

WILHELM FOISSNER

FÜNFZIG JAHRE FORSCHUNG
AM SILBERLINIENSYSTEM DER CILIATEN

Mit 28 Abbildungen auf 6 Schwarzweißtafeln

Von den einzelligen Lebewesen, den Protozoen, haben die Wimpertiere oder Ciliata seit jeher die besondere Aufmerksamkeit der mit der Erforschung der Kleinlebewelt beschäftigten Wissenschaftler erregt. Bieten sie doch durch ihre mannigfaltigen Gestalten und überaus große Beweglichkeit im Mikroskop einen sehr reizvollen Anblick und ermöglichen es zudem, manche Grundphänomene des Lebens wie Bewegung und Formbildung mit verhältnismäßig geringem experimentellen Aufwand zu studieren. Diese sinnvolle Fortbewegung wird durch die koordinierte Tätigkeit von einigen wenigen bis vielen Tausenden Cilien erreicht. Ein zentrales Problem der Ciliatenforschung war — und ist es auch heute noch — wie die Koordination, also das geordnete Zusammenwirken dieser Bewegungsorganellen, ermöglicht und gesteuert wird. Schon die Forscher der Jahrhundertwende vermuteten, daß bei den Ciliaten, als den höchst entwickelten Protozoen, ein primitives Nervensystem vorhanden sein müsse; ein exakter Hinweis fehlte ihnen freilich (s. zusammenfassende Literaturübersicht bei KLEIN, 1942).

Schon seit über hundert Jahren ist bekannt, daß sich viele Gewebearten, besonders aber das Nervengewebe, selektiv mit Silber imprägnieren lassen. Im Frühjahr 1926 ließ der Wiener Naturforscher Bruno M. KLEIN (1891 bis 1968) auf eingetrocknete Ciliaten eine Silbernitratlösung einwirken und stellte die Präparate zur Reduktion in das Sonnenlicht. Die Überraschung war groß, als KLEIN, der sich bisher vorwiegend mit verschiedenen Silberimprägnations-

verfahren für das Nervengewebe der höheren Tiere beschäftigt hatte, bei der mikroskopischen Untersuchung der Präparate ein zusammenhängendes System von Linien feststellen konnte, das ihn sehr an die imprägnierbaren Nervenfasern der Metazoen erinnerte (KLEIN, 1967, persönliche Mitteilung). KLEIN nannte 1926 dieses System, das etwas völlig Neues war und dessen Leistung daher noch unbekannt war, Silberliniensystem (Abb. 1 bis 23). Nach der Veröffentlichung dieser Entdeckung war die Begeisterung der damaligen Protozoologen so groß, daß viele persönlich zu KLEIN reisten, um seine Präparate zu studieren (s. KLEIN, 1968).

Bald publizierten neben KLEIN (s. zusammenfassende Literaturübersicht bei EISELT, 1969) auch viele andere Forscher (z. B. CHATTON et LWOFF, 1930, CHATTON et SEQUELA, 1940, GELEI, 1932, 1935, 1940, JACOBSON, 1931, Mac LENNAN, 1935, PARUCZ, 1939, TAYLOR et GARNJOBST, 1939) interessante Studien über dieses neuentdeckte Organell. Diese teils deskriptiven, teils experimentellen Arbeiten brachten den Beweis, daß das Silberliniensystem bei allen Ciliaten vorhanden ist und alle koordiniert arbeitenden ectoplasmatischen Organellen (z. B. Cilien, Trichocysten, Cytopyge) des Ciliaten-Körpers untereinander verbindet. Daher war man anfangs einhellig der Meinung, daß das Silberliniensystem ein primitives Nervensystem auf der Stufe der Einzelligkeit sei (z. B. GELEI, 1940). Es konnte auch nicht verborgen bleiben, daß bei der Cytomorphogenese und bei gewissen Regenerationsprozessen (siehe z. B. Abb. 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14) das Silberliniensystem ganz charakteristische Umbildungen erfährt und von ihm eine Reihe wichtiger ektoplastischer Differenzierungen (z. B. Basalkörper) ihren Ausgang nehmen. KLEIN kam daher zu der Überzeugung, daß das Silberliniensystem nicht nur eine erregungsleitende, sondern auch eine formbildende Funktion besitzen müsse, weshalb er für das Silberliniensystem den Namen neuroformatives System vorschlug (KLEIN, 1934). Sodann gab KLEIN 1942 folgende Definition des Silberliniensystems:

„Das Silberlinien- oder neuroformative System breitet sich zwischen den Waben des Ektoplasmas, knapp unter der Pellicula, aus, baut sich kontinuierlich aus Fibrillen auf und verbindet sensomotorische und Explosiv-Organellen untereinander. Seine Leistung ist nervös-koordinierend und organisatorisch-formbildend. In Rudimenten kann es Spuren früherer Zustände bewahren ebenso wie es poten-

tiell kommende Zustände enthält, soweit sich diese auf ektoplasmatische Gebilde beziehen. Es ist mit strukturellen und formativen Reaktionen ein Indikator auf die verschiedensten äußeren Einwirkungen: ein struktur- und formlabiles Gebilde. Es weist als Zwischensystem mancherlei Beziehungen zu entsprechenden Gebilden in der Metazoozelle bzw. im Metazoenkörper sowie auch im Körper verschiedener Protistengruppen auf.“

