

Naturkundliche Station der Stadt Linz, Österreich

Das Silberliniensystem von *Uronema parduczi* sp. n. (Ciliata, Hymenostomatida, Uronematidae)

The Silver-line System of *Uronema parduczi* sp. n. (Ciliata, Hymenostomatida, Uronematidae)

VON WILHELM FOISSNER

Mit 15 Abbildungen

Summary

A new species of the family Uronematidae is described. Especially in the silver-line system *Uronema parduczi* sp. n. differs from other previous known species of the genus *Uronema*. The classification of *Uronema parduczi* as a new species is justified by the number of the ciliary rows, the peculiar joining of trichocysts, the numerous branchings of the director meridian at the cytopyge, and the missing of an indirect joining silver-line system.

On the basis of the present work the liquidation of the genus *Paraaronema* THOMPSON (1967) is suggested. *Paraaronema virginianum* is transferred to the genus *Uronema* DUJARDIN (1841). Some relations between the genera *Uronema* and *Cyclidium* are shown. Because of the missing of an indirect joining silver-line system, *Uronema parduczi* sp. n. may be a primitive species in the genus *Uronema*.

The problem of the direct- and indirect joining silver-line systems of the ciliates is discussed.

Einleitung

In neuerer Zeit wurden vor allem von THOMPSON (1964, 1967) und JANKOWSKI (1964) beträchtliche Anstrengungen zur Systematisierung der Gattung (Familie) *Uronema* DUJARDIN (1841) unternommen. Die Grundlage dieser — und vieler anderer Systematisierungsversuche — war das von KLEIN (1926) entdeckte Silberliniensystem der Ciliaten. Die oft distinkten Unterschiede im Silberliniensystem zwischen den einzelnen Arten, Gattungen und Familien führten zu vielen Umgruppierungen im herkömmlichen System, CORLISS (1961).

Die Wiederbeschreibung von *Uronema marinum* DUJ. (1841) durch THOMPSON (1964) führte zur Aufstellung einer eigenen Familie, für die bisher unter der Familie Cohnilembidae CORLISS (1961) eingereihten Gattung *Uronema*: Uronematidae fam. nov. THOMPSON (1964). Auf Grund der beträchtlichen Abweichungen der Gattung *Uronema* von den anderen Genera der Familie Cohnilembidae ist die Aufstellung einer eigenen Familie für *Uronema* durchaus zu befürworten. Neuerdings wurden durch THOMPSON und Mitarbeiter verschiedene neue Genera der Familie Uronematidae zugeordnet THOMPSON (1966 a, b), THOMPSON und BERGER (1965), THOMPSON und MOEWUS (1963).

Die Unterscheidung der einzelnen *Uronema*-Arten bereitet oft große Schwierigkeiten. So wurden unter dem Namen *Uronema marinum* DUJ. oft Tiere beschrieben, die sich bei genauer Nachprüfung als neue Art erwiesen haben s. KAHL (1930—1935). Das typische, von THOMPSON durch seine genaue Beschreibung vermutlich endgültig fixierte *Uronema marinum* DUJ., wurde wahrscheinlich nur von vier Autoren genauer untersucht und beschrieben, und zwar von: KLEIN (1928) (irrtümlich unter dem Namen *Loxocephalus putrinus*, KLEIN (1942), KAHL (1930—1935), CZAPIK (1964) und JANKOWSKI (1964). SCHEWIAKOFF (1889), DE MORGAN (1923—1925) und PARDUCZ (1939) beschrieben zweifellos nicht das typische *Uronema marinum* (vgl. auch KAHL (1935) und THOMPSON (1964). Überhaupt liegen von den meisten Arten des Genus *Uronema* nur ungenaue Beschreibungen vor. Eine Wiederbeschreibung dieser Arten ist dringend notwendig.

Genauere Angaben über das Silberliniensystem von *U. marinum* gaben vor allem KLEIN (1928) und PARDUCZ (1939). PARDUCZ (1939) glaubt, sein untersuchtes Tier sicher mit *Uronema marinum* identifizieren zu können. Die von ihm angegebenen Bestimmungsmerkmale zeigen aber, daß es mit den von KLEIN (1928), KAHL (1930—1935) und THOMPSON (1964) festgelegten Kriterien nicht übereinstimmt. KLEIN (1928) und PARDUCZ (1939) beschreiben bei den von ihnen untersuchten *Uronema*-Arten ein direkt- und ein indirekt verbindendes Silberliniensystem. KLEIN (1928) faßt beide Systeme als eine neuroide- und formbildende Einheit auf. Eine teilweise konträre Auffassung vertritt PARDUCZ (1939). Dieser Autor sieht nur das direkt verbindende Silberliniensystem als reizleitend an. Für alle indirekt verbindenden Silberliniensysteme der Ciliaten postuliert er wiederholt eine Stützfunktion PARDUCZ (1939, 1940). Einen ähnlichen Standpunkt vertritt auch GELEI (1934, 1939, 1940).

Es ist der Zweck der vorliegenden Arbeit eine weitere Präzisierung im System der Familie Uronematidae durchzuführen, sowie die gegensätzlichen Auffassungen von direkt- und indirekt verbindendem Silberliniensystem der Ciliaten zu überprüfen.

Material und Methoden

Beide, *Uronema parduci* sp. n. und *Uronema marinum* DUJ. (1841), konnten aus Infusionen von faulenden Pflanzenteilen oder Algen isoliert werden. Weitergezüchtet wurden sie auf Heu- oder Salatblattextrakt, dem etwas getrockneter Eidotter zugefügt wurde.

Die Versilberung erfolgte nach den trockenen Versilberungsmethoden von KLEIN (1926) und FOISSNER (1967). Alle der Arbeit beigelegten Bilder haben als Grundlage Präparate, die nach meiner 1967 publizierten „trockenen“ Versilberungsmethode hergestellt wurden.

Zur Darstellung des Kernapparates dienten die Eisenhämatoxylinmethode von HEIDENHAIN und die Feulgen-Methode.

Die Terminologie richtet sich nach den von CORLISS (1959), KLEIN (1942) und PARDUCZ (1939) gegebenen Richtlinien.

Morphologie und Diagnose von *Uronema parduci* sp. n.¹⁾

Biotop und Lokomotion: Sapropel, in faulenden Pflanzenaufgüssen, die mit Teichwasser angesetzt wurden. Oft konnten Massenvermehrungen auf Heu- oder Salatblattextrakt erzielt werden. Axenische Kulturen gelangen nicht. Häufig trat

1) Die Art wurde zu Ehren des großen ungarischen Protozoologen BELE PARDUCZ benannt.

Uronema parduczi sp. n. in Gemeinschaft mit anderen Ciliaten (z. B. *Colpidium*, *Colpoda*, *Blepharisma*) auf. Ein fast neutrales Kulturmedium wird bevorzugt; jedoch lebten die Tiere oft noch bei einem pH-Wert von 5,8 oder 7,5. Optimale Temperatur: 25—28 Grad.

Die Lokomotion von *U. parduczi* zeigt nichts Auffälliges. Der Beschreibung von PARDUCZ (1939) über das Bewegungsverhalten von *Uronema* braucht nichts hinzugefügt werden.

Körperform und Größe: Schlank, ellipsoid mit breit abgerundetem posteriorem Körperende. Anterior fast zugespitzt. Die für die Gattung *Uronema* typische cilienlose Frontalplatte ist nur sehr klein und deswegen schwer erkennbar. Die Größe variiert von 30—45 μm , die Breite von 15—25 μm . Polymorphismus, ähnlich dem, wie ihn JANKOWSKI (1964) bei *Uronema marinum* beschreibt, war bei *U. parduczi* nicht nachweisbar.

