriffenen Gametenkernen. Vergr. 815.
Fig. 78. Desgl. Microgametocyste in Bildung mit Gametenkernen und degenerierendem Primärkern. Vergr. 815.
Fig. 79. Desgl. Microgametocyste, weiteres Stadium. Vergr. 815.
Fig. 80. *Mastigella vitrea*. Flagellatenstadium. Vergr. 1270.
Fig. 81. Desgl. Junges Amöboidstadium. Vergr. 1270.
Fig. 82. *Mastigina setosa*. Ganz junges Tier. Bildung der Sporetien. In B ganzes Tier. Vergr. 1270. In A der Kern stärker vergrößert.
Fig. 83. Desgl. Junges Tier vor der Sporetienbildung. Vergr. 1270.
Fig. 84. Desgl. Älteres mit stachelförmigen Pseudopodien. Vergr. 1270.
Fig. 85. Desgl. Mit fingerförmigen Pseudopodien und compaktem Sporetienhaufen. Vergr. 1270.
Fig. 86. Desgl. Jüngeres Tier mit Sporetienhaufen. Vergr. 1270.
Fig. 87. Desgl. Junges Tier in *Mastigina*-Form. Vergr. 1270.
Fig. 88. Desgl. Junges Tier mit Borsten versehen. Vergr. 1270.
Fig. 89. Desgl. Bildung der Gametenkerne aus diffusen Sporetien. Vergr. 1270.

