

Morphologische und diskriminanzanalytische Trennung von *Colpoda aspera* Kahl, 1926 und *Colpoda elliotti* Bradbury et Outka, 1967
(Ciliophora: Colpodidae)

Wilhelm FOISSNER und Gottfried SCHUBERT

Institut für Zoologie der Universität Salzburg, Akademiestrasse 26, A-5020 Salzburg, Austria und
Institut für Allgemeine und Systematische Zoologie der Universität Hohenheim,
D-7000 Stuttgart 70, BRD

Received on 22 November 1982

Synopsis. In Rohkulturen von *Colpoda elliotti* Bradbury et Outka, 1967 traten Individuen auf, die *C. aspera* Kahl, 1926 stark ähnelten. Daher wurden an 1 Population von *C. aspera* und 2 Populationen von *C. elliotti* morphologische und morphometrische Untersuchungen durchgeführt. Für die Diskriminanzanalyse wählten wir eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.001$ vor. *Colpoda aspera* unterscheidet sich signifikant von den beiden *C. elliotti*-Populationen, die morphologisch und morphometrisch nicht trennbar sind. Um Individuen der Gruppe *C. elliotti/aspera* mit der Diskriminanzanalyse zu trennen, sind 4 Merkmale notwendig: Distanz vom anterioren Körperende bis zum Makronucleus, Anzahl der Basalkörperpaare der 3. Somakinete rechts des Oralapparates, Länge und Breite der linken Polykinete. Morphologisch unterscheiden sich die Individuen dieser Gruppe nur durch die schwierig erkennbaren und ziemlich variablen Merkmale „Struktur der Pellicula und des Makronucleus“. Obwohl unsere Untersuchungen keinen eindeutigen Nachweis für die Selbständigkeit dieser Species liefern, befürworten wir ihre Aufrechterhaltung, da die morphometrische Trennung mit grosser Sicherheit erfolgen kann und im Freiland bisher keine ausgeprägten Übergangsformen beobachtet wurden. Wir anerkennen 4 kleine *Colpoda*-Arten: *Paracolpoda steinii* (Maupas, 1883), *Colpoda aspera* Kahl, 1926, *C. edaphoni* Foissner, 1980 und *C. elliotti* Bradbury et Outka, 1967.

In neuerer Zeit werden zunehmend morphometrische Methoden zur Beschreibung und Abgrenzung von Ciliaten-Arten eingesetzt (Gates und Berger 1974, Gates 1978, Berger und Hatzidimitriou 1978, Kazubski 1979, 1980, Bernatzky et al. 1981, Foissner 1982). Wenn man eine Art auch mathematisch nicht beweisen kann, so steht doch ausser Frage, dass quantifizierende Methoden eine wertvolle Ergänzung zu den klassischen morphologischen Kriterien sind, die allein oft nicht ausreichen, um eine Art so zu beschreiben, dass sie sicher determinierbar wird (Berger 1978, Foissner 1982).

Die vorliegende Studie wurde durch die Beobachtung angeregt, dass in gut ernährten Kulturen von *Colpoda elliotti* Bradbury und Outka, 1967 Formen auftraten, die *Colpoda aspera* Kahl, 1926 ähnelten. Da diese Species auch in vielen anderen Merkmalen weitgehend übereinstimmen, lag der Verdacht nahe, dass sie synonym sein könnten. Um dies zu prüfen, führten wir neben den normalen morphologischen und statistischen Untersuchungen eine Diskriminanzanalyse durch.

Material und Methoden

Untersuchungsmaterial: *Colpoda elliotti* Population I konnten wir an Hand von Originalpräparaten studieren, die uns Frau Dr. Phyllis C. Bradbury (North Carolina State University, Raleigh, NC, U.S.A.) freundlicherweise zur Verfügung stellte. Population II entdeckten wir in der oberen Bodenschicht (0–5 cm) eines intensiv bewirtschafteten Feldes im Tullnerfeld (Niederösterreich). Die Tiere traten 5 Tage nach Wassersättigung der luftgetrockneten Bodenprobe mit geringer Abundanz auf. Zur Kultur wurde ein Teil des Wassers aus der Bodenprobe gepresst und mit etwas getrocknetem Eigelb versetzt. Die Tiere vermehrten sich in diesem Medium nur mäßig gut. Nach etwa 2 Wochen ging die Kultur zu Grunde.

Colpoda aspera fanden wir in der oberen Bodenschicht (0–5 cm) eines durch häusliche Abwässer eutrophierten Schneetälchens dicht unterhalb des Hotels Wallackhaus an der Großglockner-Hochalpenstraße (Foissner 1981). Die Tiere traten 5 Tage nach Wassersättigung der luftgetrockneten Bodenprobe so zahlreich auf, dass eine Kultur nicht nötig war. Weitere Populationen, die allerdings nur morphologisch untersucht wurden, fanden wir in Böden des Tullnerfeldes (Niederösterreich) und der Haitzing-Alm bei Bad Hofgastein (Salzburg).

Morphologische Methoden: Beide Populationen von *C. elliotti* wurden mit der bei Corliss (1953) beschriebenen nassen Silberimprägnationsmethode nach Chatton-Lwoff imprägniert. Von Population II wurden ausserdem Protargolimprägnationen und trockene Versilberungen nach den bei Foissner (1976, 1982) angeführten Methoden angefertigt. *Colpoda aspera* imprägnierten wir mit der trockenen Versilberungsmethode nach Foissner (1976), mit Protargol (Foissner 1982) und mit einer modifizierten Silbercarbonatmethode nach Fernández-Galiano (1976), die zu Dauerpräparaten führt (Foissner, unveröff.). Alle Populationen wurden einer sorgfältigen Lebendbeobachtung (Durchlicht, Phasenkontrast) unterzogen.

