

Institut für Zoologie der Universität Salzburg (Austria)

Morphologie und Ökologie einiger Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus dem Belebtschlamm

Morphology and Ecology of some Ciliates (Protozoa: Ciliophora) from Activated Sludge

Von HANNES AUGUSTIN & WILHELM FOISSNER

Mit 13 Abbildungen

Key words: *Prorodon ovum*; *Spathidium anguilla*; *Enchelyomorpha vermicularis*; *Dexiotricha tranquilla*; *Spirostomum minus*; *Spirostomum teres*; *Climacostomum virens*; *Opisthonecta patula*; *Vorticella convallaria*; *Aspidisca turrata*; *Aspidisca lynceus*; *Aspidisca cicada*; *Holosticha monilata*; *Sterkiella histriomuscorum*; Activated Sludge; Ciliates; Infraciliature; Morphology; Taxonomy; Ecology

Summary

The morphology, infraciliature and ecology of some ciliates from activated sludge are described. *Enchelyomorpha vermicularis* (SMITH, 1899) possesses short, non-contractile processes, a uniform infraciliature consisting of monokinetids, a narrowly meshed silverline system and lacks oral cilia. The monotypic family Enchelyomorphidae nov. fam. is established for this peculiar ciliate. *Dexiotricha tranquilla* (KAHL, 1926) nov. comb. is provided with an improved diagnosis. The swarmer of *Vorticella convallaria* (LINNAEUS, 1758) shows an epistomial membrane which inserts about 250° apart from the distal end of the adoral ciliary spiral. The following species are redescribed and characterized morphometrically: *Aspidisca turrata* (EHRENBERG, 1831), *A. lynceus* (MÜLLER, 1773), *A. cicada* (MÜLLER, 1786), *Prorodon ovum* (EHRENBERG, 1831), *Spathidium anguilla* VUXANOVICI, 1962, *Spirostomum minus* ROUX, 1901, *S. teres* CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858, *Climacostomum virens* (EHRENBERG, 1838), *Opisthonecta patula* FOISSNER, 1975, *Holosticha monilata* KAHL, 1928 and *Sterkiella histriomuscorum* (FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, 1991).

Einleitung

Von den 230 Protozoen-Arten, die im Belebtschlamm bisher gefunden wurden, sind 160 Ciliaten (CURDS & COCKBURN 1970a; CURDS 1975; FOISSNER 1990). Sie erreichen mitunter hohe Abundanzen, d.h. mehr als 10000 Zellen/ml sind nicht außergewöhnlich (AUGUSTIN et al. 1989). Als Bakterienfiltrierer und/oder Weidegänger beeinflussen die Ciliaten wesentlich die Ausbildung einer günstigen Flockenstruktur und sind entscheidend am Zustandekommen eines klaren Kläranlagenablaufs beteiligt (CURDS 1973). Nur wenige Arten sind hinsichtlich ihrer Morphologie, Faunistik und Ökologie ausreichend untersucht (AUGUSTIN & FOISSNER 1989; AUGUSTIN et al. 1987).

Material und Methoden

Alle Arten traten im frischen Belebtschlamm, zum Teil jedoch nur spärlich auf. Daher wurden für die taxonomischen Arbeiten fallweise „Schlammkulturen“ angesetzt. Hierzu ließen wir einige ml Belebtschlamm und ein zerdrücktes Weizenkorn in einer mit destilliertem Wasser gefüllten Petrischale (10 cm Durchmesser) ohne Belüftung ausfaulen.

Prorodon ovum (3. 9. 1984, 3. 4. 1985), *Spathidium anguilla* (9. 10. 1984), *Dexiotricha tranquilla* (3. 4. 1985), *Vorticella convallaria* (14. 5. 1985) und *Sterkiella histriomuscorum* (16. 10. 1984) fanden wir im Belebtschlamm der Molkereiabwässer enthaltenden kommunalen Kläranlage Aspach (Oberösterreich); auch in Schlammkulturen.

Climacostomum virens (23. 7. 1985), *Spirostomum minus* (4. 6. 1984) und *Holosticha monilata* (24. 9. 1984) fanden wir im Belebtschlamm der schwach belasteten kommunalen Kläranlage Zellhof (Salzburg); auch in Schlammkulturen.

Enchelyomorpha vermicularis: am 17. 3. 1987 im Tropfkörper der Kläranlage Abtenau (Salzburg); am 28. 6. 1990 im Belebtschlamm der hochbelasteten 1. Stufe der kommunalen Kläranlage Siggerwiesen (Salzburg).

Spirostomum teres: am 19. 3. 1986, 4. 7. 1986 und 17. 3. 1987 im Belebtschlamm der kommunalen Kläranlage Gastein (Salzburg); die Population, an der wir die Somakineten zählten, stammt aus dem Ibner Moor (Oberösterreich).

Opisthonecta patula: am 9. 5. 1986 im Belebtschlamm der überlasteten kommunalen Kläranlage Kirchdorf/Krems (Oberösterreich); anschließend in einer Schlammkultur.

Aspidisca turrita: am 13. 8. 1987 in einer mehrere Tage alten Schlammkultur der kommunalen Kläranlage Filzmoos (Salzburg); am 28. 6. 1990 im Belebtschlamm der kommunalen Kläranlage Siggerwiesen (Salzburg).

Aspidisca lynceus: am 5. 2. 1986 im Belebtschlamm der kommunalen Kläranlage Rußbach (Salzburg).

Aspidisca cicada: am 26. 4. 1985 und 15. 9. 1987 im Belebtschlamm der kommunalen Kläranlage Bischofshofen (Salzburg); am 5. 2. 1986 im Belebtschlamm der kommunalen Kläranlage Rußbach (Salzburg).

Zur Darstellung der Infraciliatur, des Silberliniensystems und der Extrusome wurden die bei FOISSNER et al. (1991) ausführlich beschriebenen Färbe- und Silberimprägnationsmethoden verwendet. Die Körperform der lebenden Zellen ist nach Präparaten gezeichnet, die nicht mit einem Deckglas bedeckt waren. Feinere Details wurden mit dem Ölimmersionsobjektiv an mehr oder weniger stark gequetschten Exemplaren studiert. Alle übrigen Zeichnungen sind mit einem Zeichenapparat angefertigt und nur sehr wenig schematisiert worden.

Alle Zählungen und Messungen wurden bei 1250facher Vergrößerung durchgeführt (1 Okulareinheit = 1,4 µm). Zur Methodik der morphometrischen Charakterisierung siehe FOISSNER (1982) und BERGER et al. (1984). In den Tabellen verwendete Abkürzungen: M = Median, Max = Maximum, Min = Minimum, n = Anzahl der untersuchten Individuen, s = Standardabweichung, V = Variabilitätskoeffizient in %, $\bar{x}$ = arithmetisches Mittel.

Bei den Synonymielisten beschränken wir uns, sofern die jeweilige Art auch bei FOISSNER et al. (1991) behandelt wird, auf die Angabe der Originalbeschreibung, des kombinierenden Autors und wichtige taxonomische Arbeiten.

Typenmaterial: Neotypen (je 2 Präparate, protargol- und/oder silbernitratimprägniert) der Arten *Enchelyomorpha vermicularis*, *Dexiotricha tranquilla*, *Spirostomum minus*, *S. teres*, *Climacostomum virens* und *Aspidisca turrita* sind im Oberösterreichischen Landesmuseum in Linz deponiert. Von den übrigen Arten sind ebenfalls Belegpräparate dort hinterlegt.

Beschreibung der Arten

Familie Prorodontidae KENT

Prorodon ovum (EHRENBERG, 1831) BLOCHMANN, 1895 (Abb. 1a–k, Tab. 1)

1831 *Holophrya ovum* EHRENBERG, Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1831: 102.

1833 *Holophrya discolor* EHRENBERG, Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1833: 251.

1895 *Prorodon ovum* (EHRBG.) [*Holophrya ovum* EHRBG.] – BLOCHMANN, Mikroskopische Thierwelt, p. 89.

1897 *Holophrya atra* ŠVEC, Bull. int. Acad. tchéque Sci., 4: 34.

1897 *Prorodon nucleatus* ŠVEC, Bull. int. Acad. tchéque Sci., 4: 37.

1963 *Prorodon teres* EHRENBERG, 1838 – BORROR, Arch. Protistenk., 106: 471.

1974 *Prorodon discolor* EHR.-BLOCHM.-SCHEW. – JORDAN, Acta Protozool., 13: 5.

1983 *Prorodon ovum* (EHRENBERG, 1831) – FOISSNER, Annln naturh. Mus., Wien 84/B: 54.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Unsere Beobachtungen stimmen mit den ausführlichen Beschreibungen von JORDAN (1974) und FOISSNER (1983), die *P. ovum* in astatischen mesosaprobien Kleingewässern fanden, sehr gut überein. Eine detaillierte Wiederbeschreibung ist daher nicht nötig.

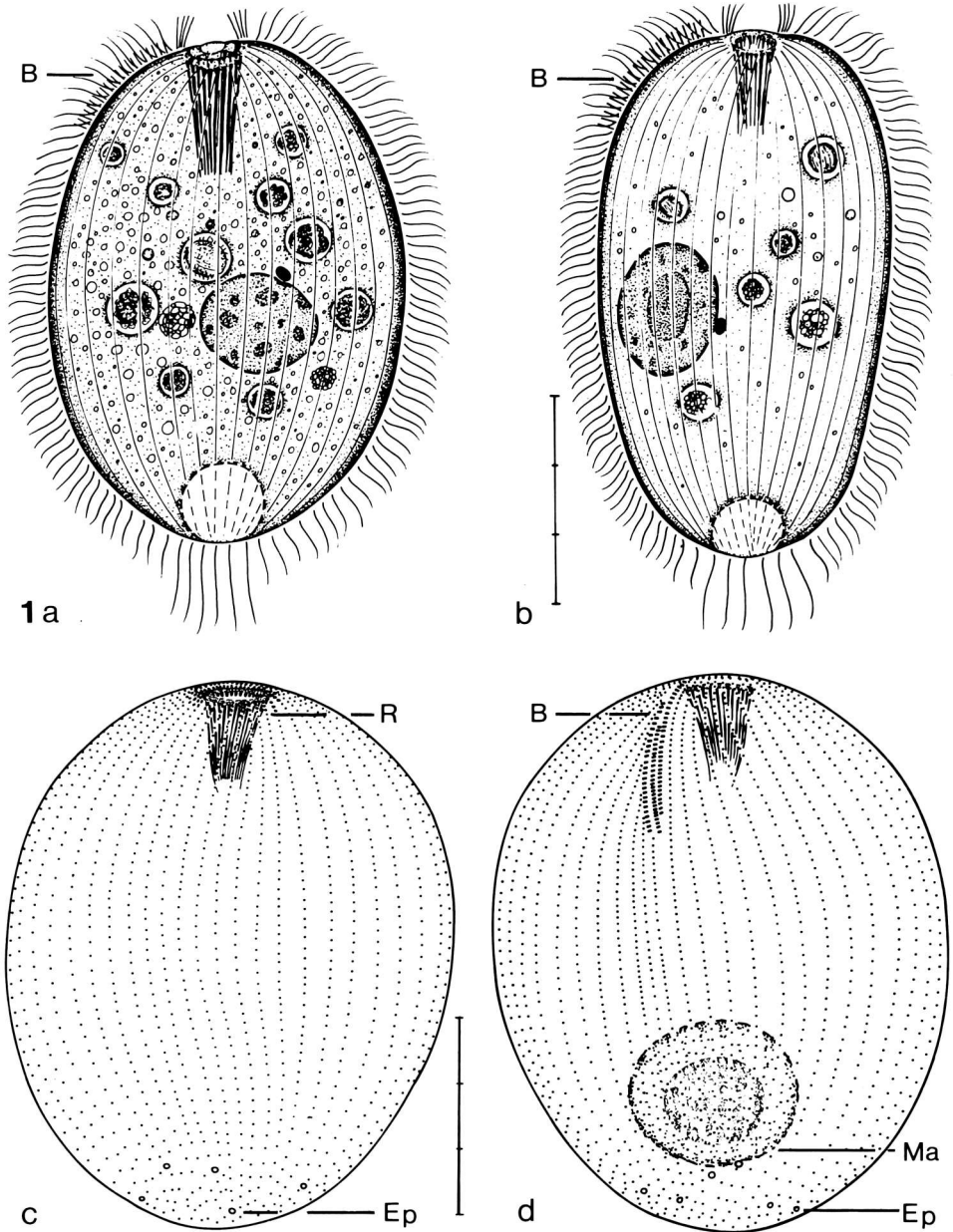


Abb. 1 a–d. *Prorodon ovum* nach Lebendbeobachtungen (a, b) und Protargolimprägnation (c, d). a: Trophont. b: Theront. c, d: Infraciliatur der Dorsal- und Ventralseite. Teilung der Maßstriche: 10 μm . B = Bürste, Ep = Exkretionspori, Ma = Makronucleus, R = Reuse.

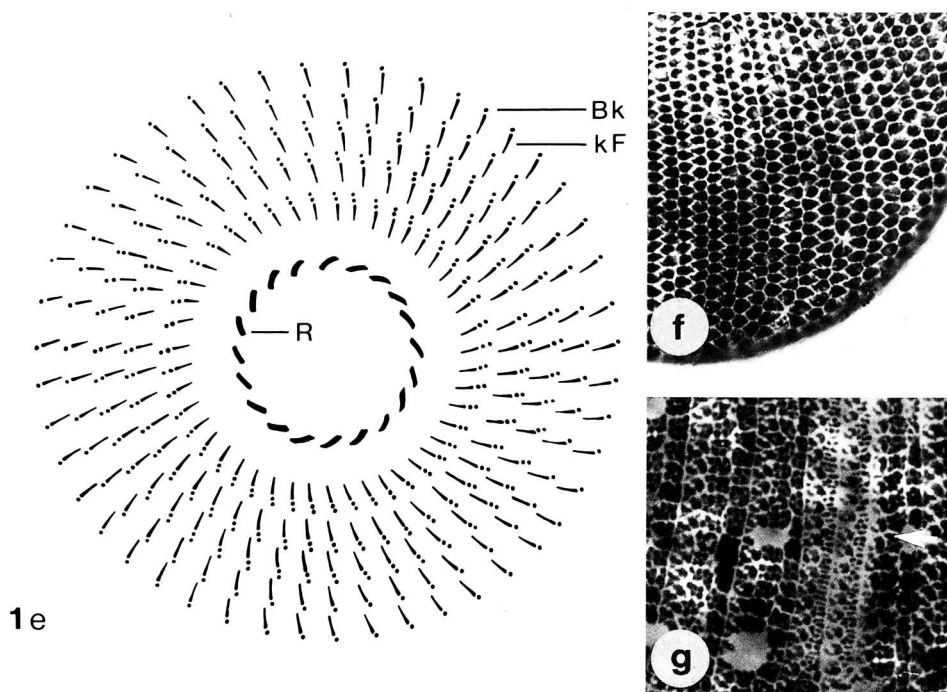


Abb. 1 e–g. *Prorodon ovum* nach Silbercarbonatimprägnation. e: Infraciliatur um den anterioren Pol. f: dem Kleinschen Silberliniensystem ähnliches Gittersystem. g: „microfibrillar network silverline system“; der Pfeil weist auf eine Verdichtung des Gitters bei den an die Bürste anschließenden Kineten. Bk = Basalkörper, kF = kinetodesmale Fibrille, R = Reusenstab.

Die circumoralen Cilien sind so wie bei *P. aklitolophon* HILLER & BARDELE (1988) leicht verkürzt. Es sind etwa 20–30 Reusenstäbe vorhanden. Mit Silbercarbonat werden 2 verschiedene corticale Gitter dargestellt. Eines ähnelt sehr dem Silberliniensystem (Abb. 1 f; vgl. KLEIN 1930, FOISSNER 1983), das andere dem von LEIPE (1989) beschriebenen „microfibrillar network silverline system“ (Abb. 1 g).

Familie Spathidiidae KAHL in DOFLEIN & REICHENOW

Spathidium anguilla VUXANOVICI, 1962 (Abb. 2 a–m, Tab. 2)

1962 *Spathidium anguilla* VUXANOVICI, Studii Cerc. Biol. (Biol. Anim.), 14: 208.

1984 *Spathidium anguilla* VUXANOVICI, 1962 – FOISSNER, Stapfia, 12: 71.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Vereinzelt fanden wir in Kulturen sehr breite Individuen (Abb. 2 f–h), aber auch unsere normal genährten Individuen sind nicht ganz so schlank wie die von VUXANOVICI (1962) und FOISSNER (1984) abgebildeten Exemplare. Der Makronucleus ist im Gegensatz zu der von FOISSNER (1984) untersuchten Population konstant strangartig. Die charakteristischen, etwa 4 µm langen, spindelförmigen Extrusome, die auch verstreut im Plasma liegen, lassen aber kaum Zweifel an der Konspezifität zu (Abb. 2 a, j, k). Die Art wurde nochmals morphometrisch bearbeitet, da sie aus einem für die Species neuen Biotop stammt, dem Belebtschlamm einer Kläranlage; die Werte stimmen gut mit jenen der terricolen Population von FOISSNER (1984) überein. Unser Nachweis aus einer Kläranlage paßt relativ gut auf den locus classicus, das Sapropel eines Sees bei Bukarest (VUXANOVICI

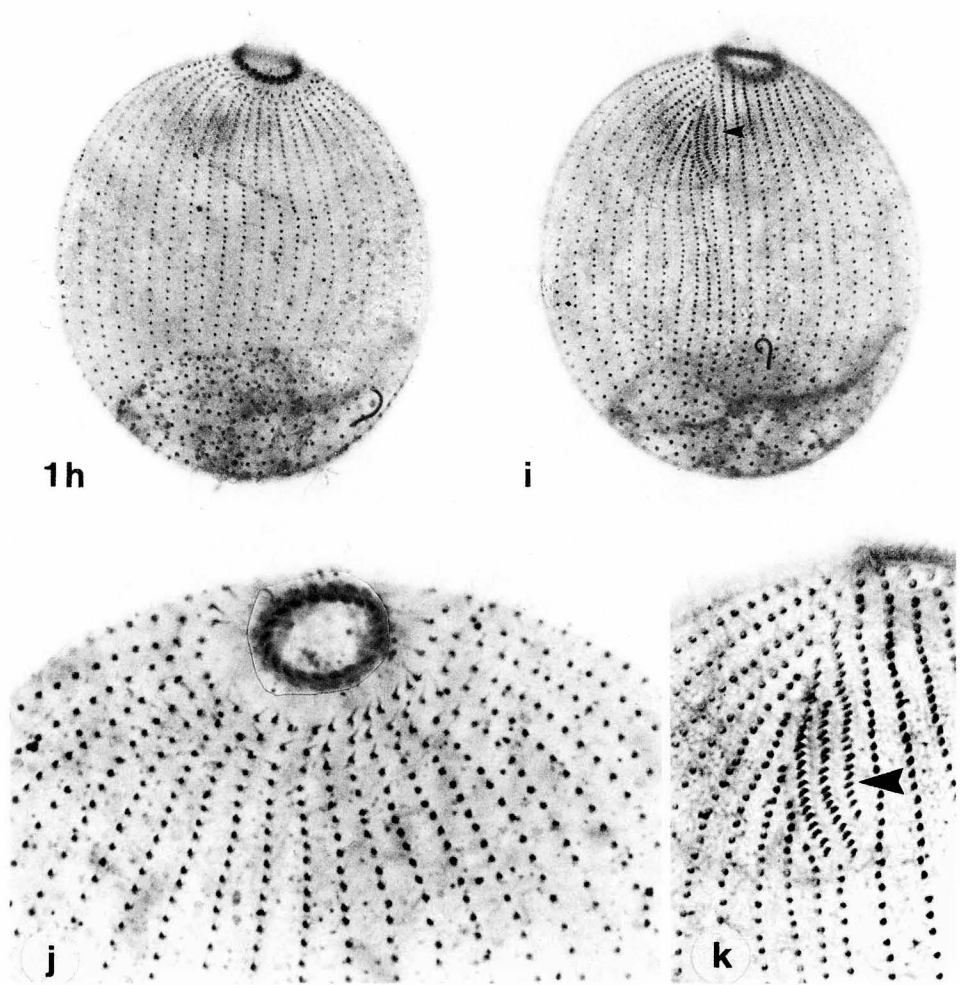


Abb. 1h–k. *Prorodon ovum* nach Silbercarbonatimprägnation. h, i: Infraciliatur der Dorsalseite (durchfokussiert) und der Ventralseite. Die Pfeilspitze markiert die Bürste. j: Infraciliatur im dorsalen Bereich des anterioren Pols. k: Detail der ventralen Infraciliatur. Die Pfeilspitze weist auf die Bürste.

1962). FOISSNER (1984, 1987a) hingegen vermutet eine ziemlich starke Bindung an terrestrische Biotope, die durch unseren Nachweis nicht bestätigt wird.

Incertae sedis

Familie Enchelyomorphae nov. fam.

Diagnose: Annähernd radiärsymmetrische, holotrich bewimperte Ciliaten mit somatischen Monokinetiden und akontraktilen Fortsätzen auf der Körperoberfläche. Silberliniensystem engmaschig.

Typusgattung: *Enchelyomorpha* KAHL, 1930.

Familienvergleich: Die systematische Zugehörigkeit kann ohne elektronenmikroskopische Untersuchung nicht entschieden werden; das Silberliniensystem erinnert sehr an

Tabelle 1. Morphometrische Charakteristik von *Prorodon ovum*. Alle Daten basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in μm .

