

MYTHOS SCHÖNHEIT

Die eukaryotischen, heterotrophen Einzeller

Wilhelm Foissner

FOISSNER, W. (2015): Mythos Schönheit: Die eukaryotischen, heterotrophen Einzeller. Kataloge des Oberösterreichischen Landesmuseums, N.S., 168: 71-79.

Dank

Diese Studie wurde vom Fonds für die wissenschaftliche Forschung (FWF) unterstützt (Projekte P-20360-B17, P-22846-B17, P-26325-B16).

Für technische Hilfe bedanke ich mich bei Dr. Heidi Bartel, Andreas Zankl und Robert Schörghofer.

Weiterführende Literatur

John F. Darbyshire (Hrsg.), *Soil Protozoa*, Wallingford 1994, S. I-IX und 1-209.

Christian G. Ehrenberg, *Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen*, Leipzig 1838, S. 1-548 und Tafeln I-LXIV.

Karl G. Grell, *Protozoologie*, 2. Aufl., Berlin 1968, S. I-VIII und 1-511.

Klaus Hausmann und Norbert Hülsmann, *Protozoology*, 2. Aufl., Stuttgart 1996, S. I-VIII und 1-338.

Martin Kreutz und Wilhelm Foissner, *The Sphagnum Ponds of Simmelried in Germany. A Biodiversity Hot-Spot for Microscopic Organisms*, Aachen 2006, S. 1-267.

Norman D. Levine, *Veterinary Protozoology*, Ames 1985, S. I-IX und 1-414.

Denis H. Lynn, *The Ciliated Protozoa*, Dordrecht 2008, S. I-XXXIII und 1-605.

Lynn Margulis, John O. Corliss, Michael Melkonian und David J. Chapman, *Handbook of Protoctista*, Boston 1989, S. I-XLI und 1-914.

Was sind Einzeller?

Weinzeller sind Lebewesen, die aus nur einer Zelle bestehen; es gibt davon mehrere Millionen Arten, die meisten sind aber so klein, dass wir sie nur im Licht- und Elektronenmikroskop sehen können. In der Mitte des 20. Jahrhunderts erkannte man, dass es zwei Typen von Einzellern gibt: solche, die keinen »richtigen« Zellkern haben, bei denen also die Erbsubstanz und andere wichtige Teile der Zelle »frei« im Zellsaft (Cytoplasma) liegen; und andere, bei denen die Erbsubstanz und wichtige funktionelle Einheiten von sehr dünnen Häutchen (Membranen) umgeben sind. Erstere nannte man Prokaryoten, letztere Eukaryoten, die sich aus Prokaryoten entwickelten. Erst Ende des 20. Jahrhunderts wurde noch eine dritte Gruppe von Einzellern entdeckt: die Archaea, die sich von den »gewöhnlichen« Bakterien in der Erbsubstanz und im Aufbau der Zellwand grundlegend unterscheiden. Schon im 18. Jahrhundert erkannte man, dass es autotrophe und heterotrophe Einzeller gibt: Erstere haben Chlorophyll und ernähren sich hauptsächlich vom Sonnenlicht, so wie unsere großen Pflanzen; letztere sind farblose Räuber, die sich von anderen Einzellern oder kleinen Vielzellern ernähren.

Zu den prokaryotischen Einzellern gehören vor allem die Bakterien, von denen die meisten kleiner als ein zehntausendstel Millimeter ($<10\mu\text{m}$) sind. Sie kommen in ungeheuren Mengen auf der ganzen Erde vor (zum Beispiel über 1 Milliarde in einem Fingerhut Wiesenboden) und sind die wichtigsten Lebewesen überhaupt, da sie alle anderen Lebewesen nach dem Tod dekompostieren (zerlegen) und die dabei anfallenden Stoffe einer neuen, jungen Generation zugänglich machen. Manche Bakterien sind gefährliche Krankheitserreger, etwa von Typhus und eitrigen Entzündungen, die meisten aber sind harmlos und für alle anderen Lebewesen unentbehrlich, zum Beispiel bei der Verdauung der Nahrung (Dekomposition). Molekularbiologische Untersuchungen zeigten, dass es mehrere Millionen Arten von Bakterien gibt; die meisten sind aber funktionelle Arten, während die morphologische Diversität wegen der geringen Größe nur klein ist. Charakterisiert sind bisher weniger als zehntausend Arten. Die Beschreibung und Charakterisierung der restlichen zwei oder drei Millionen Arten wird noch Hunderte Forschergenerationen beschäftigen!

Die eukaryotischen Einzeller, von denen bisher etwa 200 000 Arten beschrieben

Radiolarie (Strahlentier)

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme von Wilhelm Foissner

Potpourri heterotropher Einzeller im Rasterelektronenmikroskop

a–c, e, h, j, k: Ciliaten (Ciliophora, Wimpertierchen)

a: Ventralansicht von *Bursaria truncatella*, die bis 1 mm groß wird und daher eines der größten Wimpertierchen ist. Die Oberfläche erscheint rau durch Tausende Wimpern (Cilien). In der oberen Hälfte befindet sich der große Mund, mit dem es nicht nur andere Einzeller, sondern auch kleine Vielzeller (z. B. Rädertiere) aufnehmen kann. Man findet dieses beeindruckende Ciliat meist in kleinen, nährstoffreichen Teichen.

b: *Coleps* ist ein etwa 80 µm großes, räuberisches Wimpertierchen mit einem Panzer aus Kalziumkarbonat-Platten (vgl. Abb. 4b). Hier eine Frontalansicht mit dem kreisrunden Mund, der sich weit öffnen kann, und dessen blendenförmig angeordnete Plättchen die Beute festhalten. Häufig in Teichen und Seen.

c: *Colpidium colpoda* (Beschreibung in Abb. 4a)

e: *Prodiscophrya collini*, ein »saugendes« Wimpertierchen, ist etwa 50 µm groß und besitzt im adulten Zustand keine Wimpern, sondern Tentakel, mit denen es die Beute, hier kleine Flagellaten, immobilisiert und aussaugt. Drei Tentakel haben noch keine Beute. Die fast kugelförmige Zelle zeigt einen dünnen Stiel (Pfeilspitze), mit dem sie auf festen Oberflächen sitzt. Bei der Vermehrung werden bewimperte Schwärmer gebildet. Gefunden im Belebtschlamm einer Kläranlage.

h: *Aspidisca turrita*, die Chinesenmütze, ist ein scheibenförmiges, etwa 50 µm großes Wimpertierchen mit einem großen Dorn auf der Dorsalseite; seine Funktion ist unbekannt. Häufig im Belebtschlamm von Kläranlagen und in nährstoffreichen fließenden und stehenden Gewässern.

j: *Didinium nasutum*, ein etwa 150 µm großes Ciliat, besitzt eine kleine Nase, die giftgefüllte Nadeln enthält, die in die Beute, bevorzugt das Pantoffeltierchen (Abb. 6b), geschossen werden. Dann öffnet sich die Nase, und die Beute wird verschluckt. Mit den zwei mächtigen Wimpergürteln kann *Didinium* sehr rasch schwimmen (~1 mm/sec). In nährstoffreichen Pfützen, Teichen und Seen.

k: *Euplotes aediculatus* ist etwa 120 µm groß. Die Wimpern sind zu kleinen Bündeln vereinigt und daher gut erkennbar. Der Oralapparat (Sternchen) hat auf der rechten Seite ein dichtes Wimperband, mit dem die Beute (Bakterien, diverse Algen, Flagellaten) in den Mundtrichter befördert wird. Selten in stark verunreinigten fließenden und stehenden Gewässern, auch im Belebtschlamm von Kläranlagen.

