© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Nahrungsauswahl und Nahrungsaufnahme holotricher Ziliaten der Donaulitoralzone und im Myriophyllum-Aufwuchs des Donaualtwassers Gänsehäufel*)

Alfred Kaltenbach

I. Einleitung

Der Vorgang der Nahrungsaufnahme und der Abbau der Nahrungsobjekte bei Ziliaten sind seit den Anfängen der Protozoenforschung wiederholt Gegenstand von oft sehr eingehenden Untersuchungen gewesen. In neuerer Zeit haben u. a. Bozler (1924), Bragg (1935), Furgason (1940), Claff, Lloyd, Dewey und Kidder (1941) sowie Mast (1947) den Nahrungserwerb verschiedener Ziliaten und damit zusammenhängende Probleme studiert. Mit der Nahrungswahl bei *Paramecium* beschäftigten sich insbesondere Losina-Losinsky (1931) und Grittner (1951). Eine große Zahl diesbezüglicher Beobachtungen finden wir in verschiedenen Arbeiten der seit der Jahrhundertwende stark angewachsenen allgemeinen Ziliatenliteratur. Die Ergebnisse der bis 1952 erschienenen wichtigeren Arbeiten sind bei Doflein und Reichenow (1949—1953) zusammengefaßt.

Untersuchungsobjekt war in den meisten Fällen *Paramecium caudatum*. Seltener sind Angaben über *Paramecium trichium, Colpidium, Glaucoma* und *Stentor* und nur ausnahmsweise wurden ausführlichere Untersuchungen über Nahrungswahl und Nahrungsaufnahme an anderen Ziliaten vorgenommen. Dieser Umstand ist teilweise darauf zurückzuführen, daß seit mehr als einem halben Jahrhundert eingeführte Laboratoriumstiere sich in besonderem Maß auch für Ernährungsversuche eignen, zum anderen Teil aber daher zu verstehen, daß bei vielen Arten der Gymnostomata die direkte Beobachtung der Nahrungsaufnahme nur zufällig gelingt. In Nahrungs-

* Mit Hilfe eines Forschungsstipendiums des Bundesministeriums für Unterricht. Für die Überlassung eines Arbeitsplatzes und aller benötigten Behelfe möchte ich Herrn Hochschulprofessor Dipl.-Ing. Dr. R. Liepolt, Direktor der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, herzlich danken.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

vakuolen eingeschlossene Beuteobjekte werden bei den Vertretern dieser Unterordnung zwar oft festgestellt, aber infolge der schnellen Verdauung bei Ziliaten ist eine einwandfreie Determination der aufgenommenen Tiere und Pflanzen nur in seltenen Fällen möglich (Kahl 1931, p. 181: Amphileptidae; Struhal 1954: *Acineria incurvata, Leucophrys patula*).

Zufällige Beobachtungen an einigen holotrichen Infusorien im Verlaufe einer Bestandsaufnahme der Ziliatenfauna des Donaulitorale zwischen Wien und Deutsch-Altenburg (Kaltenbach 1961) und darauf gegründete planmäßige Untersuchungen führten auch zu den Ergebnissen, die in der vorliegenden Arbeit mitgeteilt werden. Aufgabe dieser Arbeit ist

1) die Darstellung des Nahrungsspektrums der im pflanzlichen Aufwuchs der Donaulitoralzone und des Donaualtwassers Gänsehäufel häufiger und regelmäßig auftretenden Wimpertiere,

2) die Beschreibung und Interpretation der vom Verfasser beobachteten Vorgänge bei der Nahrungsaufnahme pleurostomer und hypostomer Ziliaten und

3) eine Diskussion über die Bedeutung der festgestellten Ernährungsbeziehungen für die Ziliatenzönose am Entnahmeort.

II. Material und Methodik

Untersucht wurden Aufwuchsproben aus dem Potamobenthos der Donau an fünf Entnahmestellen zwischen Klosterneuburg bei Wien und Deutsch-Altenburg sowie *Myriophyllum*-Aufwuchs aus dem Altwasser Gänsehäufel an drei Entnahmestellen. Die Probenentnahme erfolgte in ungefähr vierwöchentlichen Abständen von September 1959 bis Mai 1961. Von einigen Proben wurden Rohkulturen angelegt, um das für die ernährungsbiologischen Versuche erforderliche Ziliatenmaterial selektiv herauszuzüchten. Auf die Anlage von „Klonen" konnte mit Rücksicht auf die Abgrenzung der zu behandelnden Fragen verzichtet werden.