Biometrie und graphische Darstellung: Zu den Messungen verwendeten wir ein Okularmikrometer. Bei Beobachtung mit dem Ölimmersionsobjektiv entsprach 1 Teilstrich 1.4 μm . Zwischenwerte wurden geschätzt. Alle Zeichnungen sind sehr leicht schematisiert. Mit Ausnahme der auf *in vivo* Beobachtungen basierenden wurden sie mit einem Zeichenapparat der Firma Reichert angefertigt.

Mathematische Methoden: Entsprechend einem Vorschlag von Berger (1978) erfolgte die biometrische Charakterisierung mit folgenden Parametern: arithmetisches Mittel (\bar{x}), Median (M), Standardabweichung (s), Standardfehler des Mittelwertes ($\sigma_{\bar{x}}$), Variationskoeffizient (V_r), Extremwerte. Die Formeln für diese Berechnungen, die mit einem TI-58 Kleincomputer von Texas Instruments durchgeführt wurden, können einschlägigen Lehrbüchern über Biostatistik entnommen werden (z. B. Cavalli-Sforza 1974).

Klassisch wird die Frage, ob sich an Hand der gemessenen Parameter die 3 Populationen von *Colpoda* statistisch gesichert unterscheiden, mit der Varianzanalyse beantwortet. Da die Varianzen der verschiedenen Messdaten stark variieren, wäre ein entsprechendes parameterfreies Verfahren, zum Beispiel der H-Test nach Kruskal und Wallis anzuwenden.

Wir haben einen anderen Weg eingeschlagen, der uns für den Systematiker interessanter erscheint, weil er mehr Informationen liefert. Voraussetzung ist, das die Messdaten jedes Merkmals als angenähert normal verteilt angesehen werden können. Die Daten wurden mit dem Test nach David et al. (1954) überprüft. Danach besteht kein Grund, sie als nicht normal verteilt anzusehen. Fehlende Einzelwerte wurden durch den Mittelwert der vorhandenen ersetzt.

Können Gesamtheiten, hier die Populationen von *Colpoda*, nicht durch ein (quantitatives) Merkmal sicher getrennt werden, so kann dies doch durch die Verwendung mehrerer Merkmale möglich sein. Mit der Diskriminanzanalyse kann entschieden werden, wie und mit welcher Irrtumswahrscheinlichkeit dies erreichbar ist. Die mathematischen Grundlagen stammen von Fisher (1936, 1938). Einführungen finden sich u. a. bei Weber (1980), leider mit Rechenfehlern bei den Beispielen, und Bauer (1954). Eine auch für den mathematisch wenig geübten Leser geeignete Darstellung gibt Bühler (1964). An Hand des vorliegenden Problems wurde ein Programm in hpl für den Kleincomputer HP 9825 S erarbeitet, das Interessenten zur Verfügung steht. Über eine dabei verwendete Verbesserung der Trennungskriterien soll an anderer Stelle berichtet werden.

Die Diskriminanzanalyse fasst mehrere Merkmale zu einem Komplexmerkmal so zusammen, dass der Unterschied zwischen den Gesamtheiten möglichst groß wird. Dazu werden die Merkmale x_1, x_2, \dots, x_n mit den Gewichtungsfaktoren b_1, b_2, \dots, b_n multipliziert und dann addiert. So entstehen die Komplexmerkmale:

$$X_A = b_1x_{A1} + b_2x_{A2} + \dots + b_nx_{An}$$

und

$$X_B = b_1x_{B1} + b_2x_{B2} + \dots + b_nx_{Bn}$$

Die Faktoren b_1, b_2, \dots, b_n werden mit Hilfe der Diskriminanzanalyse so berechnet, dass $d_x/S_x = \text{Maximum}$ wird. d_x ist die Mittelwertsdifferenz der Komplexmerkmale A und B , S_x ist die dazugehörige Standardabweichung. Bei möglichst kleiner Standardabweichung ist die Trennung der Populationen am besten. Ein Scheidewert K wird so bestimmt, daß die beiden Verteilungen A und B symmetrisch bezüglich ihrer Flächen getrennt werden. Liegt nun später ein einzelnes (es genügt eins!) Individuum vor, so muss nur das Komplexmerkmal bestimmt werden. Ist der erhaltene Wert kleiner K , so gehört das fragliche Individuum zur Population A , sonst zu B . K besitzt, da er aus einer endlichen Zahl von Messungen gewonnen wurde, einen Fehler. Dieser gibt an, mit welcher Unsicherheit die Trennung behaftet ist. Er gestattet auch, den Bereich zu berechnen, in dem das Komplexmerkmal keine sichere Trennung erlaubt.

Zur Prüfung der vorliegenden Populationen wählten wir eine Irrtumswahrscheinlichkeit vor. Sie gibt an, wie groß die Unsicherheit der Trennung von 2 Populationen maximal sein soll. Wir haben $\alpha = 0.001$ benutzt, d.h. bei 1000 späteren Bestimmungen soll im Durchschnitt maximal 1 unentscheidbarer Fall vorkommen. Es bleibt natürlich ein Akt der Willkür, ab welchem α man von einer wirklichen Trennung sprechen kann. Der von uns gewählte Bereich erscheint uns für die Praxis am vernünftigsten, da verhältnismäßig große Unterschiede zwischen 2 Taxa vorhanden sein müssen, damit sie getrennt werden.