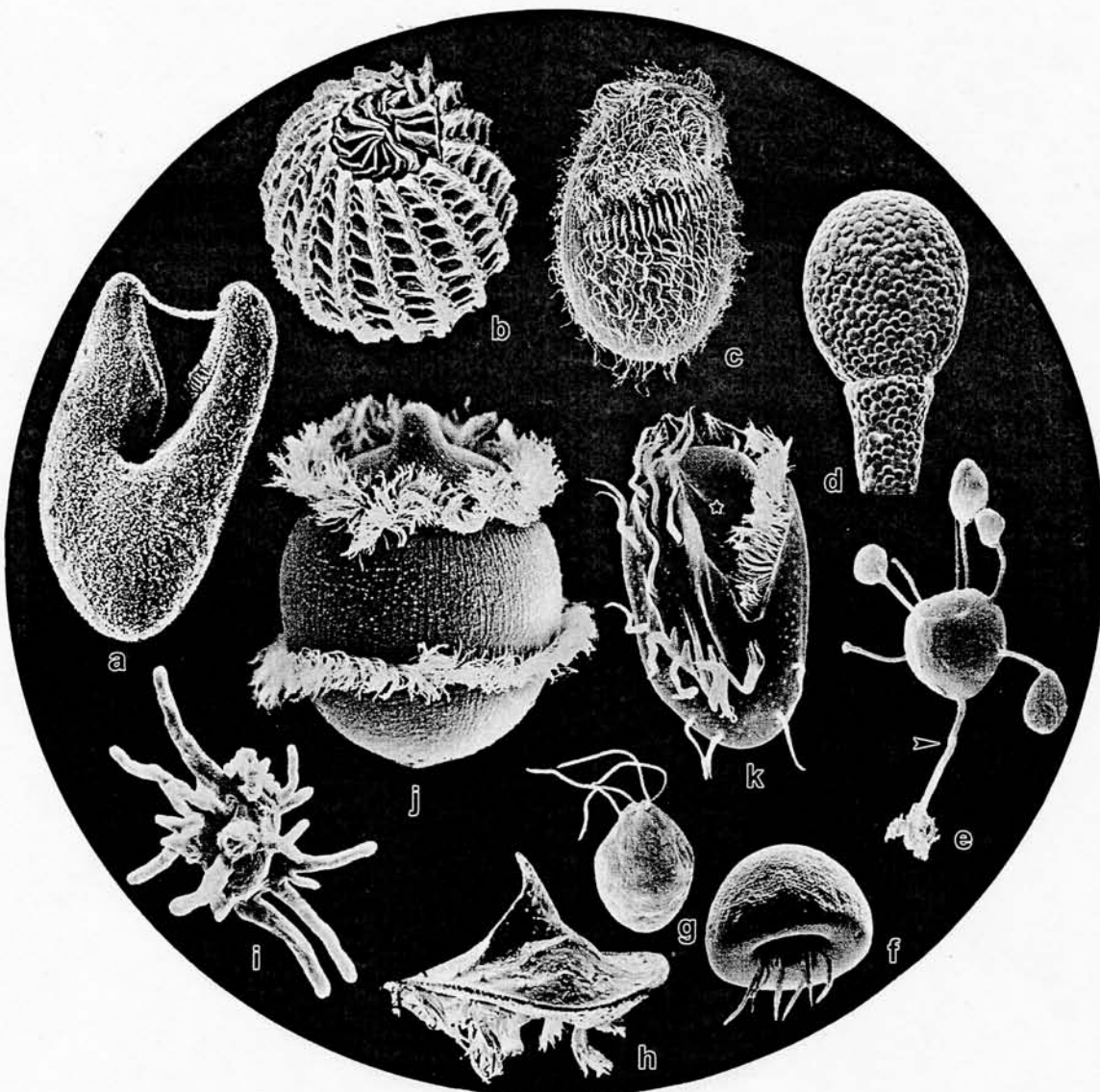
d, f, i: Amöben (Wechseltierchen)

d: *Apodera vas*, eine etwa 150 µm große Schalenamöbe (Testacea), kommt nur auf der südlichen Halbkugel der Erde vor, das heißt, sie hat eine beschränkte geografische Verbreitung. Die Schale besteht aus kleinen, runden Glasplättchen, die sie von ihrer Beute (andere kleine Testaceen) aufbewahrt und bei der Teilung zum Bau des Gehäuses des Sprösslings verwendet. Diese auffallende Art lebt in Moosen und in der Waldstreu und ernährt sich von Ciliaten und Fadenwürmern (Nematoden).

f: *Arcella*, eine etwa 50 µm große Schalenamöbe, die einige Scheinfüßchen (Pseudopodien) aus der zentralen Schalenöffnung streckt. Häufig am Grund von Teichen und in Moosen.

g: Das Geißeltierchen *Polytoma* ist nur etwa 30 µm groß und hat am Vorderende vier im Verhältnis zum Körper lange Fortsätze, die daher »Geißeln« genannt werden. Häufig in nährstoffreichen Gewässern und im Boden.

i: *Amoeba proteus*, die »klassische« Nacktamöbe, wird fast 1 mm groß und hat keine bestimmte Gestalt. Die vielen Pseudopodien dienen zur Bewegung und zum Beutefang. Man findet sie an der Oberfläche des Schlammes von Teichen und Seen.



wurden, sind ebenfalls weltweit verbreitet, sowohl im Wasser als auch im Boden und als Parasiten in den meisten Pflanzen und Tieren. Man weiß, dass jede Pflanzen- und Tierart Lebensraum für mindestens einen spezifischen, eukaryotischen Einzeller ist, häufig als Parasit oder als ungefährlicher Mitbewohner. So wie die Prokaryoten sind viele Futter für andere Einzeller oder für kleine Vielzeller, zum Beispiel Rädertiere (Rotatoria). Andere sind gefürchtete Krankheitserreger, wie *Plasmodium* (Malaria) und *Trypanosoma* (Schlafkrankheit).

Bei den heterotrophen, eukaryotischen Einzellern, dem Thema dieses Beitrags, können wir vier Organisationsstufen/-typen unterscheiden: Amöben (Wechseltierchen), Flagellaten (Geißeltierchen), Ciliaten (Wimpertierchen) und Sporentierchen (Sporozoen).

Es gibt kaum scharfe Grenzen zwischen diesen Typen, und die molekularbiologischen Forschungen zeigen, dass nur die Ciliaten und die Sporozoen diskrete systematische Gruppen sind, während die Amöben und Flagellaten aus vielen Gruppen bestehen, die einen eigenen Namen benötigen. Aber selbst bei den »typischen Ciliaten« gibt es Gruppen ohne Cilien (zum Beispiel adulte Suktorien, Abb. 1e) und die daher erst spät als Ciliaten erkannt wurden.

Im folgenden Text ist es nicht möglich, auf Details einzugehen; manche finden sich jedoch in den Legenden zu den Abbildungen.