Cilienmeridiane: Die Zahl der Cilienreihen variiert von 11—13. Sie laufen von Pol zu Pol und werden anterior und posterior durch eine ringförmige Silberlinie miteinander verbunden. Das anteriore cilienlose Frontalfeld ist fast immer frei von Silberlinien. Nur ganz vereinzelt findet sich eine Silberlinie, die quer durch die Frontalplatte hindurchläuft. Hier dürfte es sich wahrscheinlich um einen durch die Präparation verursachten Artefakt handeln und nicht wie PARDUCZ (1939) glaubt, um eine Faser des Stützgerüstgittersystems. Diese quer durch die Frontalplatte laufende Silberlinie ist auch meist nur schwach anfärbbar und nur an Tieren ausgebildet, bei denen auch das übrige Silberliniensystem mehr oder weniger dissoziiert ist. Im posterioren Bereich findet sich der Basalkörperkomplex des Caudalciliums. Das Caudalcilium ist 18—20 μm lang und sitzt genau im geometrischen Mittelpunkt des posterioren Poles. Mit diesem direkt verbunden ist der erste, links des Oralapparates gelegene, Cilienmeridian. Dieser Cilienmeridian durchläuft also zunächst das posteriore ringförmige Feld, trifft dort auf das Caudalcilium und mündet schließlich zwischen 5 und 6 Cilienmeridian in die ringförmige, die Cilienmeridiane untereinander verbindende Silberlinie (Abb. 7; Abb. 15, Fig. 1).

Basalkörper: Die Basalkörper (bzw. Basalkörperpaare) werden durch eine gut anfärbbare Silberlinie untereinander verbunden (Abb. 1). Sie variieren zwischen 17—20 je Cilienmeridian. Besonders anteriorwärts konnten immer Doppelpilien festgestellt werden. Die hinteren zwei Drittel des Tieres tragen einfache, sehr zarte Cilien. Auch PARDUCZ (1939) fand bei seinem *Uronema marinum* Doppelpilien vor allen bei Tieren, die kurz vor der Teilung standen. Eine solche Relation konnte ich bei *Uronema parduczi* nicht sicher nachweisen. Alle anderen Autoren KLEIN (1928), KAHL (1930—1935), JANKOWSKI (1964), THOMPSON (1964) geben für verschiedene *Uronema*-Arten keine Doppelpilien an.

Buccalhöhle und Oralapparat: Der kleine, wenig eingesenkte Oralapparat, liegt in den vorderen zwei Fünfteln des Tieres. Seine Organisation ist typisch tetra-

hymenid: rechts eine undulierende Membran, links davon drei adorale Membranellen (Abb. 2 u. 3; Abb. 15, Fig. 1). Membranelle 1 setzt sich aus einer einfachen Reihe von Basalkörpern zusammen und befindet sich nahe dem anterioren Ende des Organismus. Sie ist mit der, von der undulierenden Membran (UM) weglauenden Silber-

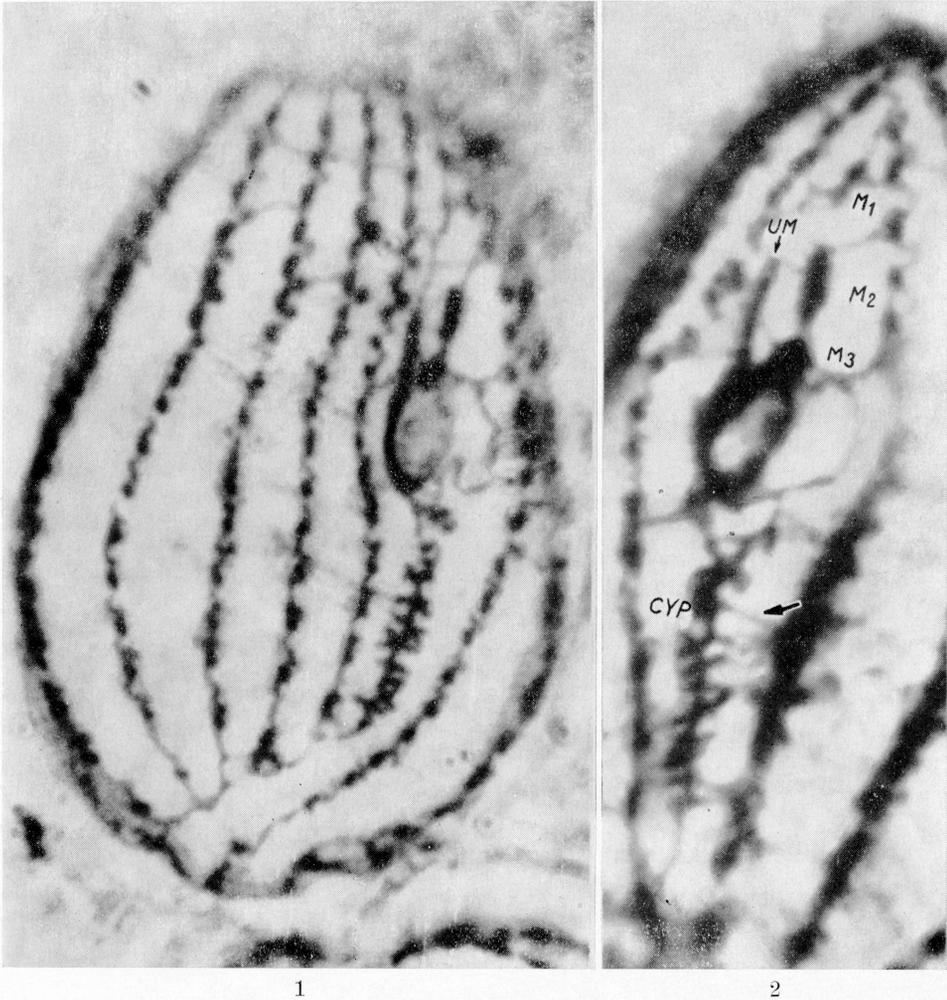


Abb. 1, 3, 5. *Uronema parduczi* in verschiedenen Ventralansichten. Man beachte die Variabilität in der Konfiguration des Silberliniensystems, besonders im Oralgebiet. Vergr. ca. 5700 \times , 3100 \times , 3000 \times .

Abb. 2. *Uronema parduczi*: Oralapparat und Cytoproct. Die tetrahymenide Organisation ist deutlich erkennbar (M_1 – M_3 UM). Bei der Cytoproct (CYP) bemerkt man einige Silberlinien, die mit dem rechts gelegenen Cilienmeridian verbunden sind (Pfeil). Vergr. 6000 \times .