Für die Untersuchung selbst standen die Reichert-Mikroskope CSM und Zetopan mit Fluoreszenz- und Anoptralkontrast-Einrichtung zur Verfügung. In einzelnen Fällen wurde zur Bestätigung der Befunde Dunkelfeldbeleuchtung mit Hilfe eines Reichert-Spiegelkondensors angewendet.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Phasenkontrast- und Fluoreszenzmikroskopie sollten nur dort Verwendung finden, wo es im Hinblick auf das Forschungsziel sinnvoll ist; die grundsätzliche Benützung moderner technischer Hilfsmittel und Untersuchungsmethoden ist noch kein Ausweis für die Qualität einer wissenschaftlichen Arbeit, wie leider manchmal angenommen wird. Vor allem muß sich der Untersucher im klaren sein, daß ein neukonstruiertes Gerät nicht unbedingt ältere Verfahren überflüssig macht. Es ist daher ebenso wichtig, sich darüber zu informieren, was eine neue Methode zu leisten vermag, wie über das, was sie nicht leisten kann. Mikroskopische Strukturen, die eine hochwertige Normaloptik nicht auflöst, werden auch im Anoptralkontrast (und natürlich auch im positiven Phasenkontrast) nicht dargestellt. Objekteinzelheiten, die sich durch Brechzahl und Dicke unterscheiden, werden dagegen phasenoptisch als Helligkeitsunterschiede wiedergegeben. Die durch die Phasenverschiebung bewirkte Kontraststeigerung ermöglicht daher das Erkennen oder die deutlichere visuelle Trennung von Objektelementen, die sich bei normaler Hellfeldbetrachtung nicht oder kaum voneinander abheben. Ebensowenig gehört die Darstellung von Strukturdetails zu den Aufgaben der Fluoreszenzmikroskopie. Wohl aber ist diese, besonders bei Verwendung von Fluorochromen, ein hervorragendes Mittel, um biochemische Zustände und Veränderungen im Zellinneren sichtbar zu machen. Auch für alle anderen mikroskopischen Verfahren, einschließlich der Elektronenmikroskopie, haben diese Einschränkungen im Anwendungsbereich vice versa Gültigkeit. Wir können auf keine dieser Methoden verzichten, weil jede von ihnen zusätzliche Erkenntnisse vermittelt ohne imstande zu sein, die anderen vollständig zu ersetzen.

Zur Vitalfärbung der Infusorien mit Diachromen wurde stets aus der gleichen Pipette ein Tropfen einer 0,1 ‰igen wässerigen Neutralrotlösung auf ein Deckglas 18 × 18 mm gesetzt und gleichmäßig verteilt. Das lufttrockene Deckglas wurde mit der Schichtseite nach unten auf das frisch hergestellte Präparat gelegt. Für die Vital-Fluorochromierung fand Acridinorange DH GEIGY in einer Verdünnung 1 : 20.000 Verwendung, wie es Strugger für die Färbung von im Blut parasitierenden Protozoen vorgeschlagen hat. Verdünnungsmedium war natürlich sinngemäß nicht physiologische NaCl-Lösung, sondern kupferfreies Aqua dest. Ein Tropfen aus einer dünn ausgezogenen Pipette wurde etwa 0,2 cm³ Milieuwasser zugesetzt.

Die Farblösungen sind nur kurzfristig haltbar. Deckgläser mit aufgetrocknetem Neutralrot können längere Zeit aufbewahrt werden.

III. Grundlagen

Den Ziliaten stehen grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Aufnahme von Nahrungsstoffen zur Verfügung:

1. Die Aufnahme geformter Partikel durch „Verschlingen" mittels eines undifferenzierten Zellmundes oder mit Hilfe von differenzierten Zytostomeinrichtungen. Dieser Ernährungsmodus ermög-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

licht bei genügend erweiterungsfähiger Mundöffnung die Aufnahme von Nahrungsobjekten bis zur eigenen Körpergröße.

2. Die Aufnahme geformter Partikel durch „Einstrudeln" mittels eines Flimmerapparates im meist mehr oder weniger versenkten Peristomfeld. Zu diesem Ernährungstyp ist die Mehrzahl der „Bakterienfresser" unter den Ziliaten zu stellen. Große Formen (z. B. Stentor) können aber auch recht ansehnliche Beutetiere (Vortizellen, kleine Rotatorien) bewältigen.

3. Die Aufnahme molekularer oder kolloiddisperser Lösungen durch das Zytostom oder durch die Pellikula. Angaben über die Zucht von Ziliaten in bakterienfreien Medien sind bei Oehler (1924), Johnson (1936), Chatton und Chatton (1942), Kidder und Mitarb. (1951) und bei Grell (1956, p. 178) zu finden. Grell bezeichnet die Ernährung durch Aufnahme gelöster Stoffe als „Osmotrophie": „Auch unter Protozoen, welche über besondere Aufnahmeorganelle verfügen, und daher unter natürlichen Verhältnissen wohl von geformter Nahrung leben, gibt es Arten, die in einer reinen Nährlösung gezüchtet werden können. So läßt sich das Ziliat *Tetrahymena pyriformis* in einem bakterienfreien Medium, welches bestimmte organische Stoffe (Aminosäuren, Vitamine usw.) und Salze enthält, unbegrenzt kultivieren."

Die Bezeichnung „Osmotrophie" könnte den Eindruck erwecken, daß es sich hier immer um Osmosevorgänge handelt. Grell selbst sagt jedoch in dem zitierten Buch (p. 178): „Wie weit solche Stoffe durch das Cytostom, wie weit durch die Zelloberfläche, aufgenommen werden, ist aber nicht genau untersucht."

Als primär ist sicher der Typus der „Schlinger" aufzufassen. Bei den „Strudlern" sind Flimmerorganelle entwickelt, mit deren Hilfe ein Wasserstrom erzeugt wird. Dieser Wasserstrom führt u. a. auch Nahrungspartikel mit sich. Ein selektives Verhalten wurde mehrfach beobachtet.

Losina-Losinsky (1931) kam, wie schon früher Metalnikow (zitiert bei Doflein und Reichenow 1949), zu positiven Ergebnissen bezüglich einer Nahrungsauswahl bei *Paramecium caudatum*. Der genannte Autor konnte nachweisen, daß Größe, Gewicht und Form der Partikel eine Nahrungsauswahl und -aufnahme für sich allein nicht erklären können, daß aber die chemische Natur dieser Partikel eine bedeutende Rolle bei der Nahrungsauswahl spielt. Karmin wurde nur dann in größerer Menge aufgenommen, wenn das Kulturmedium arm an Bakterien war.