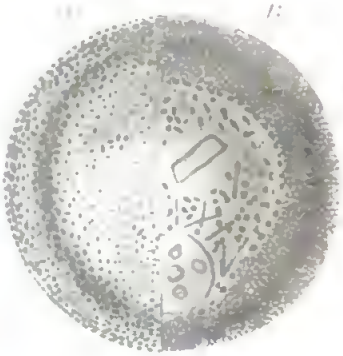
Digitized by Google



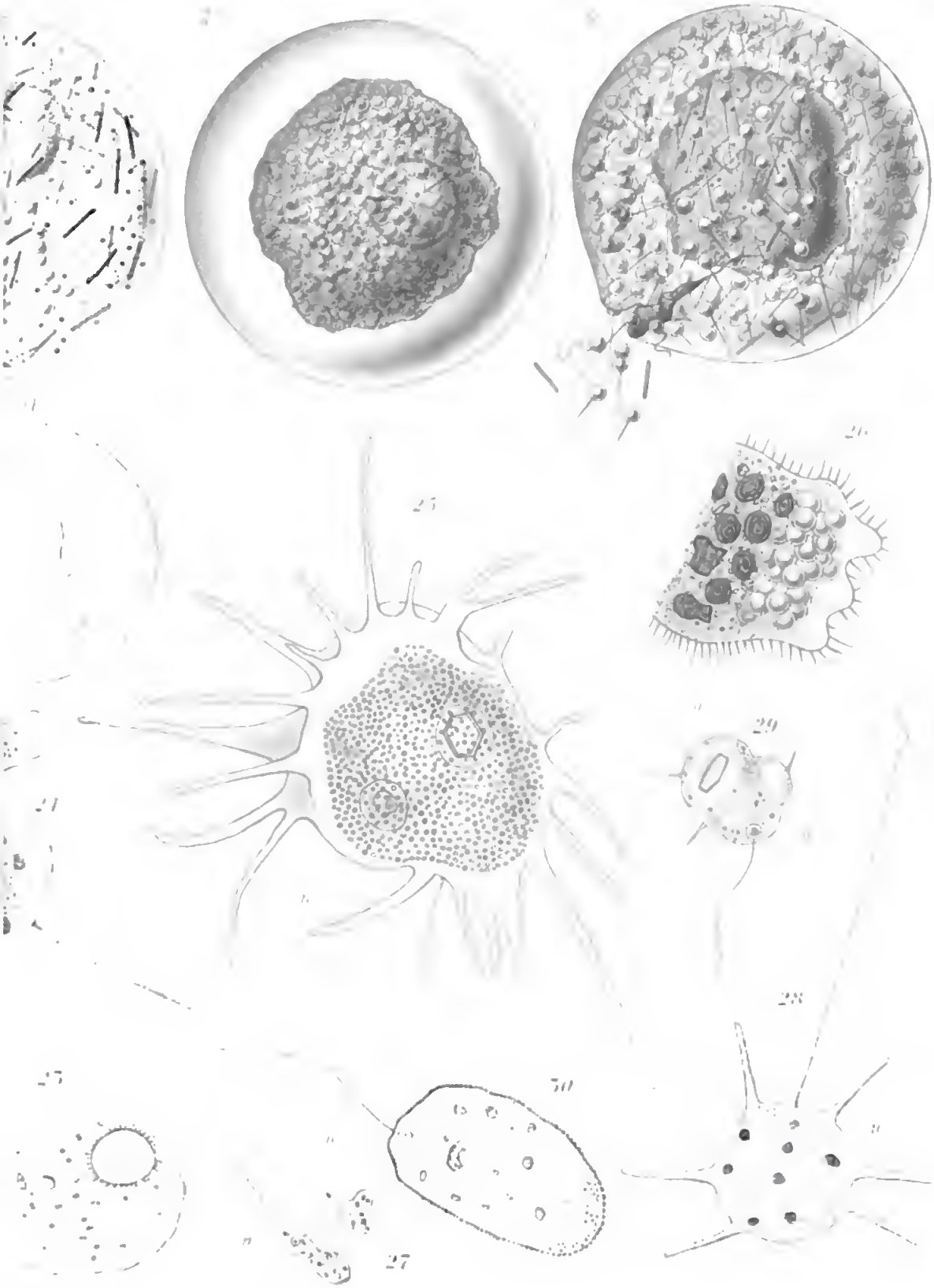
Digitized by Google