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	70,4	71,5	13,7	19,5	49	103	20
Breite	54,4	57,0	11,0	20,3	35	73	20
Länge des Makronucleus	17,2	16,7	2,6	15,0	13	24	20
Breite des Makronucleus	14,8	14,0	2,1	14,4	12	19	20
Länge der Reuse	12,3	12,0	2,3	18,5	9	17	20
Durchmesser der Reuse am anterioren Ende	8,7	8,5	1,5	17,0	6	13	20
Anzahl der Somakineten	44,8	44,5	3,1	6,9	40	52	20
Anzahl der Basalkörper in einer Somakinete	57,8	58,0	5,7	9,8	48	68	20
Anzahl der Kineten der Bürste	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20

Tabelle 2. Morphometrische Charakteristik von *Spathidium anguilla*. Alle Daten basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in μm .

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	112,8	109,0	20,6	18,3	67	139	27
Breite	17,3	16,0	3,6	20,8	13	29	28
Länge des Mundwulstes	19,1	19,0	3,0	15,9	12	26	28
Größte Höhe des Mundwulstes	2,9	3,0	0,5	18,7	2	4	28
Länge des Makronucleus	52,6	52,0	13,1	24,9	21	77	28
Größte Breite des Makronucleus	5,5	5,5	0,9	16,4	4	8	28
Größter Durchmesser eines Mikronucleus	2,0	2,0	0,5	23,6	1	3	10
Länge eines Extrusoms	2,9	3,0	0,4	13,3	2	4	27
Länge der Kinete 1 der Bürste	18,8	19,5	1,7	9,0	16	21	10
Länge der Kinete 2 der Bürste	26,0	26,0	1,9	7,3	22	29	10
Länge der Kinete 3 der Bürste	23,5	23,0	2,8	11,9	18	28	10
Anzahl der Mikronuclei	5,6	6,0	1,5	25,4	3	8	11
Anzahl der Somakineten	12,0	12,0	0,7	5,5	11	13	15
Anzahl der Basalkörper einer ventralen Somakinete	47,8	49,5	12,2	25,6	31	67	10
Anzahl der Kineten der Bürste	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	10
Anzahl der Basalkörperpaare der Kinete 1 der Bürste	17,4	17,5	1,5	8,7	15	20	10
Anzahl der Basalkörperpaare der Kinete 2 der Bürste	26,3	26,0	2,2	8,4	23	30	10
Anzahl der Basalkörperpaare der Kinete 3 der Bürste	20,2	20,5	2,4	12,1	17	24	10

jenes der Suktorien. Auf eine mögliche Verwandtschaft mit dieser Gruppe weisen auch die eigenartigen Körperfortsätze (Tentakel?) hin, die freilich auch sehr an jene gewisser cyrtophorider Ciliaten erinnern (vgl. BLATTERER & FOISSNER 1990). Die Typusgattung war bisher in der Familie Actinobolidae. *Actinobolina* besitzt jedoch eine Bürste und retraktile Tentakel. Diese Unterschiede sind auf familiärer Ebene von Bedeutung. Wichtigste Familienmerkmale sind die akontraktilen Körperfortsätze und das engmaschige Silberliniensystem; Merkmale, die sich weder bei den in mancher Hinsicht ähnlichen Holophryidae noch den Metacystidae finden (FOISSNER 1984).

Verbesserte Gattungsdiagnose: Schlank-konische Enchelyomorphidae mit einem kleinen, unbewimperten Feld (Mundeingang?) am vorderen Körperende.

Typusart: *Enchelys vermicularis* SMITH, 1899.

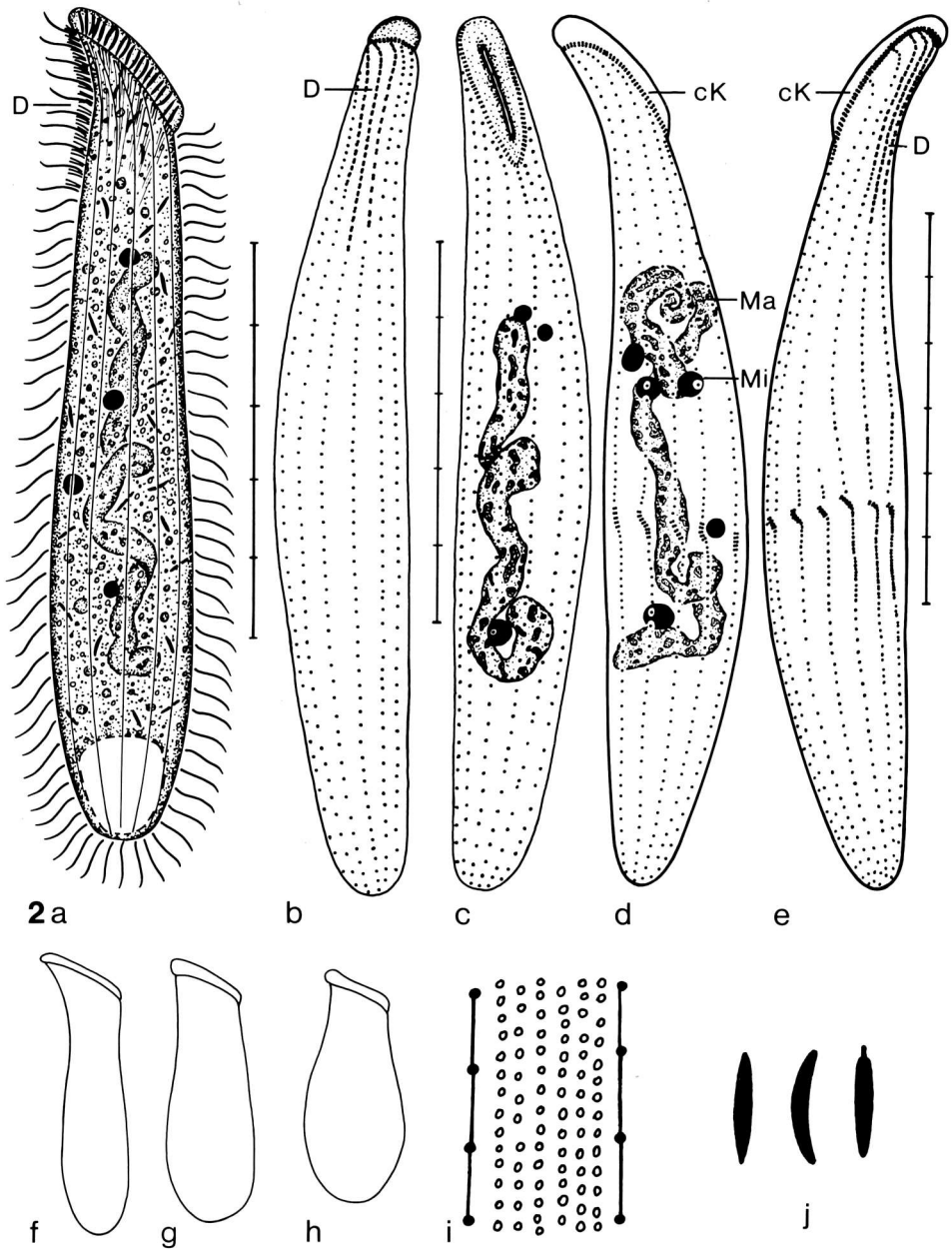


Abb. 2a–j. *Spathidium anguilla* nach Lebendbeobachtungen (a, f–j) und Protargolimprägnation (b–e). a: rechts laterale Ansicht. b, c: Infraciliatur der Dorsal- und Ventralseite. d, e: Infraciliatur der rechten und linken Seite eines frühen Morphogenesestadiums. f–h: Umrisse gut- und überernährter Individuen aus einer Kultur. i: Anordnung der corticalen Granula zwischen 2 Wimpernreihen. j: ruhende Extrusome. Teilung der Maßstriche: 10 μ m. cK = circumorale Kineten, D = Dorsalbürste, Ma = Makronucleus, Mi = Mikronucleus.

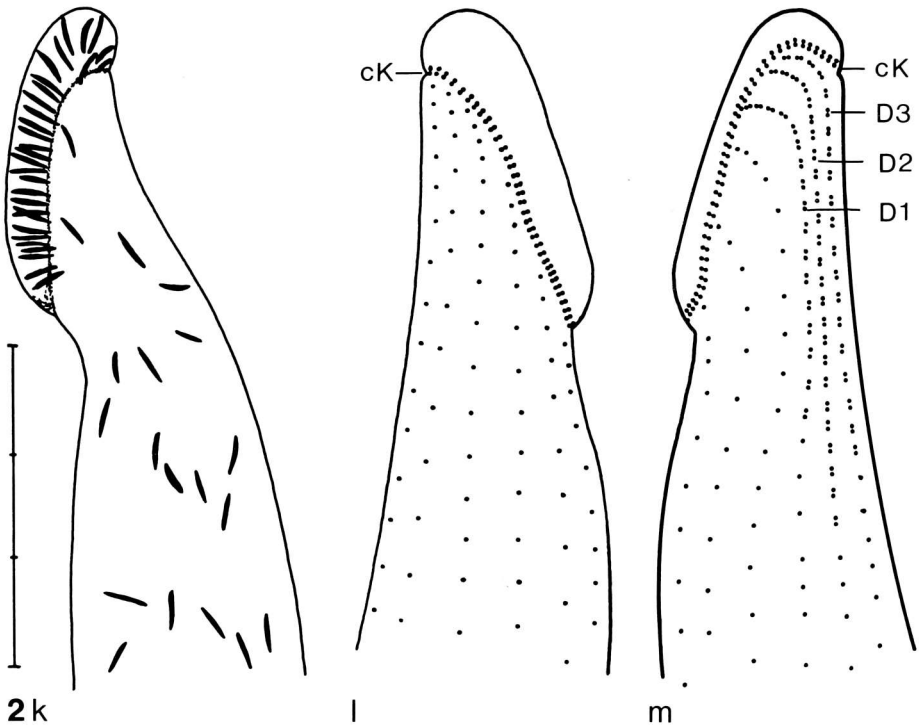


Abb. 2k–m. *Spathidium anguilla* nach Protargolimpregnation. k: vorderes Ende mit Extrusomen. l, m: Infraciliatur der rechten und linken Seite im anterioren Bereich. Teilung des Maßstriches: 10 µm. D1–D3 = Kineten 1–3 der Dorsalbürste, cK = circumorale Kinetete.

Enchelyomorpha vermicularis (SMITH, 1899) KAHL, 1930 (Abb. 3a–o, Tab. 3)

- 1899 *Enchelys vermicularis* SMITH, Trans. Am. microsc. Soc., 20: 52.
 1925 *Holophrya* sp. – LACKEY, New Jers. Agric. Exp. Stn. Bull., 417: 32.
 1926 „Schwärmer eines mir unbekannten Suctors“ – KAHL, Arch. Protistenk., 55: 255.
 1930 *Enchelyomorpha* gen. n. *vermicularis* SMITH, 1899 – KAHL, Tierwelt Dtl., 18: 140.
 1931 *Enchelyomorpha vermicularis* (SMITH, 1899) KAHL, 1930 – KAHL, Arch. Protistenk., 73: 445.
 1934 *Enchelyomorpha vermicularis* (SMITH) KAHL – GRANDORI & GRANDORI, Boll. Lab. Zool. agr. Bachic. R. Ist. sup. agr. Milano, 4: 71.
 1936 *Enchelys vermicularis*, SMITH, 1899 – LIEBMANN, Z. Hyg. InfektKrankh., 118: 563.

Taxonomie: LIEBMANN (1936) betrachtet den *Enchelys* spec. von JUDAY (1919) als Synonym von *Enchelyomorpha vermicularis*. Das scheint uns nicht gerechtfertigt, zumal sich JUDAY (1919) auf eine Zeichnung von CONN (1905) bezieht, die keine Identifikation mit *E. vermicularis* zuläßt. Obwohl die Art in einigen neueren Faunenlisten (z. B. CURDS 1975; STARMÜHLNER 1969) aufscheint, gibt es bisher keine moderne Bearbeitung. Unsere Lebendbeobachtungen stimmen so gut mit jenen von SMITH (1899), LACKEY (1925), KAHL (1926, 1930, 1931 a), GRANDORI & GRANDORI (1934) und LIEBMANN (1936) überein, daß an der Identifikation kein Zweifel besteht. Allerdings sind nach SMITH (1899) und GRANDORI & GRANDORI (1934) akontraktile Körperfortsätze oft auch im hinteren Körperdrittel zu finden, was wir bisher nicht beobachten konnten.

Tabelle 3. Morphometrische Charakteristik von *Enchelyomorpha vermicularis*. Alle Daten basieren auf protargolimpriänierten Individuen. Maßangaben in μm .

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	29,4	30,0	3,8	13,0	23	36	25
Breite	14,0	14,0	2,4	17,4	10	20	25
Länge des Makronucleus	6,8	7,0	0,9	13,4	5	9	25
Breite des Makronucleus	6,4	6,5	0,8	13,0	5	8	25
Distanz zwischen Apex und Makronucleus	15,8	13,0	3,0	19,1	12	22	25
Distanz zwischen Hinterende und Makronucleus	7,1	7,0	2,5	34,7	4	12	25
Länge eines akontraktilen Fortsatzes	2,4	2,0	0,4	19,1	2	3	11
Breite eines akontraktilen Fortsatzes	0,7	0,7	0,1	13,3	0,6	0,8	11
Distanz zwischen Apex und hinterstem akontraktilen Fortsatz	15,0	13,5	3,2	21,5	12	20	6
Anzahl der longitudinalen Somakineten	16,8	16,0	2,1	12,3	13	21	25
Anzahl der Basalkörper in einer Somakinete	14,2	14,0	1,6	11,6	11	17	25

Verbesserte Diagnose: In vivo etwa $25-45 \times 10-17 \mu\text{m}$ große *Enchelyomorpha* mit durchschnittlich 17 Somakineten. 1 kugelig Makronucleus in der hinteren Körperhälfte und eine terminale kontraktile Vakuole. Vorwiegend oder ausschließlich anaerob.

Wiederbeschreibung: Schlank-beutelförmig, etwas gebogen, wodurch eine konvexe und eine gerade bis leicht konkave Seite entstehen. Vorderes Ende leicht zugespitzt bis schräg abgestutzt und etwas abgeflacht, mit einer etwa $4 \times 2 \mu\text{m}$ großen, glasig-hellen Fläche (Mundspalt?). Hinterende breit gerundet. Nicht abgeflacht. Makronucleus kugelig bis leicht ellipsoid, in vivo etwa $7 \mu\text{m}$ im Durchmesser, in der hinteren Körperhälfte; meist ein zentraler Nucleolus und mehrere um ihn herum liegende kleinere Nucleoli. Mikronucleus weder in vivo noch in Präparaten erkennbar. Kontraktile Vakuole etwa $6-10 \mu\text{m}$ groß, füllt manchmal das gerundete Hinterende aus, von mehreren kleinen Hilfsvakuolen umgeben, kontrahiert nur selten; Ausführungskanal etwa $2-3 \mu\text{m}$ lang, mündet am Hinterende. Pellicula entsprechend dem Verlauf der Wimpernreihen undeutlich längs und deutlich quer gefurcht, vorne schwach und in kurzen, hinten tief und in großen Abständen. Vordere Körperhälfte mit etwa $15-20$ akontraktilen Fortsätzen, die $2-3 \mu\text{m}$ lang und distal kaum erkennbar verbreitert sind. KAHL (1930) und LIEBMANN (1962) zeichnen sie deutlicher geknöpft (Abb. 3e, g). In der Originalbeschreibung werden sie als kräftige, borstige Stacheln („stout hispid setae“) bezeichnet (Abb. 3b). In Protargolpräparaten lassen sich bei einigen Fortsätzen Fibrillen erkennen, die ins Körperinnere ziehen (Abb. 3f). 2 Fortsätze inserieren am Vorderende, unmittelbar vor und hinter dem vermuteten Mundschlitz (Abb. 3i, j). Extrusome und corticale Granula nicht nachweisbar. Cytoplasma farblos, enthält zahlreiche kleine, fettig-glänzende Einschlüsse mit etwa $1-2 \mu\text{m}$ Durchmesser. Rotiert mäßig schnell mit dem verschmälernten Ende voran, bewegt sich holpernd oder kriecht in den Schlammflocken, steht nie ganz still.

Cilien etwa $5-7 \mu\text{m}$ lang, weich, entspringen aus kleinen Grübchen in den ringförmigen Furchen. Ciliatur vorne etwas dichter als hinten, Hinterende unbewimpert. Somakineten longitudinal beziehungsweise radiär verlaufend. $2-3$ der durchschnittlich 17 (längs verlaufenden) Kineten vorne sukzessive leicht verkürzt, so daß ein kleines, wimpernfrees Feld entsteht (Abb. 3f, k, o). Nahrungsaufnahme und Nahrungsvakuolen haben wir nicht beobachtet; auch ist keine Reuse erkennbar. LIEBMANN (1936) gibt als Nahrung Sumpfschnecken an, die angeblich in eine winzige, nur beim Freßakt erkennbare Mundgrube am Vorderende gepreßt werden. KAHL (1931a) schließt eine osmotische Nahrungsaufnahme dieses seiner Ansicht nach mundlosen Organismus' nicht aus.

Maschen des Silberliniensystems unregelmäßig, etwa $1 \mu\text{m}$ groß (Abb. 3k, o).

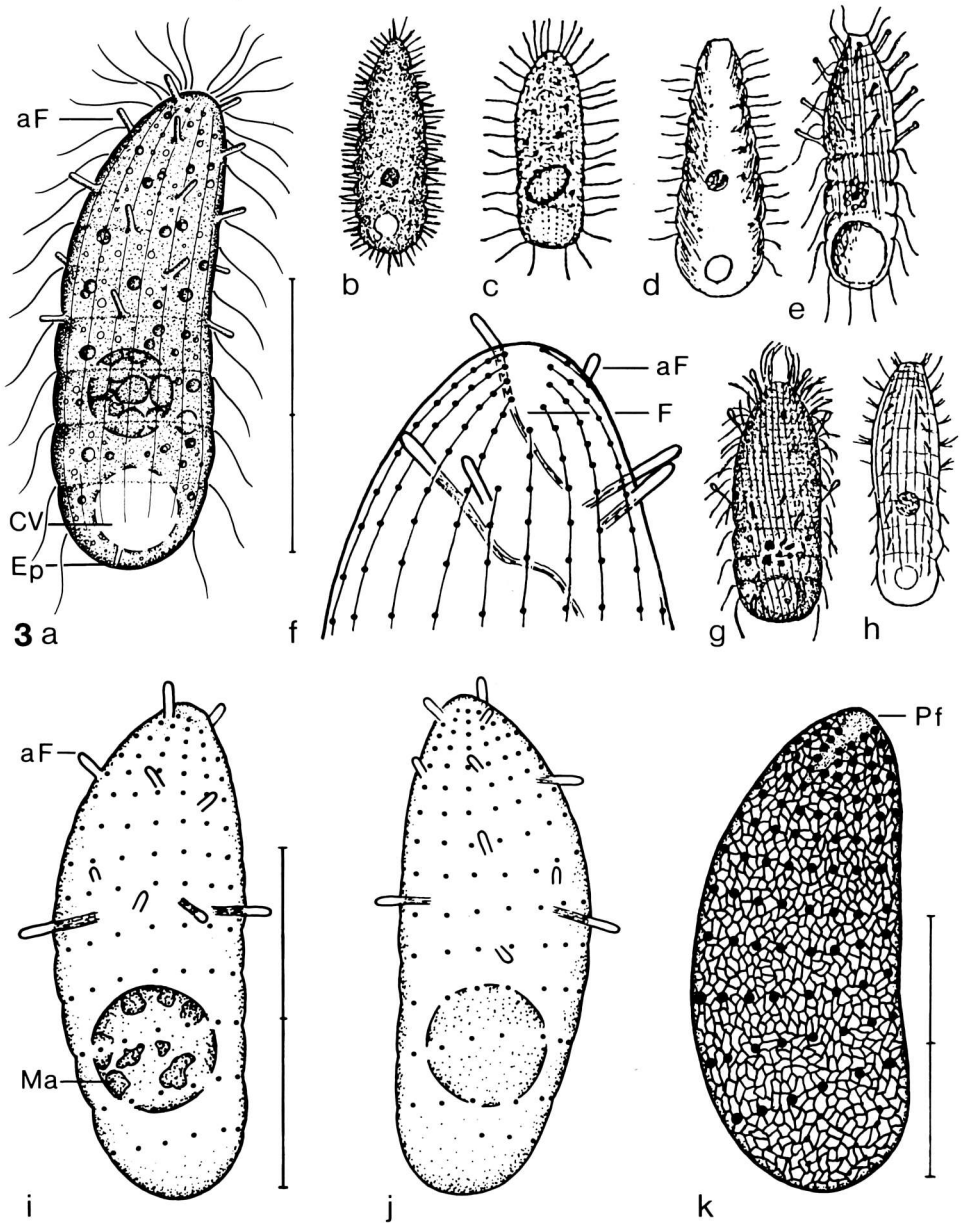


Abb. 3 a–k. *Enchelyomorpha vermicularis* nach Lebendbeobachtungen (a–e, g, h), Protargolimprägnation (f, i, j) und trockener Silbernitratimprägnation (k). a–e, g, h: freischwimmende Individuen (a, Original; b, aus SMITH 1899, 45 μ m; c, aus LACKEY 1925, 30 μ m; d, nach SMITH 1899 aus KAHL 1930, 45 μ m; e, aus KAHL 1930, 30–45 μ m; g, aus LIEBMANN 1962, 25–45 μ m; h, aus GRANDORI & GRANDORI 1934, 35 μ m). f: vorderes Ende mit akontraktilen Fortsätzen und schematisierten Wimpernreihen. i, j: Infraciliatur desselben Individuums gesehen von den beiden im Mikroskop erkennbaren Seiten. k: Silberliniensystem. Teilung der Maßstriche: 10 μ m. aF = akontraktilen Fortsätze, CV = kontraktile Vakuole, Ep = Exkretionsporus, F = Fibrillen, Ma = Makronucleus, Pf = Polfeld.