Der amöboide Organisationstyp ist gekennzeichnet durch das Fehlen einer beständigen Körperform, daher auch der Name »Wechseltierchen«.

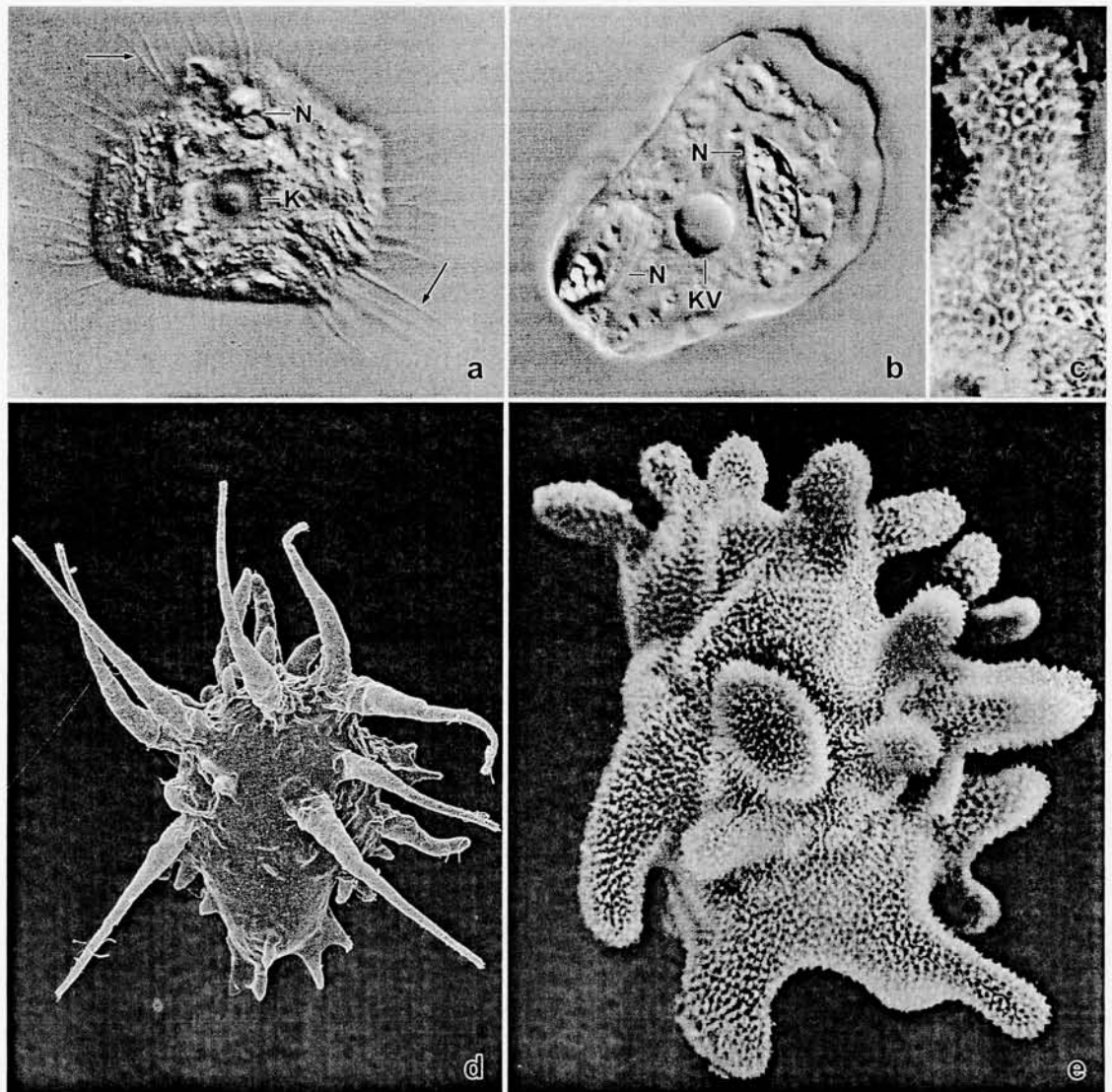
ABB. 2
Nacktamöben aus Moosen und Böden im Lichtmikroskop (Abb. 2a, b) und im Raster-elektronenmikroskop (Abb. 2c-e).

a: *Nuclearia* ist etwa 40 µm groß und hat viele nadelförmige Scheinfüßchen (Filopodien, Pfeile). Der hyaline Zellkern (K) hat einen kompakten Nucleolus im Zentrum. Eine Nahrungsvakuole (N) befindet sich oberhalb des Zellkerns.

b: *Thecamoeba* ist etwa 70 µm groß. Sie macht keine Scheinfüßchen, sondern die ganze Zelle ist ein großes Pseudopodium mit hyalinem Rand. Im Cytoplasma erkennt man die kontraktile Vakuole (KV) und zwei Nahrungsvakuolen (N) mit Pilzsporen.

c, e: Diese etwa 100 µm große *Dactylamoeba* aus einem tunesischen Salzboden ist vielleicht noch gar nicht beschrieben. Sie hat viele dicke Scheinfüßchen und ist mit winzigen Plättchen bedeckt, die vermutlich aus sauren Mucopolysacchariden bestehen (Abb. 2c).

d: Diese etwa 40 µm große Amöbe hat lange dornenförmige Scheinfüßchen.



Potpourri silberimprägnierter, heterotropher Einzeller im Lichtmikroskop. Abhängig von der Methode werden verschiedene Strukturen sichtbar, besonders der Zellkern (K) und die granulären Basalkörper der Wimpern. Diese Methoden zeigen eindrucksvoll die Komplexität und Schönheit der Einzeller.

a: *Trinema complanatum*, eine etwa 50 µm große Amöbe (Testacea), baut ihre Schale aus vielen kleinen Glasplättchen, die von einer Art Kitt, der sich imprägniert, zusammengehalten werden. Die Schalenöffnung, durch die die Pseudopodien herausgestreckt werden, ist mit einem Sternchen markiert.