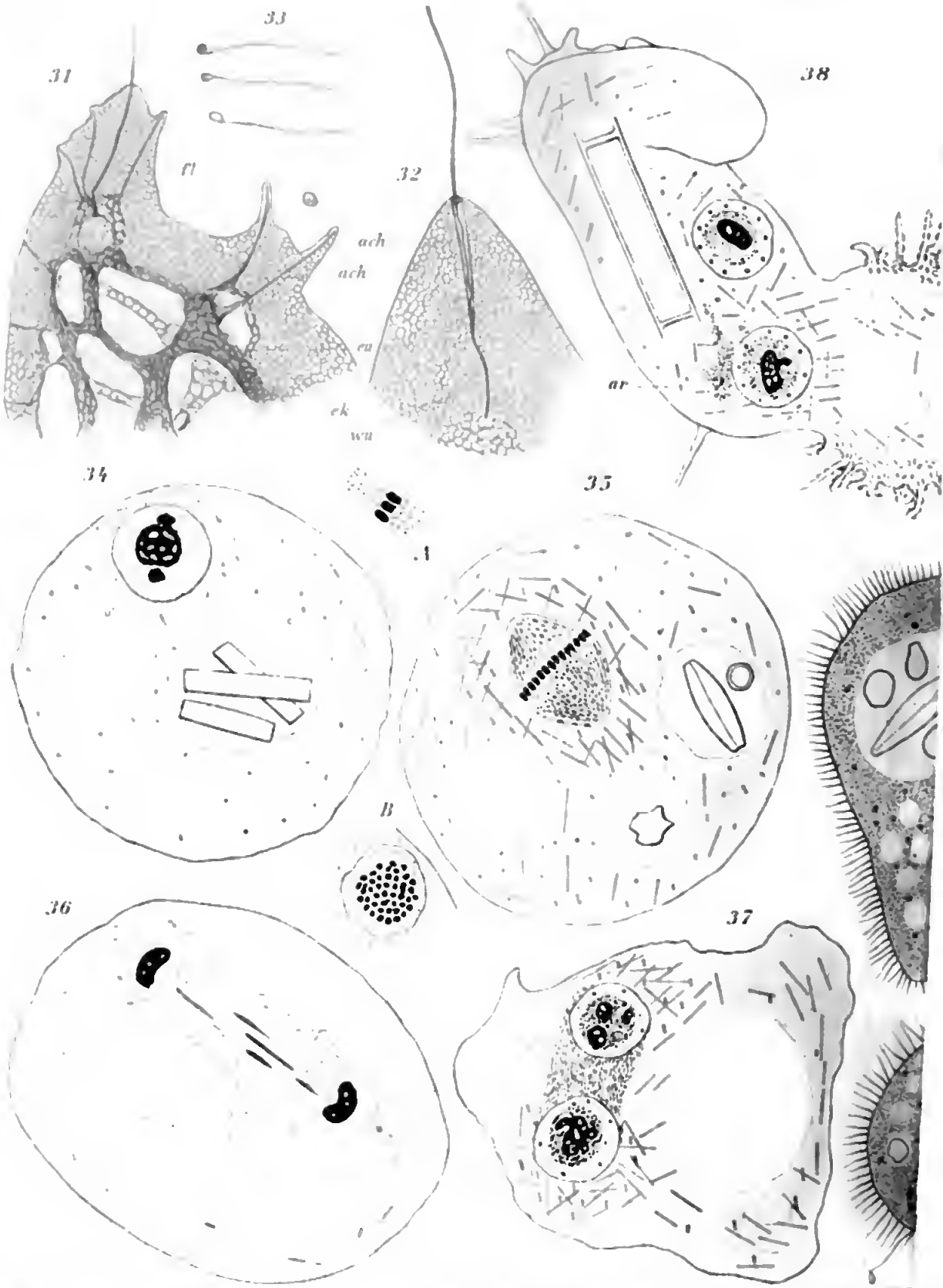




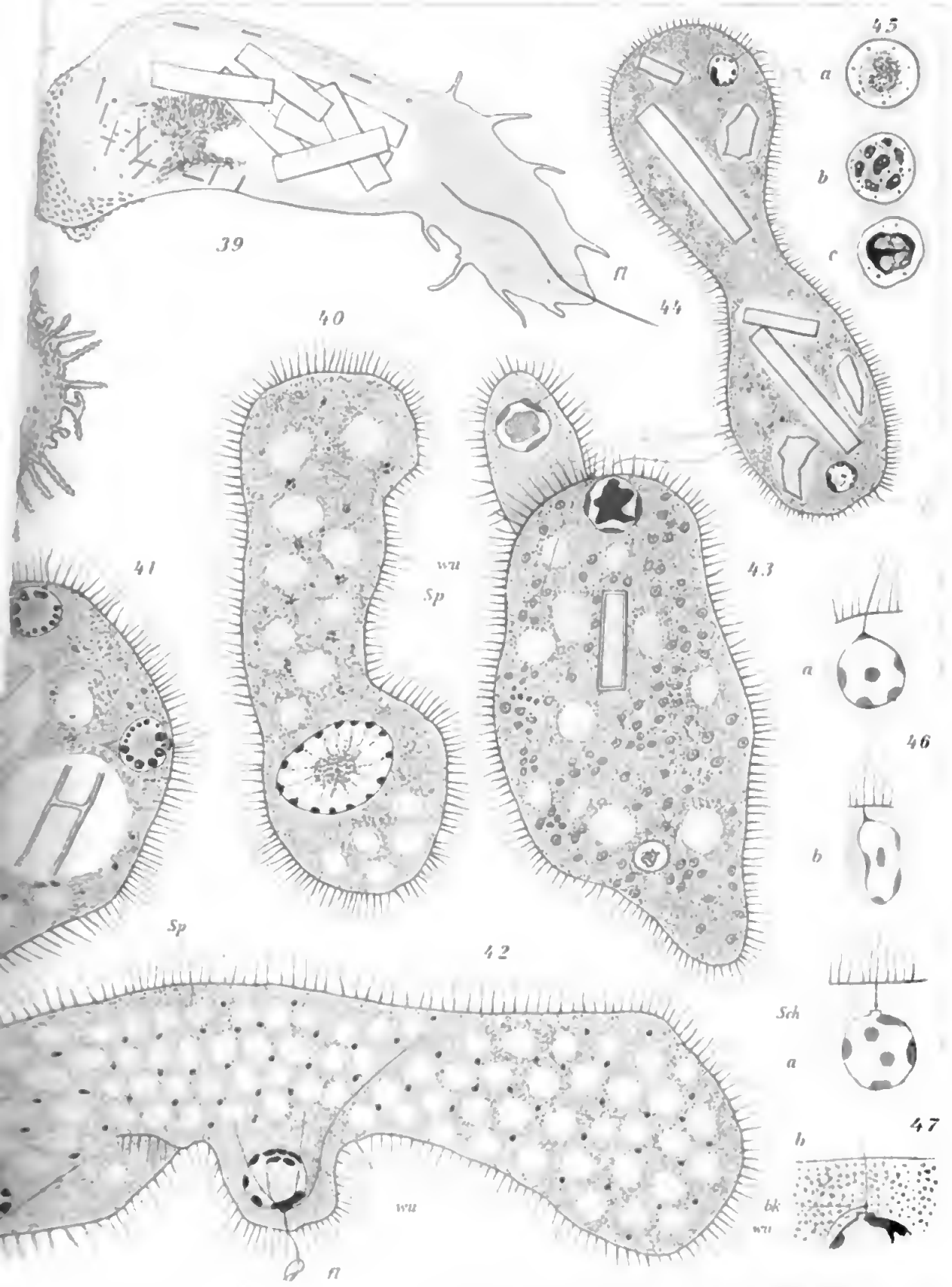
Digitized by Google



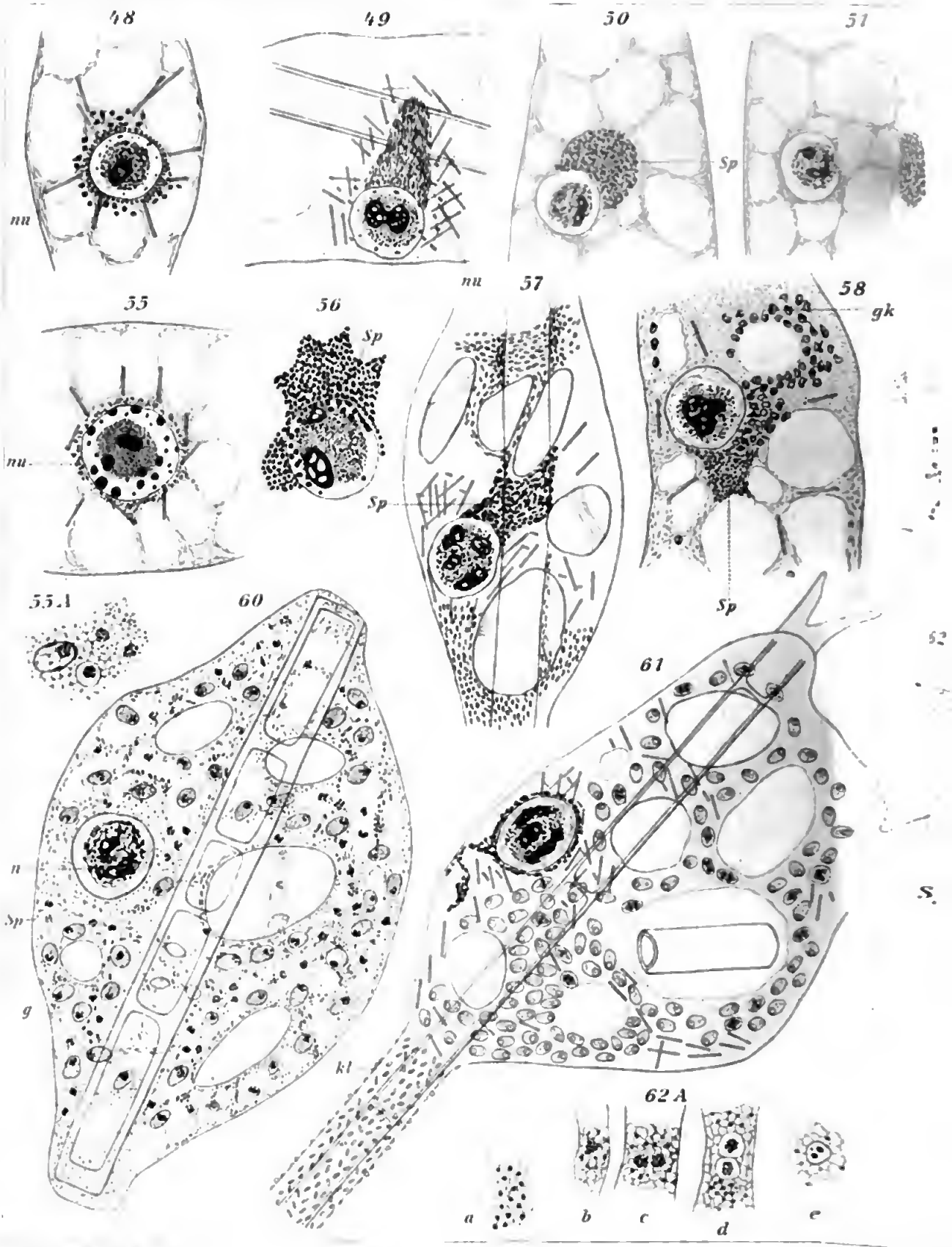