So groß die anfängliche Begeisterung über die Entdeckung der „Silbernen Linien“ auch war, begann das Interesse der Forscher daran aber doch immer mehr nachzulassen. Die kritischen Einwände, daß es sich wohl hauptsächlich um einen Präparationsartefakt handle und dem Silberliniensystem die von KLEIN 1932 postulierte Fibrillennatur nicht zukomme, mehrten sich (GELEI, 1939, TAYLOR, 1941). Etwa zwei Jahrzehnte nach der Entdeckung und nachdem KLEIN wegen einer schweren Augenerkrankung die Arbeit hatte einstellen müssen, war das Silberliniensystem nur mehr ein Hilfsmittel der taxonomischen Forschung geworden.

Man hatte nämlich schon bald erkannt, daß die Form dieses Systems für die verschiedenen Ciliaten-Arten hochspezifisch ist. Das heutige System der Ciliaten basiert weitgehend auf dem Studium ihrer Silberliniensysteme (vgl. CORLISS, 1961). Die Frage nach der Natur und Leistung des Silberliniensystems wurde nicht mehr gestellt bzw. ernsthaft diskutiert, und die vielen Indizien, die KLEIN und seine Zeitgenossen für die erregungsleitende und formbildende Funktion des Silberliniensystems erarbeitet hatten, gerieten in Vergessenheit. Dies geht heute sogar soweit, daß zusammenfassende Studien über die Erregungsleitung und Morphogenese der Ciliaten das Silberliniensystem nicht einmal mehr erwähnen (z. B. JAHN et BOVEE, 1967, LWOFF, 1950). Dasselbe trifft leider auch für manche Lehrbücher der Protozoologie zu (z. B. GRELL, 1968).

Was waren und sind die Gründe dafür, daß an dieses Organell, das jedem Protozoologen, vor allem dem taxonomisch arbeitenden, ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden ist, die Frage nach der Funktion und Leistung nicht mehr gestellt wurde? Meiner Ansicht nach sind dafür drei Gründe entscheidend gewesen:

1. Die weitgehende Unsichtbarkeit beim lebenden Tier: Noch immer ist nämlich das Silberimprägnationsverfahren (s. FOISSNER, 1975) die einzige Möglichkeit, um das Silberliniensystem in seiner

Gesamtheit sichtbar zu machen. Selbst mit den heutigen verbesserten optischen Möglichkeiten bleibt das Silberliniensystem am lebenden Ciliaten unsichtbar. Wie wir heute wissen, vor allem deshalb, weil es meist von kongruent verlaufenden Pelliculastrukturen, die eine höhere optische Dichte als das Silberliniensystem besitzen, überlagert wird (FOISSNER, 1972, FOISSNER et SIMONSBERGER, 1975, s. auch Abb. 21), und daß der Durchmesser der Fibrillen kaum 1 μ beträgt (FOISSNER, 1976). Durch diese Unsichtbarkeit ist man gezwungen, alle Folgerungen aus toten, präparierten Tieren abzuleiten, und die Möglichkeit einer Artefaktbildung kann nicht immer ausgeschlossen werden. Gerade diese kongruent mit dem Silberliniensystem verlaufenden Pellicularstrukturen haben immer wieder Anlaß dazu gegeben, dem Silberliniensystem die fibrilläre Natur abzusprechen (z. B. GELEY, 1939, TAYLOR, 1941, EHRET et POWERS, 1959, RUFFOLO, 1972).

2. Die schwierige experimentelle Angreifbarkeit: Schon die ersten experimentellen Untersuchungen und das Präparationsverhalten zeigten, daß das Silberliniensystem eine außerordentlich labile, auf die verschiedensten äußeren Einwirkungen sehr empfindlich reagierende Struktur besitzt. Dennoch ist es bis heute nicht möglich, nach experimentellen Eingriffen einen kausalen Zusammenhang zwischen den Veränderungen des Silberliniensystems und den Ausfallserscheinungen in der Cilienkoordination und Cytomorphogenese herzustellen, da bei keinem Experiment ausgeschlossen werden kann, daß nicht neben dem Silberliniensystem auch andere Strukturen der sehr kompliziert gebauten Pellicula mehr oder weniger geschädigt oder zerstört werden. Es ist leider auch noch nicht gelungen, eine chemische Substanz zu finden, die speziell auf das Silberliniensystem wirkt. So ein „Blocker“ würde das Rätsel des Silberliniensystems, also die Frage nach der Funktion, vermutlich lösen können.