Ergebnisse

Morphologische Beobachtungen

Colpoda elliotti Population I: Die morphologische Beschreibung dieser Population führten Bradbury und Outka (1967) durch. Die biometrische Charakteristik findet sich in Tab. 1.

Tabelle 1

Biometrische Charakteristik von *Colpoda ellioti*. Obere Zeile: Population I von Marin County, Kalifornien. Untere Zeile: Population II vom Tullnerfeld, Österreich. Bei Population I basieren alle Werte auf Chatton-Lwoff versilberten Individuen. Bei Population II basieren die Merkmale 4-6 auf protargolimprägnierten, die übrigen auf Chatton-Lwoff versilberten Individuen. M — Median, n — Stichprobenumfang, s — Standardabweichung, $s_{\bar{x}}$ — Standardfehler, V_r — Variationskoeffizient, \bar{x} — arithmetisches Mittel

Merkmal	\bar{x}	M	s	$s_{\bar{x}}$	V_r	Extremwerte	n
(1) Länge in μm	26.4	27.0	2.7	0.6	10.4	21-31	25
	24.6	24.0	1.6	0.3	6.5	21-28	25
(2) Grösste Körperbreite in μm	16.3	16.0	2.2	0.4	13.8	13-22	25
	15.5	15.0	1.3	0.3	8.6	13-18	25
(3) Anzahl der Somakineten	11.6	12.0	0.6	0.1	5.0	11-13	25
	12.1	12.0	0.5	0.1	4.3	11-13	25
(4) Länge des Makronucleus in μm	4.8	4.6	0.5	0.1	11.1	4-6	25
	4.5	4.2	0.6	0.1	13.5	4-6.5	25
(5) Breite des Makronucleus in μm	4.4	4.2	0.5	0.1	12.6	3.2-5.8	25
	4.2	4.2	0.5	0.1	12.8	3.2-5.5	25
(6) Distanz vom anterioren Körperende bis zum Makronucleus in μm	13.5	13.5	1.2	0.2	8.6	11-16	25
	9.9	10.0	1.4	0.3	13.7	8-13	25
(7) Anzahl der Basalkörperpaare der 3. Kinete rechts des Oralapparates	8.4	8.0	0.8	0.2	9.2	7-10	24
	8.1	8.0	0.7	0.1	8.2	7-9	25
(8) Länge der linken Polykinete in μm	5.7	5.6	0.2	0.03	2.9	5.6-6.2	25
	5.4	5.6	0.4	0.1	7.4	4.5-5.6	25
(9) Breite der linken Polykinete in μm	1.7	1.6	0.2	0.03	9.2	1.5-2.0	25
	1.6	1.6	0.1	0.02	6.4	1.4-1.8	25
(10) Länge der rechten Polykinete in μm	4.4	4.2	0.3	0.07	7.6	4.0-5.3	25
	4.2	4.2	0.1	0.02	2.5	4.0-4.4	25
(11) Distanz vom anterioren Körperende bis zum Beginn des Oralapparates in μm	5.3	5.6	0.5	0.1	9.6	4.2-6.2	25
	4.8	4.7	0.6	0.1	12.8	4.2-5.6	25
(12) Distanz vom anterioren Körperende bis zum Ende des Oralapparates in μm	10.9	11.2	0.7	0.1	6.2	9.5-12.5	225
	10.0	9.8	0.5	0.1	5.5	9-11.2	25
(13) Anzahl der Silberlinien zwischen der 2. und 3. Kinete rechts des Oralapparates	14.8	15.0	1.4	0.3	9.2	13-17	18
	15.0	15.0	1.3	0.3	8.7	13-17	25
(14) Distanz zwischen der 2. und 3. Kinete rechts des Oralapparates (postoral) in μm	3.3	3.1	0.4	0.1	13.6	2.5-4.5	25
	2.8	2.8	0.4	0.07	12.7	2.0-3.5	25
(15) Anzahl der postoralen Kineten	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2-2	25
	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2-2	25
(16) Anzahl der Kineten des Kiels (rechts)	4.5	4.0	0.5	0.1	11.4	4-5	25
	4.7	5.0	0.5	0.1	10.2	4-5	25
(17) Anzahl der Kineten des Kiels (links)	5.0	5.0	0.2	0.04	4.0	5-6	25
	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	5-5	25