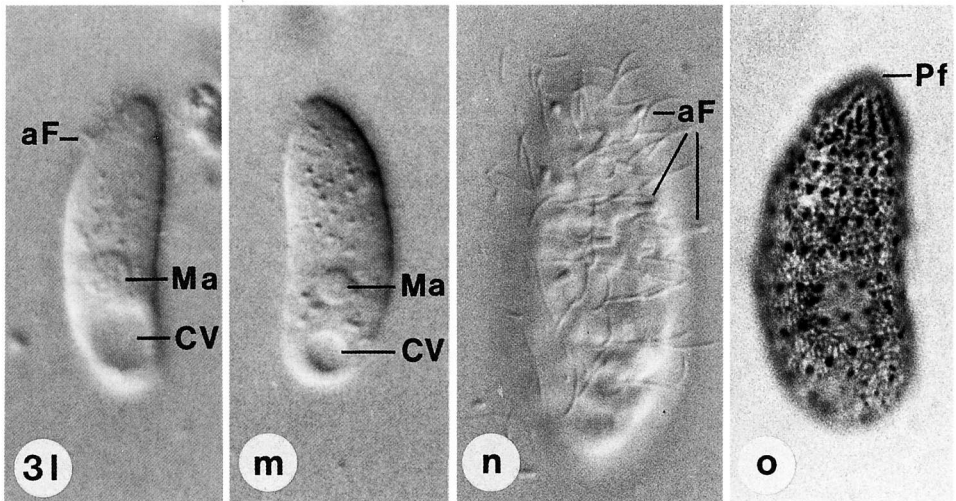


Abb. 31–o. *Enchelyomorpha vermicularis* in vivo (l–n) und nach trockener Silbernitratimprägnation (o). l, m: freischwimmende Exemplare. n: Zelloberfläche mit akontaktile Fortsätzen. o: Silberliniensystem und Infraciliatur. aF = akontaktile Fortsätze, CV = kontraktile Vakuole, Ma = Makronucleus, Pf = Polfeld.

Vorkommen: Locus classicus dieses sonderbaren Wimpertieres ist der „Lake Pontchartrain“, ein Brackwassersee in Louisiana (SMITH 1899). Wir fanden *E. vermicularis* mit folgenden Begleitern in einem Tropfkörper: *Colpidium colpoda*, *Dexiostoma campyla*, *Glaucoma scintillans*, *Metopus* sp., *Trimyema compressum*, *Trithigmostoma cucullulus* und Schwefelbakterien. In der hochbelasteten ersten Stufe einer kommunalen Belebungsanlage, wo noch keine Flocken ausgebildet waren, trat sie zusammen mit *Trimyema compressum* auf. Mittlerweile haben wir die Species auch in einem anaeroben „Fermenter“ (ohne Flockenbildung) einer Versuchskläranlage in Salzburg gefunden, wiederum begleitet von *T. compressum*. Die Abundanz betrug 500 Ind./ml, jene von *T. compressum* 4000 Ind./ml. LACKEY (1925) fand ein Maximum von 6300 Zellen/ml, während LIEBMANN (1936) jeweils nur 1–2 Ind./ml zählte.

Enchelyomorpha vermicularis ist nach den bisherigen Nachweisen beschränkt auf poly- und eusaprobe Gewässer wie Jauchegruben, sapropelische Tümpel, mit Lauge verunreinigte Straßengraben, verschmutzte Bachläufe, Tropfkörperanlagen und Emscherbrunnen (LACKEY 1925; KAHL 1926; 1930, 1931a; LIEBMANN 1936, 1962; FOISSNER & FOISSNER 1988). Die Art ist nach LIEBMANN (1936) ein typischer Bewohner von Klärbrunnen und streng anaerob. So erklärt sich wohl auch der einzelne Nachweis im Boden eines mit Abwasser berieselten Ackers in Italien (GRANDORI & GRANDORI 1934). Die Vorliebe für anaerobe Abwässer können wir bestätigen, jedoch muß die Anaerobie noch in Laborversuchen abgesichert werden. Die bisherigen Fundorte von *E. vermicularis* passen gut zu dessen saprobieller Einstufung (FOISSNER 1988): p–m; p = 10, I = 5, SI = 4,0 E.

Familie Loxocephalidae JANKOWSKI

Dexiotricha tranquilla (KAHL, 1926) nov. comb. (Abb. 4a–n, Tab. 4)

1926 *Loxocephalus tranquillus* KAHL, Arch. Protistenk., 55: 330.

Verbesserte Diagnose: In vivo 35–60 × 18–25 µm große *Dexiotricha* mit 20–24 Somakineten. Kontraktile Vakuole und Kernapparat in Körpermitte. 1 halbkörperlanges,

Tabelle 4. Morphometrische Charakteristik von *Dexiotricha tranquilla*. Alle Daten basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in μm .

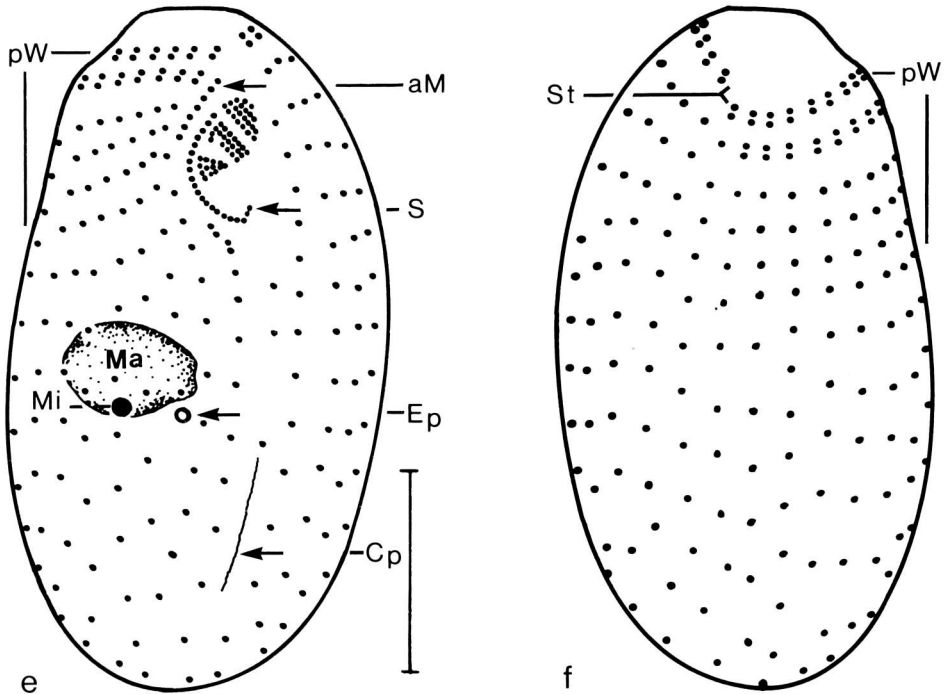
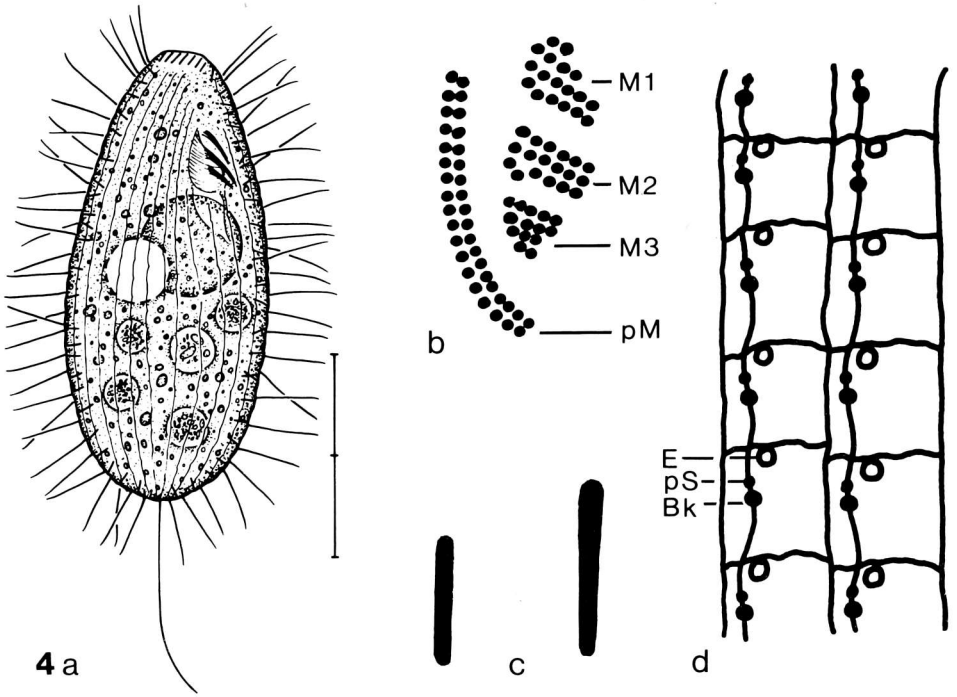
Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	35,8	35,5	3,6	10,1	30	44	20
Breite	15,5	15,2	1,8	11,3	12	19	20
Länge des Makronucleus	9,2	9,0	0,9	9,9	7	11	20
Breite des Makronucleus	6,7	6,5	0,9	12,7	5	9	20
Größter Durchmesser des Mikronucleus	1,5	1,4	0,3	20,9	1,2	2,0	20
Distanz vom vorderen Körperende bis zum Beginn des Makronucleus	12,2	12,0	1,7	13,8	8	16	20
Distanz vom hinteren Körperende bis zum Exkretionsporus	14,0	14,0	3,9	27,7	12	20	20
Länge des Mundfeldes	7,5	7,5	0,6	8,1	6	9	20
Länge eines Extrusoms	3,7	3,5	0,5	14,8	3	5	20
Anzahl der adoralen Membranellen	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
Anzahl der Somakineten	22,0	22,0	0,9	4,0	20	24	20
Anzahl der Basalkörper einer mittleren linksseitigen Kinete	20,7	20,5	1,4	6,7	19	23	20
Anzahl der Basalkörper einer mittleren rechtsseitigen Kinete	23,2	23,0	1,4	5,9	21	26	20
Anzahl der Basalkörperpaare im anterioren Bereich der rechten Somakineten	2,0	2,0	0,0	0,0	2	2	20
Anzahl der Basalkörperpaare im anterioren Bereich der linken Somakineten	1,0	1,0	0,0	0,0	1	1	20
Anzahl der Basalkörper der „additional membrane“	6,6	7,0	1,7	37,1	5	8	20

distal abgewinkeltes Caudalcilium. Schwierig erkennbare, 2–3 μm lange, stäbchenförmige Extrusome. Sapropelobiont.

Die Art ist nach der kurzen, geraden praeoralen Suture und der relativ großen, unbewimperten Frontalplatte in die Gattung *Dexiotricha* zu stellen (*Loxocephalus* hat keine unbewimperte Frontalplatte und die praeorale Suture ist stark nach rechts gebogen und sehr lang; siehe JANKOWSKI 1964, FAURÉ-FREMIET 1968, WILBERT 1986).

Wiederbeschreibung: Ellipsoid bis schlank birnenförmig, etwas abgeflacht, hinten breit gerundet, vorne verschmälert, quer abgestutzt und unbewimpert, wodurch die sogenannte „Frontalplatte“ entsteht. Makronucleus etwa in Körpermitte, kugelig bis leicht ellipsoid, in vivo etwa 10 μm im Durchmesser; zahlreiche 1–2 μm große Nucleolen. Mikronucleus kugelig, dicht beim Makronucleus, imprägniert sich mit Protargolsilber meist nur schwach. Kontraktile Vakuole in Körpermitte oder knapp dahinter, ihr Ausführungskanal mündet am Ende der verkürzten dritten Somakinete. Cytophyge im hinteren Körperdrittel in der

4a–f. *Dexiotricha tranquilla* nach Lebendbeobachtungen (a), Silbercarbonatimprägnation (b), trockener Silbernitratimprägnation (d) und Protargolimprägnation (e, f). a: Ventro-Lateralansicht. b: Oralstrukturen. c: Extrusom in vivo (links) und nach Protargolimprägnation (rechts). d: Silberliniensystem. e, f: Infraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. Teilung der Maßstriche: 10 μm . aM = „additional membrane“, Bk = Basalkörper, Cp = Cytophyge, E = Extrusom, Ep = Exkretionsporus, M1–M3 = adorale Membranellen 1–3, Ma = Makronucleus, Mi = Mikronucleus, pM = parorale Membran, pS = parasomaler Sack, pW = perizonale Wimpernreihen, S = Scutula, St = Stufe.



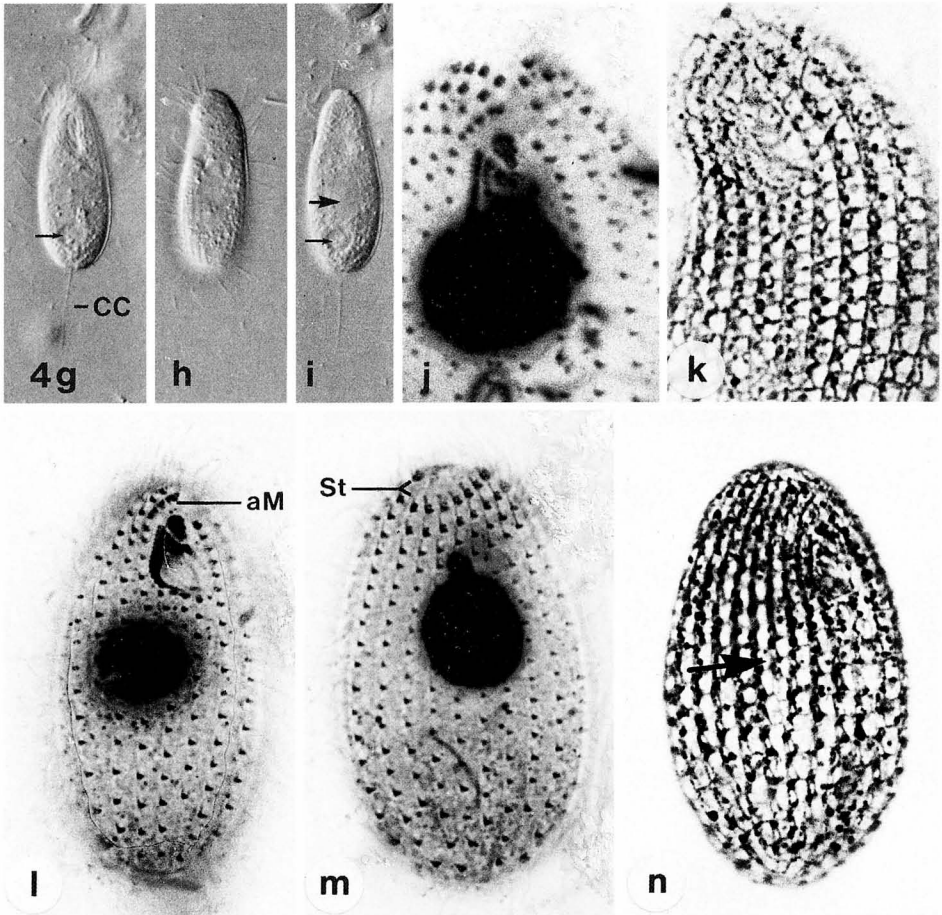


Abb. 4 g–n. *Dextiotricha tranquilla* in vivo (g–i), nach Silbercarbonatimprägnation (j, l, m) und nach trockener Silbernitratimprägnation (k, n). g–i: Ventral-, Lateral- und Dorsalansicht. Der dicke Pfeil weist auf den Makronucleus, der dünne auf eine Nahrungsvakuole. j, k: Infraciliatur und Silberliniensystem der Ventralseite am Vorderende. l, m: Infraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. n: Silberliniensystem der rechten Seite. Der Pfeil weist auf die verkürzte Somakinete 3, an deren Ende sich der Exkretionsporus befindet. aM = „additional membrane“, CC = Caudalcilium, St = Stufe.

Fortsetzung eines kurzen, nur aus wenigen Basalkörpern bestehenden postoralen Kinetensegments (Abb. 4 e). Pellicula mäßig flexibel, durch die Wimpern deutlich gekerbt. Extrusome in vivo etwa $2-3 \times 0,5 \mu\text{m}$ groß, ziemlich regelmäßig angeordnet, nämlich jeweils zwischen den Cilien etwas links der Kineten und vermutlich auch im Bereich der Frontalplatte (Abb. 4 d, k). Cytoplasma farblos, mit vielen $0,5-1 \mu\text{m}$ großen Einschlüssen, wodurch das Ciliat bei kleiner Vergrößerung dunkel erscheint. Nahrungsvakuolen etwa $5 \mu\text{m}$ groß, meist mit Bakterien gefüllt. Bewegung mäßig rasch, wühlt manchmal in Schlammflocken und steht gelegentlich still.

Durchschnittlich 22 longitudinale Kineten mit je 15–25 ungefähr $7-8 \mu\text{m}$ langen, relativ steifen Cilien, die in Ruhestellung etwas durcheinander gespreizt werden, was schon KAHL

(1926) hervorhebt. Kineten der linken Seite apikal mit je 1 Wimpernpaar, die der rechten Seite mit je 2 Wimpernpaaren. Die linksseitigen Kineten beginnen etwas weiter vorne als die rechtsseitigen, wodurch die vordersten Reihen auf der Rückseite leicht versetzt aufeinandertreffen und eine „Stufe“ entsteht (Abb. 4 f, m). Rechts vom Mund etwa 4–6 sogenannte perizonale Wimpernreihen, die mit Ausnahme der beiden vordersten, die aus Wimpernpaaren bestehen, sehr undeutlich abgegrenzt sind (Abb. 4 e, f, j). Vermutlich die dritte perizonale Reihe hat leicht modifizierte, etwas nach vorn gekrümmte Cilien.

Buccalhöhle und Mundstrukturen klein, im vorderen Körperdrittel. Parorale Membran in Lateralansicht meist gut erkennbar, rechts vor dieser eine kurze Reihe dichtstehender Basalkörper, die sogenannte „additional membrane“ (JANKOWSKI 1964; PECK 1974; Abb. 4 e, l). Am proximalen Ende der paroralen Membran manchmal einzelne Basalkörper (Scutica). Aufbau der adoralen Membranellen siehe Abb. 4 b, e, j, l.

Silberliniensystem gattungstypisch (vgl. JANKOWSKI 1964; PECK 1974; Abb. 4 d, k, n).

Artvergleich: *Dextotricha plagia* STOKES, 1885 und *D. media* PECK, 1974 unterscheiden sich von *D. tranquilla* nur durch die Länge (65–80 µm) und die größere Zahl (30–35) von Wimpernreihen. *Dextotricha colpidiopsis* (KAHL, 1926) läßt sich durch die subterminale Vakuole besser abgrenzen. *Dextotricha lucida* (SMITH, 1897) besitzt nach KAHL (1931b) etwa 30 Somakineten und ringförmige Granula, die nach eigenen Untersuchungen tatsächlich sehr auffallend sind. *Dextotricha polystyla* FOISSNER, 1987b hat mehrere verlängerte Caudalcilien. Zu *D. raikovi*, die JANKOWSKI (1964) recht schematisch abbildet, konnten wir keine hinlängliche Abgrenzung finden. JANKOWSKI (1964) sieht Unterscheidungsschwierigkeiten nur zu *D. moniligeranulata* (KAHL, 1926), die 12–14 Wimpernreihen hat.

Vorkommen: Nach KAHL (1926, 1931b) verbreitet, doch nie zahlreich im Sapropel. Wir fanden die Art spärlich in einem stark belasteten Belebtschlamm gemeinsam mit Spirochaeten und massenhaft in mehrere Wochen alten Schlammkulturen zusammen mit zahlreichen Spirillen. Dies deutet darauf hin, daß *D. tranquilla* anaerobe Verhältnisse gut verträgt.

Familie Spirostomidae STEIN

Spirostomum minus ROUX, 1901 (Abb. 5a–d, Tab. 5)

1901 *Spirostomum ambiguum* var. *minor* ROUX, Faune infusorienne, p. 80 (ohne Abbildung).

1932 *Spirostomum minus* ROUX, 1901 – KAHL, Tierwelt Dtl., 25: 440.

1932 *Spirostomum intermedium* KAHL, Tierwelt Dtl., 25: 439.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: *Spirostomum intermedium* ist nach unseren Beobachtungen ein jüngerer, subjektives Synonym von *S. minus*, weil das von KAHL (1926) angegebene Unterscheidungsmerkmal (adorale Membranellenzone etwas über die Zellmitte ragend) variabel ist. Da sich die Daten weitgehend mit früheren Beschreibungen decken (KAHL 1932; BOGGS 1965; REPAK & ISQUITH 1974; SONG & WILBERT 1989), verweisen wir zum Vergleich auf die Abbildungen und die morphometrische Charakteristik (Tab. 5), die noch fehlte; unsere Werte passen aber mit Ausnahme des Makronucleus gut auf jene von SONG & WILBERT (1989). Besonders hinweisen möchten wir nur auf die kugeligen, corticalen Granula, die in 3–4 Reihen zwischen den Somakineten liegen, was auch SONG & WILBERT (1989) beobachteten (Abb. 5d).

Vorkommen: *Spirostomum minus* ist weit verbreitet und häufig in der Schlamm-Wasser-Kontaktzone stehender Gewässer und im Potamal alpha- bis betamesosaprobe Fließgewässer. Die Art wurde auch schon in Tropfkörpern gefunden (CURDS & COCKBURN 1970a), weshalb unser Nachweis im Belebtschlamm nicht sonderlich überrascht.

Spirostomum teres CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858 (Abb. 5e–g, Tab. 5)

1858 *Spirostomum teres* CLAPARÈDE & LACHMANN, Mém. Inst. natn. génev., 5: 233.