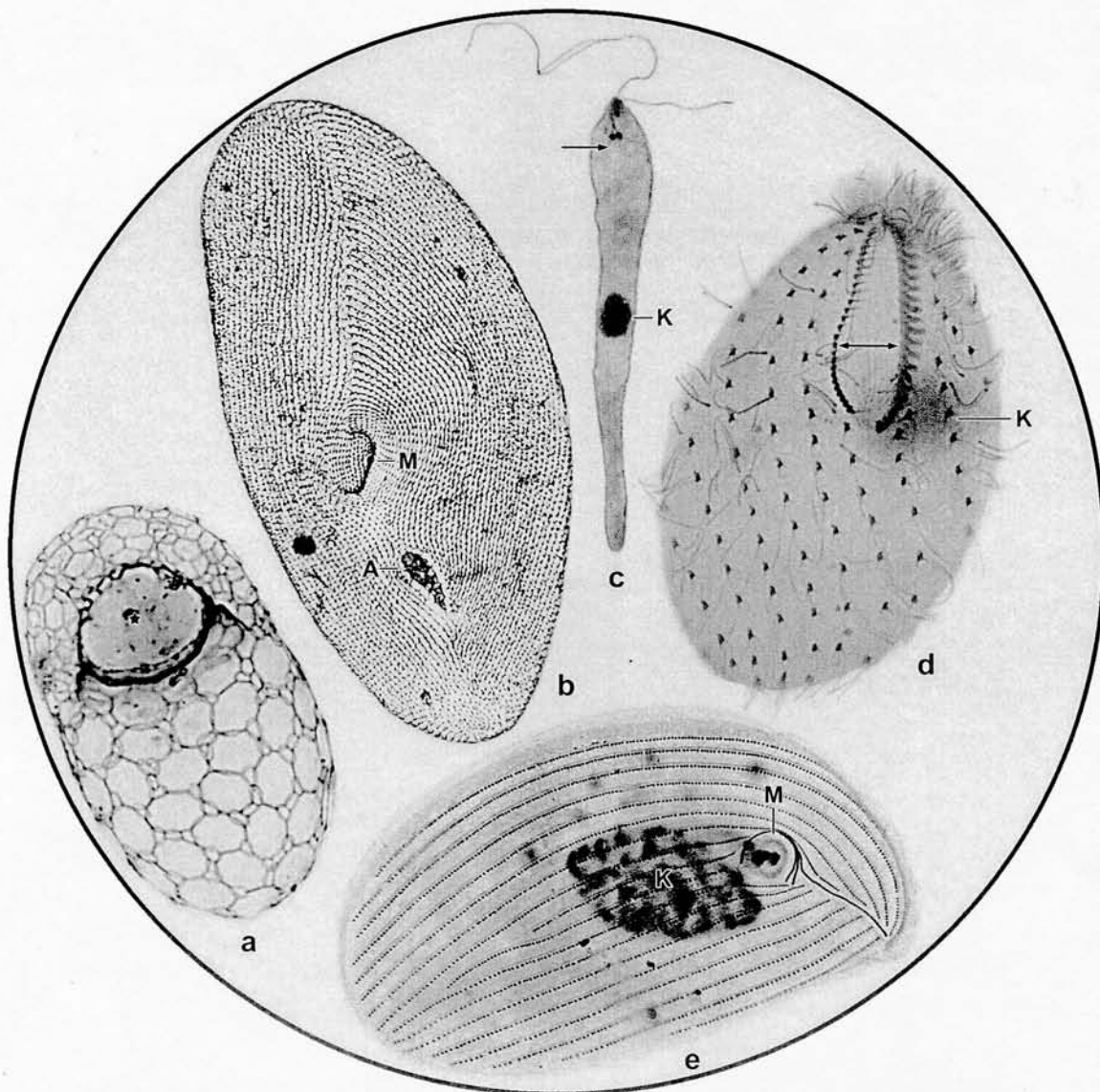
b: *Paramecium aurelia* (Pantoffeltierchen), Muster der Wimpern (Basalkörper) der Ventralseite. Der Mundeingang (M) und der After (A) sind auch erkennbar. Diese etwa 120 µm große Art ernährt sich von Bakterien, und man findet sie häufig in stark verschmutzten fließenden und stehenden Gewässern.

c: *Peranema*, ein etwa 50 µm großer Flagellat aus dem Boden, hat eine kurze und eine lange Geißel, deren Basalkörper kontrastreich imprägniert sind (Pfeil). In der Mitte befindet sich der Zellkern.

d: Ventralansicht von *Bryometopus balantidioides*. Das etwa 60 µm große Wimpertierchen entdeckte ich in einer Bodenprobe von Australien. Der Mund besitzt ein dünnes linkes und ein dickes rechtes Wimpernband (Pfeile). Der Zellkern (K) ist auch imprägniert. Die somatischen Wimperreihen verlaufen leicht spiralig. Ernährt sich von Bakterien.

e: *Trithymostoma cucullus* ist ein etwa 100 µm großes Wimpertierchen mit etwa 20 Wimperreihen, die im Bereich des Mundes (M) mehrere Spezialisierungen zeigen. Der große Zellkern (K) befindet sich unterhalb des Mundes. Diese Art ernährt sich von Bakterien und Kieselalgen und ist ein sehr guter Indikator für stark verschmutztes Wasser.

Sehr häufig bilden sie lappen- oder fingerförmige Scheinfüßchen (Pseudopodien), mit denen sie sich bewegen und Beute greifen (Abb. 1f, i; 2a, d, e). Innerhalb der Amöben können vier große Gruppen unterschieden werden: die Nacktamöben, die keine Schale haben und oft viele Pseudopodien bilden (Abb. 1i; 2a, b, d, e); die Schalenamöben (Testacea, Abb. 1d, f; 3a) und die vorwiegend marinen, manchmal mehrere cm großen Foraminiferen, die Gehäuse bilden, aus denen sie ihre Scheinfüßchen herausstrecken (Abb. 1f); und die Radiolarien mit ihren wunderschönen Gehäusen (vgl. den Beitrag von Erna Aesch, S. 65 in diesem Buch). Die amöboide Organisationsstufe ist auch bei den Vielzellern wichtig und weit verbreitet, genannt seien nur zwei, die weißen Blutkörperchen (Leukocyten) und die Fibroblasten in den Geweben. Beide sind kleine



Nacktamöben (< 100 µm) und ständig auf der Suche nach Eindringlingen, wie Bakterien und Parasiten, die sie mit den Scheinfüßchen packen und im Innern verdauen und so unschädlich machen.

Die Flagellaten-Organisationsstufe ist ebenfalls weit verbreitet. Meist sind es kleine, weniger als 50 µm (tausendstel Millimeter) große Einzeller, die am Vorderende eine oder mehrere im Verhältnis zum kleinen Körper lange Wimpern (Geißeln) besitzen, mit denen sie auch rasch schwimmen oder gleiten können (Abb. 1g; 3c). Einige Tausend Arten sind beschrieben worden, die vorwiegend im Süß- und Meerwasser leben. Recht viele sind Parasiten in Tieren und Pflanzen, zum Beispiel *Trypanosoma*, der Erreger der Schlafkrankheit bei Mensch und Tier und *Phytomonas*, der Erreger der Welkekrankheit bei vielen Pflanzen, wie Palmen und

Euphorbien. Auch dieser Organisationstyp findet sich bei den Vielzellern, besonders in Form der männlichen Geschlechtszellen, den Spermien, deren Geißel oft lang und »stark« ist, damit sie sich zur Eizelle durchkämpfen können.

Die höchste Organisationsstufe wird bei den Ciliaten erreicht, weshalb sie diesen Beitrag dominieren. Die meisten Ciliaten sind stark »behaart«, das heißt, sie haben viele feine Fortsätze (Cilien), die im Verhältnis zur Körperlänge sehr kurz sind (meist 5–15 µm). Die großen Arten haben Tausende Cilien zum Schwimmen und zur Nahrungsaufnahme, wie das weithin bekannte Pantoffeltierchen *Paramecium* (Abb. 3b; 6a–d). Viele Ciliaten haben komplexe Mundstrukturen, die bei der Aufklärung der Verwandtschaftsverhältnisse wichtig sind (Abb. 1a, b, j, k; 3b, d, e; 5; 6a, b; 8a; 9b–d).