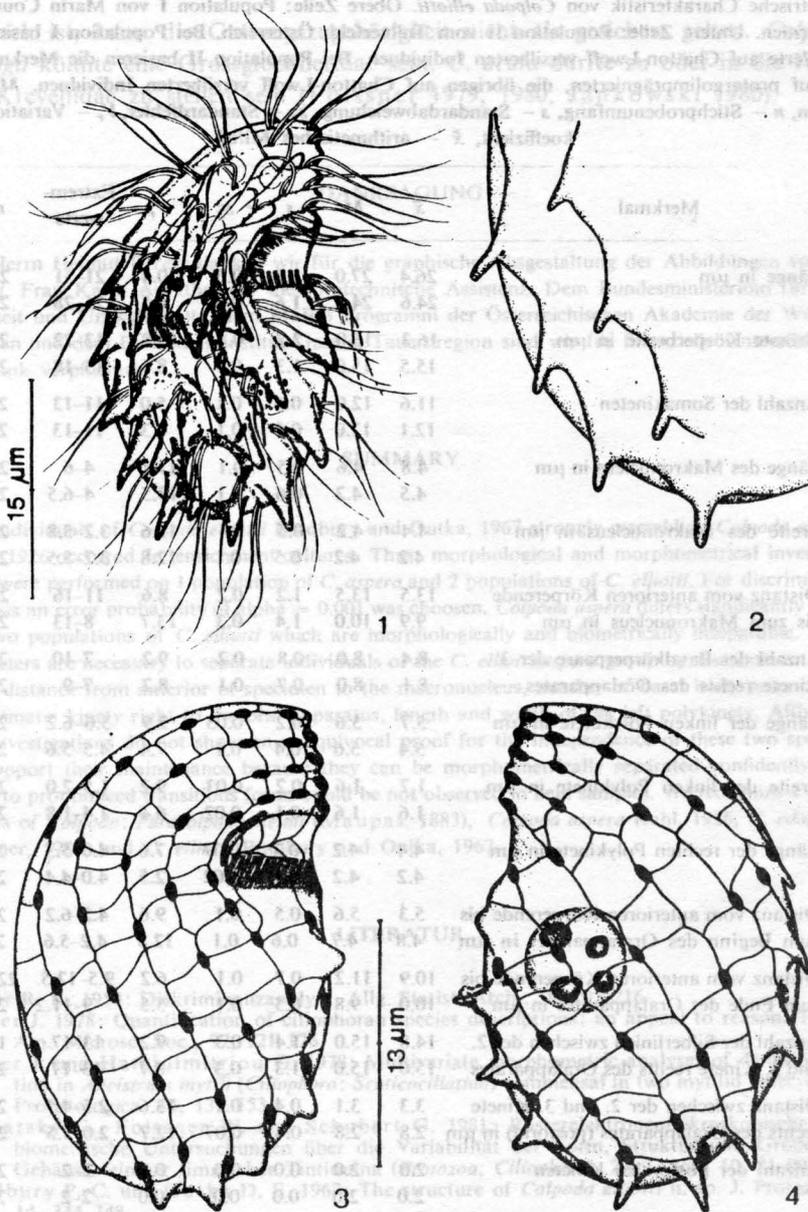


Abb. 1-4. *Colpoda elliotti* Population II. 1 — Rechts laterale Ansicht eines normal ernährten Individuums nach Lebendbeobachtungen (Freilandmaterial). 2 — Detail der Pellicula eines stark ernährten Individuums nach Lebendbeobachtungen (Kulturmaterial). 3, 4 — Infraciliatur und Silberliniensystem der rechten und linken Seite nach Chatton-Lwoff Silberimprägnation (Kulturmaterial)

Colpoda ellioti Population II (Abb. 1-4, 11-13, Tab. 1): Stimmt in der Morphologie und Morphometrie weitgehend mit Population I überein. Wir beschreiben daher nur Beobachtungen, die bei Bradbury und Outka (1967) nicht angeführt sind oder die von den ihren abweichen. Grösse *in vivo* etwa $25-35 \times 13-18 \mu\text{m}$, also etwas grösser als Population I, die von $15-28 \times 7.5-17 \mu\text{m}$ variiert. Nach den Präparaten ist das Verhältnis — vielleicht präparativ bedingt — allerdings umgekehrt (Tab. 1). Farblos, etwa 2 : 1 abgeflacht. Cilien in den vorderen fünf Sechsteln des Tieres ungefähr $9 \mu\text{m}$, im hinteren Sechstel etwa $12 \mu\text{m}$ lang. Bradbury und Outka (1967)

Tabelle 2

Biometrische Charakteristik von *Colpoda aspera* (Population von den Hohen Tauern, Österreich). Alle Daten basieren auf Individuen, die mit der Versilberungsmethode von Fernández-Galiano imprägniert wurden. Nur Merkmal 13 stammt von trocken versilberten Exemplaren. M — Median, n — Stichprobenumfang, s — Standardabweichung, $s_{\bar{x}}$ — Standardfehler, V_r — Variationskoeffizient, \bar{x} — arithmetisches Mittel

Merkmal	\bar{x}	M	s	$s_{\bar{x}}$	V_r	Extremwerte	n
(1) Länge in μm	23.0	24.0	2.4	0.5	10.5	16-28	25
(2) Grösste Körperbreite in μm	15.9	16.0	2.4	0.5	14.8	12-21	25
(3) Anzahl der Somakineten	12.1	12.0	0.4	0.1	3.3	11-13	25
(4) Länge des Makronucleus in μm	4.9	4.9	0.6	0.1	12.9	4-6.2	25
(5) Breite des Makronucleus in μm	4.3	4.2	0.4	0.1	10.1	3.6-5.6	25
(6) Distanz vom anterioren Körperende bis zum Makronucleus in μm	15.3	15.0	2.1	0.4	13.4	12-21	25
(7) Anzahl der Basalkörperpaare der 3. Kinete rechts des Oralapparates	10.9	11.0	1.2	0.2	10.9	9-13	25
(8) Länge der linken Polykinete in μm	4.3	4.2	0.4	0.1	8.9	4-5.3	25
(9) Breite der linken Polykinete in μm	1.3	1.3	0.1	0.02	9.4	1.1-1.4	25
(10) Länge der rechten Polykinete in μm	4.2	4.2	0.3	0.06	7.3	3.8-5.5	25
(11) Distanz vom anterioren Körperende bis zum Beginn des Oralapparates in μm	4.7	4.8	0.8	0.2	17.5	3.1-6.5	25
(12) Distanz vom anterioren Körperende bis zum Ende des Oralapparates in μm	10.3	10.5	1.0	0.2	9.4	8-12	25
(13) Anzahl der Silberlinien zwischen der 2. und 3. Kinete rechts des Oralapparates	17.9	18.0	2.7	0.5	15.3	14-24	25
(14) Distanz zwischen der 2. und 3. Kinete rechts des Oralapparates (postoral) in μm	2.8	2.8	0.5	0.1	18.1	2-4	25
(15) Anzahl der postoralen Kineten	2.0	2.0	0.2	0.04	10.2	1-2	25
(16) Anzahl der Kineten des Kiels (rechts)	5.0	5.0	0.2	0.04	4.0	4-5	25
(17) Anzahl der Kineten des Kiels (links)	5.2	5.0	0.4	0.1	7.3	5-6	25