1965 *Spirostomum teres* – BOGGS, J. Protozool., 12: 603.

Tabelle 5. Morphometrische Charakteristik von *Spirostomum minus* (obere Zeile) und *S. teres* (untere Zeile). Alle Daten mit Ausnahme der in vivo-Messungen basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in μm .

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge (in vivo)	718,3	725,0	94,5	13,2	590	860	15
	344,8	345,0	52,4	15,2	260	450	20
Breite im Bereich des Cytostoms (in vivo)	37,7	37,0	4,8	12,8	30	48	15
	32,2	30,0	4,3	13,5	25	40	20
Länge der adoralen Membranellenzone (in vivo)	336,3	330,0	46,6	13,9	245	430	15
	135,0	135,0	18,4	13,6	105	170	20
Länge der kontrahierten Zelle	254,2	267,0	33,2	13,0	200	298	10
	—	—	—	—	—	—	—
Breite der kontrahierten Zelle	76,0	75,5	10,9	14,3	58	90	10
	—	—	—	—	—	—	—
Länge des Makronucleus	—	—	—	—	—	—	—
	29,3	29,3	5,3	18,1	16	38	20
Breite des Makronucleus	—	—	—	—	—	—	—
	11,6	11,8	1,8	15,9	8	15	20
Anzahl der Makronucleus-Teile	28,8	28,5	4,8	16,7	23	35	10
	1,0	1,0	0,0	0,0	1	1	20
Anzahl der Somakineten	23,6	23,0	1,9	8,3	21	27	9
	24,9	25,0	1,4	5,7	21	27	30

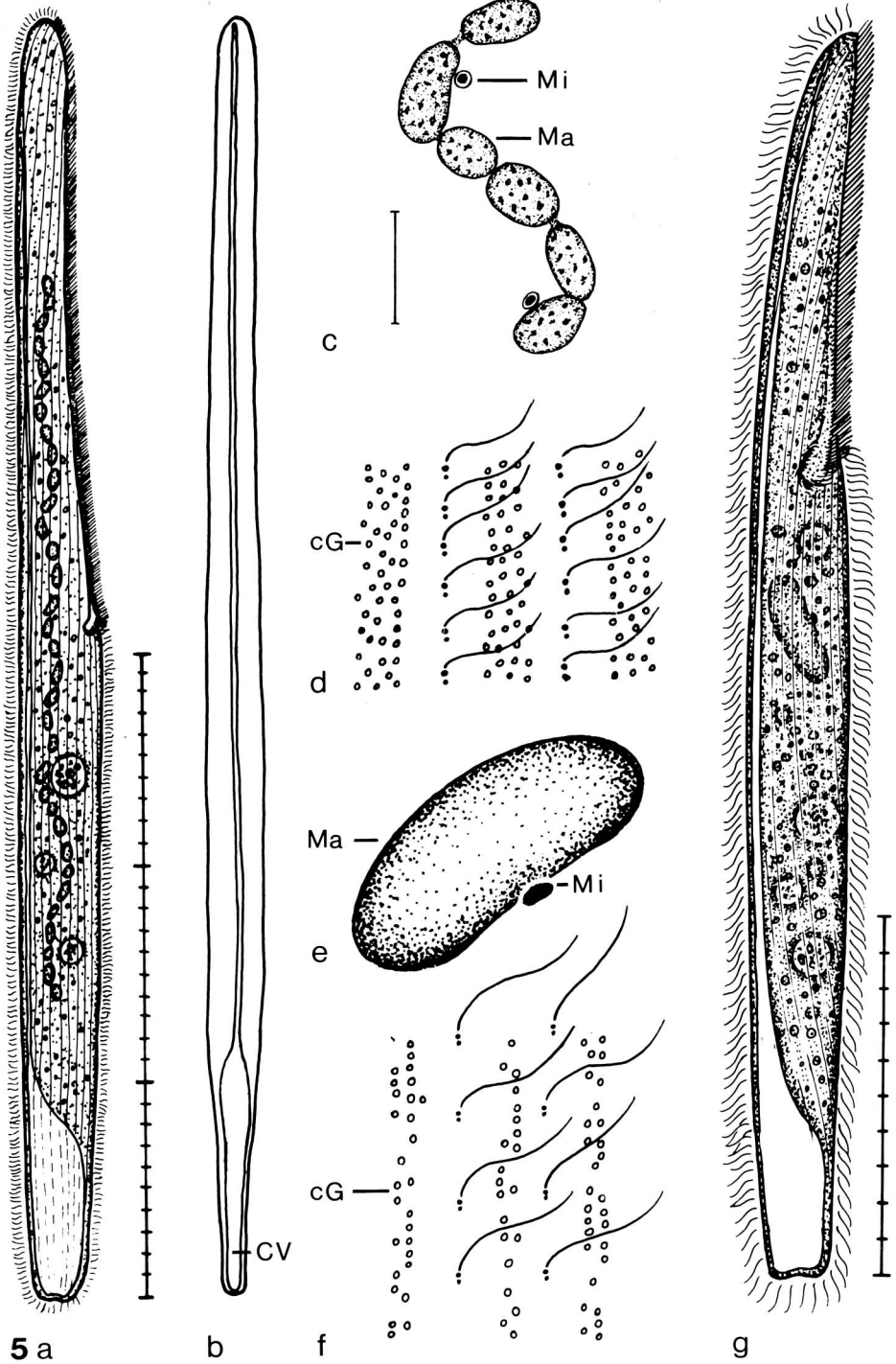
1986 *Spirostomum teres* CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858–1859 — DRAGESCO & DRAGESCO-KERNÉIS, Faune tropicale, 26: 378.

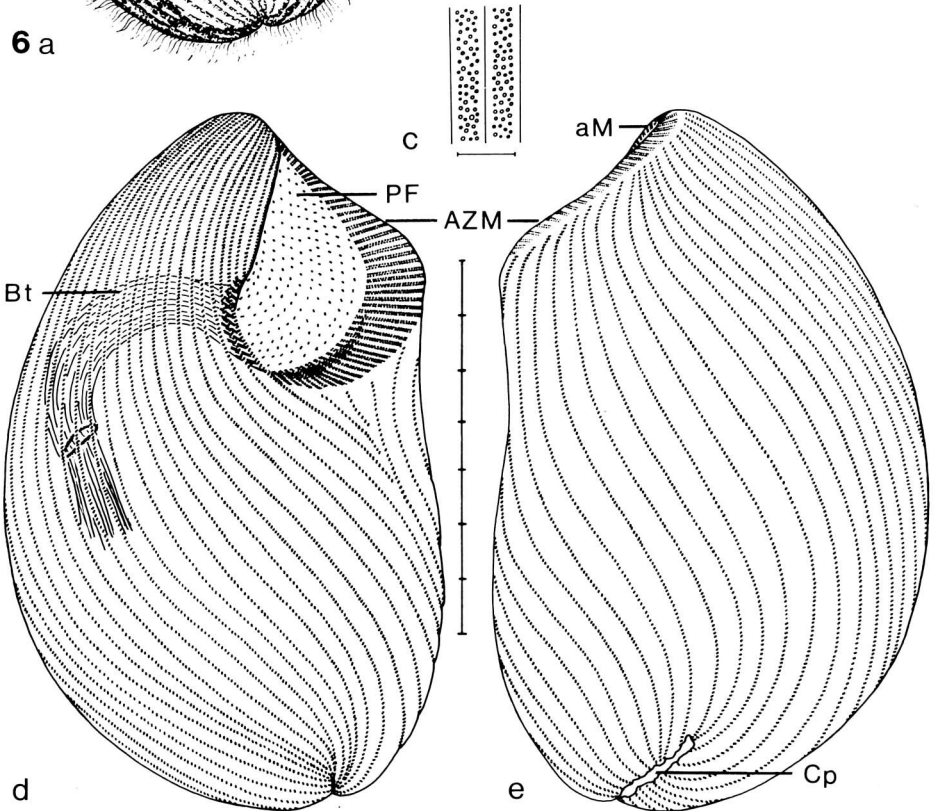
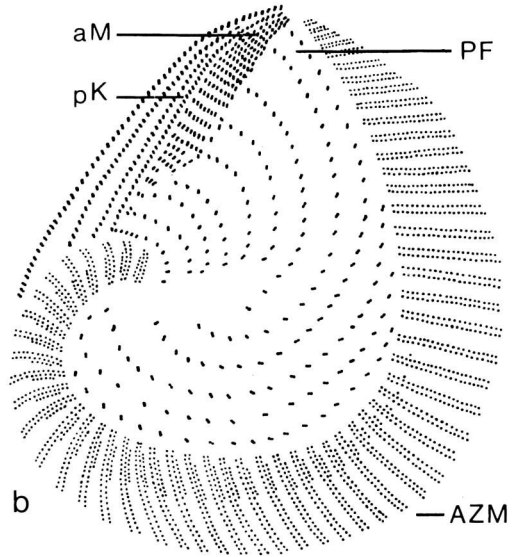
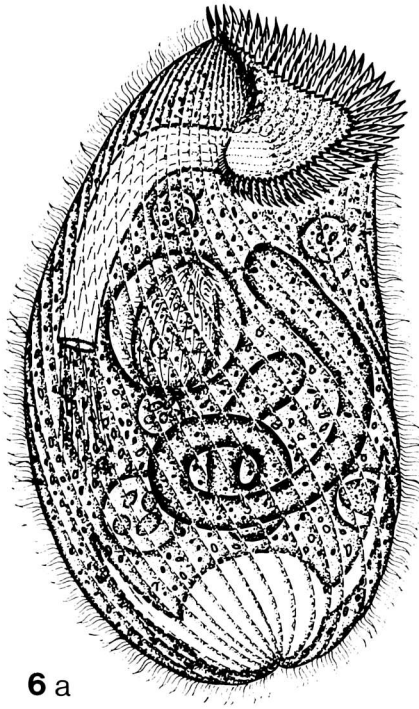
Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Unsere Populationen aus Belebtschlämmen passen gut auf die früheren Beschreibungen, besonders auf die afrikanische Population von DRAGESCO & DRAGESCO-KERNÉIS (1986), weshalb nur einige Details und die Morphometrie ergänzt werden. Nach unseren Beobachtungen entspricht die Infraciliatur jener anderer *Spirostomum*-Arten. Die Somakineten bestehen aus paarigen Basalkörpern, von denen jeweils nur der vordere bewimpert ist. Bei der paroralen Membran sind beide Basalkörper bewimpert. Außerdem sind hier die Abstände zwischen den Basalkörperpaaren deutlich kleiner als bei den Somakineten. Zwischen den Wimpernreihen liegen 2–3 Reihen kugelförmiger, gelber corticaler Granula, die der Zelle eine gelbliche Färbung verleihen (Abb. 5f).

Vorkommen: *Spirostomum teres* ist verbreitet und häufig in den H_2S -haltigen Bereichen stehender Gewässer und zahlreich in alphamesosaprobien bis polysaprobien Fließgewässern. Die Art wurde auch schon mehrmals in Belebtschlämmen gefunden (CURDS & COCKBURN 1970a; MADONI & GHETTI 1981).

Abb. 5a–d. *Spirostomum minus* nach Lebendbeobachtungen (a, b, d) und Protargolimprägnation (c). a: rechts laterale Ansicht. b: Dorsalansicht mit kontraktile Vakuole und nach vorne ziehendem Sammelkanal. c: Teil des Kernapparates. d: Teil der Pellicula mit Reihen corticaler Granula.

Abb. 5e–g. *Spirostomum teres* nach Protargolimprägnation (e) und Lebendbeobachtungen (f, g). e: Kernapparat. f: Teil der Pellicula mit Reihen corticaler Granula. g: rechts laterale Ansicht. Teilung der Maßstriche: 10 μm . cG = corticale Granula, CV = kontraktile Vakuole, Ma = Makronucleus, Mi = Mikronucleus.





Climacostomidae REPAK

Climacostomum virens (EHRENBERG, 1838) STEIN, 1859 (Abb. 6a–e, Tab. 6)1838 *Spirostomum virens* EHRENBERG, Infusionsthierchen, p. 332.1859 *Climacostomum virens* – STEIN, Infusionsthier I, p. 55.1975 *Climacostomum virens* (EHRENBERG) – PECK, PELVAT, BOLIVAR & HALLER, J. Protozool., 22: 368.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Unsere Population aus dem Belebtschlamm, die keine Zoochlorellen besitzt, stimmt mit den ausführlichen Beschreibungen von STEIN (1867), REPAK (1972) und PECK et al. (1975) recht gut überein. Morphologisch sind keine Unterschiede zu der mit Zoochlorellen ausgestatteten Population von PECK et al. (1975) feststellbar. Bereits EHRENBERG (1838) und STEIN (1867) beobachteten sowohl Individuen mit als auch ohne Zoochlorellen. REISSER & KURMEIER (1984) konnten in Dunkelheit bei zusätzlicher Gabe von Futterorganismen Zoochlorellen-freie Exemplare gewinnen. Die Art wird einigermaßen ausführlich dargestellt, weil es sich um eine Zoochlorellen-freie Population handelt und gute Zeichnungen, besonders versilberter Individuen, bisher fehlten.

Durchschnittlich 39 leicht spiralig verlaufende Somakineten, die aus Basalkörperpaaren bestehen, von denen jeweils nur der vordere Basalkörper eine in vivo 8–10 µm lange Cilie trägt. Postoral einige verkürzte Wimpernreihen, die eine etwa V-förmige Naht bilden (Abb. 6a, d). Zwischen den Wimpernreihen Bänder mit 3–5 Reihen von etwa 0,5–1 µm großen, corticalen Granula (Abb. 6c).

Oralapparat groß, besteht aus durchschnittlich 61 adoralen Membranellen, die ein mächtiges Band bilden, das am Apex beginnt und entlang der linken Seite verläuft; am Beginn des zweiten Körperdrittels biegt es scharf nach rechts und endet in der Mediane der Zelle. Dadurch entsteht ein dreieckiges Mundfeld, auf dem sich etwa 12–15 Wimpernreihen befinden. Diese setzen sich in einen langen, röhrenförmigen, abgewinkelten Schlund (Buccaltubus) fort. Am inneren Ende des Buccaltubus befindet sich eine kranzförmige

Tabelle 6. Morphometrische Charakteristik von *Climacostomum virens*. Alle Daten basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in µm.

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	171,0	180,0	25,3	14,8	120	210	19
Breite	95,5	91,0	17,4	18,2	69	124	19
Länge des Mundfeldes (einschließlich Membranellenbasen)	50,5	50,0	7,4	14,7	40	70	19
Durchmesser des Makronucleus im mittleren Teil	7,4	7,0	1,3	18,2	6	10	10
Distanz zwischen Apex und posteriorem Ende des Buccaltubus	86,8	85,0	12,2	14,1	65	107	19
Durchmesser des Buccaltubus im mittleren Teil	9,8	10,0	2,1	21,1	6	13	19
Anzahl der adoralen Membranellen	60,9	62,0	5,3	8,7	53	68	7
Anzahl der Somakineten	38,8	39,0	3,0	7,7	34	43	9
Anzahl der Basalkörper pro 10 µm einer Somakinete	10,8	11,0	1,8	16,3	8	14	14

Abb. 6a–e. *Climacostomum virens* nach Lebendbeobachtungen (a, c), Silbercarbonatimprägnation (b) und Protargolimprägnation (d, e). a: Ventralansicht. b: Infraciliatur des Mundfeldes. c: Teil der Pellicula mit corticalen Granula. d, e: Infraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. Teilung der Maßstriche: 10 µm. aM = apikale Membranellen, AZM = adorale Membranellenzone, Bt = Buccaltubus, Cp = Cytopyge, PF = Peristomfeld, pK = praeorale Kineten.

parorale Membran. Am vorderen rechten Rand des Mundfeldes eine Reihe unscheinbarer „apikaler Membranellen“ (Abb. 6b).

Vorkommen: Eine eher seltene Art, die vorwiegend im Sediment von pflanzenreichen Tümpeln, Teichen und Gräben, manchmal in kleinen und großen Fließgewässern und in Mooren, möglicherweise auch im Brackwasser und im Meer vorkommt. Im Belebtschlamm wurde sie bisher nur zweimal nachgewiesen, nämlich von CURDS (1969) in England und PUEBLA & FERNÁNDEZ-LEBORANS (1987) in Spanien. Wir fanden unsere Zoochloellen-freie Population in einem ausgefaulten und – sogar mit beträchtlicher Abundanz – im frischen Belebtschlamm der Kläranlage Zellhof (Salzburg) bei folgenden Ablaufdaten:

Temperatur 18,5°C, pH 7,4; Leitfähigkeit 619 µS/cm; BSB₅ 4 mg O₂/l; CSB (gesamt) 14,3 mg/l; CSB (gelöst) 11,8 mg/l; TOC (gesamt) 7,1 mg/l; TOC (gelöst) 6,2 mg/l; IC (gelöst) 47,4 mg/l; Gesamt-P 3,54 mg/l; NH₄⁺-N 0,35 mg/l; NO₃-N 6,0 mg/l; absetzbare Stoffe < 0,1 ml/l; gesamte ungelöste Stoffe 2,1 mg/l. Sauerstoffgehalt im Belebtschlamm etwa 2,0 mg/l. FOISSNER (1988) gibt folgende saprobielle Einstufung: b; b = 10, I = 5, SI = 2,0. Der Nachweis aus einer, wenn auch unterbelasteten Kläranlage deutet darauf hin, daß die ökologische Valenz breiter ist.

Familie Opisthnectidae FOISSNER

Opisthnecta patula FOISSNER, 1975 (Abb. 7a–e, Tab. 7)

1975 *Opisthnecta patula* FOISSNER, Protistologica, 11: 406.

Tabelle 7. Morphometrische Charakteristik von *Opisthnecta patula*. Die Daten basieren auf protargolimprägnierten beziehungsweise auf silbernitratimprägnierten (*) Individuen. Maßangaben in µm.

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	72,0	71,0	8,0	11,2	55	85	25
Breite im Bereich des Mundwulstes	39,5	40,0	8,0	20,2	28	55	25
Breite im Bereich des aboralen Wimpernkranzes	61,8	61,0	6,4	10,3	52	77	25
Größte Breite des Körpers	67,9	66,0	7,0	10,3	57	82	25
Größte Breite des Makronucleus	12,3	12,0	1,5	12,5	10	15	25
Breite des Makronucleus im mittleren Teil	8,5	8,5	1,1	12,8	6	11	25
Länge des Mikronucleus	5,5	5,5	0,4	7,0	5	6	10
Breite des Mikronucleus	3,2	3,1	0,3	10,3	3	4	10
Anzahl der Peniculi	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	11
* Distanz vom Oralapparat bis zum aboralen Wimpernkranz	65,7	65,0	7,4	11,3	54	85	20
* Distanz vom aboralen Wimpernkranz bis zur Scapula	36,4	37,0	4,6	12,7	25	45	20
* Anzahl der Silberlinien vom Oralapparat bis zum aboralen Wimpernkranz	77,2	78,0	3,7	4,9	66	82	20
* Anzahl der Silberlinien vom aboralen Wimpernkranz bis zur Scapula	39,4	40,0	1,9	4,8	35	42	20
* Gesamtanzahl der Silberlinien	116,5	117,0	4,3	3,7	105	123	20
* Distanz der Silberlinien	1,0	1,0	0,1	14,6	0,7	1,3	20
* Anzahl der Pelliculaporen pro 100 µm ²	31,8	30,0	7,5	23,7	18	45	20

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Die Individuen unserer Population sind durchschnittlich etwas kleiner (in vivo etwa 90–120 × 80–100 µm) als die von FOISSNER (1975) beschriebenen Populationen; die wesentlichen Merkmale (Anzahl der Silberlinien vom

O bis zum W und vom W bis zur S, Anzahl der kontraktile Vakuolen, Form und Lage des Makronucleus, Organisation des Oralapparates, schnelle Bewegung) stimmen aber so gut überein, daß an der Konspezifität kein Zweifel besteht (Tab. 7). Damit zu synonymisieren ist auch die von GUINEA & FERNÁNDEZ-GALIANO (1987) beschriebene *O. henneguyi*.

Da die Art also schon gut bekannt ist, beschränken wir uns auf einige Details und verweisen im übrigen auf die Abbildungen und die morphometrische Charakteristik. Mikronucleus ellipsoid, nur in den Protargolpräparaten gesehen, weit vom Makronucleus entfernt im vorderen Körperdrittel. 4 kontraktile Vakuolen, 2 davon oft etwas schwierig zu erkennen, münden alle in das Vestibulum. Dicht unter der Pellicula ein reich entwickeltes Myonemsystem, das im Mundwulst aus ringförmigen Fasern und in den anderen Teilen der Zelle aus longitudinal verlaufenden Strängen besteht, die im Bereich des Mundwulstes und des aboralen Wimpernkranzes deutlich verstärkt sind. Am Peristomdiskus, im aboralen Bereich und um die Körpermitte zweigen sich die Myoneme mehr oder weniger stark netzartig auf (Abb. 7c, e).