Unter den holotrichen Ziliaten sind die Gymnostomata Schlinger, die Trichostomata und Hymenostomata Strudler. Die Prostomata und

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

die Pleurostomata unter den Gymnostomata besitzen in den Nesselkapsel-Trichocysten Angriffswaffen, die dem Nahrungserwerb dienen; bei den Hypostomata finden wir Reusenapparate, deren Funktion nach meinen Untersuchungen vielleicht vielseitiger ist, als bisher angenommen wurde. Diese Untersuchungen zeigen auch, daß sich manche Arten fallweise des einen oder des anderen Ernährungsmodus bedienen können.

IV Ergebnisse

In der nachfolgenden Zusammenstellung werden die Beobachtungsergebnisse für jede Art in der angegebenen Reihenfolge mitgeteilt:

a) Natürlicher Standort und Zeit des Auftretens (Monatsangabe in römischen Ziffern).
b) Saprobienstufe.
c) Neutralrot-Reaktion.
d) Nahrungsspektrum und allfällige Beobachtungen über den Nahrungserwerb.

Mit Hilfe der Neutralrot-Reaktion wurde festgestellt, ob innerhalb der Beobachtungszeit (5 Min. bis zu 2 Stunden) Farbstoff in der oben angegebenen Verdünnung durch die Mundöffnung bzw. durch die Pellikula in das Körperinnere der Infusorien eintritt oder nicht. Wie später gezeigt werden wird, läßt nämlich die Neutralrot-Reaktion in Zweifelsfällen den aktuellen Modus der Nahrungsaufnahme erkennen.

Neutralrot ist übrigens ebensowenig wie die anderen sogenannten „Vitalfarbstoffe" eine wirklich unschädliche Substanz. Wiede und Meyer (1955) haben die D. l. 50 für Neutralrot im Mäuseversuch mit 440 mg/kg ermittelt. Der entsprechende Wert für Acridinorange beträgt 230 mg/kg. Da aber zur Fluorochromierung viel geringere Konzentrationen notwendig sind, als bei Diachromen, kann eine schädigende Wirkung durch den Farbstoff bei fluoreszenzoptischen Untersuchungen weitgehend vermieden werden. Falkner (1951) stellte fest, daß Neutralrot bei einer Verdünnung von 1 1.000 auf *Coleps hirtus* letal wirkt. Torres de Castro und Conceiro (1955) untersuchten die Abschwächung der toxischen Wirkung von Neutralrot und anderen Vitalfarbstoffen bei Zusatz schützender, kolloidaler Stoffe (Peptin, Akaziengummi, Hämoglobin usw.).

In geeigneten Konzentrationen konnte mit Neutralrot, das sowohl als Hellfeldfarbstoff, wie als Fluorochrom und als Indikator für den pH-Wert in den Nahrungsvakuolen verwendet wurde, eine Reihe

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

von wertvollen Aufschlüssen gewonnen werden (Prowazek 1908, Vonwiller 1928, Hartmann 1928, Dunihue 1931, Rosenbaum und Wittner 1962).

Manche Infusorien verhielten sich in bezug auf die Neutralrotaufnahme nicht einheitlich. Gersch (1936) weist auf Grund seiner *Paramecium*-Versuche auf Unterschiede in der Intensität der Neutralrotfärbung in Abhängigkeit vom O_2-Gehalt des Mediums hin. Nach den mir vorliegenden Fällen scheint aber auch der physiologische Zustand der Tiere im gleichen Milieu einen wesentlichen Einfluß auf die Färbbarkeit auszuüben.

Gymnostomata

1. Prostomata

Pseudoprorodon ellipticus Kahl

Im *Cladophora*-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Haslau (II). α-mesosaprob bis β-mesosaprob. Nach Angabe von Kahl ist die nahe verwandte Art *P. niveus* katharob.

Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Ziliaten.

Prorodon teres Ehrb.

Im Moos-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Nußdorf und Haslau (I, VIII) nicht häufig. Im *Myriophyllum*-Bewuchs der Alten Donau am Gänsehäufel (VIII—IX); einmal in größerer Anzahl gemeinsam mit *Coleps hirtus*. α-mesosaprob bis polysaprob.

Gegenüber Neutralrot zeigte *P. teres* kein einheitliches Verhalten: Die meisten Tiere färben sich spontan rot, einige erst nach längerem Aufenthalt im gefärbtem Medium.

Nahrung: Tier- und Pflanzenreste; Detritus. Kahl (1930, p. 80) führt noch Rhodobakterien, Diatomeen und Stärkekörner an. Gellert und Tamás (1958) erwähnen Algen, Diatomeen und Detritus. Bei eigenen Untersuchungen habe ich in den Nahrungsvakuolen von *P. teres* nie Algen oder Diatomeenschalen vorgefunden, obwohl beide Organismengruppen am natürlichen Standort immer reich vertreten waren. Im Potamobenthos der Donau bei Wien scheint sich diese Art auf Nahrungsteilchen spezialisiert zu haben, die Küchenabfällen entstammen. Die Nahrungsvakuolen der Tiere waren regelmäßig mit gelben Detritusklumpen gefüllt, die eindeutig dem Schaum der angeschwemmten Abfallstoffe entstammten.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Lacrimaria olor O. F. Müller

Im Moos- und *Cladophora*-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Nußdorf und Deutsch-Altenburg (IV, XI) und im Altwasser Gänsehäufel zwischen *Myriophyllum*-Ranken (II, VIII—X).

Oligosaprob.

Spontanfärbung durch die Pellikula.

Nahrung: Ziliaten.

Trachelophyllum apiculatum Perty

Im Moos-Aufwuchs der Donau bei Haslau (VIII, XI) und in Rohkulturen (I). Im Altwasser Gänsehäufel (III).