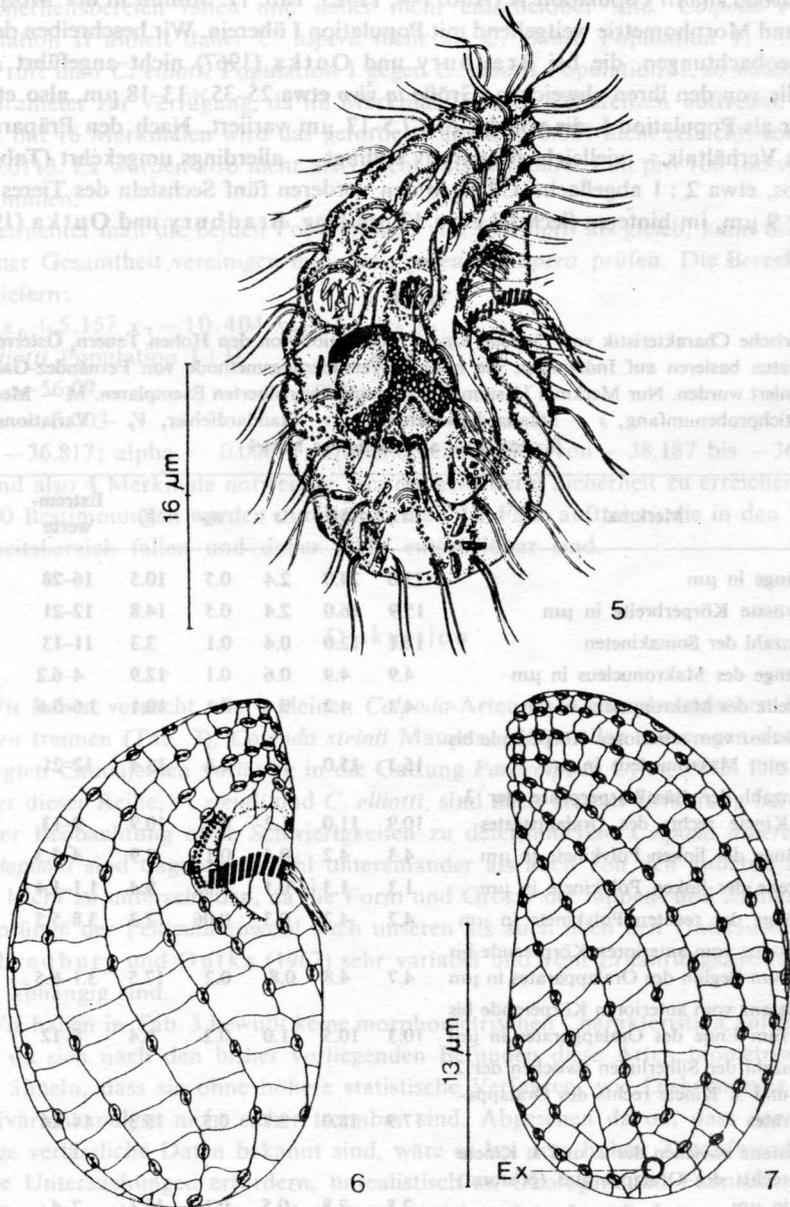


Abb. 5-7. *Colpoda aspera* (Freilandmaterial). 5 — Rechts laterale Ansicht nach Lebendbeobachtungen. Infraciliatur zum Teil nach Protargolimprägung. 6, 7 — Rechts und links laterale Ansicht nach Protargolimprägung (Infraciliatur, Körperform) und trockener Silberimprägung (Silberliniensystem). Ex — Exkretionsporus der kontraktiven Vakuole. Leicht verändert nach Foissner (1980)

zeichnen die Cilien nur etwa 4–5 μm lang. Da sie häufig viel zu kurz gezeichnet werden, messen wir diesem Unterschied wenig Bedeutung bei. Nahrungsvakuolen nur 2–4 μm gross, die kleineren häufig ohne partikulären Inhalt. Kiel meist gerade, selten nach rechts zurückweichend. Lage des Makronucleus wenig konstant, teils links, teils rechts der Medianen. Form und Grösse der auffallenden Pelliculavorsprünge sehr verschieden, bei stark ernährten Individuen sind sie kaum erkennbar. Bei den im Freiland beobachteten Exemplaren waren sie aber fast immer sehr auffallend (Abb. 1). In den Graten dieser Vorsprünge, die sich mit Protargol meist intensiv imprägnieren (Abb. 9), liegen viele winzige Granula (Protrichocysten? Mitochondrien?). Erste Somakinete rechts des Oralapparates dicht unterhalb desselben mit 3–4 ziemlich dicht hintereinander angeordneten Basalkörpern, was auch aus der Abb. 3 von Bradbury und Outka (1967) ersichtlich und bei *C. aspera* noch ausgeprägter ist (Abb. 12; 15). Postoral 2 Kineten, eine dritte endet dicht vor dem Kiel und könnte daher ebenfalls noch als postoral eingestuft werden. Die linke Polykinete besteht aus etwa 15 „Membranellen“. Die langen Pharynxfibrillen sind nur nach Protargolimprägnation erkennbar (Abb. 1).