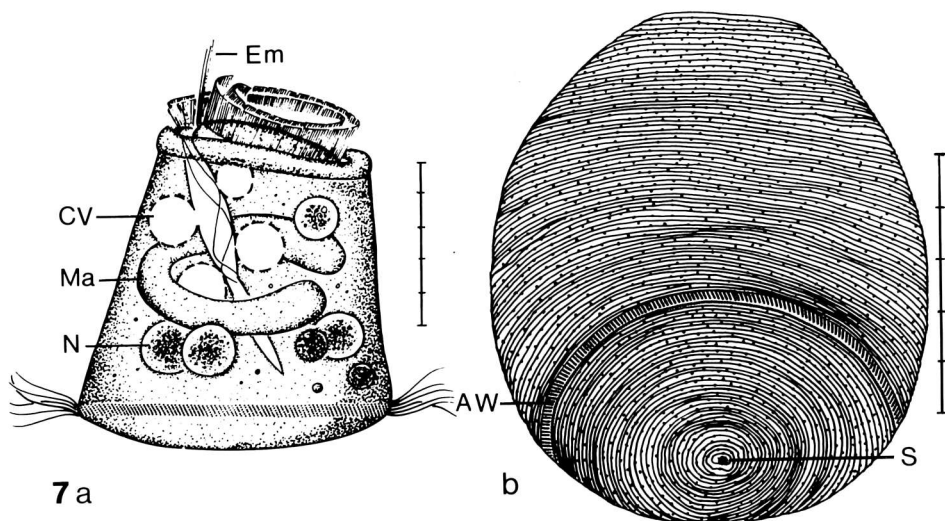


Abb. 7a, b. *Opisthionecta patula*. a: links laterale Ansicht in vivo. b: Ansicht von hinten nach trockener Silbernitratimprägnation. Teilung der Maßstriche: 10 µm. AW = aboraler Wimpernkranz, CV = kontraktile Vakuolen, Em = Epistommembran, Ma = Makronucleus, N = Nahrungsvakuole, S = Scopula.

Die orale Infraciliatur paßt genau auf die anderer großer *Opisthionecta*-Arten (LOM 1964; FOISSNER 1975, 1977; SOLA et al. 1985). Die Haplokinete und Polykinete beschreiben etwa $1\frac{1}{4}$ Umgänge (450°) auf dem Peristomdiskus und $2\frac{1}{2}$ –3 im Vestibulum. Die imprägnierbare Struktur entlang der proximalen Hälfte der Haplokinete verbreitert sich kurz vor dem Cytostom auffallend (Abb. 7d). Epistommembran am Beginn der Haplokinete, besteht aus etwa 5–8 ungefähr 25 µm langen Wimpern. Die Lage der Epistommembran ist also anders als beim Schwärmer von *Vorticella convallaria* (vgl. Abb. 8a–e). Die Wimpernreihen des aboralen Wimpernkranzes bestehen aus je 6 Basalkörpern mit etwa 15 µm langen Cilien.

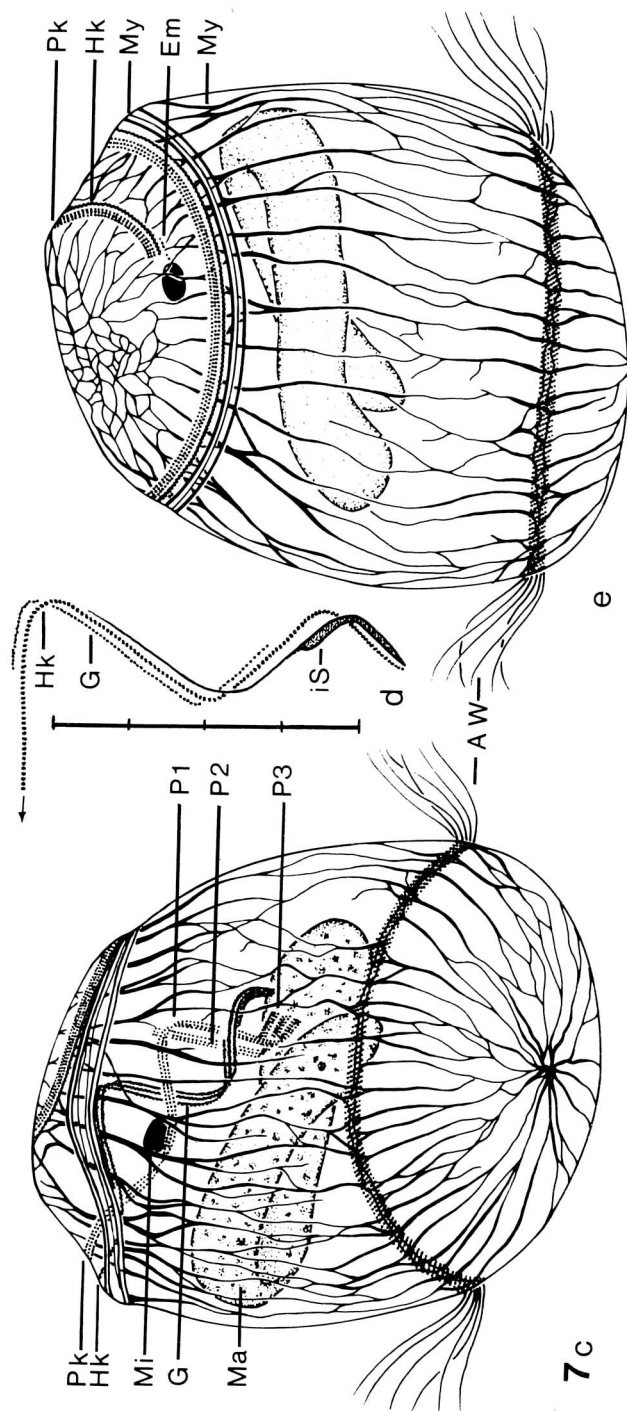


Abb. 7 c–e. *Opisthonecta patula* nach Protargolimpregnation. c, e: Infraciliator und Myonemsystem der linken und rechten Seite desselben Individuums. d: Teil des Oralapparates. Teilung des Maßstriches: 10 μ m. AW = aboraler Wimpernkranz, G = Epistomembran, Em = germinale Kinet, Hk = Haplokinete, is = imprägnierbare Struktur, Ma = Makronucleus, Mi = Mikronucleus, P1–P3 = Pericardium 1–3, Pk = Polykinete.

Silberliniensystem gattungstypisch, wie bei FOISSNER (1975) beschrieben (Abb. 7b, Tab. 7).

Vorkommen: Wir fanden die Art im Belebtschlamm und in einer saproben Schlammkultur. FOISSNER (1975, 1979a) entdeckte sie in einem mit Hausabwässern verschmutzten Wasserbecken, in einer leicht verjauchten Wegpfütze und in einem Weidetümpel. Er bezeichnet sie als Bewohner alphameso- und polysaprober Gewässer beziehungsweise als Leitform ephemerer, eutropher Kleingewässer. Das Vorkommen im Belebtschlamm überrascht daher nicht allzusehr. CURDS (1975) fand die sehr ähnliche Art *Telotrochidium henneguyi* (= *O. henneguyi*) im Belebtschlamm.

Familie Vorticellidae EHRENBERG

Vorticella convallaria (LINNAEUS, 1758) LINNAEUS, 1767 (Abb. 8a–e)

1758 *Hydra convallaria* LINNAEUS, Systema Naturae, 1: 817.

1767 *Vorticella convallaria* LINNAEUS, Systema Naturae, 1: 1319.

1974 *Vorticella convallaria* LINNÉ – PÄTSCH, Arb. Inst. landw. Zool. Bienenkd., 1: 39.

1979 *Vorticella convallaria* LINNAEUS, 1758 – FOISSNER, Zool. Jb. Syst., 106: 537.

1986 *Vorticella convallaria* LINNAEUS, 1758 – WARREN, Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.), 50: 18.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: *Vorticella convallaria* ist bereits von mehreren Autoren gut bearbeitet worden (z. B. NOLAND & FINLEY 1931; KAHL 1935; PÄTSCH 1974; FOISSNER 1979b). Wir beschränken uns deshalb auf morphologische Details des Schwärmerstadiums, insbesondere die bisher übersehene Epistommembran. Die Oralciliatur des Schwärmers stimmt mit der des Adultus überein, hinzu kommt lediglich die Epistommembran, die auch bei jungen Adulten noch nachweisbar ist. Sie liegt etwa 250° vom distalen Ende der Polykinete entfernt (Abb. 8d) und besteht aus ungefähr 5–6 Cilien, von denen Fibrillen entspringen, die in den Peristomdiskus ziehen. Ganz genau so ist die Lage und Struktur der Epistommembran bei *V. similis* (FOISSNER 1981), während sie bei *Opisthonecta patula* am Beginn der adoralen Wimpernspirale liegt (Abb. 7e). Diese Unterschiede könnten für die Aufklärung der Herkunft der stiellosen Peritrichen von Bedeutung sein.

Familie Aspidiscidae EHRENBERG

Aspidisca turrita (EHRENBERG, 1831) CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858 (Abb. 9a–k, Tab. 8)

1831 *Euplotes ? turritus* EHRENBERG, Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1831: 118 (ohne Abbildung).

1838 *Euplotes turritus* EHRENBERG, Infusionsthierchen, p. 380.

1858 *Aspidisca turrita* – CLAPARÈDE & LACHMANN, Mém. Inst. natn. génev., 5: 191.

Taxonomie: Von dieser Art gibt es keine neuere Beschreibung (WU & CURDS 1979), weshalb sie ausführlich dargestellt wird. Sie unterscheidet sich von der sonst sehr ähnlichen *A. lynceus* durch den dorsalen Dorn, von *A. cicada* zusätzlich durch das Fehlen deutlicher dorsaler Rippen. Allerdings wollen KAHL (1932) und KLIMOWICZ (1973) auch bei *A. turrita* Individuen ohne Dorn gesehen haben. Wir vermuten jedoch, daß es sich hierbei um *A. lynceus* handelte, da beide Arten vergesellschaftet sein können (eigene Beobachtung und PETTIGROSSO & CAZZANIGA 1987). Der von WU & CURDS (1979) vermuteten Synonymie mit *A. lynceus* stimmen wir nicht zu, da der dorsale Dorn ein zu markantes Merkmal ist (FOISSNER 1988). Endgültige Klarheit über die Konstanz dieses Merkmals und den Artstatus können aber wohl nur Klonkulturen bringen.

Wiederbeschreibung: Größe in vivo etwa 35–50 × 30–40 µm. Schildförmig, vorne verschmälert, hinten etwas gerundet bis quer abgestutzt, rechter Körperrand stark konvex, linker gerade bis leicht konvex. Ventral flach bis leicht eingesenkt und mit 2 kurzen,

zapfenförmigen Pellicula-Vorsprüngen zwischen dem 1. und 2. und dem 2. und 3. Transversalcirrus (Abb. 9a). Dorsal konvex, glatt, in Körpermitte meist 1, selten 2 nach hinten geneigte Dornen, die der Zelle in Seitenansicht ein auffallend mützenartiges Aussehen geben (Abb. 9c). Pellicula und Dorn starr. Makronucleus hufeisenförmig, in vivo etwa 3–6 μm dick; viele kugelförmige bis ellipsoide Nucleolen und gelegentlich 2 etwa 1–1,5 μm breite Replikationsbänder (Abb. 9f). Mikronucleus in vivo 3–5 μm groß, kugelförmig bis ellipsoid, liegt dem Makronucleus links vorne an. Kontraktile Vakuole und Exkretionsporus in genustypischer Lage. Cytoplasma farblos und mit vielen etwa 1 μm großen, fettig glänzenden Einschlüssen. Wenige etwa 5 μm große Nahrungsvakuolen mit Bakterien. Kriecht geschickt und rasch auf Belebtschlammflocken umher, in der Petrischale auch gerne am Boden, im freien Wasser torkelnd.

Anordnung und Zahl der kräftigen Cirren konstant: 7 etwa 15 μm lange Ventralcirren in 2 bogenförmigen Reihen mit 4 und 3 Cirren; 5 (3 rechte und 2 linke) 15–20 μm lange Transversalcirren. Gewöhnlich 5 dorsale Kineten: die Kineten 4 und 5 sind nur halb körperlang. Um eine einheitliche Numerierung zu erhalten, wurde bei Individuen mit 6 Kineten eine der mittleren, offensichtlich zusätzlich ausgebildeten Reihen mit 2a bezeichnet (Abb. 9f, h). Distanz zwischen den Basalkörperpaaren vorne kleiner als hinten. Bei den rechten und medianen Wimpernreihen meist einige mittlere und posteriore Basalkörperpaare unbewimpert (Abb. 9d, f).

Oralapparat zweigeteilt: vorne links, etwas überdeckt vom vordersten Ventralcirrus, in einer tiefen Grube 3 winzige, etwa 8 μm lange Frontalmembranellen; an der linken hinteren Ecke der Ventralfläche eine schräg zur Körperlängsachse gestellte, oval-schlüsselförmige Mundhöhle mit etwa 10 μm langen adoralen Membranellen, die aus je 2–3 Basalkörperreihen bestehen. Am rechten posterioren Ende der adoralen Membranellenzone eine kurze, etwa 5 μm lange, vermutlich aus 2–3 Basalkörperreihen aufgebaute parorale Membran, die bei der Gattung *Aspidisca* bisher meist übersehen wurde.

Silberliniensystem genustypisch, sehr ähnlich jenem von *A. lynceus*. Die Basalkörper der Kineten 5 sind durch eine arkadenförmige Silberlinie verbunden; die mittlere Silberlinie folgt der Form des dorsalen Dorns, manchmal ist sie an dessen Basis erkennbar (Abb. 9e, h–k).

Vorkommen: Im Vergleich mit *A. lynceus* und *A. cicada* eine seltene Art, die aber gelegentlich mit ihnen vergesellschaftet und kosmopolitisch verbreitet ist (Europa, Amerika, Asien, Neuseeland). Meist im Süßwasser (Flüsse, Seen, Teiche, auf Pflanzenresten sauberer Gewässer, zwischen absterbenden Algen, im Belebtschlamm kommunaler Kläranlagen, im Aufwuchs von Tropfkörpern), nach einigen Autoren (EHRENBERG 1838; ENTZ 1884; WANG & NIE 1933; LACKEY 1938) auch im Meer (Ostsee, Neapel, Bucht von Amoy, Woods Hole). GAJEWSKAJA (1933) meldet die Art in „großer Anzahl“ aus dem Litoral des Baikalsees bei 6–19°C. Wir fanden sie in einer mehrere Tage alten Schlammkultur der Kläranlage Filzmoos (Salzburg), im Belebtschlamm der Kläranlage Siggerwiesen (Salzburg) und in der mesosaprobien Amper bei München.

Frißt vorwiegend Bakterien, nach GAJEWSKAJA (1933) polyphag. KAHL (1928) fand *A. turrita* in einem Graben mit 0,29 % Salzgehalt und reichlich Rhodobakterien. Biomasse von 10^6 Individuen etwa 7 mg. KLIMOWICZ (1972, 1973) fand *A. turrita* mit einer durchschnittlichen Abundanz von 0,3–3114 Ind./ml im Belebtschlamm bei folgenden Verhältnissen: pH 6,9–8,2; 0–22°C; 2,7–8,0 mg/l O₂; Schlamm-trockensubstanz 3,7–5,8 kg/m³.

Saprobielle Einstufung (nach FOISSNER 1988): a–b; b = 4, a = 6, I = 3, SI = 2,6. Bedarf der Überprüfung. Das Vorkommen in sehr unterschiedlichen Biotopen deutet darauf hin, daß es sich um eine euryöke, euryhaline Art handelt. Der Verbreitungsschwerpunkt im beta- bis alphamesosaprobien Bereich erscheint aber zutreffend. Nach CURDS & COCKBURN (1970a, b) indiziert *A. turrita* einen BSB₅ von 0–10 mg/l im Ablauf von Kläranlagen, also gute Qualität.

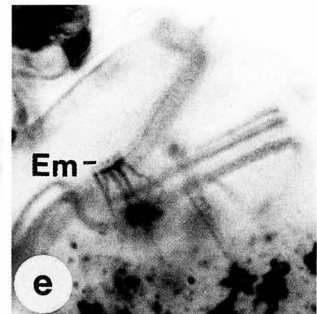
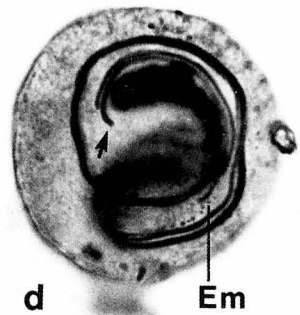
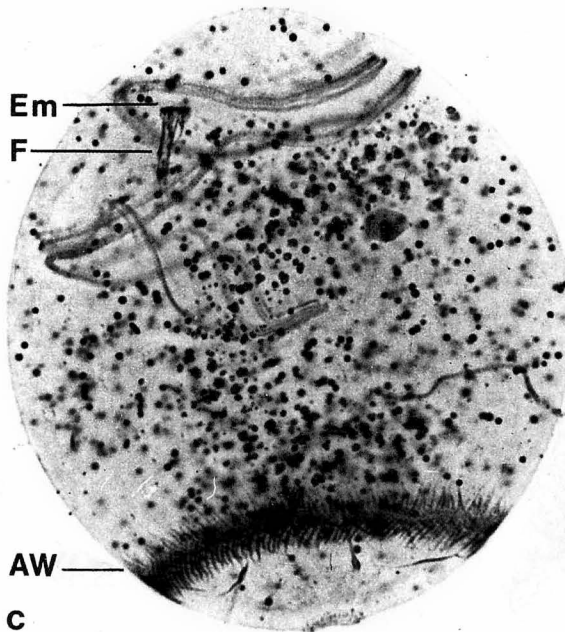
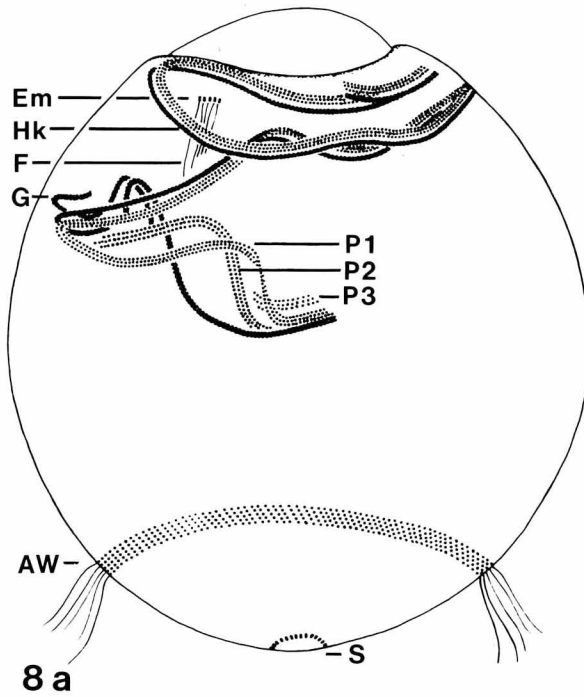
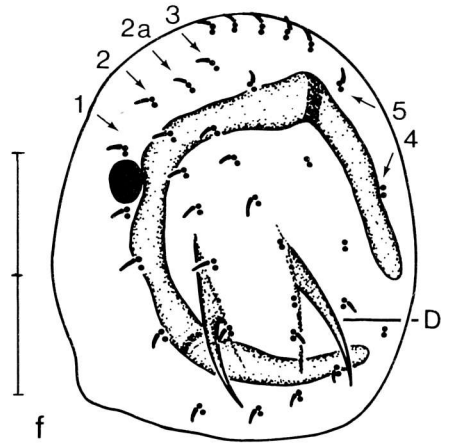
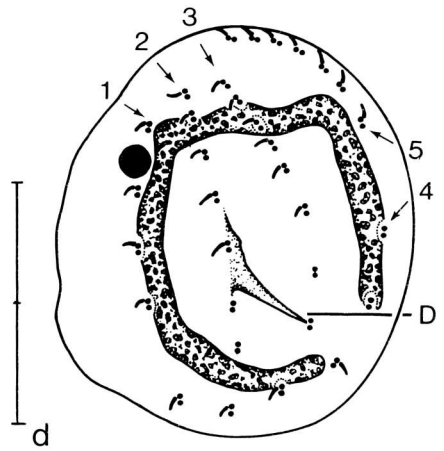
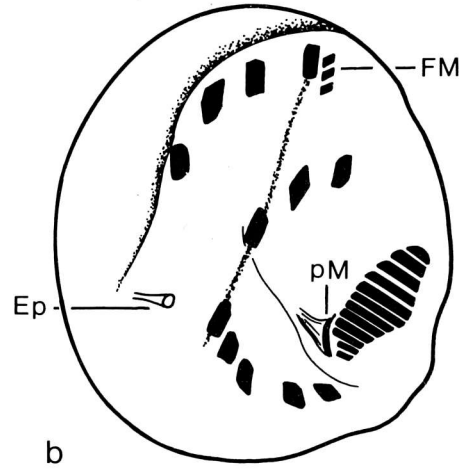
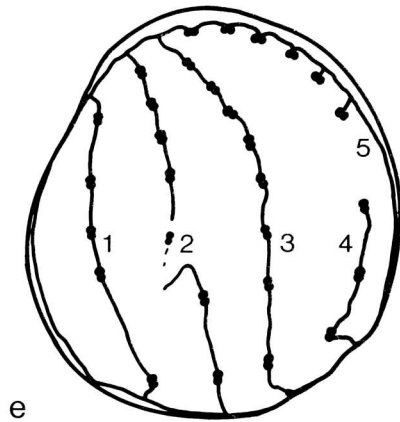
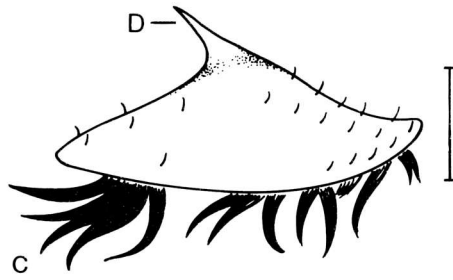
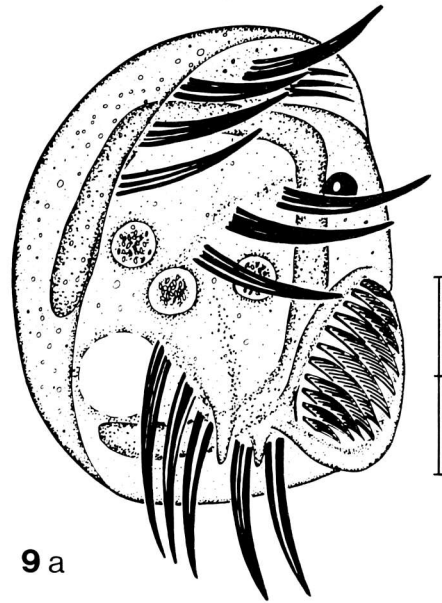


Abb. 8 a–e. *Vorticella convallaria* nach Silbercarbonatimpregnation (a, c, e) und Protargolimpregnation (b, d). a, c: Infraciliatur eines stark gequetschten Schwärmers. b, d: Infraciliatur eines (jungen) Adulttiers in Seitenansicht und in Aufsicht. Der Pfeil weist auf den Beginn der Wimpernschnecke hin. Em = Epistommembran, F = mit den Basalkörpern assoziierte Fibrillen, G = germinale Kinete, Hk = Haplokinete, P1–P3 = Peniculus 1–3, S = Scopula.