3. Die bisherige Unsichtbarkeit im Elektronenmikroskop: In den frühen elektronenmikroskopischen Untersuchungen über die Pellicula der Ciliaten wurden zwar viele verschiedene Fibrillensysteme festgestellt, aber kein Fibrillensystem gefunden, das formmäßig dem Silberliniensystem hätte entsprechen können. PYTORAC, 1959, und EHRET et POWERS, 1959, kamen daher zu der Ansicht, daß sich das Silber in den Spalträumen der pelliculären Alveolen (den Waben des Ektoplasmas) anlagere und so das lichtmikroskopisch sichtbare Silberliniensystem bilde. [Dieser Hypothese, die damals wenig Beachtung fand, wurde schließlich von PÍTELKA, 1961, und DIPPPELL, 1962, zu einem

großartigen Siegeszug verholten. PITELKA spricht in ihrer Arbeit über das Silberliniensystem von drei tetrahymeniden Ciliaten definitiv aus, daß das Silberliniensystem ein durch die Alveolen gebildetes Spaltensystem und kein subpelliculäres Fibrillensystem sei. Diese Postulation, die als Grundlage lediglich konventionell fixierte und präparierte Ciliaten hatte, wurde in der Folge von vielen Forschern ohne nennenswerte Kritik akzeptiert und auf die Silberliniensysteme vieler anderen Ciliaten übertragen (s. zusammenfassende Literaturübersicht bei FOISSNER et SIMONSBERGER, 1975)].

Da sich nun das Silberliniensystem mehr oder weniger als ein Präparationsartefakt und nicht als fibrilläre Struktur erwiesen hätte, glaubte man, auch alle von KLEIN und seinen Zeitgenossen erarbeiteten Ergebnisse ad acta legen zu können. Keiner dieser Forscher hat aber auch nur versucht, die Beweise, die KLEIN für die Fibrillennatur und für die subpelliculäre Lage des Silberliniensystems vorgelegt hatte, mittels ihrer Hypothese zu erklären, was man bei einer wissenschaftlichen Beweisführung aber machen sollte. — Es wurde auch die an und für sich allgemein bekannte Tatsache übersehen, daß mit den verfügbaren elektronenmikroskopischen Präparationsmethoden sehr feine und vor allem dynamische Strukturen überhaupt nicht oder nur fragmentarisch dargestellt werden können. Die lichtmikroskopischen Untersuchungen hatten aber zweifelsfrei gezeigt, daß das Silberliniensystem eine solche feine, sehr dynamische Struktur ist. Die Unsichtbarkeit im Elektronenmikroskop hatte also nichts zu sagen.

Ich begann meine Forschungen am Silberliniensystem 1966. Morphologische und experimentelle Studien (Abb. 11) brachten mich bald zu der Überzeugung, daß sich KLEIN in den wesentlichen Folgerungen über Struktur und Leistung des Silberliniensystems nicht geirrt hatte. Viele Veränderungen des Silberliniensystems nach dem Pressen gewisser Ciliaten (FOISSNER, 1969) ließen sich nur durch die Annahme einer fibrillären Zustandsform des Silberliniensystems erklären. Ebenso konnte ich klar zeigen (FOISSNER, 1970), daß die neuen Basalkörper der Cilien in den Silberlinien entstehen, also das Silberliniensystem wenigstens bei diesen Organellen bei der Formbildung beteiligt sein muß (Abb. 12, 13, 14). Aber auch diese Arbeiten konnten die bereits fixierte Meinung über das Silberliniensystem nicht ändern.

Durch Anwendung einer neuen Fixierungstechnik und der elektronenmikroskopischen Untersuchung versilberter Ciliaten ist es vor

kurzem aber gelungen, den elektronenmikroskopischen Nachweis der fibrillären Natur und der subpelliculären Lage des Silberliniensystems zu erbringen (FOISSNER et SIMONSBERGER, 1975, FOISSNER, 1976), womit sich die Hypothesen von PYTORAC, 1959, und PITELKA, 1961, als unrichtig erweisen. Die Abbildungen 3 und 24 bis 28 zeigen an Hand von vergleichenden licht- und elektronenmikroskopischen Präparationen die subpelliculäre Lage und fibrilläre Natur des Silberliniensystems.

Ungeklärt bleibt weiterhin die Frage nach der Funktion des Silberliniensystems. Wenn nunmehr auch der elektronenmikroskopische Beweis erbracht worden ist (FOISSNER et SIMONSBERGER, 1975), daß das Silberliniensystem mit den Basalkörpern der Cilien in engster Verbindung steht, kann dennoch eine neurale und formbildende Leistung nicht als erwiesen betrachtet werden. Neue Methoden müssen nun erarbeitet werden, um diese Hypothese zu verifizieren.

Das Silberliniensystem, heute ein „Enfant terrible“ der Ciliatenforschung, hat also ein sehr wechselvolles Schicksal gehabt, und die Zukunft wird zeigen müssen, ob sich durch seine weitere Erforschung manches der ungelösten Probleme der Protozoologie erhellen wird. Man muß die Konsequenz KLEINS bewundern, der trotz aller Widerstände unerschütterlich an seinen auf jahrzehntelangen, unermüdeten Beobachtungen aufgebauten Theorien festgehalten hat, die nun zumindest teilweise verifiziert worden sind.

LITERATURVERZEICHNIS

- Chatton, E. et A. Lwoff (1930): Imprégnation, par diffusion argentine, de l'infra-ciliature des ciliés marins et d'eau douce, apres fixation cytologique et sans dessiccation. *Compt. rend. Soc. Biol.* **104**, 834—836.
- Chatton, E. et J. Seguela (1940): La continuité génétique des formations ciliaires chez les ciliés hypotriches. Le cinétome et l'argyrome au cours de la division. *Bull. Biol. France Belg.* **74**, 349—442.
- Corliss, J. O. (1961): *The Ciliated Protozoa*. Pergamon Press.
- Dipell, R. V. (1962): The site of silver impregnation in *Paramecium aurelia*. *J. Protozool.* **9**, Suppl. 24.
- Ehret, C. F. and E. L. Powers (1959): The cell surface of *Paramecium*. *Int. Rev. Cytol.* **8**, 97—133.
- Eiselt, J. (1969): Dr. phil. h. c. Bruno M. Klein (Nachruf). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* **73**, 25—34.