Colpoda aspera (Abb. 5–7, 14–16, Tab. 2): Die morphologische Beschreibung dieser Population findet sich bei Foissner (1980), die biometrische Charakterisierung in Tab. 2. Untersuchungen an anderen Populationen führten zu keinen wesentlichen neuen Erkenntnissen. Die lappenartigen Pelliculavorsprünge sind je nach Ernährungszustand und Population sehr variabel, häufig sind sie kaum erkennbar.

Diskriminanzanalyse

Für die Numerierung der Merkmale siehe Tabelle 1 und 2. Prüft man *C. elliotti* Population I gegen *C. aspera*, so liefern die Berechnungen: $X = x_7 - 3.134x_8 - 6.435x_9$.

C. elliotti Population I

$$m = -20.184$$

$$s = 0.848$$

$K = -16.826$; $\alpha = 0.00028$; Unsicherheitsbereich von -16.832 bis -16.823 . Es sind also 3 Merkmale notwendig, um die geforderte Sicherheit zu erreichen. Bei 10 000 Bestimmungen werden durchschnittlich 2.8 Fälle auftreten, die in den Unsicherheitsbereich fallen und daher nicht entscheidbar sind.

Bei der Prüfung von *C. elliotti* Population II gegen *C. aspera* ergibt sich: $X = x_1 - 1.893x_6 - 4.254x_7 + 47.912x_9 - 3.175x_{12} - 1.007x_{13}$.

C. elliotti Population II

$$m = +2.090$$

$$s = 6.520$$

$K = -21.408$; $\alpha = 0.00068$; Unsicherheitsbereich von -21.414 bis -21.400 . Man benötigt demnach 6 Merkmale, um eine Sicherheit von $\alpha 0.001$ zu erreichen. Bei 10 000 Bestimmungen werden durchschnittlich 6.8 Fälle auftreten, die in den

C. aspera

$$m = -42.074$$

$$s = 5.734$$

Unsicherheitsbereich fallen und daher nicht entscheidbar sind. *Colpoda elliotti* Population II ähnelt daher *C. aspera* mehr als *C. elliotti* Population I.

Prüft man *C. elliotti* Population I gegen *C. elliotti* Population II, so stehen nur 16 Parameter zur Verfügung, da im Merkmal 15 keine Differenzen auftreten. Aber selbst mit 16 Merkmalen wird das geforderte $\alpha < 0.001$ nicht erreicht, sondern nur 0.0113. Es würden also mehr als 1 nicht entscheidbarer Fall pro 100 Individuen vorkommen.

Betrachtet man die beiden Populationen von *C. elliotti* als gleich, kann man sie zu einer Gesamtheit vereinigen und diese gegen *C. aspera* prüfen. Die Berechnungen liefern:

$$X = x_6 + 5.157 x_7 - 10.404 x_8 - 32.101 x_9.$$

C. elliotti Population I+II

C. aspera

$$m = -56.09$$

$$m = -14.464$$

$$s = 5.703$$

$$s = 6.614$$

$K = -36.817$; $\alpha = 0.00071$; Unsicherheitsbereich von -38.187 bis -36.815 . Es sind also 4 Merkmale notwendig, um die geforderte Sicherheit zu erreichen. Bei 10 000 Bestimmungen werden durchschnittlich 7.1 Fälle auftreten, die in den Unsicherheitsbereich fallen und daher nicht entscheidbar sind.

Diskussion

Wir haben versucht, die 4 kleinen *Colpoda*-Arten nach morphologischen Kriterien zu trennen (Tab. 3). *Colpoda steinii* Maupas, 1883 stellen wir wegen der ausgeprägten Caudalcilien vorläufig in die Gattung *Paracolpoda* Lynn, 1975. Die Endglieder dieser Reihe, *P. steinii* und *C. elliotti*, sind nach unserer Erfahrung bei sorgfältiger Beobachtung ohne Schwierigkeiten zu determinieren. *Colpoda aspera* und *C. edaphoni* sind dagegen sowohl untereinander als auch von den anderen Arten nicht leicht zu unterscheiden, da die Form und Grösse der lappen- und zahnartigen Vorsprünge der Pellicula sowohl nach unseren als auch nach den Untersuchungen von Bradbury und Outka (1967) sehr variabel und vom Ernährungszustand der Tiere abhängig sind.

Wir haben in Tab. 3 bewußt keine morphometrischen Charakteristika aufgenommen, da sich nach den bisher vorliegenden Befunden diese Arten biometrisch so stark ähneln, dass sie ohne höhere statistische Verfahren, wie Diskriminanz- und Multivarianzanalyse nicht sicher trennbar sind. Abgesehen davon, dass dazu nur wenige verlässliche Daten bekannt sind, wäre es bei dem hohen Zeitaufwand, den solche Untersuchungen erfordern, unrealistisch an Ökologen und Faunistiker mit der Forderung heranzutreten, ihre Determination danach aufzubauen.