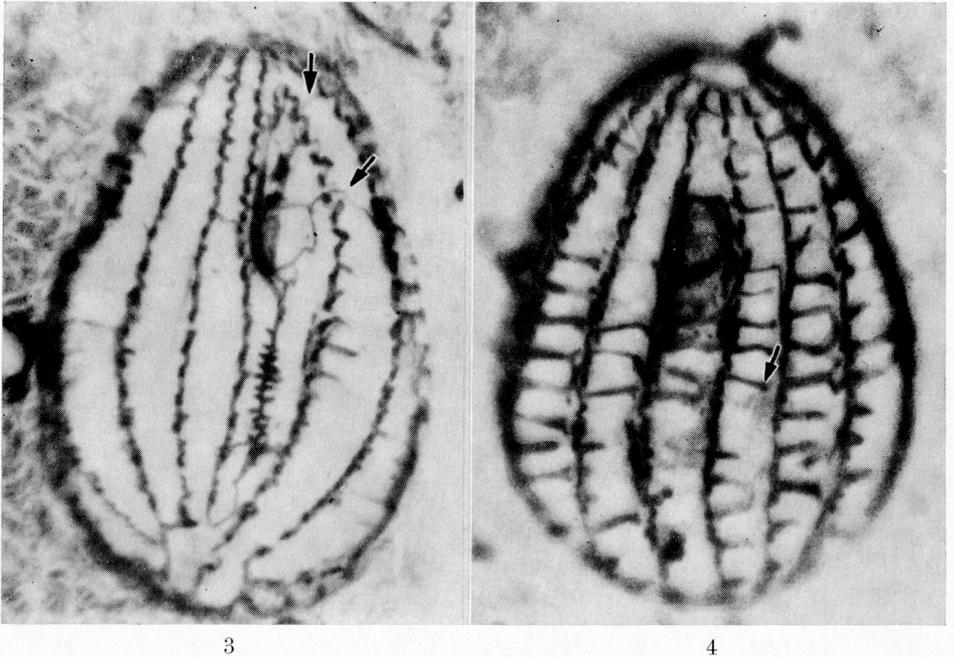


Abb. 4. *U. parduezi*: Dorsalansicht im Stadium der fortgeschrittenen Trichozystenregeneration. Von den Cilienmeridianen wachsen hierbei seitliche Silberlinien aus, die eine gitterähnliche Formation annehmen. Vergr. ca. 3000 \times .

linie (Teil des Richtungsmeridians) innig verbunden. Membranelle 2 besteht aus 2 oder 3 Reihen von je 4—8 sehr dicht gelagerten Basalkörpern. Sie befindet sich zwischen Membranelle 1 und Membranelle 3. Membranelle 3 liegt direkt vor dem Cytostomeingang. Sie setzt sich aus etwa 9 Basalkörpern zusammen, die eine charakteristische „hausartige“ Form haben; mathematisch ausgedrückt: ein Quadrat mit einem aufsitzenen Dreieck (Abb. 1 u. 2). Die gesamte Buccalhöhle wird von einem komplizierten, etwas variablen Geflecht von Silberlinien durchzogen. Diese Silberlinien, die Teile des Richtungsmeridians sind (s. unten), verbinden sowohl die Membranellen untereinander, als auch mit den Cilienmeridianen. Auf dem nach rechts (im Bild links) abzweigenden Ast des Richtungsmeridians befinden sich die Basalkörper der undulierenden Membran. Diese beginnt etwa in der Höhe von Membranelle 2 und endet bogenförmig unterhalb des Cytostoms (Abb. 1 u. 2; Abb. 15, Fig. 1). Sie ist aus einer Reihe sehr dicht „zick-zack-förmig“ gelagerten Basalkörper zusammengesetzt (Abb. 15, Fig. 1). Oft bemerkt man eine leichte Knickung der undulierenden Membran in der Höhe vom posterioren Ende der Membranelle 3.

Der Richtungsmeridian: Wie die Abbildungen ausnahmslos zeigen, bildet der Richtungsmeridian mit dem übrigen Silberliniensystem, vor allem mit den Struk-

turen der Buccalhöhle, eine untrennbare Einheit. Eine genaue Festlegung, wo der Richtungsmeridian beginnt bzw. endet, ist praktisch nicht möglich.

Zweifellos sind alle Silberlinien, die sich in der Buccalhöhle ausbreiten, und wahrscheinlich auch die Querkommissuren, nur Teile des Richtungsmeridians. Von PARDUCZ (1939) werden die Querkommissuren allerdings nicht als Teile des Richtungsmeridians angesehen, sondern als funktionell selbständige Silberlinien betrachtet. Viele der vorliegenden Abbildungen weisen aber eindeutig darauf hin, daß die bei den Hymenostomatiden weitverbreiteten Querkommissuren nur weitreichende Verästelungen des Richtungsmeridians sind (Abb. 3, Pfeile). An den in Abb. 3 gekennzeichneten Stellen ist die Bildung von Querkommissuren aus sich verzweigenden Ästen des Richtungsmeridians klar sichtbar.

Ein besonders inniger, bis heute unverstandener Zusammenhang, scheint zwischen Richtungsmeridian und Cytophyge zu bestehen. Kurz unterhalb des Oralapparates mündet der Richtungsmeridian in die Cytophygensilberlinie ein und unterhalb dieser wieder aus. Nach kurzem geraden Verlauf, biegt er sich nach rechts und vereinigt sich mit dem ersten rechts (im Bild links) des Richtungsmeridians gelegenen Cilienmeridian. Wie der Richtungsmeridian im Bereich der eigentlichen Cytophyge verläuft ist unklar, weil nicht sicher ist, ob die stark anfärbbare Cytophygensilberlinie mit dem Richtungsmeridian identisch ist. Eine Beobachtung weist aber darauf hin, daß sich im Bereich der Cytophyge noch eine andere argyrophile Struktur befindet. Wenn nämlich, wie vereinzelt beobachtet werden konnte, der Richtungsmeridian in der Höhe der Cytophyge Verzweigungen bildet, so sind diese normal angefärbt und zarter als die ganz nahe liegende Cytophygensilberlinie, aus der sie scheinbar herauskommen (Abb. 2, Pfeil).

Die Funktion des Richtungsmeridians der Ciliaten ist noch weitgehend unklar. Beobachtungen des Teilungsgeschehens ließen eine morphogenetische Funktion vermuten, vgl. CORLISS (1958). Der innige Zusammenhang mit den Oralstrukturen läßt aber vor allem auch eine neurale Funktion wahrscheinlich werden.

Cytophyge: Ein wesentliches Charakteristikum von *Uronema parduezi* sp. n. ist die reich verzweigte Cytophygensilberlinie. Bei *Uronema marinum* konnten nie so reiche Verästelungen gefunden werden. Auch in der Literatur findet sich bei keiner der genauer beschriebenen *Uronema*-Spezies ein Hinweis auf eine reich verzweigte Cytophygensilberlinie. Die Cytophyge liegt im Richtungsmeridian und ist durch eine besonders starke Anfärbbarkeit gekennzeichnet (Abb. 1, 2 u. 3; Abb. 15, Fig. 1). Eine eigene Arbeit über die Cytophyge von *Uronema parduezi* ist in Vorbereitung.

Kontraktile Vakuole: Der Porus excretorius befindet sich immer am untersten Ende des zweiten, rechts (im Bild links) vom Oralapparat gelegenen Cilienmeridians. Zuführungskanäle wurden nicht beobachtet. Der Porus excretorius ist stark argyrophil und mit der Basalfibrille des Cilienmeridians sowie mit der posterioren Ringfibrille verbunden.