- Foissner, W. (1969): Reaktionen des Silberliniensystems der Ciliaten auf mechanische Insulte. I. und II. Teil. *Protoplasma* **68**, 23—45 und 433—456.
- Foissner, W. (1970): Corticale Morphogenese bei *Colpidium kleini* (Ciliata, Holotricha). *Acta Protozool.* **8**, 129—142.
- Foissner, W. (1972): Das Silberliniensystem von *Placus luciae* (Kahl 1926) (Ciliata, Enchelyidae). *Arch. Protistenk.* **114**, 83—95.
- Foissner, W. (1975): Die Wimpertiere (Ciliata) und ihr Silberliniensystem. Das neuroformative System als Urstufe des Nervensystems in der Haut Einzelliger (Protozoa). Ausstellungskatalog des Oberöst. Landesmus. Nr. **89**, 1—70.
- Foissner W. und P. Simonsberger (1975): Elektronenmikroskopischer Nachweis der subpelliculären Lage des Silberliniensystems bei *Colpidium colpoda* (Ciliata, Tetrahymenidae). *Protoplasma* **86**, 65—82.
- Foissner, W. (1975): Der elektronenmikroskopische Nachweis der fibrillären Natur des Silberliniensystems bei peritrichen Ciliaten. *Zeitschr. Naturforschung* **30 c**, 818—822.
- Gelei, J. v. (1932): Die reizleitenden Elemente der Ciliaten in naß hergestellten Silber- bzw. Goldpräparaten. *Arch. Protistenk.* **77**, 152—174.
- Gelei, J. v. (1935): Der Richtungsmeridian und die Neubildung des Mundes während und außerhalb der Teilung bei den Ciliaten. *Biol. Zentral.* **55**, 436—445.
- Gelei, J. v. (1939): Das äußere Stützgerüstsystem des *Paramecium*körpers. *Arch. Protistenk.* **92**, 245—272.
- Gelei, J. v. (1940): Körperbau und Erregungsleitung bei den Ciliaten. *Arch. Protistenk.* **93**, 275—316.
- Grell, K. G. (1968): *Protozoologie*. 2. Auflage. Springer.
- Jacobson, J. (1931): Fibrilläre Differenzierungen bei Ciliaten. *Arch. Protistenk.* **75**, 31—100.
- Jahn, T. L. and E. C. Bovee (1967): Motile Behavior of Protozoa. In: *Research in Protozoology* (Tze-Tuan-Chen, ed.), pp. 41—204. Pergamon Press, Oxford.
- Klein, B. M. (1926): Über eine neue Eigentümlichkeit der Pellicula von *Chilodon uncinatus* Ehrbg. *Zool. Anz.* **67**, 1—2.
- Klein, B. M. (1934): Strukturelle und formative Reaktionen des Silberliniensystems. *Ann. Protistol.* **4**, 55—68.
- Klein, B. M. (1942): Das Silberlinien- oder neuroformative System der Ciliaten. *Ann. Naturhist. Museums Wien* **53**, 156—336.
- Klein, B. M. (1968): Das Schicksal der „Silbernen Linien“. Ein „Curriculum vitae“. *Mitteilungsbl. Mikrograph. Ges. Wien* **4**, 44—48.
- Lwoff, A. (1950): *Problems of Morphogenesis in Ciliates*. John Wiley and Sons, New York. 103 pp.
- Mac Lennan, R. F. (1935): Dedifferentiation and redifferentiation in *Ichthyophthirius*. I. *Neuromotor system*. *Arch. Protistenk.* **86**, 191—210.
- Parducz, B. (1939): Körperbau und einige Lebenserscheinungen von *Uronema marinum* Duj. *Arch. Protistenk.* **92**, 284—314.

- Pitelka, D. R. (1961): Fine structure of the silverline and fibrillar systems of three tetrahymenid ciliates. *J. Protozool.* **8**, 75—89.
- Puytorac, P. de (1959): Nouvelles observations sur l'argyrome des ciliés astomes, par l'emploi du microscope électronique. *C. r. Ass. Anat.* **46**, 675—679.
- Ruffolo, J. J. Jr. (1972): Fine structure of cell development in *Euplotes*. Abstract of Ph. D. Thesis, Univ. Iowa.
- Taylor, C. V. and L. Garnjobst (1939): Reorganisation of the „Silverline System“ in the reproductive cysts of *Colpoda duodenaria*. *Arch. Protistenk.* **92**, 73—90.
- Taylor, C. V. (1941): Fibrillar systems in ciliates. In: *Protozoa in Biological Research* (G. N. Calkins and F. N. Summers, ed.). New York, Columbia Univ. Press, pp. 191—270.