Mit der Diskriminanzanalyse unterscheiden sich *C. aspera* und *C. elliotti* weitaus stärker als die 2 *C. elliotti*-Populationen. Im Freiland bereitet ihre Unterscheidung auch kaum Schwierigkeiten. In den von uns untersuchten Rohkulturen traten je-

Tabelle 3

Differentialdiagnose der kleinen *Colpoda*-Arten nach morphologischen Merkmalen. Zusammengestellt nach Angaben von Kahl (1926), Burt (1940), Bradbury und Outka (1967), Foissner (1980) und den vorliegenden Untersuchungen

Merkmal	<i>Paracolpoda steinii</i> (Maupas, 1883)	<i>Colpoda aspera</i> Kahl, 1926	<i>Colpoda edaphoni</i> Foissner, 1980	<i>Colpoda elliotti</i> Bradbury und Outka, 1967
Pellicula	glatt	mit meist wenig ausgeprägten lappen- oder zahnartigen Vorsprüngen	mit meist stark ausgeprägten lappenartigen Vorsprüngen	mit meist stark ausgeprägten zahnartigen Vorsprüngen
Struktur des Makronucleus	1 sehr großer, zentraler Nucleolus	Nucleolen meist bandartig, selten mehrere große, runde	viele sehr kleine Nucleolen	mehrere große Nucleolen
"Bart"	vorhanden	vorhanden	fehlt	vorhanden
Caudalcilien	2-3 stark verlängerte	fehlen	fehlen	mehrere leicht verlängerte
Somatische Infraciliatur	im posterioren Drittel stark reduziert	im posterioren Drittel wenig bis nicht reduziert	im posterioren Drittel wenig bis nicht reduziert	im posterioren Drittel wenig bis nicht reduziert

doch morphologische Übergangsformen auf, die aber eine biometrische bzw. diskriminanzanalytische Trennung nicht verhinderten. Das weist darauf hin, daß es sich nicht nur um Ökotypen einer einzigen Art handelt. Die Diskriminanzanalyse liefert uns für die Determination dieser Arten folgenden Bestimmungsschlüssel: „Für ein unbekanntes Individuum der Gruppe *C. elliotti/aspera* miss die Merkmale 6, 7, 8, 9 und errechne das Komplexmerkmal nach der oben genannten Formel. Ist das Resultat < -36.817 handelt es sich um *C. elliotti*, sonst um *C. aspera*. K-Werte zwischen -38.187 und -36.815 sind nicht entscheidbar“.

Nur das Merkmal 7 ist ein zählbarer Parameter und somit von der Präparation unabhängig. Für die Merkmale 6, 8, 9 muss man dagegen annehmen, dass sie durch die Präparation mehr oder minder stark beeinflusst werden. Das beeinträchtigt die Aussagekraft unserer Untersuchungen, die mit verschiedenen Methoden durchgeführt worden sind, vielleicht nicht unerheblich. Es ist aber hervorzuheben, dass ein so festes und starres Organell wie die linke Polykinete bei der Präparation vermutlich keine wesentlichen Veränderungen erleidet.

Ausser den in Tab. 3 angeführten Species sind in neuerer Zeit noch 2 weitere kleine *Colpoda*-Arten beschrieben worden: *C. oblonga* Dragesco, 1972 und *C. acuta* Buitkamp, 1977. Da ihr Silberliniensystem nicht bekannt und ihre Infraciliatur

atypisch ist, kann die Gattungszugehörigkeit nicht als gesichert gelten. *Colpoda oblonga* könnte eine Grossglockneridae sein, *C. acuta* dürfte zu oder in die Nähe der Kreyellidae zu stellen sein (Foissner 1979, 1980, Jankowski 1980).

DANKSAGUNG

Herrn Helmut Berger danken wir für die graphische Ausgestaltung der Abbildungen von *C. elliotti*, Frau Karin Anrather für die fototechnische Assistenz. Dem Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, dem MaB-6 Programm der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Forschungsinstitut Gastein-Tauernregion sind wir für finanzielle Unterstützung zu Dank verpflichtet.

SUMMARY

Individuals of *Colpoda elliotti* Bradbury and Outka, 1967 strongly resembling *Colpoda aspera* Kahl, 1926 occurred in enrichment cultures. Thus, morphological and morphometrical investigations were performed on 1 population of *C. aspera* and 2 populations of *C. elliotti*. For discriminant analysis an error probability of $\alpha = 0.001$ was chosen. *Colpoda aspera* differs significantly from the two populations of *C. elliotti* which are morphologically and biometrically inseparable. Four characters are necessary to separate individuals of the *C. elliotti/aspera* group by discriminant analysis: distance from anterior of specimen to the macronucleus, number of basal body pairs of the 3rd somatic kinety right to the oral apparatus, length and width of the left polykinety. Although our investigations do not show an unequivocal proof for the independence of these two species, we support their maintenance because they can be morphometrically separated confidently and hitherto pronounced transitions forms could be not observed in field samples. We recognize 4 small species of *Colpoda*: *Paracolpoda steinii* (Maupas, 1883), *Colpoda aspera* Kahl, 1926, *C. edaphoni* Foissner, 1980, and *C. elliotti* Bradbury and Outka, 1967.

LITERATUR

- Bauer R. K. 1954: Diskriminanzanalyse. Allg. Statist. Arch., 38, 205-216.
- Berger J. 1978: Quantification of ciliophoran species descriptions: an appeal to reason. Trans. Am. Microsc. Soc., 97, 121-126.
- Berger J. und Hatzidimitriou G. 1978: Multivariate morphometric analyses of demic variation in *Ancistrum mytili* (Ciliophora: Scuticociliatida) commensal in two mytilid Pelecypods. Protistologica, 14, 133-153.
- Bernatzky G., Foissner W. und Schubert G. 1981: Rasterelektronenmikroskopische und biometrische Untersuchungen über die Variabilität der Form, Struktur und Größe des Gehäuses einiger limnischer Tintinnina (Protozoa, Ciliophora). Zool. Scr., 10, 81-90.
- Bradbury P. C. und Outka D. E. 1967: The structure of *Colpoda elliotti* n. sp. J. Protozool., 14, 344-348.
- Bühler P. 1964: Zur Gattungs- und Artbestimmung von *Neomys*-Schädeln. Z. Säugetierkd., 29, 65-93.
- Buitkamp U. 1977: Über die Ciliatenfauna zweier mitteleuropäischer Bodenstandorte (Protozoa: Ciliata). Decheniana, Bonn, 130, 114-126.
- Burt R. L. 1940: Specific analysis of the genus *Colpoda* with special reference to the standardization of experimental material. Trans. Am. Microsc. Soc., 59, 414-432.