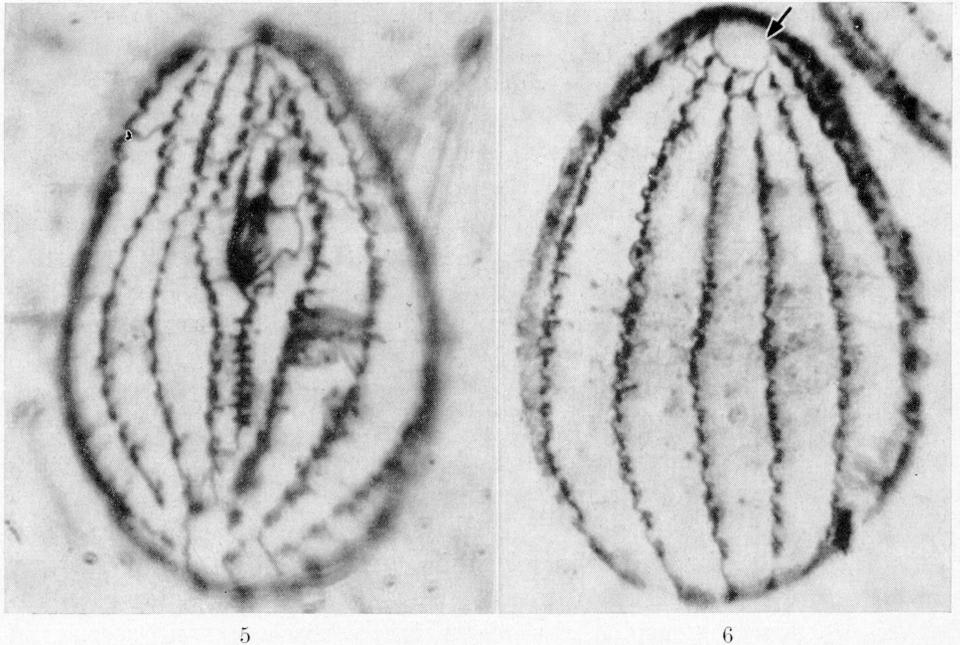


Abb. 6. *U. parduczi*: Dorsalansicht. Besonders deutlich die cilienlose Frontalplatte (Pfeil) und die anteriore Ringfibrille, die alle Cilienmeridiane verbindet. Vergr. ca. 3100 \times .

Trichozyten: Nach stärkeren externen Reizen stößt *Uronema parduczi* sehr viele, etwa 20—60 μm lange, stabförmige, an der Spitze leicht abgeknickte Trichozyten aus (Abb. 10). Ähnliches beschreibt auch KLEIN (1942) für *Uronema marinum*. Dagegen berichtet PARDUCZ (1939) für sein *Uronema marinum* ausschließlich stabförmige Trichozyten ohne abgeknickte Spitze. Die Schleuderorganellen befinden sich entweder direkt in der Basalfibrille zwischen je zwei Basalkörpern oder auf kleinen, seitlichen Ausläufern der Basalfibrille (Abb. 12, 13 u. 14; Abb. 15, Fig. 3A). Oft liegen auch drei oder vier Trichozyten horizontal nebeneinander, nie aber vertikal übereinander.

Bei der Explosion einer Trichozyte öffnet sich die, die Schleuderorganelle tragende Silberlinie, zu einem kreisrunden „Schießloch“ (Abb. 12, 13 u. 14; Abb. 15, Fig. 3B). Dieses Schießloch ist nur im Moment der Explosion sichtbar. Das einzelne Schießloch auf Abb. 12 (s. Pfeil) zeigt klar, daß die Silberlinie tatsächlich auseinanderweicht, wenn die Trichozyte explodiert. Wäre dies nicht der Fall, müßte die Silberlinie durch das Schießloch hindurchziehen. Diese Ergebnisse sind im Einklang mit den KLEINschen Untersuchungen (1942). Für die von PARDUCZ (1939) vertretene Ansicht, daß die Schießlöcher (Trichozytenfenster) vom indirekt verbindenden Silberliniensystem gebildet werden, ergaben sich keine Hinweise. Dies ist auch

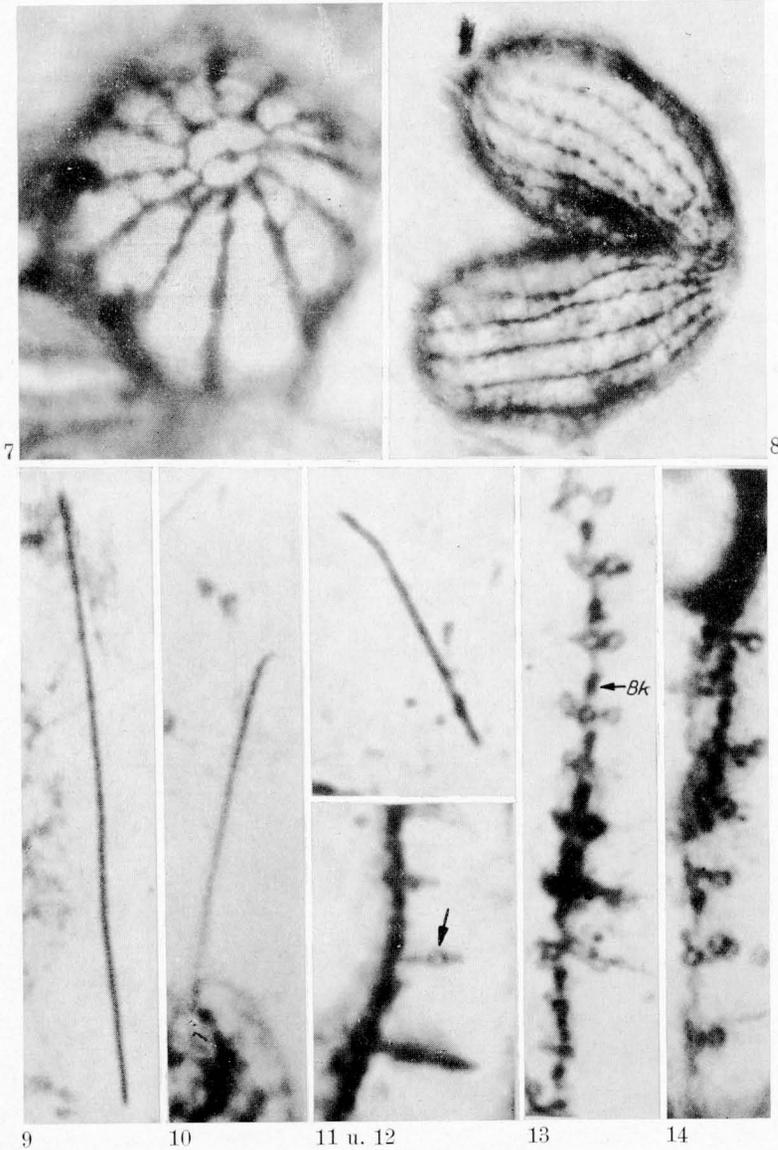


Abb. 7. *U. parduczi*: Ansicht des posterioren Körperpoles. In der Mitte, des durch die Ringfibrille begrenzten Areales, befindet sich der Basalkörper des Caudalciliums. Vergr. ca. 3100 \times .
 Abb. 8. *U. parduczi*: Konjugierende Individuen. Man bemerkt die Verwachsung des Silberliniensystems der beiden Tiere im anterioren Polbereich. Vergr. 1100 \times .
 Abb. 9–11. Trichozysten von *U. parduczi*. Auffallend ist ihre unterschiedliche Länge sowie die abgeknickte Spitze. Vergr. ca. 3200 \times .
 Abb. 12–14. Einzelne Cilienmeridiane von *U. parduczi* kurz nach dem Ausstoß der Trichozysten. Deutlich erkennt man die kreisrunden „Schießlöcher“. Zwischen den Schießlöchern (in vertikaler Richtung) liegen die Basalkörper (Bk). Vergr. ca. 4800 \times .