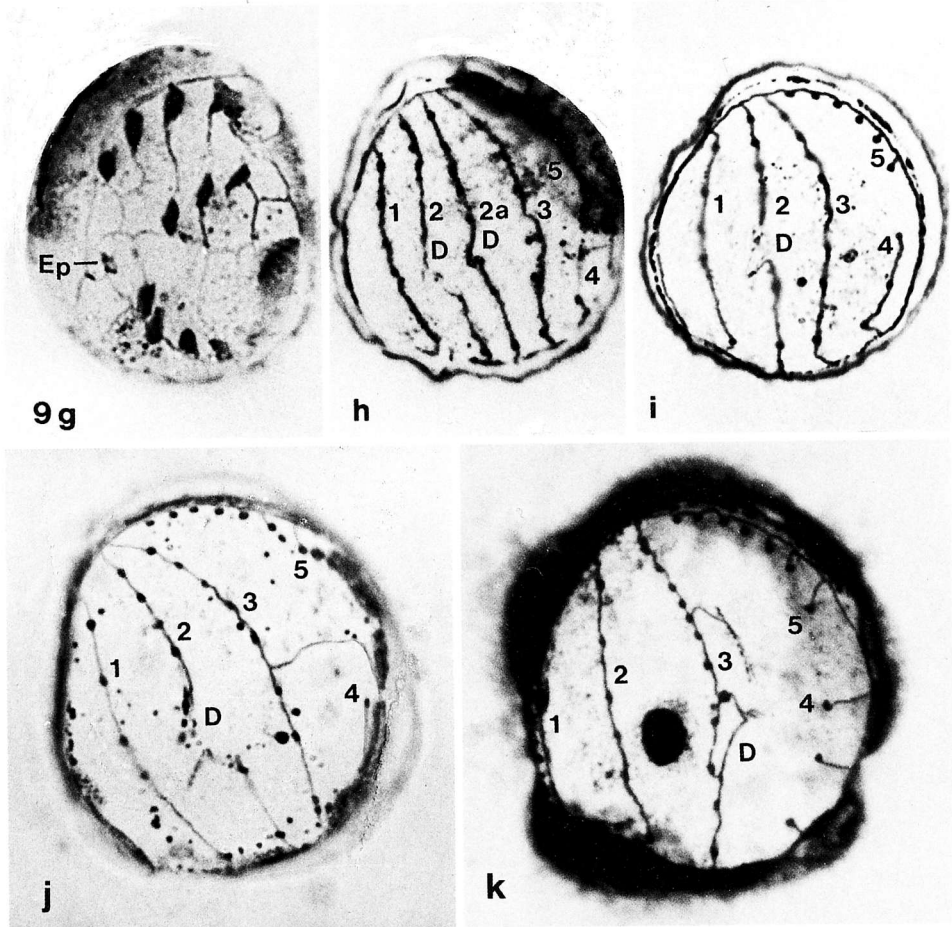


Abb. 9a–f. *Aspidisca turrita* nach Lebendbeobachtungen (a), Protargolimprägation (b–d, f) und trockener Silbernitratimprägation (e). a, b: Ventralansichten. c: Seitenansicht. d, f: Infraciliatur der Dorsalseite bei Individuen mit 1 beziehungsweise 2 dorsalen Dornen. e: Silberliniensystem der Dorsalseite. Teilung der Maßstriche: 10 µm. D = dorsaler Dorn, Ep = Exkretionsporus, FM = Frontalmembranellen, pM = parorale Membran, 1–5 = Dorsalkineten 1–5; wenn 6 Kineten vorhanden sind, ist offensichtlich eine zusätzliche mittlere Kinet (2a) ausgebildet.

Abb. 9g–k. *Aspidisca turrita* nach trockener Silbernitratimprägation. g: Silberliniensystem der Ventralseite. h–k: Silberliniensystem der Dorsalseite (h, Individuum mit 2 dorsalen Dornen; i, Exemplar mit 1 dorsalen Dorn; j, Individuum mit quer verlaufender Silberlinie zwischen Kineten 3 und 4; k, Individuum mit in die Spitze und an der Basis des Dorns verlaufender Silberlinie). Ep = Exkretionsporus, D = dorsaler Dorn, 1–5 = Dorsalkineten 1–5; wenn 6 Kineten vorhanden sind, ist offensichtlich eine zusätzliche mittlere Kinet (2a) ausgebildet.

Tabelle 8. Morphometrische Charakteristik von *Aspidisca turrta* (1. Zeile), *A. lynceus* (2. Zeile), *A. cicada*, Population Rußbach (3. Zeile) und *A. cicada*, Population Bischofshofen (4. Zeile). Alle Daten basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in μm .

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	31,8	32,0	2,5	7,8	27	37	30
	28,6	28,0	2,7	9,4	24	33	20
	22,2	22,0	1,6	7,4	20	25	20
	22,6	23,0	1,7	7,5	20	26	20
Breite	25,6	25,5	1,8	6,5	22	28	20
	25,8	25,5	2,9	10,8	22	30	20
	21,1	21,0	1,8	8,3	18	26	20
	20,6	20,5	1,5	7,1	17	23	20
Größte Länge der Kernfigur	22,1	22,0	2,0	9,0	19	25	20
	22,4	22,0	2,1	9,4	19	26	20
	17,1	17,0	1,5	9,0	15	20	20
	16,2	16,0	1,4	8,6	14	19	20
Größte Breite des Makronucleus	3,3	3,0	0,7	20,5	2	5	20
	3,5	3,5	0,5	14,2	3	4,5	20
	3,5	3,5	0,6	15,6	3	5	20
	3,7	3,8	0,8	20,7	3	6	20
Länge des Mikronucleus	3,0	3,0	0,5	15,6	2	4	20
	3,3	3,0	0,4	12,7	2,5	4	20
	2,9	3,0	0,5	18,2	2	4	20
	1,7	1,5	0,4	24,9	1	2,5	10
Breite des Mikronucleus	2,9	3,0	0,5	16,8	1,5	3,5	20
	2,8	3,0	0,3	12,5	2	3	20
	2,2	2,0	0,4	17,1	1,5	3	20
	1,5	1,5	0,3	22,2	1	2	10
Länge der adoralen Membranellenzone	9,6	10,0	0,6	6,3	8	10	20
	9,2	9,0	0,7	7,8	8	10	20
	7,1	7,0	0,4	6,0	6,5	8	20
	7,2	7,0	0,5	7,2	6	8	20
Größte Breite der adoralen Membranellenzone	5,1	5,0	0,4	7,3	4,5	6	20
	5,3	5,0	0,4	7,8	5	6	20
	5,1	5,0	0,4	7,5	4,5	6	20
	5,1	5,0	0,4	7,1	4,5	6	20
Distanz zwischen 2 zentralen Dorsalkineten in Körpermitte	5,1	5,0	0,8	15,8	4	7	20
	5,1	5,0	0,6	12,5	4	6	20
	3,9	4,0	0,5	13,2	3	5	20
	3,0	3,0	0,5	15,3	2,5	4	20
Distanz zwischen dem Exkretionsporus und dem rechten Körperrand	6,0	6,0	0,8	13,6	4,5	8	20
	4,9	5,0	1,0	19,3	3	6,5	20
	4,4	4,0	1,0	23,9	3	6	20
	4,1	4,0	0,8	20,0	3	6	20
Distanz zwischen den 3 rechten und den 2 linken Transversalcirren	2,1	2,0	0,4	19,2	1,5	3	20
	1,8	2,0	0,4	21,7	1	2,5	20
	2,0	2,0	0,2	11,5	1,5	2,5	20
	2,1	2,0	0,2	8,8	2	2,5	20

Tabelle 8. Fortsetzung

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Anzahl der adoralen Membranellen	12,2	12,0	0,5	4,0	11	13	20
	12,1	12,0	0,2	1,9	12	13	20
	11,0	11,0	0,0	0,0	11	11	20
	11,0	11,0	0,0	0,0	11	11	20
Anzahl der Frontalmembranellen	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
Anzahl der vorderen Frontoventralcirren	4,0	4,0	0,0	0,0	4	4	20
	4,0	4,0	0,0	0,0	4	4	20
	4,0	4,0	0,0	0,0	4	4	20
	4,0	4,0	0,0	0,0	4	4	20
Anzahl der hinteren Frontoventralcirren	3,1	3,0	0,2	7,3	3	4	20
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
Anzahl der Transversalcirren	5,0	5,0	0,0	0,0	5	5	20
	5,0	5,0	0,0	0,0	5	5	20
	5,0	5,0	0,0	0,0	5	5	20
	5,0	5,0	0,0	0,0	5	5	20
Anzahl der Dorsalkineten*)	5,1	5,0	0,2	4,4	5	6	20
	5,8	6,0	0,4	7,1	5	6	20
	5,2	5,0	0,4	7,1	5	6	20
	5,2	5,0	0,4	7,9	5	6	20
Anzahl der dorsalen Dorne	1,2	1,0	0,4	34,2	1	2	20
	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	20
	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	20
	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	20
Anzahl der dorsalen Rippen	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—
	6,6	7,0	0,6	9,1	6	8	20
	6,9	7,0	0,7	10,4	5	8	20

*) Die beiden halben Kineten am rechten Rand der Dorsalseite wurden (dem Silberliniensystem entsprechend) als 2 getrennte Kineten gewertet.

Aspidisca lynceus (MÜLLER, 1773) EHRENBURG, 1830 (Abb. 10a–d, Tab. 8)

1773 *Trichoda lynceus* MÜLLER, Vermium Terrestrium et Fluviatilium, p. 86 (ohne Abbildung).

1830 *Aspidisca lynceus*. *Trich. lync.* M. — EHRENBURG, Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1830: 42.

1982 *Aspidisca lynceus* EHRENBURG, 1838 — FOISSNER, Arch Protistenk., 126: 128.

1991 *Aspidisca lynceus* (MÜLLER, 1773) EHRENBURG, 1830 — FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 1/91, p. 377.

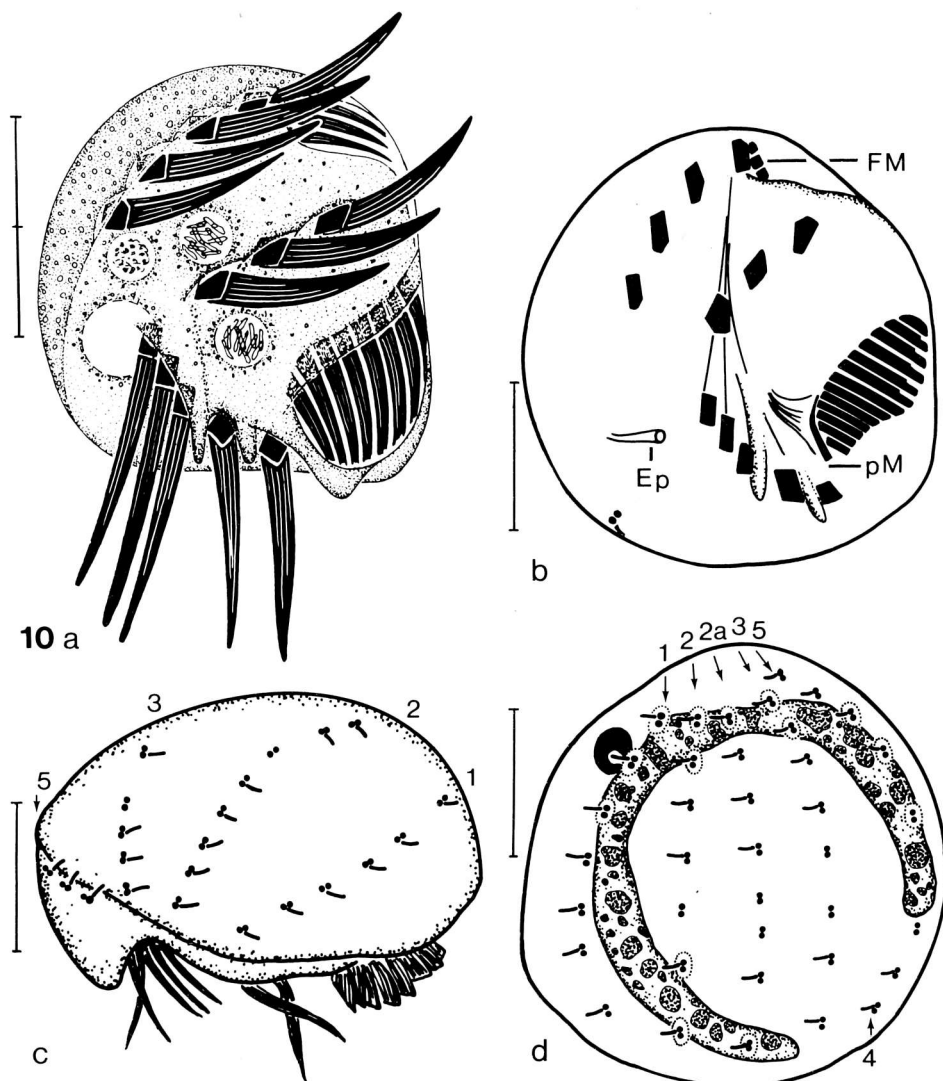


Abb. 10 a–d. *Aspidisca lynceus* nach Lebendbeobachtungen (a) und Protargolimprägnation (b–d). a: Ventralansicht (aus FOISSNER 1982, leicht verändert). b, d: Intraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. c: Ansicht der Intraciliatur von schräg vorne. Teilung der Maßstriche: 10 μ m. Ep = Exkretionsporus, FM = Frontalmembranellen, pM = parorale Membran, 1–5 = Dorsalkineten 1–5; wenn 6 Kineten vorhanden sind, ist offensichtlich eine zusätzliche mittlere Kinet (2a) ausgebildet.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Unsere Population aus dem Belebtschlamm stimmt hinsichtlich Größe (in vivo 35–50 $\times$ 30–45 μ m), Gestalt und Intraciliatur so gut mit den Populationen von EHRENBURG (1830), PLOUGH (1916), KLEIN (1929), KAHL (1932), GELEI (1939) und FOISSNER (1980, 1982) überein, daß hier die Zeichnungen und die morphometrische Charakteristik genügen. Form, Größe und Distanz der zwei linken Transversalcilien sind variabel; diese Merkmale eignen sich daher entgegen der Meinung von

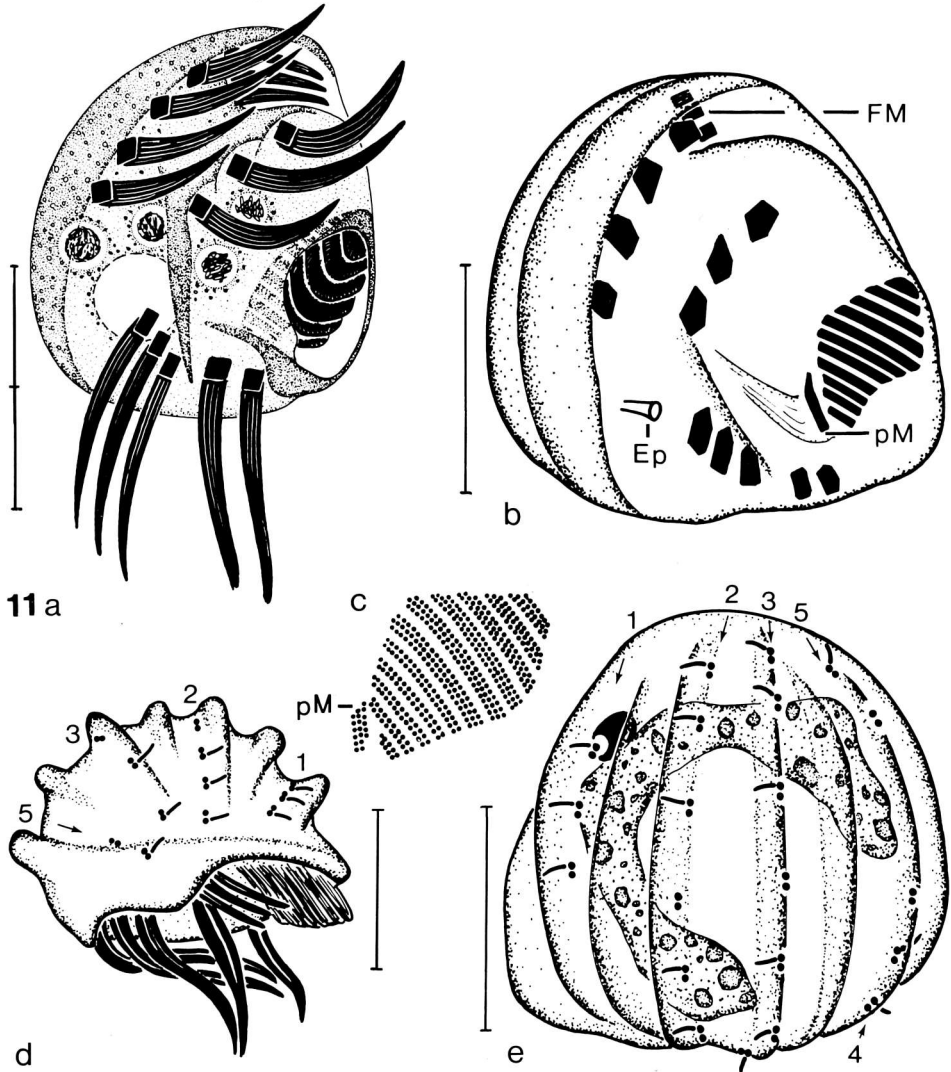


Abb. 11 a–e. *Aspidisca cicada* nach Lebendbeobachtungen (a), Protargolimpregnation (b, d, e) und Silbercarbonatimpregnation (c). a: Ventralansicht (aus FOISSNER 1982). b, e: Infraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. c: Oralapparat. d: Gestalt und Infraciliatur von vorne. Teilung der Maßstriche: 10 μ m. Ep = Exkretionsporus, FM = Frontalmembranellen, pM = parorale Membran, 1–5 = Dorsalkineten 1–5.

FOISSNER (1982) nicht zur Unterscheidung von *A. cicada*. Weiters sind die Distanzen zwischen den 2 linken und den 3 rechten Transversalcilien bei allen 3 *Aspidisca*-Arten etwa gleich groß (Tab. 8). Der für *A. cicada* als typisch angesehene ventrale Dorn ist auch bei *A. lynceus* vorhanden (siehe auch FOISSNER et al. 1991). Die dorsalen Silberlinienmuster dieser 3 Arten sind ebenfalls sehr ähnlich und etwas variabel, weshalb auch damit kaum eine Trennung möglich ist. Als Merkmale bleiben daher nur das pelliculäre Leistenmuster der Dorsalseite und die Länge: glatt oder fast glatt bei *A. lynceus* (35–50 μ m, M = 28 μ m), mit 1 bis 2 Dornen

bei *A. turrita* (35–50 μm , $M = 32 \mu\text{m}$), 6–8 deutliche Rippen bei *A. cicada* (25–40 μm , $M = 22 \mu\text{m}$).

Vorkommen: *Aspidisca lynceus* ist eine in fast allen limnischen Biotopen anzutreffende Art (FOISSNER et al. 1991). Wegen des Verbreitungsschwerpunkts im Übergangsbereich von der Alpha- auf die Betamesosaprobie und der von ALBRECHT (1984) betonten Euryökie, schlagen FOISSNER et al. (1991) folgende Verteilung der saprobiellen Valenzen vor: $b-a$; $o = 1$, $b = 4$, $a = 4$, $p = 1$, $I = 1$, $SI = 2,5$. Wir fanden die Art regelmäßig im Belebtschlamm vieler Kläranlagen des Landes Salzburg, bevorzugt bei geringer bis mäßiger, vereinzelt aber auch bei hoher Belastung. Nach CURDS & COCKBURN (1970b) indiziert *A. lynceus* in Belebungsanlagen gute Ablaufqualitäten ($BSB_5 < 20 \text{ mg/l}$).

Aspidisca cicada (MÜLLER, 1786) CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858 (Abb. 11a–e, Tab. 8)

1786 *Trichoda cicada* MÜLLER, Animalcula Infusoria, p. 232.

1841 *Cocculina costata* DUJARDIN, Zoophytes, p. 446.

1858 *Aspidisca cicada* – CLAPARÈDE & LACHMANN, Mém. Inst. natn. génev., 5: 190.

1982 *Aspidisca cicada* (MÜLLER, 1786) – FOISSNER, Arch. Protistenk., 126: 128.

1991 *Aspidisca cicada* (MÜLLER, 1786) CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858 – FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 1/91, p. 370.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Die komplizierte Synonymie ist bei CURDS (1977) ausführlich dargestellt. Die neuerliche Bearbeitung dieser relativ gut bekannten Art (HAMM 1964; HILL 1979; WU & CURDS 1979; FOISSNER 1982) erfolgte deshalb, weil eine gründliche morphometrische Charakteristik noch fehlte. Außerdem wollten wir zum besseren Vergleich mit den beiden anderen im Belebtschlamm gefundenen *Aspidisca*-Arten auch diese Species aus dem gleichen Biotop (Belebtschlamm) morphometrisch bearbeiten (Tab. 8).