- Cavalli-Sforza L. 1974: Biometrie. Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik. G. Fischer, Stuttgart.
- Corliss J. O. 1953: Silver impregnation of ciliated protozoa by the Chatton-Lwoff technic. *Stain Technol.*, 28, 97-100.
- David H. A., Hartley H. O. und Pearson E. S. 1954: The distribution of the ratio, in a single normal sample, of range to standard deviation. *Biometrika*, 41, 482-493.
- Dragesco J. 1972: Ciliés libres de la cuvette Tchadienne. *Ann. Fac. Sci. Cameroun*, 11, 71-91.
- Fernández-Galiano D. 1976: Silver impregnation of ciliated protozoa: procedure yielding good results with the pyridinated silver carbonate method. *Trans. Am. Microsc. Soc.*, 95, 557-560.
- Fisher R. A. 1936: The use of multiple measurements in taxonomic problems. *Ann. Eugenics*, 7, 179-188.
- Fisher R. A. 1938: The statistical use of multiple measurements. *Ann. Eugenics*, 8, 376-386.
- Foissner W. 1976: Erfahrungen mit einer trockenen Silberimpregnationsmethode zur Darstellung argyrophiler Strukturen bei Protisten. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien*, 115, 68-79.
- Foissner W. 1979: Ökologische und systematische Studien über das Neuston alpiner Kleingewässer, mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten. *Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 64, 99-140.
- Foissner W. 1980: Colpodide Ciliaten (*Protozoa: Ciliophora*) aus alpinen Böden. *Zool. Jb. Syst.*, 107, 391-432.
- Foissner W. 1981: Die Gemeinschaftsstruktur der Ciliatenzönose in alpinen Böden (Hohe Tauern, Österreich) und Grundlagen für eine Synökologie der terricolen Ciliaten (*Protozoa: Ciliophora*). Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm: Hohe Tauern, 4, 7-52.
- Foissner W. 1982: Ökologie und Taxonomie der *Hypotrichida* (*Protozoa: Ciliophora*) einiger österreichischer Böden. *Arch. Protistenkd.*, 126, 19-143.
- Gates M. A. 1978: Cirral patterns of cirrotype 9 *Euplotes* (*Hypotrichida, Ciliophora*). *Protistologica*, 14, 125-132.
- Gates M. A. und Berger J. 1974: A biometric study of three strains of *Tetrahymena pyriformis* (*Ciliatea: Hymenostomatida*). *Can. J. Zool.*, 52, 1167-1183.
- Jankowski A. W. 1980: Conspectus of a new system of the phylum *Ciliophora*. In: Principles of the Construction of the Macrosystem of the Unicellular Animals (eds. Krylov M. V. and Starobogatov Y. I.). *Proc. Acad. Sci. USSR*, 94, 103-121.
- Kahl A. 1926: Neue und wenig bekannte Formen der holotrichen und heterotrichen Ciliaten. *Arch. Protistenkd.*, 55, 197-438.
- Kazubski S. L. 1979: Morphological variability of *Trichodina vesicularum* Fauré-Fremiet and *T. fauresfremietii* Kazubski, parasites of newts from Poland and France. *Acta Protozool.*, 18, 385-400.
- Kazubski S. L. 1980: *Trichodina ranae* da Cunha, 1950 (*Ciliata, Peritrichida*), a parasite of *Rana esculenta* s. l. and its morphological variability. *Acta Protozool.*, 19, 207-224.
- Lynn D. H. 1975: Comparative ultrastructure and systematics of the *Colpodida*. *Diss. Abstr. Int.*, 38 (9) (printed 1978).
- Maupas E. 1883: Contribution à l'étude morphologique et anatomique des infusoires ciliés. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 1, 427-664.
- Weber E. 1980: Grundriss der biologischen Statistik. G. Fischer, Stuttgart-New York.

LEGENDE ZUR TAFEL I

8-13: *Colpoda elliotti* Population II (Kulturmateriale). 8 - Lebendaufnahme im Phasenkontrast. Der Pfeil weist auf den „Bart“, die Cilien der linken Polykinete. 9 - Infraciliatur der linken Seite nach Protargolimpregnation. Die Pfeile weisen auf die kräftig imprägnierten Grate der Vorsprünge der Pellicula. 10 - Infraciliatur der Ventralseite nach Protargolimpregnation. Rechts im Bild sind die lappenartigen Vorsprünge der Pellicula gut erkennbar. Ma - Makronucleus, lP - linke Polykinete, rP - rechte Polykinete. 11 - Infraciliatur der linken Seite nach Chatton-Lwoff Silberimpregnation. Die Pfeile weisen auf zahnartige Vorsprünge der Pellicula. 12, 13 - Infraciliatur und Silberliniensystem der rechten und linken Seite nach trockener Silberimpregnation. Die Pfeile in Abb. 12 weisen auf 3 dicht hintereinander angeordnete Basalkörperpaare. 14-16: *Colpoda aspera* (Freilandmateriale). 14 - Infraciliatur und Silberliniensystem der rechten Seite nach trockener Silberimpregnation. 15, 16 - Infraciliatur der linken und rechten Seite nach Silbercarbonatimpregnation. Die Pfeile in Abb. 15 weisen auf 5 dicht hintereinander angeordnete Basalkörperpaare.