β-mesosaprob bis α-mesosaprob.

In der Regel wurden die Tiere von Neutralrot nicht angefärbt; bei einigen konnte jedoch Spontanfärbung beobachtet werden.

Nahrung: Ziliaten.

Coleps hirtus Nitzsch

Im Donaualtwasser Gänsehäufel (I, II, IV, VIII, IX) und in Rohkulturen aus Moos-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Klosterneuburg gezüchtet.

β-mesosaprob bis polysaprob.

Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Tierische und pflanzliche Reste. Ob wirklich völlig unversehrte Ziliaten angegriffen werden ist zweifelhaft.

Falkner untersuchte in seiner Dissertation (1951) Nahrungsspektrum und Nahrungsaufnahme bei *C. hirtus* recht eingehend. *Cyclops*-Nauplius- oder *Paramecium*-Brei wurde reiner Ziliatennahrung vorgezogen; auch kleine Flagellaten und Amöben wurden aufgenommen. Breiige Nahrung suchten die Infusorien zielstrebig auf. Hungertiere von *C. hirtus* nahmen auch *Synura uvella* an, die sie sonst verschmähten. Nach sieben bis acht Hungertagen erfolgte keine Nahrungsaufnahme mehr. Paramäzien und Stylonychien können im lebenden Zustand von *Coleps* nicht verzehrt werden, da er die Pellikula dieser Infusorien nicht durchbrechen kann.

C. hirtus ist also (wie *Prorodon teres*) wahrscheinlich mehr auf zerfallende organismische Substanzen, als auf lebende Nahrungsobjekte eingestellt.

2. Pleurostomata

Amphileptus procerus Pen. (Abb. 1)

Im Moos-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Nußdorf (I, XI) und in Rohkulturen der Nußdorfer Entnahmestellen. Zwischen *Myriophyllum*-Ranken des Donaualtwassers Gänsehäufel (VIII—IX).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Stets vereinzelt. β-mesosaprob.

Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Wie bei allen Amphileptiden wahrscheinlich ausschließlich räuberisch. Die Beutetiere, meist *Epistylis* oder verwandte Gattungen, werden vom stark erweiterten Zellmund aufgenommen und in toto verschlungen (siehe dagegen *Lionotus cygnus*). *A. procerus* enzystiert sich nicht über der Beute, wie dies Kahl (1931, p. 182) für die „echten *Amphileptus*" beschreibt. In den Nahrungsvakuolen fanden sich manchmal noch unverdaute Peritrichenköpfchen mit sehr deutlichem Nukleus.

Amphileptus pleurosigma Stok. (Abb. 2)

Diese Art wurde viel häufiger als die vorige im Moos-Aufwuchs (einmal auch in den *Cladophora*-Strähnen) der Donaulitoralzone bei Klosterneuburg, Nußdorf, Haslau und Deutsch-Altenburg angetroffen (III, VI, X, XI) und in Rohkulturen in größerer Individuenzahl gezüchtet.

β-mesosaprob bis α-mesosaprob.

Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Wie bei *A. procerus*.

Amphileptus fusidens Kahl (Abb. 3)

Diese Art wurde nur einmal im Moos-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Haslau gefunden (X).

Saprobienstufe unbekannt.

Verhalten gegenüber Neutralrot und Nahrung wie bei den beiden vorigen Arten.

Lionotus cygnus O. F. Müller

Eine Art, die ziemlich regelmäßig im Moos-Aufwuchs, seltener in den *Cladophora*-Zotten der Proben von Nußdorf, Haslau und Deutsch-Altenburg auftrat (I, VI, VIII, X, XI). Im Hafenbecken der Bundesanstalt für Wasserbiologie (Donaualtwasser Gänsehäufel) zwischen *Myriophyllum*-Ranken (I, IV, XI).

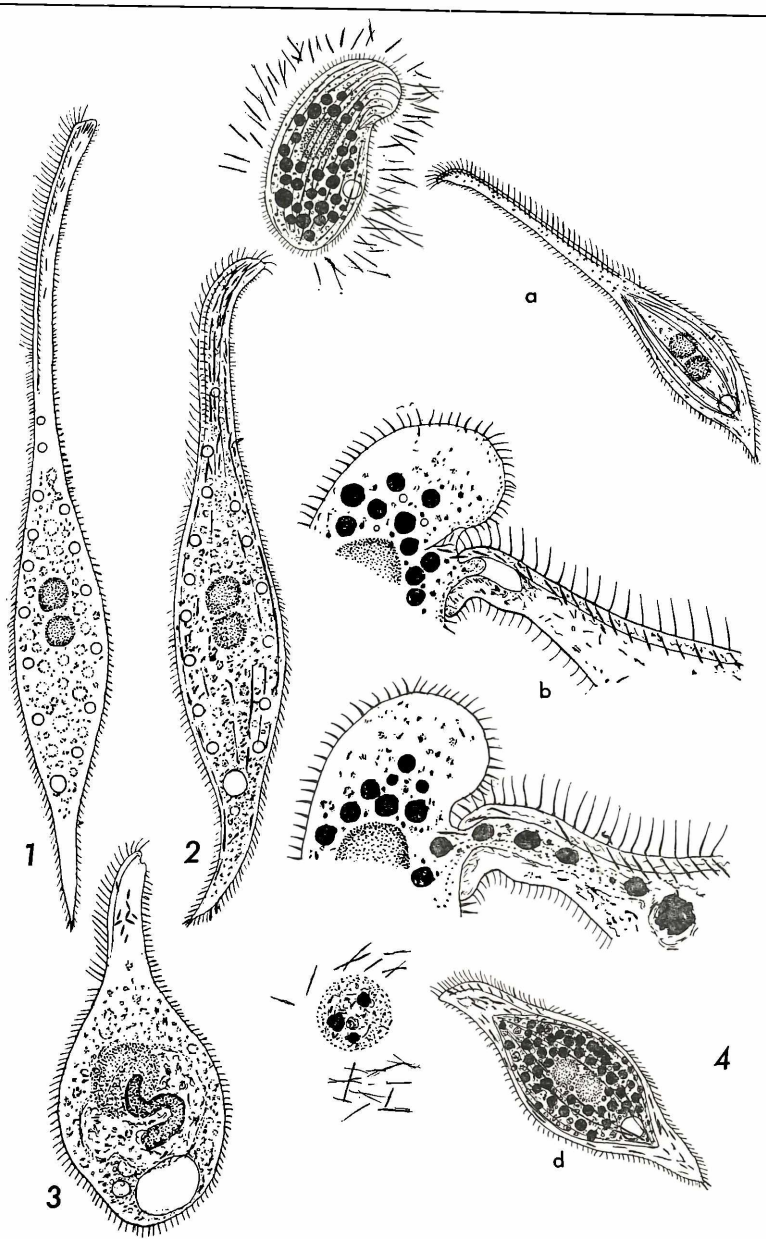
Oligosaprob bis β-mesosaprob.