Digitized by Google



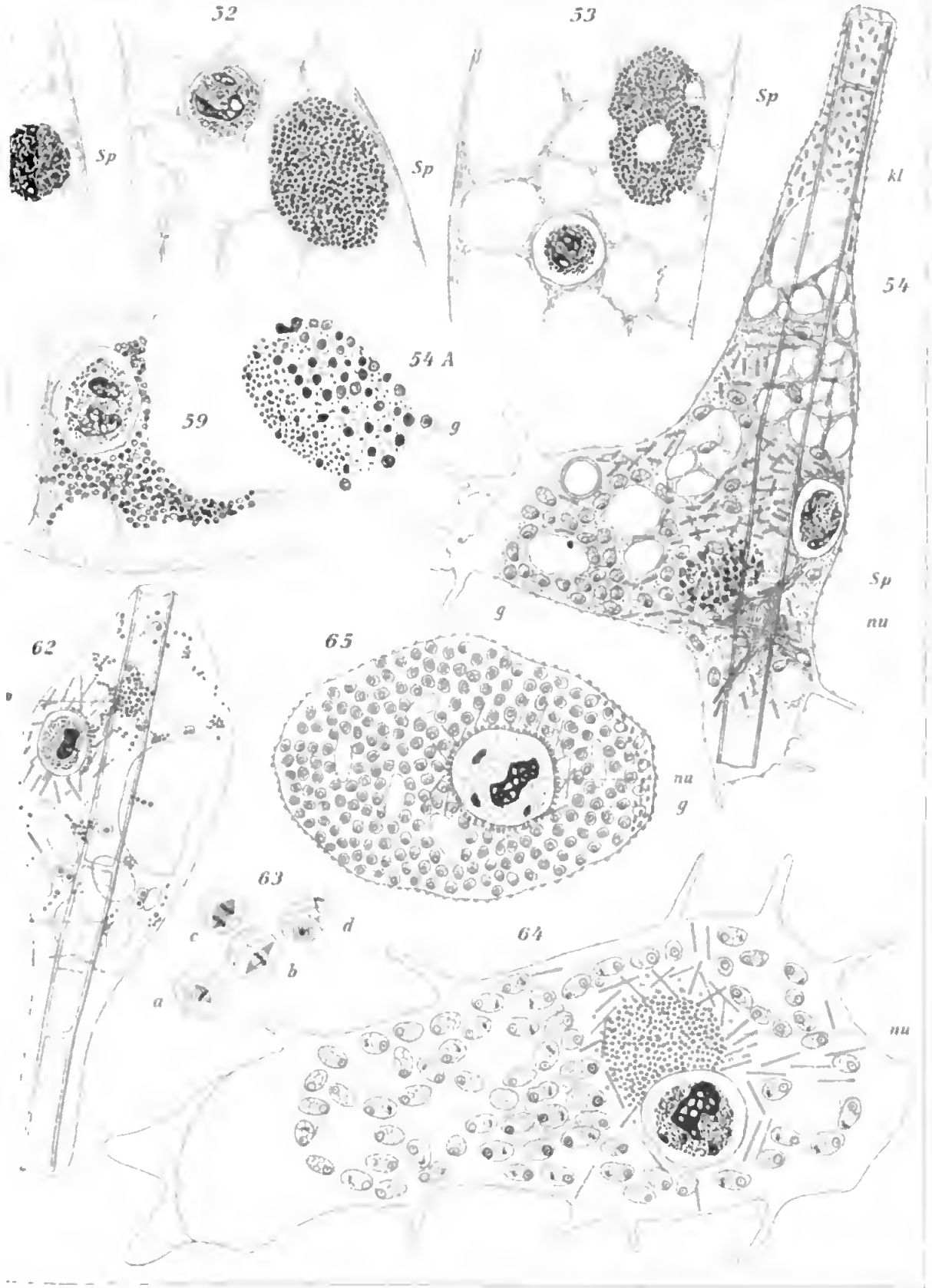
Digitized by Google



Digitized by Google

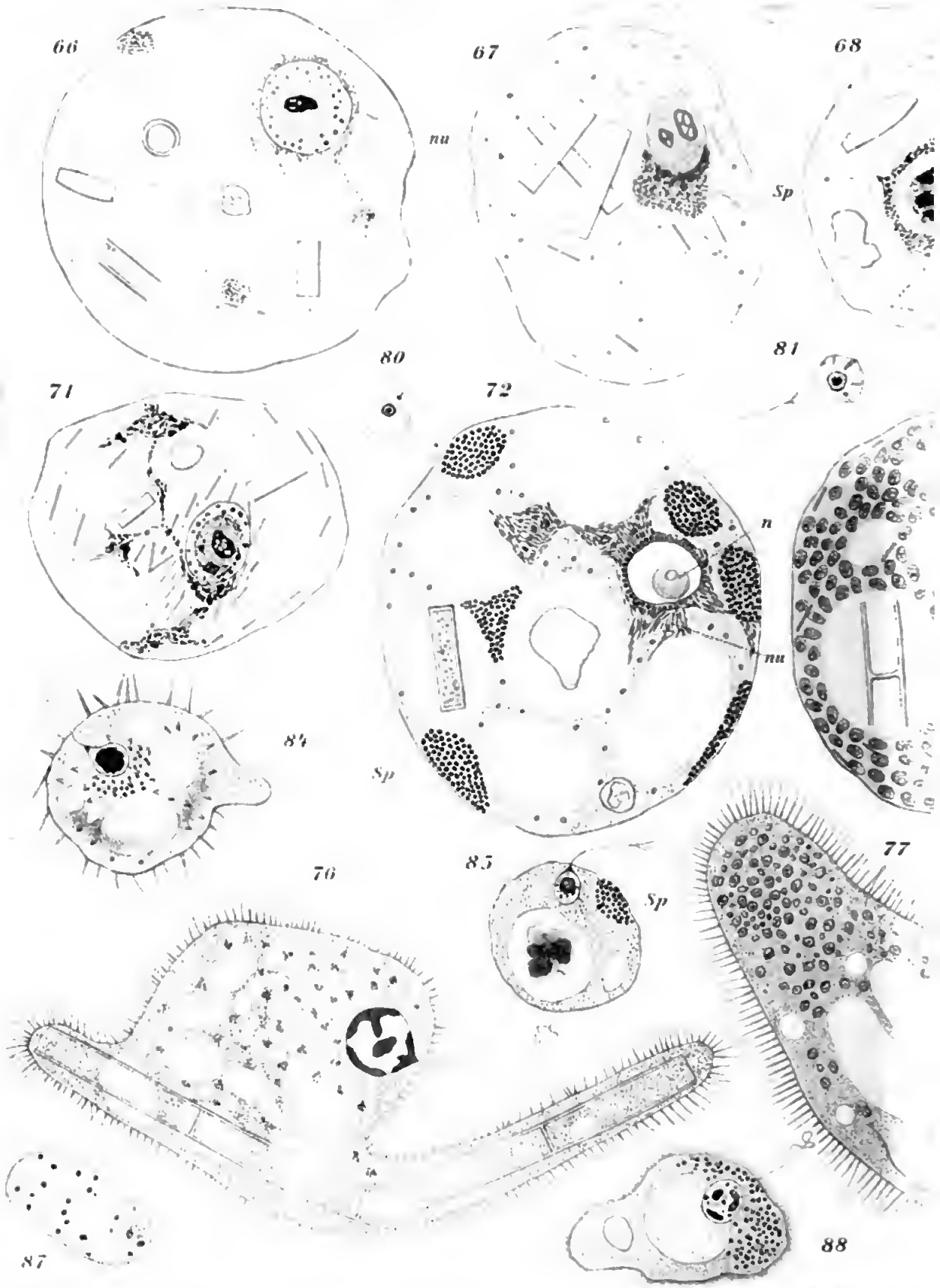