Für Sachbeihilfen danke ich der Naturkundlichen Station der Stadt Linz (Leiter: Prof. Dr. Hans Grohs) und dem Zoologischen Institut der Universität Salzburg (Vorstand: Prof. Dr. Hans Adam).

Anschrift des Verfassers:

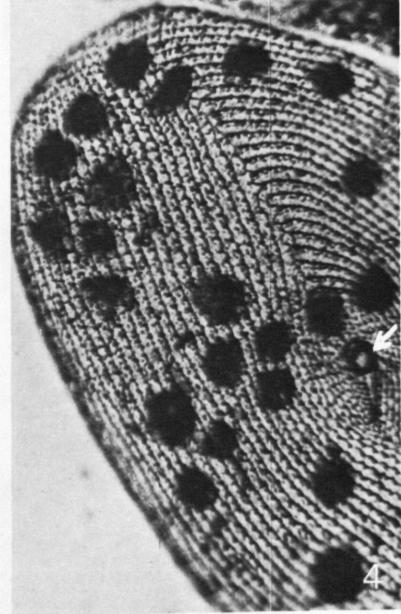
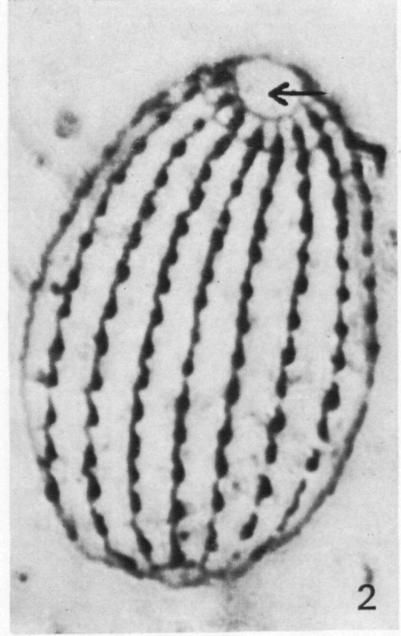
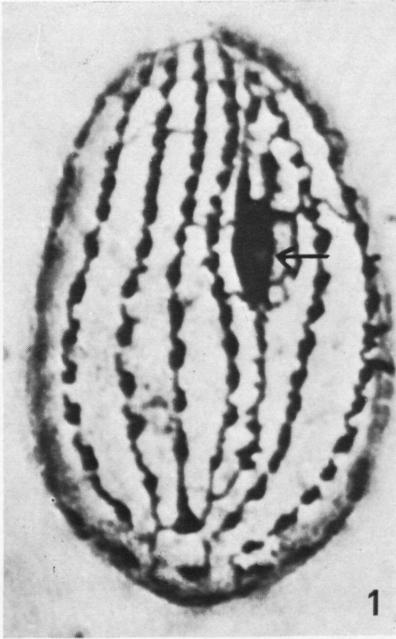
Wilhelm Foissner
NATURKUNDLICHE STATION
Roseggerstraße 22
A - 4020 Linz

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN

- Abb. 1: Ventralansicht des Silberliniensystems von *Uronema parduczi*. Der Pfeil weist auf den Oralapparat. — (Tafel I)
- Abb. 2: Dorsalansicht des Silberliniensystems von *Uronema parduczi*. Der Pfeil weist auf die wimperlose Frontalplatte, ein charakteristisches Merkmal dieser Gattung.
- Abb. 3: Ventralansicht des apikalen Poles von *Colpidium colpoda*. Das Silberliniensystems ist in diesem Bereich durch die Einbiegung der Wimperreihen um den Oralapparat (Pfeil) besonders kompliziert gestaltet.
- Abb. 4: Ventralansicht der vorderen Hälfte des Silberliniensystems von *Paramecium caudatum*. Der Pfeil weist auf den Oralapparat, bei dem die kreisrunde Öffnung des Cytostoms gut erkennbar ist.
- Abb. 5: Dorsalansicht eines späten Teilungsstadiums von *Uronema parduczi*. — (Tafel II)
- Abb. 6: Dorsalansicht eines späten Teilungsstadiums von *Chilodonella uncinata*.
- Abb. 7: *Colpidium colpoda* in Konjugation. Man beachte die Verwachsung der Silberliniensysteme der beiden Tiere (Pfeil).
- Abb. 8: *Chilodonella uncinata* in Konjugation. Hier ist die Verwachsung der Silberliniensysteme im Verschmelzungsbereich der beiden Zellen besonders gut sichtbar.
- Abb. 9: Dorsalansicht des Silberliniensystems von *Tetrahymena pyriformis*. Der Pfeil weist auf spiralig erscheinende Silberlinien hin. — (Tafel III)
- Abb. 10: Spätes Stadium der physiologischen Regeneration des Oralapparates bei *Colpidium campylum*. Der Pfeil weist auf den neuen Oralapparat, der Doppelpfeil auf die gerade in Funktion befindliche Cytopyge.
- Abb. 11: Silberliniensystem von *Colpidium campylum* nach 24stündiger Einwirkung von stark verdünnter Natronlauge. Aus den meridional verlaufenden Silberlinien (vgl. Abb. 10, 13, 14, die das normale Silberliniensystem dieser Art zeigen) sind viele rechtwinkelig abzweigende Silberlinien ausgewachsen. Der Oralapparat ist bis auf die undulierende Membran resorbiert worden und erscheint daher sehr klein (Pfeil).
- Abb. 12: Frühestes im Silberliniensystem feststellbares Anzeichen der Teilung bei *Colpidium kleini*. In der Mitte des Tieres wachsen vom Richtungsmeridian viele kleine Verzweigungen aus, die später ein sehr engmaschiges Gitter bilden (Pfeil), aus dem der Oralapparat des Tochtertieres entsteht.
- Abb. 13, 14: Mittlere Teilungsstadien von *Colpidium campylum*. Bei der Trennung der Silberlinienmeridiane bildet sich ein sehr engmaschiges Gitter aus (Abb. 14, Pfeil). Die Pfeile auf Abb. 13 weisen auf den alten und den neuen Oralapparat, der Doppelpfeil weist auf die Cytopyge.