Neutralrot dringt nicht durch die Pellikula ein. In seltenen Fällen erfolgte eine sehr schwache Anfärbung durch das Zytostom.

Nahrung: Frei bewegliche Ziliaten.

Bei *L. cygnus* konnte ich wiederholt den Vorgang der Nahrungsaufnahme beobachten. In allen registrierten Fällen handelte es sich um *Colpidium campylum*, das von *Lionotus* angegriffen und über-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

wältigt wurde. Ob die Beutetiere durch Trichiten gelähmt oder schon vorher auf andere Weise geschädigt worden waren, ließ sich mit Sicherheit nicht feststellen. Die Kolpidien waren regelmäßig von einem „Palisadenzaun" ausgestoßener Trichozysten umgeben. Wenn dieser Trichozystenwall lückenlos war, gelang es *L. cygnus* nicht, an das Beutetier heranzukommen. Ein Durchbrechen des Schutzwalles ist ihm offenbar nicht möglich.

Entsprechende Angaben finden wir auch bei Kahl (1930, p. 11), der aber selbst eine Schutzwirkung der Trichozysten nicht beobachtet hat: „Über die biologische Bedeutung der ectoplasmatischen Trichocyste wie über ihre Entstehung läßt sich bis jetzt noch nicht viel Endgültiges sagen. Zur Hauptsache darf man sie wohl als Defensivwaffen betrachten; doch muß bemerkt werden, daß bei eigenen Beobachtungen nie festgestellt wurde, daß sich Raubinfusorien durch die Trc. der Paramecien abschrecken lassen. Weder *Didinium*, der bekannte *Paramecium*räuber, noch *Bursaria truncatella* machen viel Federlesens mit ihrer Beute; während die letztere z. B. jeden versehentlich eingestrudelten *Coleps* wieder ausspeit, schlingt sie die Paramecien ungestört hinunter. Daß Raubinsekten, Kleinkrebse oder Jungfische, die sonst etwa noch in Frage kämen, mehr dadurch gestört werden, darf man wohl bezweifeln.

Didinium soll allerdings nach Angabe eines Beobachters, dessen Name leider nicht notiert wurde, unter Umständen durch die in Massen ausgestoßenen, im Wasser verquellenden Trichocysten rein mechanisch abgehalten werden, seine Beute zu verzehren, was jedoch bei zahlreichen eigenen Beobachtungen nie festgestellt wurde."

Es ist nun möglich, daß die Trichozysten verschiedener Ziliaten in bezug auf ihre schützende Wirkung nicht gleichwertig sind. Bei *Colpidium colpoda* wiesen Cheissin und Mosevich (1962) durch elektronenoptische Untersuchungen zahlreiche Sekretampullen nach, die durch Poren in der Pellikula eine muköse Substanz nach außen entleeren. Die genannten Autoren nehmen an, daß an der Kondensation der von *C. colpoda* abgesonderten Schleimhülle die zwischen den Zilien stehenden stiftlosen Trichozysten maßgeblich beteiligt sind. Entsprechende Einrichtungen wurden von früheren Untersuchern (Krüger und Wohlfarth-Bottermann 1952, Wohlfarth-Bottermann 1953, Potts 1955) für *Paramecium caudatum* und einige andere Ziliaten nicht festgestellt. Daraus läßt sich recht gut die bessere Schutzwirkung des Trichozysten-Schleimwalles gegenüber der einfachen Trichozystensperre bei *P. caudatum* erklären.