ABB. 4
Colpidium colpoda und *Coleps hirtus*, zwei schöne Ciliaten, im Rasterelektronenmikroskop. Die Vielfalt von Strukturen bei einer Größe von nur 100 µm macht verständlich, warum es »vollständige Organismen« und die höchst evolvierten Zellen sind, die wir kennen.

a: *Colpidium*, Ansicht der rechten Seite, die dicht mit etwa 10 µm langen Cilien bewimpert ist; am Hinterende sind einige verlängerte Wimpern, die Caudalcilien (CC), die vielleicht sensorische Funktion haben. Der Pfeil weist auf ein spezielles Band mit dicht stehenden Wimpern; es führt zum Mund (M) und hat daher vielleicht etwas mit der Ernährung zu tun. Die Pfeilspitze weist auf den Exkretionsporus der kontraktilen Vakuole, die zur Osmoregulation und Ausscheidung flüssiger Exkrete dient. Der Mund (M) befindet sich in einer kleinen Senke (vgl. Abb. 5). *Colpidium* ernährt sich von Bakterien und bevorzugt daher sehr stark verschmutzte Gewässer.

b: *Coleps* ist einer der ungewöhnlichsten und schönsten Ciliaten im Rasterelektronenmikroskop, weil er in der Pellicula (einer etwa 2 µm dicken »Haut«) komplex strukturierte Kalziumkarbonat-Platten aufweist, die am Vorder- und Hinterende mit Dornen besetzt sind. Der Mund (M) wird am Vorderende, seine speziellen Platten in Abb. 1b sichtbar. Die Wimpern ragen aus den linsenförmigen Öffnungen des Panzers und wurden bei der Präparation entfernt. *Coleps hirtus* ist ein Räuber, der sich von anderen Ciliaten und kleinen Vielzellern ernährt. Man findet ihn leicht im freien Wasser von Teichen und Seen.

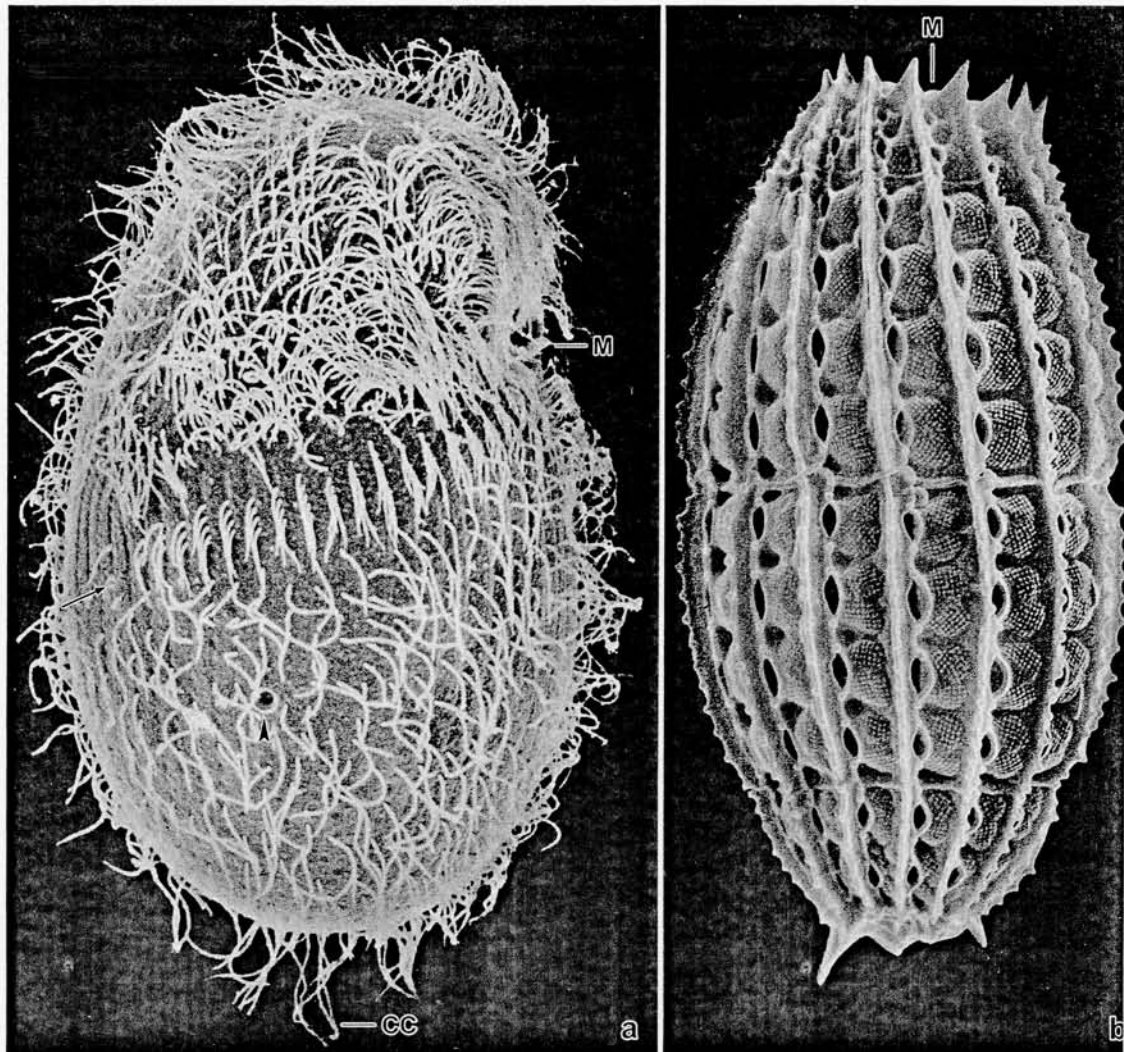


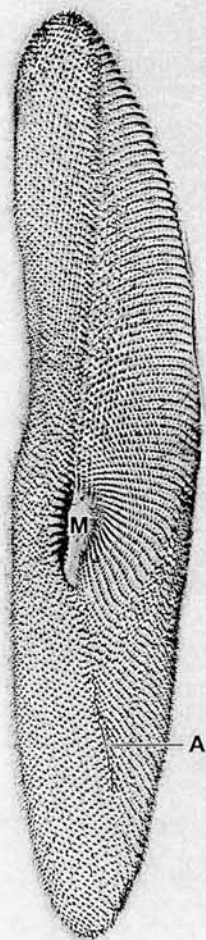


ABB. 5

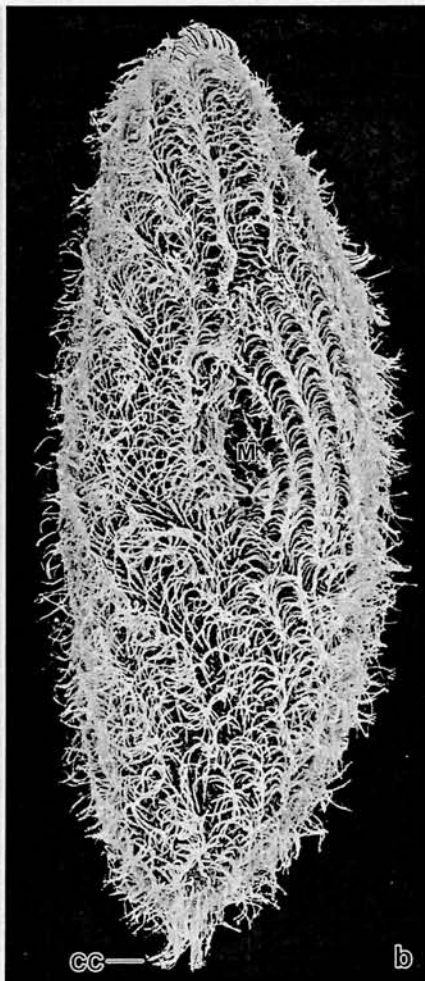
Ventrales vorderes Drittel von *Colpidium colpoda*, einem komplexen Wimpertierchen, das in Abb. 4a im Rasterelektronenmikroskop dargestellt ist.