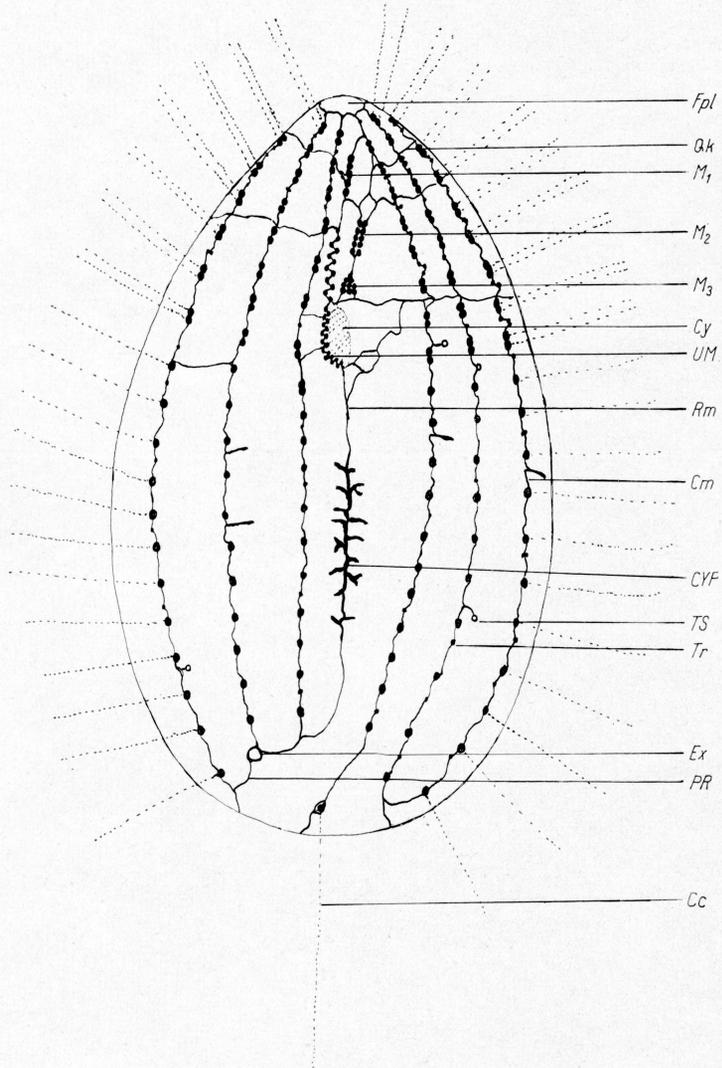


Abb. 15. Fig. 1. Das Schema zeigt alle mit Silber darstellbaren Strukturen von *Uronema parduczi* sp. n. Erklärung der Abkürzungen: Fpl = Frontalplatte, Qk = Querkommissuren, M_1 – M_3 = Membranellen eins bis drei, Cy = Cytostom, UM = undulierende Membran, Rm = Richtungsmeridian, Cm = Cilienmeridian, CYP = Cytopyge, TS = Trichozystenschiebloch, Tr = Trichozyste, Ex = Exkretionsporus, PR = posteriore Ringfibrille, Cc = Caudalcilium.

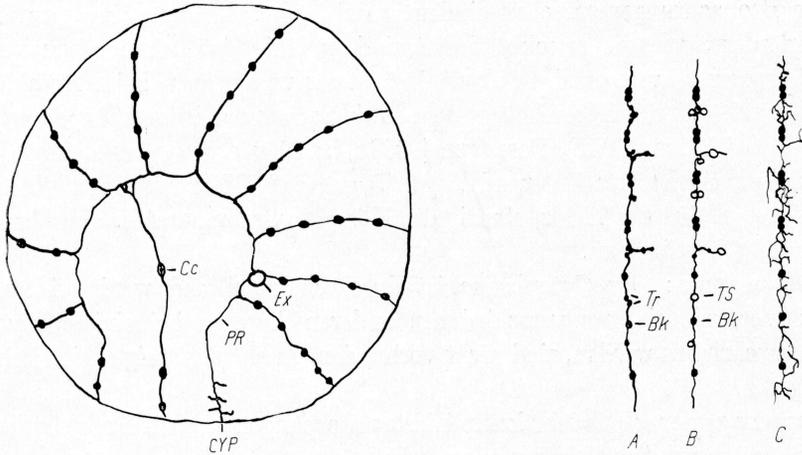


Fig. 2. Ansicht des posterioren Körperpoles von *U. parduezi*. Erklärung der Abkürzungen: s. bei Fig. 1!

Fig. 3 A—C. Trichozystenordnung und Trichozystenregeneration von *U. parduezi*. A zeigt die normale Anordnung der Trichozysten und Basalkörper auf einem Cilienmeridian. B denselben Cilienmeridian nach Ausstoßung der Trichozysten. Man bemerkt die kreisrunden Trichozystenfenster. C zeigt eine frühe Regenerationsphase. Dicht um die Basalfibrille bildet sich ein engmaschiges Geflecht von Silberlinien.

deswegen unwahrscheinlich, weil viele seiner Abbildungen zwar das direkte Silberliniensystem und die Trichozystenfenster zeigen, nicht aber das indirekte Silberliniensystem. Warum sollten sich gerade die Trichozystenfenster (die nach PARDUCZ vom indirekt verbindenden Silberliniensystem gebildet werden) imprägniert haben, wenn sonst das gesamte indirekt verbindende System nicht imprägniert erscheint? Bei *Uronema parduezi* ist es überhaupt völlig auszuschließen, daß die Trichozystenfenster durch ein indirekt verbindendes Silberliniensystem gebildet werden, weil hier ein solches ja nicht existiert.

Trichozystenregeneration: Während der Trichozystenregeneration zeigen sich im Silberliniensystem deutliche Veränderungen. Es wachsen kleinere und größere Silberlinien aus der Basalfibrille heraus (Abb. 4), die oft ein sehr schwer erkennbares Engmaschengitter, welches ganz nahe an die Basalfibrille herangerückt ist, bilden (Abb. 4; Abb. 15, Fig. 3C). Die aus dem Entoplasma auftauchenden Trichozysten werden von diesen Ästchen wahrscheinlich abgefangen und so dem Silberliniensystem angeschlossen. Bei mehr oder weniger vollständiger Trichozystengarnitur finden sich die Trichozysten sehr dicht gelagert auf der Basalfibrille aufgereiht, wodurch eine Unterscheidung zwischen Basalkörper und Trichozystenkorner im Silberpräparat oft unmöglich wird. Die zur Regeneration gebildeten Verzweigungen der Basalfibrille verschwinden nach vollendetem Anschluß der Trichozysten.

Die Beobachtungen sprechen eindeutig dafür, daß die Basalfibrille zu aktiven Formveränderungen, die zweckbestimmt sind, befähigt ist. Ähnliche autoplasmatische Formveränderungen des Silberliniensystems treten auch beim Anschluß der Protrichozysten an das Silberliniensystem sowie nach verschiedenen experimentellen Eingriffen auf KLEIN (1942), FOISSNER (1968a, b; 1969 a, b).

Nuclear Apparat: Der runde, etwa $5\mu\text{m}$ große Makronucleus befindet sich in der oberen Hälfte des Tieres, etwa in der Höhe des Oralapparates. Ein sehr kleiner Mikronucleus liegt ihm an.