Die Trichozysten-Schutzhülle ist aber auch bei *Colpidium* nur selten ein homogenes Feld und nach einigen vergeblichen Versuchen findet *Lionotus* fast immer eine Bresche, durch die er das lang ausgestreckte, halsartig abgesetzte Vorderende direkt an die Pellikula des Beutetieres heranschieben kann. Hierauf wird die jetzt geöffnete

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Mundspalte auf die betreffende Stelle aufgesetzt und nach kurzem Verharren in dieser Lage fließt der Plasmainhalt des *Colpidium* in den „Schlund" von *Lionotus* und wird dort sofort in Nahrungsvakuolen eingeschlossen. Dieser Vorgang läßt sich im Anoptralkontrast-Mikroskop folgendermaßen interpretieren: Ein „Zytopharynx" im Sinne von Kahl (1930, p. 17) existiert bei den Amphileptidae nicht; bei *Lionotus* ist der Raum unterhalb des Zytostoms vom Entoplasma erfüllt. Der auf die Pellikula des *Colpidium* aufgesetzte Spaltmund funktioniert wie ein Schröpfkopf. Zunächst kann man bei *Lionotus* ein Zurückweichen des Entoplasmas aus dem Hypostomalraum beobachten. Sodann wölbt sich die Pellikula des Beutetieres infolge des Unterdruckes im Hypostomalraum in diesen hinein und bricht schließlich auf. Am Ende des Oesophagus werden die ausfließenden Plasmamassen „portionenweise" auf die sich periodisch erneuernden primären Nahrungsvakuolen verteilt. Zurück bleibt immer ein Restkörper des *Colpidium*, der den physikalischen Gesetzen für tropfbar flüssige Körper folgend, Kugelgestalt annimmt (siehe auch Kaltenbach 1953: Zytolyse bei *Trypanosoma evansi*) und nach kurzer Zeit in feinste Partikel zerstäubt.

Kahl (1930, p. 16) gibt dieser Art der Nahrungsaufnahme eine andere Deutung: „Noch schwieriger ist das Einsaugen von Beute zu erklären. Dabei wird die Beute nicht als Ganzes verschlungen, sondern ihr Inhalt wird bei nicht weit geöffnetem Munde in Form eines dicken Stranges nach innen gesogen. Man findet das gelegentlich auch bei *Didinium* oder bei anderen Räubern. Es ist nicht gut anders zu erklären, als das durch die dabei vor sich gehende Abrundung des Räubers eine Vergrößerung seines Innenraumes vor sich geht, welche die Saugwirkung erzeugt (z. B. *Coleps*)." Eine Abrundung vor oder kurz nach Beginn der Nahrungsaufnahme konnte ich bei Lionotus nie beobachten. Dagegen zeigte die Anoptralkontrast-Untersuchung sehr deutlich die oben erwähnte Kontraktion des Entoplasmas im Hypostomalraum und das nachfolgende Aufbrechen der Pellikula des Beutetieres. Nach beendeter Nahrungsaufnahme war natürlich das Volumen von *Lionotus* stark vergrößert.

Der geschilderte Ernährungsmodus wurde in einem Fall besonders instruktiv dargestellt, bei dem mit Neutralrot gefärbte Kolpidien verzehrt wurden (Abb. 4 a—d). Neutralrot wird, wie oben erwähnt, von *L. cygnus* gar nicht oder nur in geringer Menge aufgenommen, während es von *Colpidium* aus dem umgebenden Wasser kontinuierlich eingestrudelt wird. Die rot gefärbten Zytoplasmaklumpen füllten allmählich das Zellinnere von *Lionotus*, wobei eine beträchtliche Volumenzunahme eintrat.

Es liegt auf der Hand, daß diese Ernährungsweise bei Raubinfusorien, die einen nur wenig erweiterungsfähigen Zellmund besitzen,

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

aber im Verhältnis zur eigenen Körpergröße kaum kleinere Beutetiere verzehren, die Regel darstellen wird. Die Arten der Gattung *Amphileptus* dagegen sind meist erheblich größer als die Peritrichenköpfchen, die ihnen zur Nahrung dienen; diese können ohne Schwierigkeit in toto verschlungen werden.

Loxophyllum meleagris Duj.

Im Moosaufwuchs der Donaulitoralzone bei Nußdorf und Haslau (IV, XI) und im Altwasser Gänsehäufel (VIII, IX); an beiden Stellen nicht häufig, aber Massenvermehrung in Rohkulturen.

β-mesosaprob bis α-mesosaprob; nach Kahl auch katharob (?).
Schwache Anfärbung mit Neutralrot.
Nahrung: Protozoen, Rotatorien.

Von *L. meleagris* wurden „Hunger-Kulturen" auf Hohlschliffobjektträgern (Deckglas mit Vaselinerand) angelegt. Die Tiere konnten aber auch nach einer zweitägigen Hungerperiode nicht zur Annahme von Paramäzien oder Rotatorien (*Lepadella* sp.) veranlaßt werden. Bei zufälligen Berührungen mit den angebotenen Nahrungsorganismen kontrahierten sie augenblicklich und schwammen ein Stück zurück. Auch knapp vorbeischwimmende Paramäzien wurden nicht angegriffen.

Bei *L. meleagris* konnte ich die Regeneration des durch Deckglasdruck amputierten Vorderendes beobachten. Der ganze Vorgang nahm etwa eine Stunde Zeit in Anspruch und verlief, da es sich ja um eine reine Plasmaregeneration handelte, wesentlich einfacher als von Prowazek (1903) für *Stentor coeruleus* angegeben wurde.

Trachelius ovum Ehrb.

Im Moosaufwuchs der Donaulitoralzone bei Nußdorf und Haslau (I, II, XI) ziemlich selten.

Anscheinend oligosaprob bis β-mesosaprob.
Spontanfärbung mit Neutralrot.
Nahrung: (Peritriche) Ziliaten.

Hamburger, die (1903) eingehende Untersuchungen über Körperbau und Lebensweise von *T. ovum* anstellte, berichtet über die Nahrungsaufnahme: „Trotzdem sie arge Räuber sind, die eine *Epistylis*kolonie schnell so weit abgeweidet haben, daß nur die Stiele übrig bleiben, und man sie stets mit Nahrungsballen erfüllt antrifft, konnte keiner der bisherigen, zahlreichen Beobachter die Nahrungsaufnahme verfolgen.