Die außerordentlich vielfältigen Strukturen, die Basalkörper der Wimpern und das sogenannte »Silberliniensystem«, werden sichtbar, wenn man die Zellen mit Silbernitrat imprägniert (vgl. Abb. 9a–d). Die zentrale Struktur ist der verhältnismäßig kleine nierenförmige Mund (M), in dem vier Wimperbänder erkennbar sind: eine undulierende Membran (UM) und drei dicke adorale Membranellen (1, 2, 3), die aus vielen Wimpern bestehen. Die Reihen schwarzer Granula sind die Basalkörper der Wimpern. Oberhalb des Mundes sind die Wimperreihen und Silberlinien so angeordnet, dass eine wunderschöne Spirale entsteht.

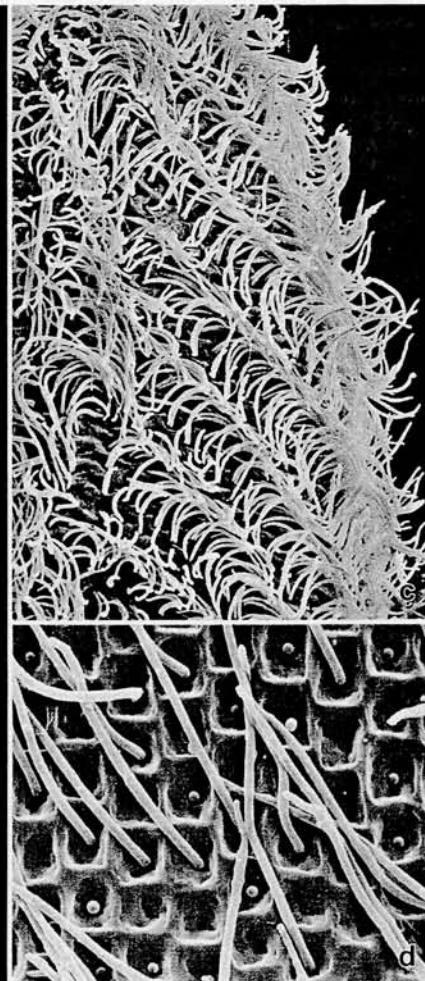
In und zwischen den Wimperreihen erkennt man die sogenannten Silberlinien, die mit pelliculären Strukturen in Kontakt treten. Daher hat der Entdecker der Methode und des Silberliniensystems, der Wiener Amateur-Biologe Dr. h. c. Bruno M. Klein (1891–1968, vgl. S. 57 f. in diesem Buch), eine erregungsleitende Funktion vorgeschlagen.



a



b



d

ABB. 6

***Paramecium*, das Pantoffeltierchen, in einer Silbernitrat-Präparation (Abb. 6a) und im Rasterelektronenmikroskop (Abb. 6b–d). Beide Arten fressen hauptsächlich Bakterien und besiedeln daher den Grund nährstoffreicher verschmutzter stehender und fließender Gewässer.**

a: Ventralansicht des etwa 200 µm großen *P. caudatum*. Die schwarzen Granulareihen sind die Basalkörper der Wimpern, die ein komplexes Muster um den Mund (M) bilden. Postoral erkennt man eine Silberlinie, die den After (A) kontaktiert.

b–d: Ventralansichten des etwa 150 µm großen, dicht bewimperten *P. aurelia* (vgl. Abb. 3b). Beim Schwimmen bilden die Cilien am Körper und um den Mund metachronale Wellen, ähnlich wie bei einem vom Wind bewegten Kornfeld. Am Hinterende erkennt man einige verlängerte Caudalcilien (CC), die vermutlich eine sensorische Funktion haben. Die Pellikula »Haut« ist viereckig gefeldert, und im Zentrum jedes Feldes entspringen eine oder zwei Wimpern, je nach Körperregion; einige Wimpern sind bei der Präparation verloren gegangen.

Etwa 10 000 Ciliaten-Arten sind bisher beschrieben worden, vermutlich gibt es aber weit mehr, nämlich 30 000 oder 40 000. Sie sind 10–2000 µm groß, meist aber 100–200 µm, und haben eine sehr diverse Gestalt und Lebensweise. Ciliaten leben im Süß- und Meerwasser, im Boden und in Baumrinden, als harmlose Kommensalen auf vielen Wassertieren (Käfern, Insektenlarven etc.) und im Pansen der Wiederkäuer sowie im Enddarm vieler Lurche. Nur wenige sind gefährliche Parasiten, wie *Ichthyophthirius multifiliis*, der Erreger der gefürchteten »Weißpünktchenkrankheit« bei Fischen. Auch die Ciliaten haben Analoga in den Vielzellern, besonders das Wimperepithel (oberste Zellschicht), zum Beispiel bei den Kiemen der Fische und im Darm der meisten Tiere.

Wegen ihrer sehr differenzierten Morphologie und Lebensweise (Ökologie) sowie der kommoden Größe sind Ciliaten hervorragende Bioindikatoren in fließenden und

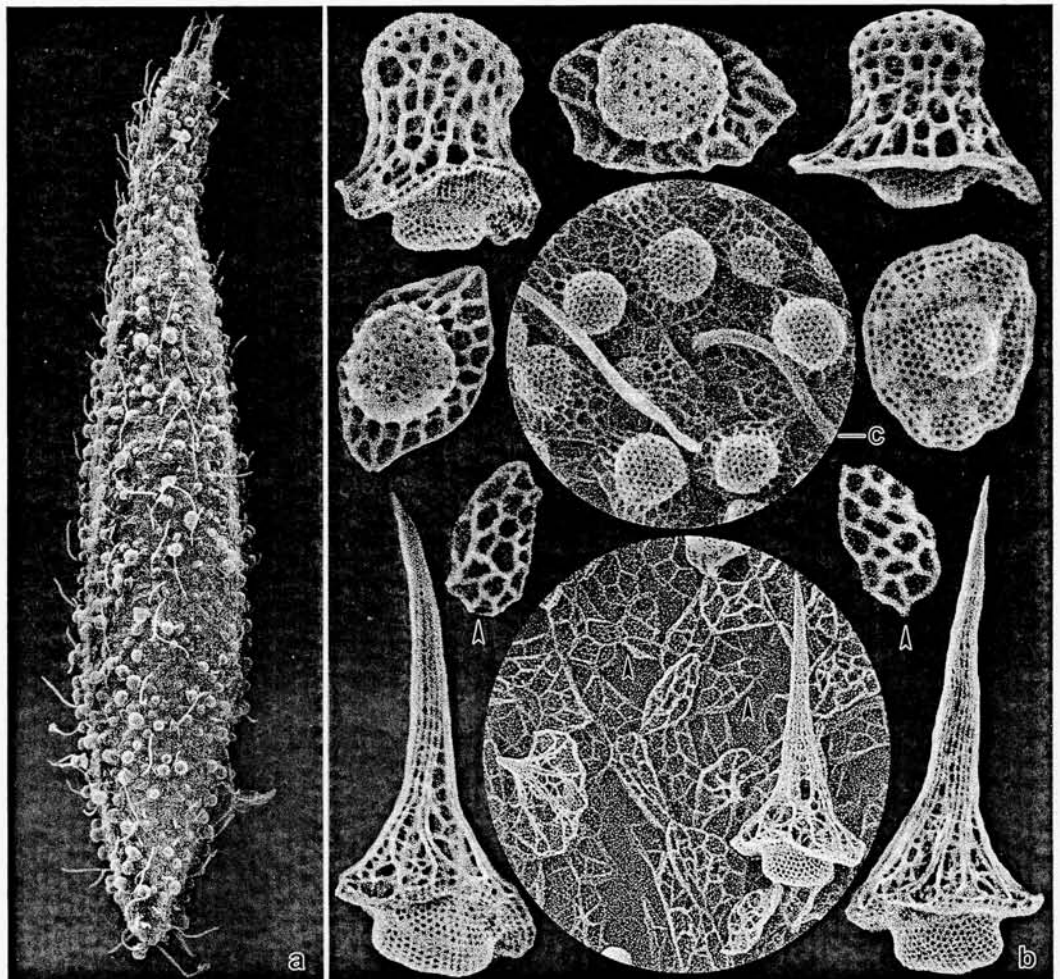
stehenden Gewässern. *Bursaria truncatella* (Abb. 1a) etwa indiziert leicht verschmutztes Wasser, während *Colpidium colpoda* (Abb. 1c; 4a; 5) ein typischer Bewohner sehr stark verschmutzter Gewässer ist.