Digitized by Google

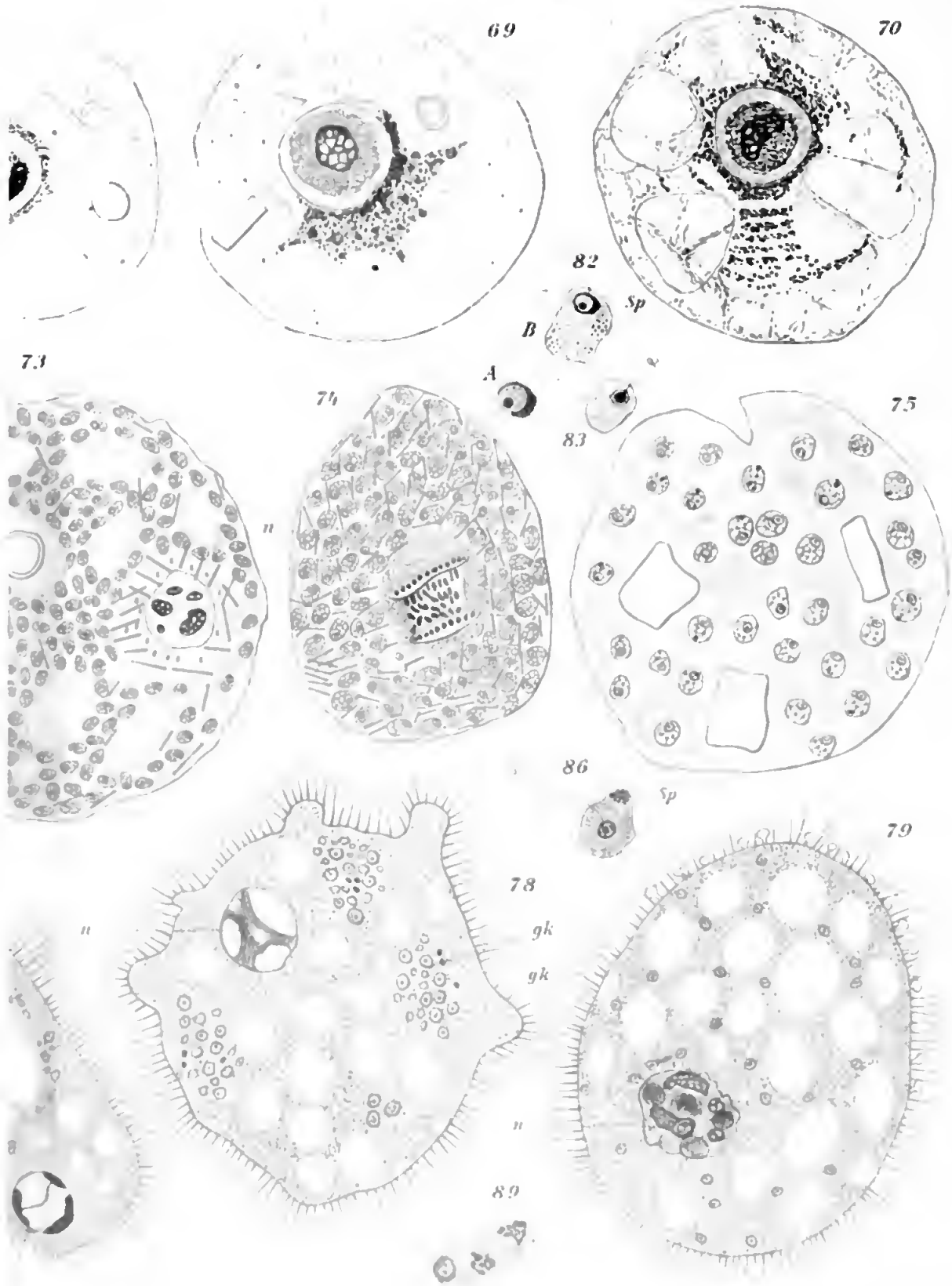


Lith. Anst. v. A. Bilsch, Jena

Digitized by Google



Digitized by Google



Digitized by Google

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Protistenkunde

Jahr/Year:

Band/Volume: supp_I

Autor(en)/Author(s): Goldschmidt Richard Benedikt

Artikel/Article: Lebensgeschichte der Mastigamöben Mastigella vitrea n. sp. n. Mastigina setosa n. sp. 83-168