Aspidisca cicada ist demnach durchschnittlich etwas kleiner (in vivo $25-40 \times 20-40 \mu\text{m}$) und im Umriß deutlicher dreieckig als *A. lynceus* und *A. turrita*. Dorsal konvex, mit meist 6–8 längs verlaufenden Rippen. Makronucleus im Verhältnis zur Körpergröße etwas dicker als bei *A. lynceus* und *A. turrita*. Einzelne Basalkörperpaare der Kineten 2–5(6) unbewimpert. Generell etwas geringere Anzahl von Basalkörperpaaren pro Kinete als bei *A. lynceus* und *A. turrita* (Abb. 11d, e).

Vorkommen: Nach der Literaturübersicht von FOISSNER et al. (1991) weit verbreitet und manchmal häufig in fast allen limnischen Biotopen. Es ist eine der häufigsten Ciliaten-Arten im Belebtschlamm und erreicht nach BUCK (1968) und KLIMOWICZ (1972) Abundanzen bis zu 40000 Ind./ml beziehungsweise 24500 Ind./ml. Wir zählten im Belebtschlamm der Kläranlage Bischofshofen einmal 16500 Ind./ml. *Aspidisca cicada* indiziert niedrige und normale Belastungsverhältnisse und eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Belebtschlammes. FOISSNER et al. (1991) schlagen folgende saprobielle Einstufung vor, die der ziemlich großen ökologischen Valenz von *A. cicada* gerecht wird: $a-b$; $b=4$, $a=5$, $p=1$, $I=2$, $SI=2,7$.

Familie Urostylidae BÜTSCHLI

Holosticha monilata KAHL, 1928 (Abb. 12a–i, Tab. 9)

1928 *Holosticha monilata* KAHL, Arch. Hydrobiol., 19: 212.

1981 *Holosticha similis* STOKES, 1886 – FOISSNER & DIDIER, Annls Stn limnol. Besse, 15: 260.

1989 *Holosticha similis* STOKES 1886 – SONG & WILBERT, Lauterbornia, 3: 159.

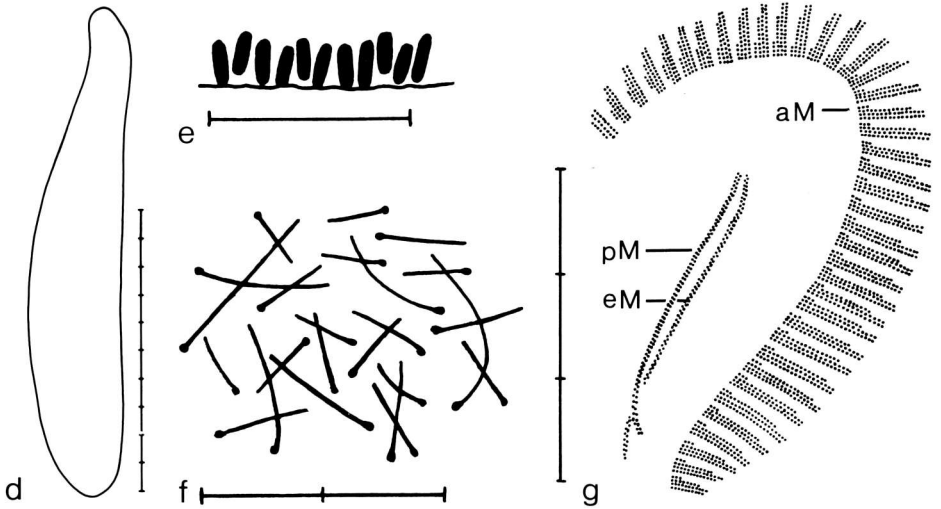
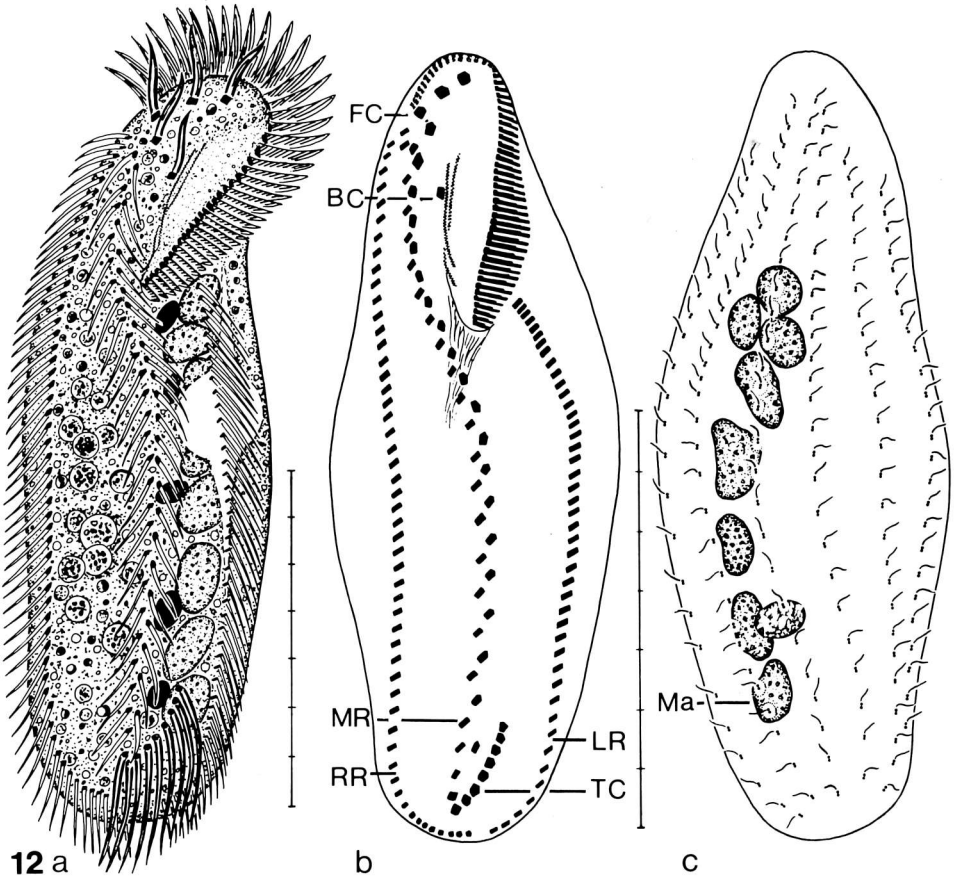
1991 *Holosticha monilata* KAHL, 1928 – FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 1/91, p. 231.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Auflösung der komplizierten Synonymie bei FOISSNER et al. (1991). Unsere Population stimmt gut mit der ausführlich beschriebenen französischen Population von FOISSNER & DIDIER (1981) und mit jener aus dem Poppelsdorfer

Tabelle 9. Morphometrische Charakteristik von *Holosticha monilata* (obere Zeile) und *Sterkiella histriomuscorum* (untere Zeile). Alle Daten basieren auf protargolimprägnierten Individuen. Maßangaben in μm .

Merkmal	$\bar{x}$	M	s	V	Min	Max	n
Länge	117,3	117,0	10,3	8,8	102	135	13
	99,0	97,5	13,2	13,3	85	129	20
Breite	35,4	34,0	5,4	15,4	30	45	13
	47,7	48,0	4,9	10,3	41	62	20
Länge eines Makronucleus-Teiles	11,2	11,0	2,9	25,5	7	18	13
	17,9	17,0	3,1	17,5	14	27	20
Breite eines Makronucleus-Teiles	6,3	6,0	1,2	18,7	4	9	13
	10,1	10,0	1,1	10,6	8	12	20
Länge eines Mikronucleus	4,9	5,0	0,9	18,9	4	7	13
	2,3	2,3	0,3	13,6	2	2,8	20
Breite eines Mikronucleus	3,3	3,0	0,6	18,3	2,5	4	13
	1,9	2,0	0,2	9,1	1,6	2,2	20
Länge der adoralen Membranellenzone	43,3	43,0	3,9	9,1	37	50	13
	45,2	44,5	3,8	8,5	39	53	20
Anzahl der Makronucleus-Teile	8,4	8,0	0,9	10,6	7	10	16
	2,0	2,0	0,3	16,2	1	3	20
Anzahl der Mikronuclei	3,8	4,0	1,0	25,7	2	5	13
	2,1	2,0	0,5	24,9	1	3	20
Anzahl der adoralen Membranellen	43,2	42,0	4,5	10,4	35	50	13
	39,3	40,0	2,9	7,3	34	44	20
Anzahl der Dorsalkineten	6,2	6,0	0,4	6,6	6	7	6
	6,2	6,0	0,4	6,0	6	7	20
Anzahl der Cirren der rechten Marginalreihe	49,0	48,0	2,7	5,6	46	54	9
	27,2	27,0	2,0	7,4	24	32	20
Anzahl der Cirren der linken Marginalreihe	43,0	42,0	3,7	8,4	40	50	9
	22,7	23,0	1,9	8,4	18	25	20
Anzahl der (deutlich verstärkten) Frontalcirren	4,0	4,0	0,0	0,0	4	4	13
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20
Anzahl der Buccalcirren	1,0	1,0	0,0	0,0	1	1	13
	1,0	1,0	0,0	0,0	1	1	20
Anzahl der Frontoterminalcirren	2,0	2,0	0,0	0,0	2	2	9
	—	—	—	—	—	—	—
Anzahl der Transversalcirren	10,0	10,0	1,1	10,8	8	12	13
	4,7	5,0	0,6	12,6	4	6	20
Anzahl der Cirrenpaare der Midventralreihe	22,1	22,0	1,7	7,5	20	25	13
	—	—	—	—	—	—	—
Anzahl der Ventralcirren im frontalen Bereich (ohne Frontal- und Buccalcirren)	—	—	—	—	—	—	—
	4,0	4,0	0,0	0,0	4	4	20
Anzahl der postoralen Ventralcirren *)	—	—	—	—	—	—	—
	5,0	5,0	0,5	10,3	4	6	20
Anzahl der Caudalcirren	—	—	—	—	—	—	—
	3,0	3,0	0,0	0,0	3	3	20

*) Einschließlich der Ventralcirren unmittelbar vor den Transversalcirren.



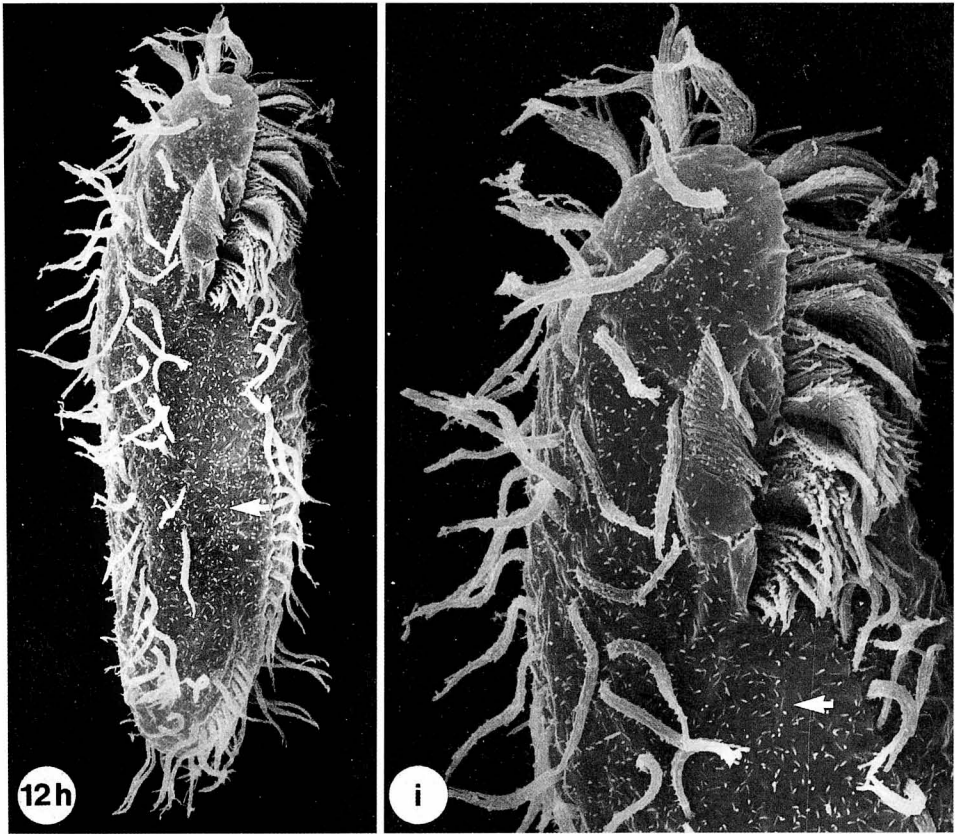
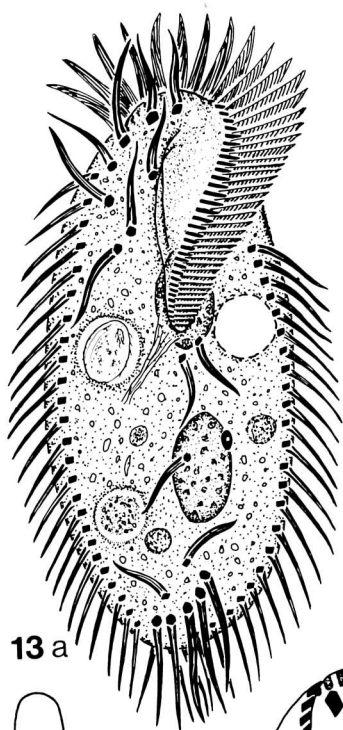


Abb. 12 a–g. *Holosticha monilata* nach Lebendbeobachtungen (a, d), Protargolimprägnation (b, c, e), Methylgrün-Pyronin-Färbung (f) und Silbercarbonatimprägnation (g). a: Ventralansicht. b, c: Infraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. d: Seitenansicht. e, f: ruhende und ausgestoßene Extrusome. g: Oralapparat. Teilung der Maßstriche: 10 μm . aM = adorale Membranellen, BC = Buccalcirrus, eM = endorale Membran, FC = Frontalcirren, LR = linke Marginalreihe, Ma = Makronucleus-Teil, MR = Midventralreihe, pM = parorale Membran, RR = rechte Marginalreihe, TC = Transversalcirren.

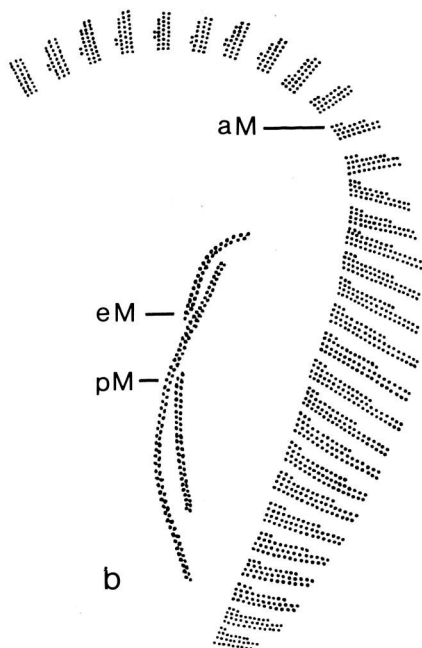
Abb. 12 h, i. *Holosticha monilata*, rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen einer Population aus der Amper (Bayern) mit wenigen Midventralcirren. h: Ventralansicht. i: vorderes Ende der Ventralseite. Die Pfeile weisen auf im Ausstoß begriffene Extrusome.

Weier überein (SONG & WILBERT 1989). Die Individuen sind lediglich im Durchschnitt geringfügig größer (in vivo $100\text{--}170 \times 30\text{--}50 \mu\text{m}$) und haben daher auch etwas mehr Transversalcirren, Marginalcirren und adorale Membranellen (Tab. 9). An der Konspezifität der Populationen besteht kein Zweifel.

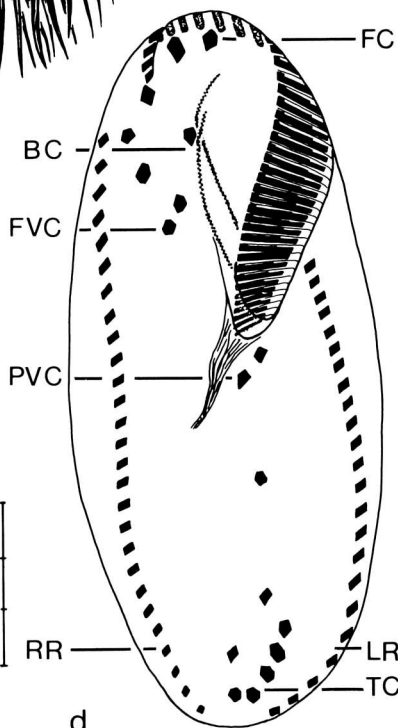
Dicht unter der Pellicula viele der charakteristischen, in vivo kaum sichtbaren, $2,5 \mu\text{m}$ langen Extrusome, die sich mit Protargol intensiv imprägnieren (Abb. 12e). Extrusome auch im Rasterelektronenmikroskop erkennbar (Abb. 12h, i). Nach Zugabe von Methylgrün-Pyronin werden sie ausgestoßen und etwa $4\text{--}15 \mu\text{m}$ lang; nadelförmig, gerade oder gebogen, ein Ende knopfartig verdickt (Abb. 12f). Genauer Aufbau der adoralen Membranellenzone siehe Abb. 12g.



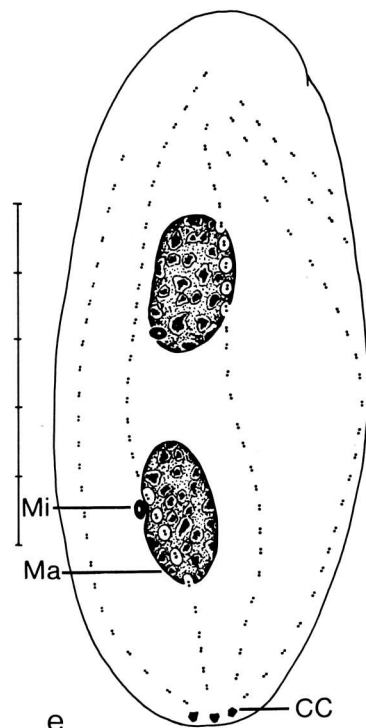
13 a



c



d



e

Vorkommen: Nach FOISSNER et al. (1991) weit verbreitet in limnischen Biotopen (Fließgewässer, Seen, Teiche), aber nie zahlreich. Die marinen Nachweise sind nicht sicher belegt. Sehr selten in terrestrischen Biotopen, z. B. in der Flechte *Usnea filipendula* auf *Picea abies* (FOISSNER 1986). Soweit wir wissen, bisher nicht im Belebtschlamm nachgewiesen. Kosmopolitisch.

Frißt Bakterien und Diatomeen. Biomasse von 10^6 Individuen etwa 52 mg. Ziemlich einförmige Verteilung über die Faktoren Chlorid, osmotische Amplitude, Temperatur, Strömung, Saprobienindex und Jahreszeit (ALBRECHT 1984). Nach FERNÁNDEZ-LEBORANS (1986) wenig empfindlich gegenüber Blei- und Zinkbelastung, d. h. bei 0,5 mg/l Bleiacetat und 0,2 mg/l Zinkchlorid noch nicht abgestorben.

Saprobielle Einstufung nach FOISSNER et al. (1991): a; b = 3, a = 6, p = 1, I = 3, SI = 2,8. Das paßt gut auf unseren Nachweis in einem schwach belasteten Belebtschlamm.

Familie Oxytrichidae EHRENBERG

Sterkiella histriomuscorum (FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, 1991) FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, 1991 (Abb. 13a–e, Tab. 9)

1932 *Histrio muscorum* KAHL, Tierwelt Dtl., 25: 617.

1985 *Histriculus muscorum* (KAHL, 1932) – BERGER, FOISSNER & ADAM, Protistologica, 21: 303.

1991 *Sterkiella histriomuscorum* (FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, 1991) – FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 1/91, p. 311.

Ergänzende Beobachtungen und Diskussion: Zur komplizierten Nomenklatur siehe FOISSNER et al. (1991). Unsere Population stimmt gut mit der Originalbeschreibung und den ausführlichen Darstellungen bei FOISSNER (1982) und BERGER et. al. (1985) überein, weshalb wir zum Vergleich vorwiegend auf die Abbildungen und die morphometrische Charakteristik verweisen. Die Individuen unserer Population sind geringfügig größer (in vivo $100\text{--}160 \times 45\text{--}70\text{ }\mu\text{m}$) als jene der obigen Autoren ($100\text{--}150 \times 40\text{--}60\text{ }\mu\text{m}$) und besitzen meist auch etwas mehr adorale Membranellen (durchschnittlich 39 gegenüber 29–31). Bei der Zeichnung des Oralapparates nach Silbercarbonatimprägnation wurden der Übersichtlichkeit halber einige adorale Membranellen weggelassen (Abb. 13b). Die Anzahl der Marginalcirren ist bei unserer Population mit durchschnittlich 27 rechten und 23 linken Marginalcirren ebenfalls etwas erhöht. Einige Individuen weisen außerdem eine kurze 7. Dorsalkinete auf der rechten Dorsalseite auf (Tab. 9).

Vorkommen: Die Art ist nach FOISSNER et al. (1991) weit verbreitet in limnischen und terrestrischen Biotopen. Wir fanden sie spärlich im Belebtschlamm und in größerer Abundanz in einer mehrere Wochen alten, weitgehend ausgefaulten Schlammkultur. Nach einer umfangreichen Literaturzusammenschau und einer Bewertung der autökologischen Befunde schlagen FOISSNER et al. (1991) folgende Verteilung der saprobiellen Valenzen vor: a; b = 2, a = 6, p = 2, I = 3, SI = 3,0. Diese Einstufung wird auch unserem Nachweis gerecht.