Fast alle Sporentierchen (Sporozoa und Coccidea) sind kleine (meist <30 µm), intrazelluläre Parasiten, von denen einige gefährliche oder tödliche Krankheiten bei Mensch und Tier verursachen, zum Beispiel die Toxoplasmose (durch *Toxoplasma*), die Malaria (durch *Plasmodium*) und die Coccidiose (durch *Eimeria*) bei Massentierhaltung. Viele sind gekennzeichnet durch eine recht komplexe Morphologie und einen Lebenszyklus mit Wirtswechsel. Am Ende des Zyklus bilden sie eine sehr widerstandsfähige Spore (Cyste = Dauerstadium). Die Spore besitzt im Inneren eine lange, feine Röhre, die in den Wirt gestoßen wird und einen amöboiden »Keim« entlässt, mit dem ein neuer Zyklus beginnt.

ABB. 7
Sleighophrys pustulata und
Luporinophrys micelae im
Rasterelektronenmikroskop.

Diese Wimpertierchen entdeckte ich in einer Wiesenpfütze im Norden von Venezuela. Beide sind etwa 200 µm groß, schlank flaschenförmig (Abb. 7a) und haben auf der Oberfläche eine 5–10 µm dicke Schleimschicht, in die Tausende ellipsoide (Pfeilspitzen), hutförmige (*S. pustulata*) oder dornenförmige (*L. micelae*) Strukturen (Lepidosomen) eingebettet sind; zwischen den Lepidosomen befinden sich die Cilien (C).

Das Potpourri (Abb. 7b) zeigt die wunderschönen Lepidosomen, die in der Zelle gebildet und dann ausgeschleust werden, in verschiedenen Ansichten. Die Lepidosomen bestehen aus Mehrfach-Zuckern, sogenannten Mucopolysacchariden. Ihre Funktion ist unbekannt, vielleicht sind es Relikte, die vor Millionen von Jahren eine Bedeutung hatten. Ich mache noch einmal darauf aufmerksam: Die Lepidosomen sind Differenzierungen einer einzigen Zelle!



Molekularbiologische Untersuchungen weisen darauf hin, dass die Sporentierchen von den Pilzen abstammen – ein weiter Weg. Soweit bekannt, hat fast jede Tierart ein spezifisches Sporentierchen. Daher geht ihre Artenzahl in die Millionen, aber nur etwa 5000 sind bisher beschrieben worden.

Warum faszinieren mich Einzeller?

In ein Mikroskop blickte ich das erste Mal in der zweiten Klasse Hauptschule, als uns Herr Hennebichler einen Flügel der Stubenfliege einstellte. In der dritten Klasse zeigte uns Herr Zehethofer verschiedene Algen. Obwohl ich nicht recht viel sah, war mein Weihnachtswunsch klar: Ein Mikroskop

musste es sein, an dem ich dann stundenlang saß und die Welt im Wassertropfen beobachtete, von der ich zuvor nichts wusste und die man ohne Mikroskop nicht sehen konnte. Das war ein Wunder für mich, nicht nur die Protozoen und Algen mit ihren hübschen Formen, sondern bald auch andere mikroskopisch kleine Strukturen, zum Beispiel die Vielfalt der Pflanzenzellen in dünnen Schnitten.

Erst später begriff ich das zweite, noch größere Wunder. Lange Zeit betrachtete man die Einzeller als einfache, primitive Lebewesen. Heute wissen wir, dass sie die komplexesten Zellen sind, die die Evolution hervorgebracht hat. Es ist eine späte Bestätigung von