Cytoplasma: Das Cytoplasma ist durchscheinend und wenig viskös. Einschlußkörper, wie sie von verschiedenen anderen Autoren bei einigen *Uronema*-Spezies beschrieben werden, sind nicht vorhanden. Auch sonst zeigen sich keine Besonderheiten.

Morphogenese: Die sehr komplizierten morphogenetischen Ereignisse werden in einer besonderen Arbeit behandelt werden.

Konjugation: Bei der Konjugation verschmelzen die Tiere mit den anterioren Körperpolen. Die Ventralseiten sind einander zugekehrt. Die Silberliniensysteme der beiden Tiere verbinden sich zu einer Einheit (Abb. 8). Konjugierende Tiere wurden nur in einer einzigen Kultur gefunden. Dieser Prozeß scheint ziemlich selten zu sein und wurde nicht näher studiert.

Diskussion

a) Das Silberliniensystem

Ein wichtiges Hilfsmittel zur Diagnostizierung von *Uronema parduezi* sp. n. ist das Fehlen eines indirekt verbindenden Silberliniensystems KLEIN (1928, 1942), Gerüstsystem, PARDUCZ (1939), GELEI (1934, 1939). Zwei andere bis jetzt genauer beschriebene *Uronema*-Arten *Uronema marinum* KLEIN (1942), JANKOWSKI (1964) und *Uronema halophila* JANKOWSKI (1964) besitzen nämlich ein sogenanntes indirekt verbindendes Silberliniensystem. Die Beschreibung von *Uronema marinum* durch THOMPSON (1964) ist in dieser Hinsicht leider unvollständig. Dieser Autor erwähnt das bei *U. marinum* zweifellos vorhandene indirekt verbindende Silberliniensystem überhaupt nicht, vermutlich deshalb, weil es sich bei „nasser“ Präparation kaum oder überhaupt nicht darstellt (vgl. auch die Neubeschreibung von *Uronema parva*, CZAPIK (1968). Nur die feiner arbeitenden trockenen Versilberungsmethoden bringen sowohl das direkte als auch das indirekte Silberliniensystem klar und in ihrer Gesamtheit zur Darstellung. Das Schema zeigt das vollständige Silberliniensystem von *Uronema parduezi* sp. n. (Abb. 15, Fig. 1).

Vereinzelt fanden sich auch bei *U. parduezi* Bildungen, die einem indirekt verbindenden Silberliniensystem ähnlich waren, und zwar an Individuen, die durch die

Entquellung schwer geschädigt worden waren. Hier dürfte es sich aber um eine reine, wenn auch vitale Artefaktbildung handeln. Nach Schädigung des Silberliniensystems treten oft verschiedene Veränderungen desselben auf (KLEIN 1934—35, FOISSNER 1968a, b, 1969a, b, 1970). Weit häufiger ist, daß Bildungen, die einem indirekten Silberliniensystem ähnlich sind, durch die Trichozystenregeneration entstehen. Ein besonders ausgeprägtes Beispiel zeigt Abb. 4. Deutlich sind an diesen seitlichen Silberlinien aber die Trichozystenkörner sichtbar (s. Pfeil).

b) Zum Problem der direkt- und indirekt verbindenden Silberliniensysteme der Ciliaten

Bei vielen Ciliaten wird neben dem direkt verbindenden — auch ein indirekt verbindendes Silberliniensystem beschrieben, KLEIN (1928, 1932, 1941, 1942), GELEI (1939, 1940), PARDUCZ (1939, 1940). Die Auffassungen über Morphologie und Funktion, besonders der indirekt verbindenden Systeme, sind teilweise konträr (s. Einleitung). Jeder der Forscher, KLEIN (1941), GELEI (1939, 1940) und PARDUCZ (1940) stützt seine Ansichten mit mehr oder weniger gut fundierten Argumenten. Eine besonders ausführliche Auseinandersetzung verdanken wir KLEIN (1941).

Die KLEINSchen Folgerungen stützen sich hauptsächlich auf die mit seiner trockenen Silbermethode erhaltenen Ergebnisse. KLEIN (1941, 1942) postuliert eine substantielle Gleichheit des direkt- und indirekt verbindenden Silberliniensystems. Einer seiner besten Beweise ist, daß direkt- und indirekt verbindendes System ineinander übergehen können, KLEIN (1941). Dies könnte wohl kaum möglich sein, wenn das eine neural, das andere ein Stützsystem wäre, wie es GELEI (1940) und PARDUCZ (1940) postulieren. Auch bei *Frontonia* ist ein ineinander übergehendes direkt- und indirekt verbindendes Silberliniensystem leicht feststellbar (FOISSNER, unveröffentlicht).

Die GELEISchen und PARDUCZschen Folgerungen über das indirekte Silberliniensystem gründen sich vor allem auf die Ergebnisse von verschiedenartigen, teils sehr zweifelhaften, nassen und trockenen Silbermethoden (z. B. wurden die Tiere vor der Versilberung verschiedenen chemischen Einflüssen ausgesetzt. Die erhaltenen Silberbilder wurden aber nicht unter diesem Gesichtspunkt ausgewertet). Aus teils sehr indifferenten Färbungsunterschieden folgern GELEI (1940) und PARDUCZ (1940) dann eine Stützfunktion des indirekt verbindenden Silberliniensystems.

Speziell für *Uronema marinum* beschreibt PARDUCZ (1939), daß das indirekte System auch mit dem Opalblauverfahren nach BRESSLAU darstellbar wäre. Leider zeigt aber sein publiziertes Bild diese Einzelheit nicht! Viele eigene Opalblaupräparate von *U. marinum* zeigten ebenfalls keine Struktur, die dem indirekten Silberliniensystem entsprechen würde. Manchmal wurden aber durch die erhaltenen und gefärbten, teils quer oder längs über dem Organismus liegenden Cilien Bilder vorgetäuscht, die bei flüchtiger Betrachtung einem indirekt verbindenden Silberliniensystem sehr ähnlich waren. Vielleicht läßt sich auch die PARDUCZsche Beobachtung so erklären!

Langjährige eigene Erfahrung in der Versilberung verschiedener Ciliaten ergaben immer wieder Hinweise für die Richtigkeit der KLEINSchen Auffassung. Die prinzipielle substantielle Kongruenz dieser beiden Systeme ist offensichtlich, wenn auch gewisse Verschiedenheiten sicher existieren. Darauf weist besonders die unterschiedliche Labilität der beiden Systeme bei der Versilberung hin.

Gerade bei *Paramecium* ist es unwahrscheinlich, daß außer der ziemlich starren Pellikula noch eine andere stützende Struktur unterhalb der Pellikula liegen soll. Viele der GELEISchen und PARDUCZschen Bilder, von denen sie die Folgerungen über das indirekte Silberliniensystem ableiten, dürften nicht das Silberliniensystem, sondern die besondere Pellikularstruktur von *Paramecium* zeigen. Bei der Vielzahl der verwendeten Methoden ist es sehr wahrscheinlich, daß die mit dem Opalblauverfahren so gut darstellbare Skulptur, auch ungewollt mit Silber dargestellt wurde. Da indirektes Silberliniensystem und Oberflächenstruktur der Pellikula von *Paramecium* einander recht ähnlich sind, ist eine Verwechslung beider Systeme nicht ausgeschlossen.

Auch die neueren elektronenmikroskopischen Untersuchungen brachten keine Hinweise dafür, daß dort, wo das indirekte Silberliniensystem verläuft, eine besonders feste, stützende Struktur ausgebildet wäre (vgl. FOISSNER (1969b)). Somit ergeben sich keine Anhaltspunkte für die von GELEI (1940) und PARDUCZ (1940) postulierte Stützfunktion der indirekt verbindenden Silberliniensysteme.