Abb. 13a–e. *Sterkiella histriomuscorum* nach Lebendbeobachtungen (a, c), Silbercarbonatimprägnation (b) und Protargolimprägnation (d, e). a: Ventralansicht. b: Oralapparat (aus AUGUSTIN et al. 1985, leicht verändert). c: Seitenansicht. d, e: Infraciliatur der Ventral- und Dorsalseite. Teilung der Maßstriche: 10 μm . aM = adorale Membranellen, BC = Buccalcirrus, CC = Caudalcirren, eM = endorale Membran, FC = Frontalcirren, FVC = Frontoventralcirren, LR = linke Marginalreihe, Ma = Makronucleus-Teil, Mi = Mikronucleus, pM = parorale Membran, PVC = postorale Ventralcirren, RR = rechte Marginalreihe, TC = Transversalcirren.

Zusammenfassung

Die Morphologie, Infraciliatur und Ökologie einiger Ciliaten aus dem Belebtschlamm werden beschrieben. *Enchelyomorpha vermicularis* (SMITH, 1899) besitzt kurze, akontraktile Körperteilsätze, eine einheitliche Infraciliatur aus Monokinetiden, ein feinmaschiges Silberliniensystem und keine Oralciliatur. Aufgrund dieser besonderen Merkmalskombination wird die monotypische Familie Enchelyomorphidae nov. fam. begründet. *Dextiotricha tranquilla* (KAHL, 1926) nov. comb. wird mit einer verbesserten Diagnose versehen. Der Schwärmer von *Vorticella convallaria* (LINNAEUS, 1758) besitzt eine Epistommembran, die etwa 250° vom distalen Ende der adoralen Wimpernschnecke entfernt ist. Wiederbeschrieben und morphometrisch charakterisiert werden ferner: *Aspidisca turrita* (EHRENBERG, 1831), *A. lynceus* (MÜLLER, 1773), *A. cicada* (MÜLLER, 1786), *Prorodon ovum* (EHRENBERG, 1831), *Spathidium anguilla* VUXANOVICI, 1962, *Spirostomum minus* ROUX, 1901, *S. teres* CLAPARÈDE & LACHMANN, 1858, *Climacostomum virens* (EHRENBERG, 1838), *Opisthonecta patula* FOISSNER, 1975, *Holosticha monilata* KAHL, 1928 und *Sterkiella histriomuscorum* (FOISSNER, BLATTERER, BERGER & KOHMANN, 1991).

Danksagung

Der Erstautor dankt dem Vorstand des Instituts, Herrn Univ.-Prof. Dr. HANS ADAM, und dem Betreuer, Herrn Univ.-Prof. Dr. WILHELM FOISSNER, für den zur Verfügung gestellten Arbeitsplatz und für die Anleitung zu den im Rahmen der Dissertation durchgeführten Arbeiten. Herrn Dr. HELMUT BERGER danken wir für die kritische Durchsicht des Manuskripts, Frau KARIN BERNATZKY und Herrn ANDREAS ZANKL für ihre Hilfe bei den fototechnischen Arbeiten.

Literatur

- ALBRECHT, J. (1984): Zur Autökologie ausgewählter Aufwuchsciliaten des Weser-Flußsystems (Protozoa: Ciliophora). Decheniana **137**: 132–167.
- AUGUSTIN, H., & FOISSNER, W. (1989): Morphologie einiger Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus dem Belebtschlamm. Lauterbornia **1**: 38–59.
- & ADAM, H. (1985): Morphological and biometrical characterization of activated sludge ciliates. J. Protozool. (Abstract 69) p. 23A.
- — (1987): Revision of the genera *Acineria*, *Trimyema* and *Trochiliopsis* (Protozoa, Ciliophora). Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.) **52**: 197–224.
- & BAUER, R. (1989): Die Zählung von Protozoen und kleinen Metazoen im Belebtschlamm. Acta hydrochim. hydrobiol. **17**: 375–386.
- BERGER, H., FOISSNER, W., & ADAM, H. (1984): Taxonomie, Biometrie und Morphogenese einiger terricoler Ciliaten (Protozoa: Ciliophora). Zool. Jb. Syst. **111**: 339–367.
- — — (1985): Morphological variation and comparative analysis of morphogenesis in *Parakahlia macrostoma* (FOISSNER, 1982) nov. gen. and *Histriculus muscorum* (KAHL, 1932), Ciliophora, Hypotrichida. Protistologica **21**: 295–311.
- BLATTERER, H., & FOISSNER, W. (1990): Beiträge zur Ciliatenfauna (Protozoa: Ciliophora) der Amper (Bayern, Bundesrepublik Deutschland). Arch. Protistenk. **138**: 93–115.
- BLOCHMANN, F. (1895): Die mikroskopische Thierwelt des Süßwassers. Abteilung I: Protozoa. 2. Aufl. Lucas Gräfe & Sillem, Hamburg.
- BOGGS, N. (1965): Comparative studies on *Spirostomum*: silver impregnation of three species. J. Protozool. **12**: 603–606.
- BORROR, A. C. (1963): Morphology and ecology of the benthic ciliated protozoa of Alligator Harbor, Florida. Arch. Protistenk. **106**: 465–534.
- BUCK, H. (1968): Die Ciliaten des Belebtschlammes in ihrer Abhängigkeit vom Klärverfahren. Münchn. Beitr. Abwass. — Fisch. — Flussbiol. **5**: 206–222.
- CLAPARÈDE, É., & LACHMANN, J. (1858): Études sur les infusoires et les rhizopodes. Mém. Inst. natn. génev. **5** (Jahr 1857): 1–260.
- CONN, H. W. (1905): A preliminary report on the protozoa of the fresh waters of Connecticut. Bull. Conn. St. geol. nat. Hist. Surv. **2**: 5–69.
- CURDS, C. R. (1969): An illustrated key to the British freshwater ciliated protozoa commonly found in activated sludge. Tech. Pap. Wat. Pollut. Res. D. S. I. R. **12**: 1–90.
- (1973): The role of protozoa in the activated sludge-process. Amer. Zool. **13**: 161–169.

- (1975): Protozoa. In: C. R. CURDS & H. A. HAWKES (eds.), Ecological aspects of used-water treatment. Vol. 1: The organisms and their ecology, pp. 203–268. Academic Press, London.
- (1977): Notes on the morphology and nomenclature of three members of the Euplotidae (Protozoa: Ciliata). Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.) **31**: 267–278.
- & COCKBURN, A. (1970a): Protozoa in biological sewage-treatment processes – I. A survey of the protozoan fauna of British percolating filters and activated-sludge plants. Wat. Res. **4**: 225–236.
- – (1970b): Protozoa in biological sewage-treatment processes – II. Protozoa as indicators in the activated sludge process. Wat. Res. **4**: 237–249.
- DRAGESCO, J., & DRAGESCO-KERNÉIS, A. (1986): Ciliés libres de l'Afrique intertropicale. Faune tropicale **26**: 1–559.
- DUJARDIN, F. (1841): Histoire naturelle des zoophytes. Infusoires. Suites à Buffon, Paris.
- EHRENBERG, C. G. (1830): Beiträge zur Kenntniss der Organisation der Infusorien und ihrer geographischen Verbreitung, besonders in Sibirien. Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1830: 1–88.
- (1831): Über die Entwicklung und Lebensdauer der Infusionsthiere; nebst fernerer Beiträgen zu einer Vergleichung ihrer organischen Systeme. Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1831: 1–154.
- (1833): Dritter Beitrag zur Erkenntniss großer Organisation in der Richtung des kleinsten Raumes. Abh. dt. Akad. Wiss. Berl., Jahr 1833: 145–336.
- (1838): Die Infusionsthierehen als vollkommene Organismen. Voss, Leipzig.
- ENTZ, G. SR. (1884): Über Infusorien des Golfes von Neapel. Mitt. zool. Stn Neapel **5**: 289–444.
- FAURÉ-FREMIET, E. (1968): Les genres *Dextrotricha* STOKES et *Loxocephalus* EBERHARD dans leur relations auxomorphiques. Protistologica **4**: 115–125.
- FERNÁNDEZ-LEBORANS, G. (1986): Interaction lead-zink in a natural community of protozoans. Acta Protozool. **25**: 195–211.
- FOISSNER, W. (1975): Opisthnectidae (Ciliata, Peritrichida) nov. fam. und Revision der Genera *Telotrichidium* (KENT) und *Opisthnecta* (FAURÉ-FREMIET). Protistologica **11**: 395–414.
- (1977): Revision der Genera *Asylozoon* (ENGELMANN) und *Hastatella* (ERLANGER) (Ciliata Natantina). Protistologica **13**: 353–379.
- (1979a): Wimpertiere als Bioindikatoren. ÖKO-L, Jahr 1979 (Heft 4): 3–7.
- (1979b): Peritriche Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus alpinen Kleingewässern. Zool. Jb. Syst. **106**: 529–558.
- (1980): Taxonomische Studien über die Ciliaten des Großglocknergebietes (Hohe Tauern, Österreich). IX. Ordnungen Heterotrichida und Hypotrichida. Ber. Nat.-Med. Ver. Salzburg **5**: 71–117.
- (1981): Morphologie und Taxonomie einiger heterotricher und peritricher Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus alpinen Böden. Protistologica **17**: 29–43.
- (1982): Ökologie und Taxonomie der Hypotrichida (Protozoa: Ciliophora) einiger österreichischer Böden. Arch. Protistenk. **126**: 19–143.
- (1983): Taxonomische Studien über die Ciliaten des Großglocknergebietes (Hohe Tauern, Österreich). I. Familien Holophryidae, Prorodontidae, Plagiocampidae, Colepidae, Enchelyidae und Lacrymariidae nov. fam. Annln naturh. Mus. Wien **84/B**: 49–85.
- (1984): Infraciliatur, Silberliniensystem und Biometrie einiger neuer und wenig bekannter terrestrischer, limnischer und mariner Ciliaten (Protozoa: Ciliophora) aus den Klassen Kinetofragminophora, Colpodea und Polyhymenophora. Stapfia **12**: 1–165.
- (1986): Wimpertiere (Protozoa: Ciliophora) in Flechten. Kataloge des Oberösterreichischen Landesmuseums Linz (N. F.) **5**: 43–46.
- (1987a): Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the literature. Progr. Protistol. **2**: 69–212.
- (1987b): Neue terrestrische und limnische Ciliaten (Protozoa, Ciliophora) aus Österreich und Deutschland. Sber. Akad. Wiss. Wien **195** (Jahr 1986): 217–268.
- (1988): Taxonomic and nomenclatural revision of Sládeček's list of ciliates (Protozoa: Ciliophora) as indicators of water quality. Hydrobiologia **166**: 1–64.
- (1990): Dynamics of ecology of free-living protozoa. Zoological Science **7** (Suppl.): 155–165.
- & DIDIER, P. (1981): Morphologie und Infraciliatur einiger kinetofragminophorer und hypotricher Ciliaten aus den Fließgewässern von Besse-en-Chandesse (Frankreich). Annls Stn limnol. Besse **15**: 254–275.
- & FOISSNER, I. (1988): Stamm: Ciliophora. Catalogus Faunae Austriae, Teil Ic. Verlag Österr. Akad. Wissensch., Wien.
- BLATTERER, H., BERGER, H., & KOHMANN, F. (1991): Taxonomische und ökologische Revision der

- Ciliaten des Saprobiensystems I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1/91: 1–478.
- GAJEWSKAJA, N. (1933): Zur Oekologie, Morphologie und Systematik der Infusorien des Baikalsees. Zoologica, Stuttg. **83**: 1–298.
- GELEI, J. VON (1939): Vollkommene Sinneselemente bei höheren Ciliaten. II. Studie über die Sinnesorganellen von *Aspidisca*-Arten, Allgemeines. Annls hist.-nat. Mus. natn. hung. **58**: 476–518.
- GRANDORI, R., & GRANDORI, L. (1934): Nuovi protozoi del terreno agrario. Boll. Lab. Zool. agr. Bachic. R. Ist. sup. agr. Milano **4**: 64–80.
- GUINEA, A., & FERNÁNDEZ-GALIANO, D. (1987): Observations on *Opisthonecta henneguyi* FAURÉ-FREMIET: Infraciliature, argyrome, and myonemic system. J. Protozool. **34**: 92–97.
- HAMM, A. (1964): Untersuchungen über die Ökologie und Variabilität von *Aspidisca costata* (Hypotricha) im Belebtschlamm. Arch. Hydrobiol. **60**: 286–339.
- HILL, B. F. (1979): Reconsideration of cortical morphogenesis during cell division in *Aspidisca* (Ciliophora, Hypotrichida). Trans. Am. microsc. Soc. **98**: 537–542.
- HILLER, S., & BARDELE, C. F. (1988): *Prorodon aklitolophon* n. spec. and the “dorsal brush” as a character to identify certain subgroups in the genus *Prorodon*. Arch. Protistenk. **136**: 213–236.
- JANKOWSKI, A. W. (1964): Morphology and evolution of Ciliophora. IV. Saproplebionts of the family Loxocephalidae fam. nova, their taxonomy and evolutionary history. Acta Protozool. **2**: 33–64.
- JORDAN, A. (1974): Morphologie et biologie de *Prorodon discolor* Ehr.-Blochm.-Schew. Acta Protozool. **13**: 5–8.
- JUDAY, C. (1919): A freshwater anaerobic ciliate. Biol. Bull. **36**: 92–95.
- KAHL, A. (1926): Neue und wenig bekannte Formen der holotrichen und heterotrichen Ciliaten. Arch. Protistenk. **55**: 197–438.
- (1928): Die Infusorien (Ciliata) der Oldesloer Salzwasserstellen. Arch. Hydrobiol. **19**: 189–246.
- (1930): Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 1. Allgemeiner Teil und Prostomata. Tierwelt Dtl. **18**: 1–180.
- (1931a): Über die verwandtschaftlichen Beziehungen der Suctorien zu den prostomen Infusorien. Arch. Protistenk. **73**: 423–481.
- (1931b): Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 2. Holotricha außer den im 1. Teil behandelten Prostomata. Tierwelt Dtl. **21**: 181–398.
- (1932): Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 3. Spirotricha. Tierwelt Dtl. **25**: 399–650.
- (1935): Urtiere oder Protozoa I: Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria) 4. Peritricha und Chonotricha. Tierwelt Dtl. **30**: 651–886.
- KLEIN, B. M. (1929): Weitere Beiträge zur Kenntnis des Silberliniensystems der Ciliaten. Arch. Protistenk. **65**: 183–257.
- (1930): Das Silberliniensystem der Ciliaten. Weitere Ergebnisse. IV. Arch. Protistenk. **69**: 235–326.
- KLIMOWICZ, H. (1972): The microfauna of activated sludge. Part II. Assemblages of microfauna in block aeration tanks. Acta hydrobiol. (Krakow) **14**: 19–36.
- (1973): Microfauna of activated sludge. Part III. The effect of physico-chemical factors on the occurrence of microfauna in the annual cycle. Acta hydrobiol. (Krakow) **15**: 167–188.
- LACKEY, J. B. (1925): The fauna of Imhoff tanks. New Jers. Agric. Exp. Stn. Bull. **417**: 1–39.
- (1938): A study of some ecologic factors affecting the distribution of protozoa. Ecol. Monogr. **8**: 501–527.
- LEIPE, D. (1989): *Prorodon spirogyrophagus* nov. spec. (Ciliophora, Prostomatea): morphology, infraciliature and food-uptake. Europ. J. Protistol. **24**: 392–401.
- LIEBMANN, H. (1936): Die Ciliatenfauna der Emscherbrunnen. Z. Hyg. Infektkrankh. **118**: 555–573.
- (1962): Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie. Biologie des Trinkwassers, Badewassers, Frischwassers, Vorfluters und Abwassers. Band I. Oldenbourg, München.
- LINNAEUS, C. (1758): Systema Naturae. Vol. I. 10th ed. Salvii, Holmiae.
- (1767): Systema Naturae. Vol. I. 12th ed. Salvii, Holmiae.
- LOM, J. (1964): The morphology and morphogenesis of the buccal ciliary organelles in some peritrichous ciliates. Arch. Protistenk. **107**: 131–162.
- MADONI, P., & GHETTI, P. F. (1981): The structure of ciliated protozoa communities in biological sewage-treatment plants. Hydrobiologia **83**: 207–215.
- MÜLLER, O. F. (1773): Vermium Terrestrium et Fluviatilium, seu Animalium Infusorium, Helminthicorum et Testaceorum, non Marinorum, Succincta Historia. Heineck & Faber, Havniae & Lipsiae.

- (1786): *Animalcula Infusoria Fluviatilia et Marina, quae Detexit, Systematice Descripsit et ad Vivum Delineari Curavit*. N. Mölleri, Hauniae.
- NOLAND, L. E., & FINLEY, H. E. (1931): Studies on the taxonomy of the genus *Vorticella*. *Trans. Am. microsc. Soc.* **50**: 81–123.
- PÄTSCH, B. (1974): Die Aufwuchsciliaten des Naturlehrparks Haus Wildenrath. *Arb. Inst. landw. Zool. Bienenkd.* **1**: 1–82.
- PECK, R. K. (1974): Morphology and morphogenesis of *Pseudomicrothorax*, *Glaucoma* and *Dextotricha*, with emphasis on the types of stomatogenesis in holotrichous ciliates. *Protistologica* **10**: 333–369.
- PELVAT, B., BOLIVAR, I., & HALLER, G. DE (1975): Light and electron microscopic observations on the heterotrich ciliate *Climacostomum virens*. *J. Protozool.* **22**: 368–385.
- PETTIGROSSO, R. E., & CAZZANIGA, N. J. (1987): Registro de tres especies de *Aspidisca* (Ciliophora: Hypotrichida) en la Argentina. *An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso* **18**: 5–12.
- PLOUGH, H. H. (1916): The genus *Aspidisca* EHRENBERG. *Trans. Am. microsc. Soc.* **35**: 233–244.
- PUEBLA, P. M., & FERNÁNDEZ-LEBORANS, G. (1987): El proceso de depuración en una planta piloto de fangos activados. II. El control de la calidad biológica respecto a las poblaciones de ciliados. *Tecnología del agua* **32**: 87–101.
- REISSER, W., & KURMEIER, B. (1984): The endosymbiotic unit of *Climacostomum virens* and *Chlorella* sp. Symbiotic features of the association and host-symbiont regulatory mechanisms. *Protistologica* **20**: 265–270.
- REPAK, A. J. (1972): A redescription of *Climacostomum virens* (EHRENBERG) STEIN and proposal of a new heterotrich ciliate family, Climacostomidae fam. n. *J. Protozool.* **19**: 417–427.
- & ISQUITH, I. R. (1974): The systematics of the genus *Spirostomum* EHRENBERG, 1838. *Acta Protozool.* **12**: 325–333.
- ROUX, J. (1901): Faune infusorienne des eaux stagnantes des environs de Genève. Kündig, Genève.
- SMITH, J. C. (1897): Notices of some undescribed infusoria, from the infusorial fauna of Louisiana. *Trans. Am. microsc. Soc.* **19**: 55–68.
- (1899): Notices of some undescribed infusoria, from the infusorial fauna of Louisiana. *Trans. Am. microsc. Soc.* **20**: 51–56.
- SOLA, A., GUINEA, A., & FERNÁNDEZ-GALIANO, D. (1985): Étude du processus de bipartition chez *Opisthonecta henneguyi* FAURÉ-FREMIET, 1906 (Ciliophora, Peritrichida). *Protistologica* **21**: 333–338.
- SONG, W., & WILBERT, N. (1989): Taxonomische Untersuchungen an Aufwuchsciliaten (Protozoa, Ciliophora) im Poppelsdorfer Weiher, Bonn. *Lauterbornia* **3**: 2–221.
- STARMÜHLNER, F. (1969): Die Schwechat. Ein Beitrag zur Kenntnis der Fließgewässer der Wiener Umgebung. Notring, Wien.
- STEIN, F. (1859): Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen in systematischer Reihenfolge bearbeitet. I. Abtheilung. Allgemeiner Theil und Naturgeschichte der hypotrichen Infusionsthiere. W. Engelmann, Leipzig.
- (1867): Der Organismus der Infusionsthiere nach eigenen Forschungen in systematischer Reihenfolge bearbeitet. II. Abtheilung. 1) Darstellung der neuesten Forschungsergebnisse über Bau, Fortpflanzung und Entwicklung der Infusionsthiere. 2) Naturgeschichte der heterotrichen Infusorien. W. Engelmann, Leipzig.
- STOKES, A. C. (1885): Notes on some apparently undescribed forms of fresh-water infusoria. *Am. J. Sci.* **29**: 313–328.
- (1886): Some new hypotrichous infusoria. *Proc. Am. phil. Soc.* **23**: 21–30.
- ŠVEC, F. (1897): Beiträge zur Kenntnis der Infusorien Böhmens. *Bull. int. Acad. tchéque Sci.* **4**: 29–47.
- VUXANOVICI, A. (1962): Contribuții la sistematica ciliatelor (Nota I). *Studii Cerc. Biol. (Biol. Anim.)* **14**: 197–215 (in Rumänisch mit französischer Zusammenfassung).
- WANG, C. C., & NIE, D. (1933): Report on the rare and new species of fresh-water infusoria, Part I. *Contr. biol. Lab. Sci. Soc. China* **10**: 1–99.
- WARREN, A. (1986): A revision of the genus *Vorticella* (Ciliophora: Peritrichida). *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.)* **50**: 1–57.
- WILBERT, N. (1986): Ciliaten aus dem Interstitial des Ontario Sees. *Acta Protozool.* **25**: 379–396.
- WU, I. C. H., & CURDS, C. R. (1979): A guide to the species of the genus *Aspidisca*. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Zool.)* **36**: 1–34.