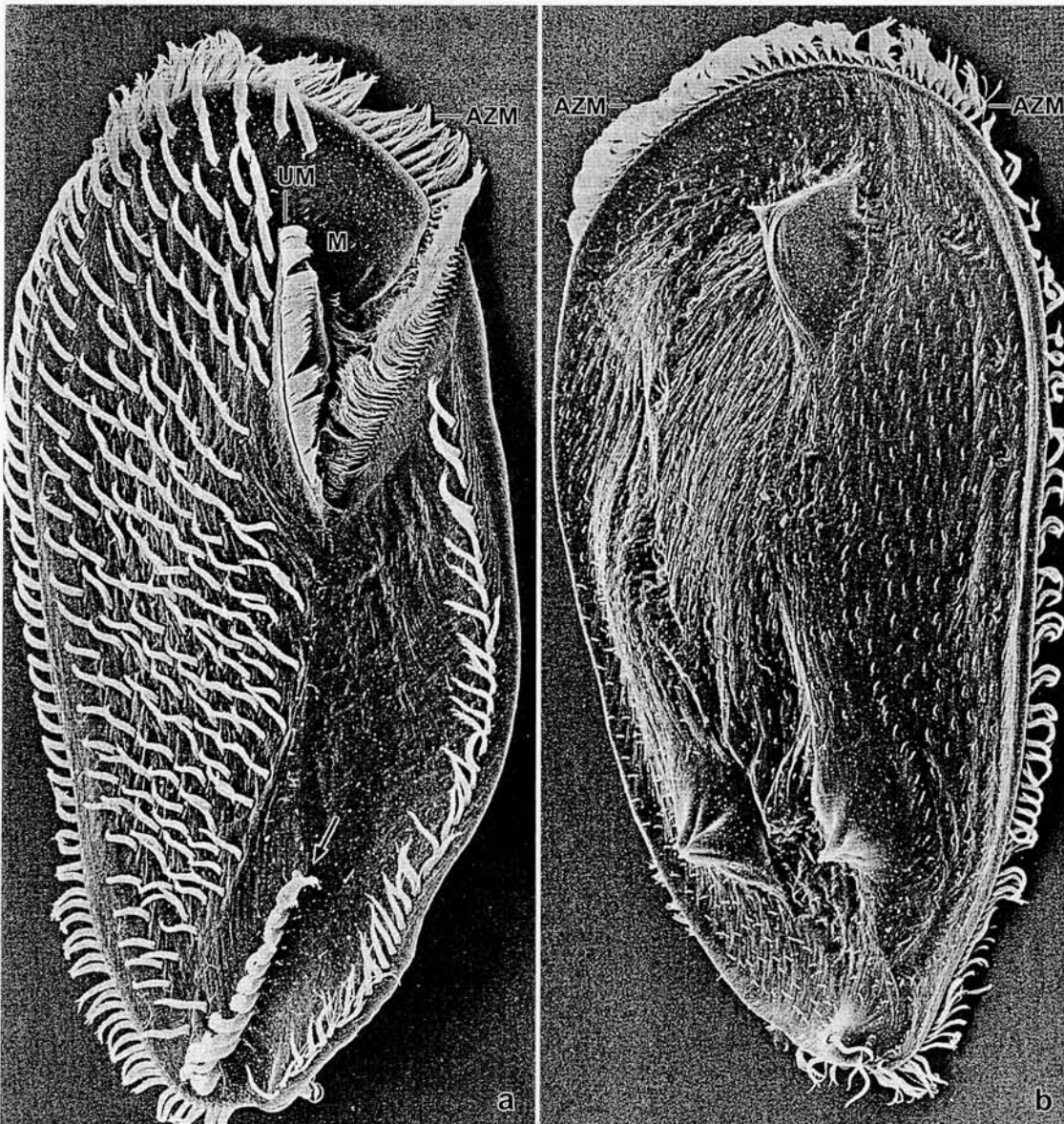


ABB. 8
Ventral- und Dorsalansicht von *Styxophrya quadricornuta*, ein außerordentlich hübsches, etwa 400 µm großes Wimpertierchen, das wir in einem Aquarium mit tropischen Fischen entdeckten. Viele Ciliaten haben eine dicht bewimperte Ventralseite und eine schwächer oder unbewimperte Dorsalseite: *Styxophrya* ist dafür ein gutes Beispiel.

a: Die Ventralseite ist fast vollständig mit Cirren bewimpert, kleinen Bündeln von Cilien, die man auch im Lichtmikroskop gut erkennen kann. Der Pfeil weist auf die sogenannten Transversalcirren, eine spezielle Differenzierung. Der Mund (M) wird links von der undulierenden Membran (UM) begrenzt, rechts erkennt man dagegen viele kleine Wimperplatten, die sogenannte adorale Membranellenzone (AZM), die Nahrung (kleine Ciliaten, Flagellaten, Algen) in den Mund (M) strudelt.

b: Auf der Dorsalseite befinden sich mehrere auffallende Höcker und viele Reihen von Dorsalborsten, das sind etwa 4 µm lange Cilien, die vermutlich sensorische Funktion haben.

ABB. 9

Lichtmikroskopische Fotos verschiedener silbernitratimprägnierter Wimpertierchen. Silbernitrat imprägniert vor allem die Basalkörper der Wimpern (WR) und das Silberliniensystem, das die Wimperreihen (WR) miteinander verbindet (vgl. Abb. 5). Dadurch entstehen eindrucksvolle Bilder, die man als »schön« bezeichnen kann.

a, b: Seiten- und Frontalansicht von *Pelagiothrix planktica*, einer etwa 80 µm großen Art, die ich in einem Teich am Stadtrand von Salzburg entdeckte. Die fassförmige Zelle hat meridionale Wimperreihen (WR), von denen drei in der vorderen Hälfte spezialisiert sind und die sogenannte Bürste bilden (Pfeilspitzen), die ursprünglich adorale Membranellen waren, das heißt zum Mund gehören. In Frontalansicht (Abb. 9b) erkennt man den kreisrunden Mund, der von spezialisierter Ciliatur umgeben ist und von Mikrotubuli-Lamellen gestützt wird (kleine Pfeilspitze). Die große Pfeilspitze weist auf die oben beschriebene Bürste. Das gitterförmige Silberliniensystem breitet sich innerhalb und zwischen den Wimperreihen (WR) aus.

c: *Bromelothrix metopoides*, ein außergewöhnliches Wimpertierchen, das nur in Bromelien-Trichtern vorkommt und daher auf die südliche Halbkugel der Erde beschränkt ist. Bei Bromelien (die Ananas gehört dazu) sind die Blätter so angeordnet, dass das Regenwasser nicht abfließen kann. Daher entstehen zahllose kleine Tümpel, in denen sich über Jahrtausende viele Endemiten gebildet haben – *B. metopoides* ist einer davon. Diese Art bildet eine mikrostome (kleinmündige) und eine makrostome (großmündige) Form, erstere, wenn ausreichend kleine Bakterien als Futter vorhanden sind, letztere, wenn die Bakterien zu wenig sind und größere Nahrung gefressen werden muss, vorwiegend Flagellaten. Die abgebildete makrostome Zelle ist etwa 50 µm groß und besitzt einen riesigen Mund (begrenzt durch Pfeilspitzen) mit einem großen rechten Wimpernfeld (F), das die Nahrung in die Zelle strudelt. Die somatische Ciliatur hat mehrere Spezialisierungen und besteht aus Wimperpaaren. Das gitterförmige Silberliniensystem verbindet nicht nur die Wimperreihen, sondern diese auch mit dem Mund.

d: *Repoma cavicola* ist ziemlich nah verwandt mit *Bromelothrix metopoides*, aber ein Kosmopolit und lebt fast ausschließlich im Wasser von Baumhöhlen. Die Zellen sind etwa 100 µm groß und haben spiralig angeordnete Wimperreihen mit paarigen Cilien; in zwei Bereichen sind die Wimpern besonders dicht. Der eher kleine Mund befindet sich im vorderen Viertel und hat ein dichtes, nierenförmiges Wimpernfeld (F). Das gitterförmige Silberliniensystem verbindet die Basalkörper der Wimpern längs und quer und mit dem Mund. *Repoma* ernährt sich von Bakterien, Hefen und Algen.

Christian E. Ehrenberg (1838), der sie bereits damals als »vollkommene Organismen« erkannte! Wären sie das nicht, könnten sie im Überlebenskampf der Evolution nicht bestehen. So wie die Organe der Vielzeller, einschließlich des Menschen, haben Einzeller sogenannte Organellen, zum Beispiel einen Mund zur Nahrungsaufnahme, kleine Bläschen (Vakuolen) zur Verdauung, einen After zur Ausscheidung nicht verwertbarer fester Stoffe und eine kontraktile Vakuole

zur Osmoregulation und Ausscheidung flüssiger Exkrete; sie reagieren auf verschiedenste äußere Reize, verteidigen sich mit oft raffinierten Organellen und vermehren sich durch Zweiteilung und/oder sexuell usw. Je mehr ich wusste, und je besser die Mikroskope waren, mit denen ich arbeiten durfte, desto größer wurde mein Staunen und die Achtung vor dem Leben. In der Vollkommenheit der mikroskopischen Strukturen liegt auch ihre Schönheit.