Mir gelang es nach mehrwöchentlichen, oft stundenlang fortgesetzten Beobachtungen nur einmal, den Vorgang zu verfolgen. Aus dem Munde des schnell abgetöteten *Trachelius* ragte der Stiel der *Epistylis* noch hervor. ... Ich glaube

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

nicht, daß Fabre recht hat, wenn er annimmt, die Nahrungsaufnahme sei deshalb schwer zu verfolgen, weil die Tiere erst im Detritus herumwühlen müssen, bevor sie die darin enthaltene Nahrung aufnehmen, wie man es bei vielen anderen Ciliaten tatsächlich beobachten kann. Der Grund scheint vielmehr zu sein, daß die relativ großen Nahrungsobjekte auf einmal und so schnell verschluckt werden, daß der Vorgang auch geübten Beobachtern leicht entgeht."

Eine Enzystierung über der Beute erfogt entgegen den Angaben älterer Autoren nicht, wie auch Hamburger feststellte.

3. Hypostomata

Chilodonella cucullulus (O. F. Müller. (Abb. 5 a—g)

Regelmäßig und meist auch häufig im Moos- und *Cladophora*-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Klosterneuburg, Nußdorf, Haslau und Deutsch-Altenburg (in fast allen Proben von I—XII); verbreitet im Donaualtwasser Gänsehäufel (I—IV; sicher auch in den übrigen Monaten).

β-mesosaprob bis α-mesosaprob.

Bezüglich der Neutralrotaufnahme konnten folgende Verhältnisse festgestellt werden:

1. *Ch. cucullulus* aus bakterienreichen aber algenarmen Proben zeigte Spontanfärbung, wie auch geschädigte Exemplare aus den unter 2. bezeichneten Proben.

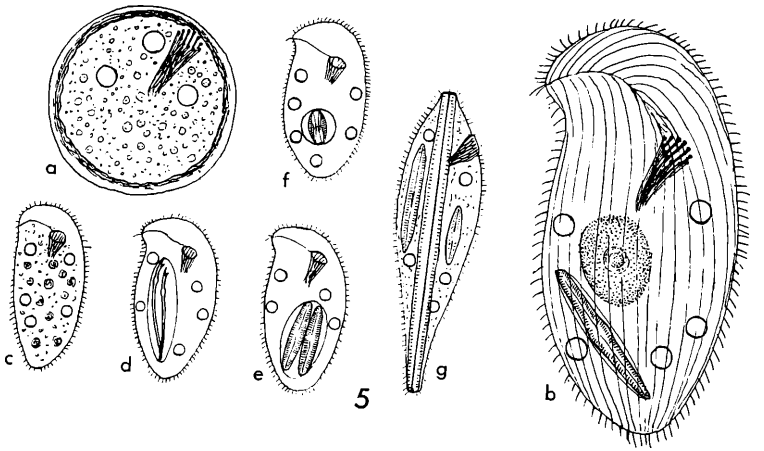
2. In Proben, die von algenreichen Standorten stammten, trat (bei unversehrten Tieren) erst nach längerem Aufenthalt im Neutralrot-Medium eine sehr schwache Anfärbung ein.

Das Phänomen der differenten Neutralrot-Tingierung wurde mit den zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln näher untersucht. Die Ergebnisse werden weiter unten mitgeteilt.

Nahrungsspektrum:

Kahl 1931	Struhal 1954	Gellért u. Tamás 1958 Tamás u. Gellért 1958	Dingfelder 1962	Eigene Untersuchungen
Bakterien Rhodobakterien	Bakterien			Bakterien
Beggiatoen				Beggiatoen Oszillatorien
Diatomeen		Diatomeen	Diatomeen	Diatomeen Chlamydomonaden
	Kleinalgen		Kleinalgen	Algenschwärmer
	Stärkekörner			

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at



Hinsichtlich der Annahme verschiedener Nahrungsobjekte ist *Ch. cucullulus* recht anpassungsfähig. Bei reichlichem Angebot an Diatomeen werden diese jedoch jeder anderen Nahrung vorgezogen. Das Einsaugen der Diatomeen durch den Reusenapparat konnte besonders gut an Tieren beobachtet werden, die frisch aus den Zysten (Abb. 5 a) geschlüpft waren. Hierbei wurde festgestellt, daß leere Diatomeenschalen bis zu etwa 3/4 der Länge der Reusenstäbe aufgenommen und dann wieder ausgestoßen wurden. Es ist möglich, daß der Reusenapparat eine Prüffunktion für die Eignung aufgenommener Gegenstände als Nahrungsobjekt besitzt. Mitunter kann man einzelne Individuen von *Ch. cucullulus* antreffen, die große *Synedra-ulna*-Exemplare verschlungen haben und deren Gestalt dadurch vollkommen deformiert wird (Abb. 5 g). Nicht selten findet man in der gleichen Nahrungsvakuole zwei kleinere Diatomeen (Abb. 5 e). In einer Probe aus dem Hafenbecken der Bundesanstalt für Wasserbiologie (Altwasser Gänsehäufel) enthielten mehrere Chilodonellen Spiculae einer *Chaetogaster*-Art (Abb. 5 d). Die Aufnahme der Oligochätenborsten ist vielleicht durch daran haftende Reste tierischer Substanz veranlaßt worden. Struhal (1954) erwähnt eine Umstellung gewisser *Ch.-cucullulus*-Populationen in der Schwechat auf Stärkenahrung („Stärkebänke" im Einmündungsbereich der Brauhauskanäle).