- Abb. 15: Der Sauginfusor *Podophrya* frißt mit Vorliebe *Colpidium campylum* und besitzt ein sehr engmaschiges Silberliniensystem. Der Pfeil weist auf einen an dem Beutetier festhaftenden Tentakel. — (Tafel IV)
- Abb. 16: Das ebenfalls sehr engmaschige Silberliniensystem des Schwärmers von *Podophrya*. Der Pfeil weist auf die Basalkörperreihen hin.
- Abb. 17: Ventralansicht des Silberliniensystems von *Euplotes moebiusi*. Der Pfeil weist auf das Exkretionsorganell, über dem sich in der funktionslosen Phase ein sehr engmaschiges Silberliniensystem ausbreitet.
- Abb. 18: Ventralansicht des Silberliniensystems von *Chilodontopsis depressa*. Im Innern des Tieres erkennt man die gefressenen Kieselalgen. Der Pfeil weist auf den Oralapparat.
- Abb. 19: Das Silberliniensystem des distalen Poles von *Colpoda maupasi*. Der Pfeil weist auf die sich in einer späten Regenerationsphase befindliche Cytophyge. — (Tafel V)
- Abb. 20: Dorsalansicht des Silberliniensystems von *Colpoda cucullulus*. Die Wimperreihen stehen viel dichter als bei der vorigen Art.
- Abb. 21: Teil des Silberliniensystems von *Placus luciae*. Das Silberliniensystem wird hier von kongruent verlaufenden Pelliculadifferenzierungen überlagert. Der Pfeil weist auf eine der meridional verlaufenden Wimperreihen.
- Abb. 22: Teil des Silberliniensystems von *Platyophrya spumacola*.
- Abb. 23: Ventralansicht des Silberliniensystems von *Cohnilembus pusillus*. Der Pfeil weist auf den großen Oralapparat, der Doppelpfeil auf die Cytophyge.
- Abb. 24: Teil des Silberliniensystems von *Telotrochidium elongatum*. Auf und neben den horizontal verlaufenden Silberlinien sind viele stark argyrophile Pelliculaporen. — (Tafel VI)
- Abb. 25, 26: Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Teilen der Pellicula von *Telotrochidium elongatum*. Unterhalb jeder pelliculären Auf-faltung liegt eine Fibrille (Abb. 25, Pfeil). Diese Fibrille ist die argyrophile Silberlinie, wie die elektronenmikroskopische Untersuchung von versilberten Tieren eindeutig belegt (Abb. 26, Pfeile). Die Pelliculaporen (vgl. Abb. 24) sind Vertiefungen und werden von einer kreisförmig verlaufenden Silberlinie umgeben (Doppelpfeil).
- Abb. 27, 28: Teile der Pellicula von *Colpidium colpoda* im Elektronenmikroskop. Unterhalb der pelliculären Membranen findet sich eine dicke fein fibrilläre Schichte, das Epiplasma, in der auch die Silberlinien liegen (Abb. 28, Pfeile; vgl. hierzu das lichtmikroskopische Erscheinungsbild des Silberliniensystems auf Abb. 3 und 7). Die Basalkörper der Cilien (Abb. 27, Doppelpfeil) sind stark argyrophil (Abb. 28, Doppelpfeil). Der in Abb. 27 aus dem Tier herausragende dunkel erscheinende Stab ist eine im Austreten begriffene Protrichocyste.