Die meisten älteren und einige neuere Autoren sind sich darüber einig, daß dem direkt verbindenden Silberliniensystem die eigentliche neurale und formbildende Potenz zukommt KLEIN (1992), PARDUCZ (1939), GELEI (1940), WETZEL (1965), FOISSNER (1969a, b). Unklar ist dagegen die Aufgabe bzw. Leistung der indirekten Silberliniensysteme, will man nicht eine Stützfunktion annehmen. Manches scheint darauf hinzuweisen, daß sie spezifische Funktionen der Reizleitung ausführen. Besonders die Koordinierung der Ciliatur bei plötzlichen starken Beanspruchungen des Organismus (z. B. mechanische oder chemische Reize) könnte über das indirekte Silberliniensystem erfolgen.

Auch die PARDUCZschen Folgerungen über die Reizleitung von *Paramecium* lassen sich unter Zuhilfenahme des indirekt verbindenden Silberliniensystems erklären, FOISSNER (1969b). Die PARDUCZsche Ansicht, daß sich ein Reiz nur in „breiter Front über den Organismus ausbreiten kann“, wird durch die Versuche von GREBECKI and MIKOLAJCZYK (1968) wesentlich eingeschränkt. Nach diesen Untersuchungen findet bei *Paramecium* in der Regel eine meridionale Reizleitung statt. Die Reizleitung quer zum Organismus, PARDUCZ (1955) dürfte eher eine besondere, spezifische Modifikation der normalen Reizleitung darstellen. Da bei *Paramecium* das direkt verbindende Silberliniensystem meridional, das indirekt verbindende dagegen quer zum Organismus verläuft, könnte es die beiden beobachteten Arten der Reizleitung ausführen.

Für die neurale Potenz der direkt- und indirekt verbindenden Silberliniensysteme ergibt sich somit folgende Auffassung: Das direkt verbindende Silberliniensystem leitet die normalen Bewegungs- und Koordinationsreize, das indirekt verbindende Silberliniensystem leitet andere Reize und dient vielleicht besonders der

Koordination von Einzelaktionen ganzer Cilienareale, wie sie auch PARDUCZ (1951, 1954, 1956) wiederholt beschreibt.

Diese Auffassung soll vorläufig nur als Arbeitshypothese dienen! Es mag viele Ciliaten geben, die von diesem Schema mehr oder weniger abweichen!

e) Vergleich von *Uronema parduczi* sp. n. mit einigen anderen *Uronema*-Arten

Uronema parduczi unterscheidet sich von folgenden näher in Betracht kommenden *Uronema*-Arten in vieler Beziehung. Es unterscheidet sich von: *Uronema marinum* DUJ. THOMPSON (1964) durch die Zahl der Cilienreihen (*U. parduczi* 11—13, *U. marinum* 13—16) und der Anzahl von Basalkörpern pro Cilienmeridian (17—20, 18—24) sowie durch das Fehlen eines indirekt verbindenden Silberliniensystems. *Uronema halophila* JANKOWSKI (1964): die mittleren Längen- und Breitenverhältnisse zwischen *U. parduczi* und *U. halophila* weichen deutlich voneinander ab (37×20 , $25 \times 12 \mu\text{m}$). Außerdem besitzt *U. halophila* ein indirektes Silberliniensystem. Von *Uronema acutum* BUDDENBROCK (1920), BORROR (1963), vor allem durch die Größe (*U. acutum* 50—70 μm) und die Zahl der Cilienmeridiane (*U. acutum* 9—12). *Uronema parva* CZAPIK (1968): besonders durch die Lage des Oralapparates (*U. parduczi* im oberen 2. Fünftel, *U. parva* in der unteren Äquatorialhälfte) und die mittleren Längen- und Breitenverhältnisse (*U. parduczi* 37×20 , *U. parva* $25 \times 25 \mu\text{m}$), *Uronema elegans* MAUPAS (1883), CZAPIK (1968): die Zahl der Cilienreihen (21—22) und die Größe (40—90 μm) weichen deutlich von *U. parduczi* ab. *Uronema marinum* PARDUCZ (1939): dieser von PARDUCZ beschriebene Ciliat ist mit großer Wahrscheinlichkeit nicht das typische von DUJARDIN (1841), KLEIN (1928) und THOMPSON (1964) beschriebene *U. marinum*. In einigen Punkten ist dieser Ciliat *Uronema parduczi* sehr ähnlich (z. B. Größe und Zahl der Cilienreihen). *U. parduczi* kann aber durch das Fehlen eines indirekt verbindenden Silberliniensystems prägnant von diesem Ciliaten geschieden werden. Der von PARDUCZ (1939) beschriebene Ciliat wäre eventuell als neue Art oder als Varietät von *U. marinum* einzuordnen.

d) *Paraaronema virginianum* n. g. n. sp. THOMPSON (1967)

Dieser von THOMPSON (1967) vorgeschlagene Genus weist leider nur sehr wenige differente Merkmale zu anderen *Uronema*-Arten auf. Jedenfalls sind sie zur Manifestierung eines neuen Genus zu verschwommen (z. B. unterscheidet sich *P. virginianum* von *Uronema marinum* nur durch eine Cilienreihe und eine etwas größere Membranelle eins (M₁). Es wird daher vorgeschlagen, diesen Genus wieder aufzulösen und *Paraaronema virginianum* dem Genus *Uronema* als neue Art einzugliedern.

e) Zur systematischen Stellung von *Uronema parduczi* sp. n.

Nach seiner Körperorganisation ist *Uronema parduczi* sp. n. der Ordnung Hymenostomatida, der Unterordnung Teträhymenina, der Familie Uronematidae und dem Genus *Uronema* einzuordnen.

Das Fehlen des für einige *Uronema*-Arten typischen indirekt verbindenden Silberliniensystems (*U. marinum*, *U. halophila*, *U. marinum* PARDUCZ) läßt *U. parduczi* als eine organisationsmäßig niederstehende *Uronema*-Spezies erscheinen. Da aber bei vielen anderen *Uronema*-Arten bisher nicht bekannt ist, ob sie ein indirektes Silberliniensystem besitzen oder nicht, kann nicht sicher beurteilt werden, ob *U. parduczi* in dieser Hinsicht tatsächlich eine Ausnahme darstellt.

Bereits PARDUCZ (1940) zeigte die vielen verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen den Genera *Uronema* und *Cyclidium*. Diese von PARDUCZ angegebenen Übereinstimmungen können im wesentlichen bestätigt werden. Im neuen System von CORLISS (1961) stehen diese beiden Genera aber in verschiedenen Unterordnungen. Es wäre wünschenswert, den engen Zusammenhang zwischen den Familien Uronematidae und Pleuronematidae auch im System aufzuzeigen. Vielleicht kann man die beiden Familien unter einer gemeinsamen Subordnung zusammenfassen.

Zusammenfassung

Es wird eine neue Spezies in der Familie Uronematidae beschrieben. Besonders im Silberliniensystem unterscheidet sich *Uronema parduczi* sp. n. von anderen bisher bekannten *Uronema*-Arten. Die Zahl der Cilienreihen, der eigenartige Trichozystenanschluß sowie die reichen Verzweigungen des Richtungsmeridians bei der Cytopyge und das Fehlen eines indirekt verbindenden Silberliniensystems, dürften die Einordnung als neue Art rechtfertigen.

Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen wird vorgeschlagen die Gattung *Parauro-nema* (THOMPSON (1967) aufzulösen und *Parauronema virginianum* als neue Art dem Genus *Uronema* DUJARDIN (1841) einzugliedern. Es werden verwandtschaftliche Beziehungen zwischen den Genera *Uronema* und *Cyclidium* aufgezeigt. Wegen des Fehlens eines indirekt verbindenden Silberliniensystems wird *Uronema parduczi* sp. n. als eine primitive (urtümlichere) *Uronema*-Art angesehen.

Das Problem der direkt- und indirekt verbindenden Silberliniensysteme der Ciliaten wird diskutiert.

Literatur

- BORROR, A. C.: Morphology and Ecology of the Benthic Ciliated Protozoa of Alligator Harbor, Florida. Arch. Protistenk. **106** (1963): 465—534.
- BUDDENBROCK, W. VON: Beobachtungen über einige neue oder wenig bekannte marine Infusorien. Arch. Protistenk. **41** (1920): 341—346.
- CORLISS, J. O.: The phylogenetic significance of the genus *Pseudomicrothorax* in the evolution of Holotrichous Ciliates. Acta Biologica **8** (1958): 367—388.
- An illustrated key to the higher groups of the Ciliated Protozoa, with definition of terms. J. Protozool. **6** (1959): 265—281.
- The Ciliated Protozoa. Pergamon Press (1961).

- CZAPIK, A.: La stomatogenèse du Ciliè *Uronema marinum* DUJARDIN (Hymenostomatida, Tetrahymenina). Acta Protozool. **2** (1964): 207—211.
- La morphologie de *Uronema elegans* MAUPAS et de *Uronema parva* sp. n. Acta Protozool. **5** (1968): 225—228.
- DE MORGAN, W.: Some marine Ciliates ect. Mar. Biol. Assoc., Plymouth **13** (1923—1925).
- DUJARDIN, F.: Histoire Naturelle des Zoophytes. Infusories. Paris, pp. 678 (1841).
- FOISSNER, W.: Wimpertiere im Silberpräparat. Ein verbessertes „trockenes“ Verfahren zur Darstellung des Silberliniensystems. Mikrokosmos **4** (1967): 122—126.
- Die Ausstoßung und Regeneration der Schleuderorganellen bei Ciliaten, beobachtet am Silberlinien- oder Neuroformativen System. Mitteilungsbl. der Mikrograph. Gesell. Wien **3** (1968a): 30—40.
- Schädigungen des Silberliniensystems. Das neuroformative System reagiert empfindlich. Mikrokosmos **12** (1968b): 364—370.
- Reaktionen des Silberliniensystems der Ciliaten auf mechanische Insulte I. Teil, Protoplasma **68** (1969a): 23—45.
- Reaktionen des Silberliniensystems der Ciliaten auf mechanische Insulte II. Teil, Protoplasma **68** (1969b).
- Silberliniensystem und Formbildung. Mikrokosmos **2** (1970): 52—57.
- GELEI, J. v.: Eine mikrotechnische Studie über die Färbung der subpellikulären Elemente der Ciliaten. Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk. und mikrosk. Technik **51** (1934): 103—178.
- Das äußere Stützgerüstsystem des *Paramecium*-Körpers. Arch. Protistenk. **92** (1939): 245—272.
- Körperbau und Erregungsleitung bei den Ciliaten. Arch. Protistenk. **93** (1940): 275—316.
- GREBECKI, A., MIKOLAJCZYK, E.: Ciliary reversal and re-normalisation in *Paramecium caudatum* immobilized by Ni ions. Acta Protozool. **5** (1968): 289—204.
- JANKOWSKI, A. W.: Morphology and evolution of Ciliophora IV. Acta Protozool. **2** (1964): 33—58.
- KAHL, A.: Ciliata. In: Dahl, „Die Tierwelt Deutschlands“ (1930—1935).
- KLEIN, B. M.: Über eine neue Eigentümlichkeit der Pellicula von *Chilodon uncinatus* EHRBG. Zool. Anz. **67** (1926): 1—2.
- Die Silberliniensysteme der Ciliaten. Weitere Resultate. Arch. Protistenk. **62** (1928): 163—246.
- Das Ciliensystem in seiner Bedeutung für Lokomotion, Koordination und Formbildung mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten. Erg. Biol. **8** (1932): 75—171.
- Reaktionen des Silberliniensystems auf Schädlichkeiten I. u. II. Boll. zoll. Sup. Agr. Nil. **4** u. **6** (1934—1935): 1—36, 1—46.
- Äußeres Stützgerüst und neuroformatives System der Ciliaten. Ann. Naturhist. Mus. Wien **52** (1941): 20—53.
- Das Silberlinien- oder neuroformative System der Ciliaten. Ann. Naturhist. Mus. Wien **53** (1942): 156—336.
- MAUPAS, E.: Contrib. à l'étude morph. et anat. des Infusoires ciliés. Arch. zool. exper. **1** (1883).
- PARDUCZ, B.: Körperbau und einige Lebenserscheinungen von *Uronema marinum* DUJ. Arch. Protistenk. **92** (1939): 284—314.
- Verwandtschaftliche Beziehungen zwischen den Gattungen *Uronema* und *Cyclidium*. Arch. Protistenk. **93** (1940): 185—214.
- Die Fixation als Reizwirkung in der Tätigkeit der Zellorganellen. Acta Biologica **3** (1951): 1—17.
- Reizphysiologische Untersuchungen an Ziliaten. II. Neuere Beiträge zum Bewegungs- und Koordinationsmechanismus der Ziliatur. Acta Biologica **5** (1954): 170—209.

- Reizphysiologische Untersuchungen an Ziliaten. III. Über die Fähigkeit der Peristomalzilien von *Paramecium*. Ann. Hist. Nat. Hung. (1956): 190—194.
- Reizphysiologische Untersuchungen an Ziliaten. IV. Über das Empfindungs- bzw. Reaktionsvermögen von *Paramecium*. Acta Biologica **6** (1956).
- SCHEWIAKOFF, W.: Beiträge zur Kenntnis der Holotrichen Ciliaten. Biblioth. Zool. fasc. **5** (1889).
- THOMPSON, J. C.: A redescription of *Uronema marinum*, and a proposed new family Uronematidae. Virg. J. Science **15** (1964): 80—87.
- *Glauconema trihymene* n.g.n.sp., a hymenostome ciliate from Virginia coast. J. Protozool. **13** (1966): 393—395.
- *Potomacus pottsi* n.g.n.sp., a hymenostome ciliate from the Potomac River. J. Protozool. **13** (1966b): 459—462.
- *Parauronema virginianum* n.g.n.sp., a marine Hymenostome Ciliate. J. Protozool. **14** (1967): 731—734.
- and BERGER, J.: *Paranophrys marina* n.g.n.sp., a new ciliate associated with a hydroid from the north-east Pacific (Ciliata, Hymenostomatida). J. Protozool. **12** (1965): 527—531.
- and MOEWUS, L.: *Miamicysis avidus* n.g.n.sp., a marine facultative parasite in the ciliate order Hymenostomatida. J. Protozool. **11** (1963): 378—381.
- WETZEL, A.: Unterreich Protozoa: Urtiere, Einzeller. Lehrbuch der spez. Zool. von A. KAESTNER, pp. 21—95 (1965).

Anschrift des Verfassers: WILHELM FOISSNER, Linz, Naturkundliche Station, Roseggerstraße 22 (Österreich).