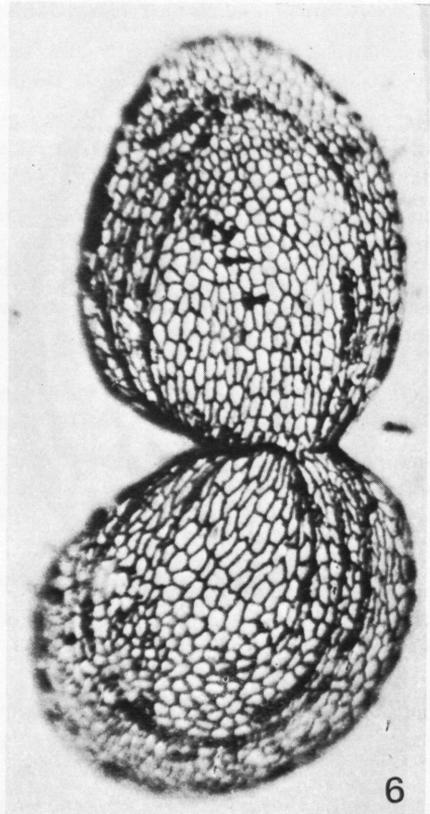
TAFEL I



TAFEL II



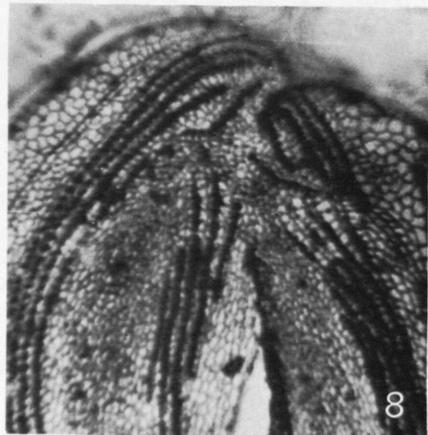
5



6

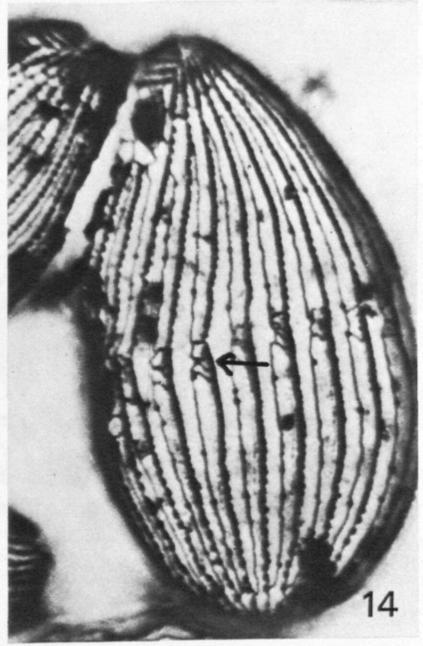
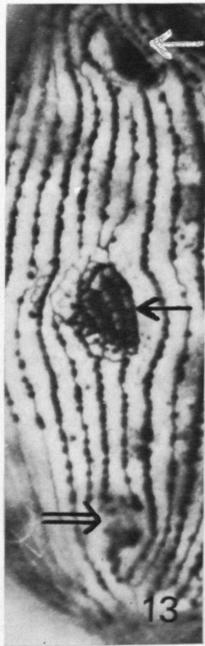
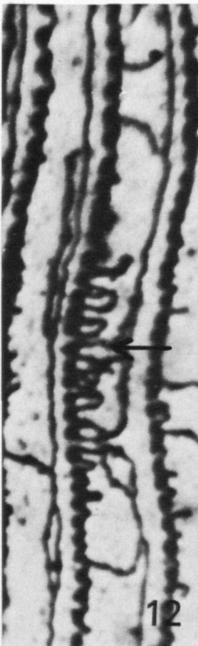
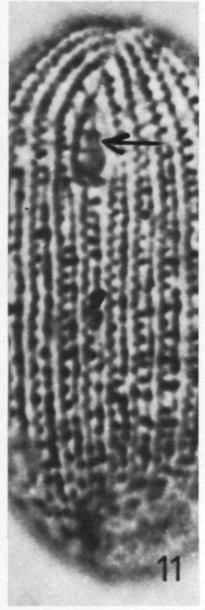
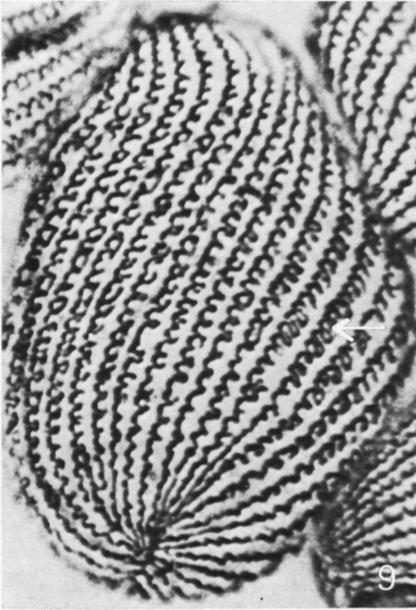


7

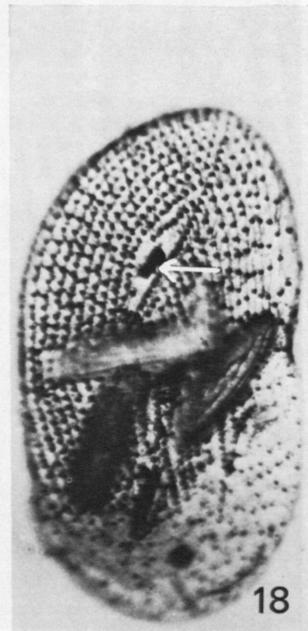
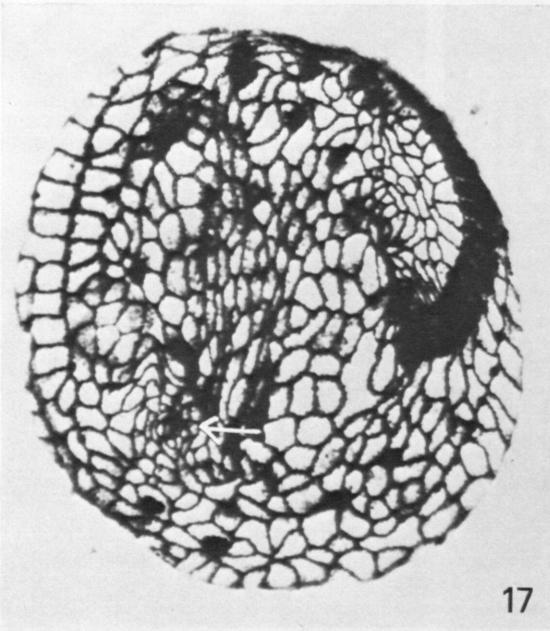
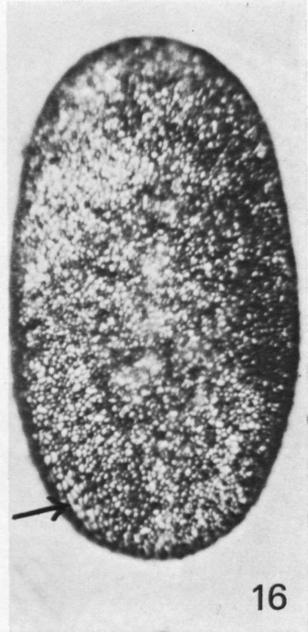
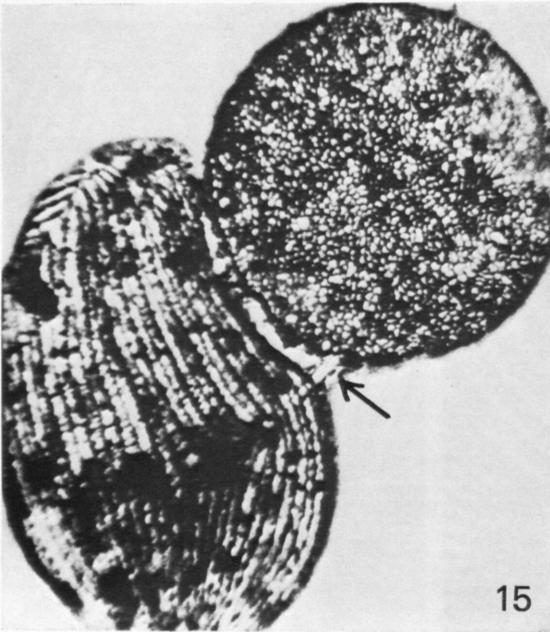


8

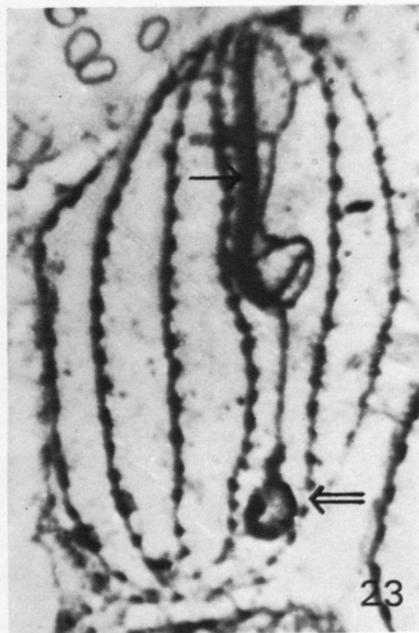
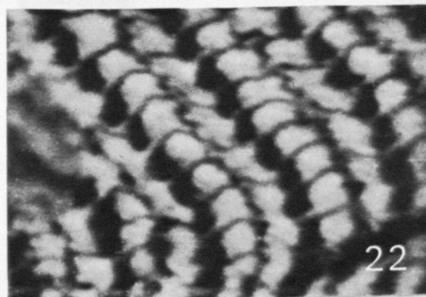
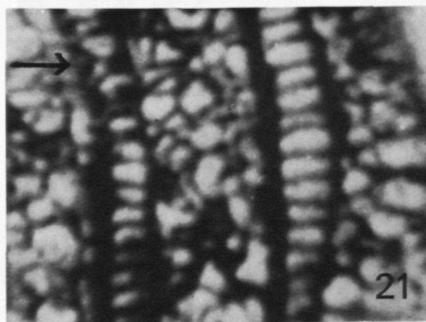
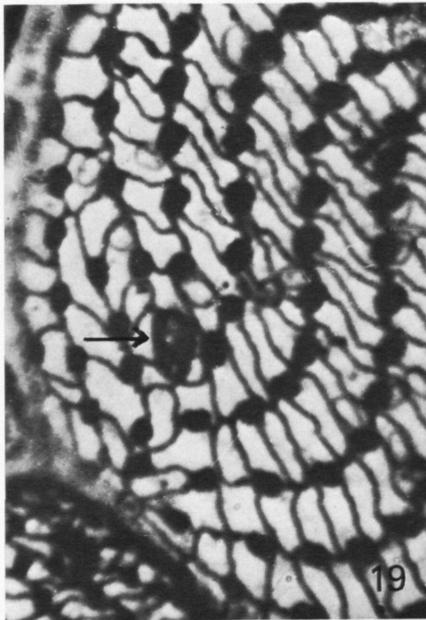
TAFEL III



TAFEL IV



TAFEL V



TAFEL VI