Auch Kahl gibt an, daß die Nahrung von *Ch. cucullulus* je nach dem Wohnort wechselt. In Tropfkörpern kann eine ausgesprochene

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Spezialisierung auf Bakteriennahrung erfolgen (Weninger 1963). Bei meinen Untersuchungen zeigte es sich nun, daß Chilodonellen, die sich mit Neutralrot stärker anfärbten, durchwegs mit Bakterien angefüllte Nahrungsvakuolen (Abb. 5 c) besaßen, während neutralrotnegative Tiere Diatomeen, Zyanophyzeen oder Grünalgen enthielten. In einigen zweifelhaften Fällen (wenn kleine und zarte Stäbchenbakterien aufgenommen worden waren) konnte die Diagnose durch die kontraststeigernde Wirkung der Anoptraloptik und im Dunkelfeld sichergestellt werden. Da die in diesem Zusammenhang durchgeführten Arbeiten ein Musterbeispiel für die sinnvolle Kombination verschiedener mikroskopischer Methoden darstellen, sollen die Ergebnisse hier ausführlicher besprochen werden:

1. Nativpräparat

a) Hellfeld die Nahrungsvakuolen von Chilodonellen in algenreichen Gewässern enthalten Bruchstücke zellreihenbildender Zyanophyzeen, Chlamydomonaden oder Zoosporen chlorophyllführender Algen; bei entsprechendem Angebot haben sie regelmäßig Diatomeen aufgenommen. In Gewässern höherer Saprobität, die (wenigstens zeitweise) nur eine geringe Entwicklung der Algenflora zeigen, sind die Nahrungsvakuolen von *Ch. cucullulus* mit Rhodobakterien, Langstäbchenbakterien oder im Hellfeld nicht näher zu diagnostizierenden Konkrementen gefüllt.

b) Anoptralkontrastbild Die in den Nahrungsvakuolen eingeschlossenen Teilchen, die gegenüber der Umgebung nur geringfügige Lichtbrechungsunterschiede zeigen und daher im Hellfeld nicht sicher erkannt wurden, erweisen sich eindeutig als kleine Stäbchenbakterien. Ebenso sind Wimpern und Reusenstäbe deutlicher zu erkennen. Dagegen ist nicht zu entscheiden, ob die Aufnahme der Bakterien in den Zellmund durch Verschlingen von massierten Bakterien oder vielleicht doch durch Einstrudeln der an der Ventralseite in Zellmundnähe schlagenden Wimperreihen erfolgt.

2. „Vitalfärbung" mit Neutralrot

Unter mit Neutralrot präparierten Deckgläsern und nach Zusatz der Farbstofflösung vom Rande des Wassertropfens her zeigte sich bei bakterienfressenden Chilodonellen Spontanfärbung, während Algenfresser sich erst nach längerer Zeit oder gar nicht anfärbten. Diese Spontanfärbung trat sowohl bei Tieren ein, die an Bakterienhaufen festlagen, wie bei frei schwimmenden Formen. Zuerst tin-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

gierten sich die Nahrungsvakuolen und später nahm auch das Zytoplasma einen blaßroten Farbton an. Der Zellkern blieb ungefärbt. Da durch die Pellikula kein Farbstoff eintritt (sonst müßte sich diese und das Zytoplasma zuerst anfärben und zwar unabhängig davon, ob es sich um Schlinger handelt, die nur fallweise das Zytostom öffnen, oder um Strudler, die beständig einen nach dem Zellinneren gerichteten Wasserstrom erzeugen), muß also gefärbtes Wasser aus dem umgebenden Medium eingesaugt werden. Das „fakultative" Unterhalten eines Wasserstromes, der kontinuierlich den Zellmund passiert und die Nahrungsvakuolen mit Bakterien füllt, ist aber zwanglos nur durch „Einstrudeln" zu erklären. Die dafür erforderlichen Wimperorganelle sind auch bei den Hypostomata an der Körperunterseite vorhanden.

3. Fluoreszenzoptisches Bild

Da, wie früher angegeben, mit der Möglichkeit einer toxischen Wirkung von Neutralrot auf Protozoen zu rechnen ist und eine solche u. U. das Untersuchungsergebnis verfälscht, sollten fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen den erhaltenen Befund bestätigen.

a) UV-Fluoreszenz Nach Vitalfluorochromierung mit Acridinorange leuchteten Stäbchenbakterien und Kokken grün auf. Nach etwa 30 Sekunden trat ein Farbumschlag nach rot ein. Plasma und Zellkern der Chilodonellen zeigten eine schwache gelbgrüne, die Nahrungsvakuolen rote Fluoreszenz. Nach einer Untersuchungsdauer von 2 bis 3 Minuten schlug die Farbe des Zellkernes der Infusorien nach rot um und die Tiere ließen deutlich verschiedene Anzeichen einer Schädigung erkennen.

Strugger (1941, 1942) gelang die Feststellung, daß nach Acridinorangefärbung lebende Bakterien grün, tote dagegen rot fluoreszieren. Der Wert des von Strugger zur Unterscheidung lebender und toter Zellen angegebenen Kriteriums wurde mehrfach angezweifelt. U. a. zeigten Bogen und Elste (1955) durch Versuche an Hefezellen, daß der Farbeffekt bei Acridinorange-Fluorochromierung abhängig ist von der Suspensionsdichte und vom physiologischen Zustand der Hefezellen, von der infolge der Glukosevermehrung im Zellineren stattfindenden Ansäuerung und von der Dauer der Farbstoffeinwirkung. Unabhängig ist die Qualität der Farbe hingegen vom pH-Wert der Suspensionsflüssigkeit. Daß die Qualität der aufleuchtenden Farbe bei Acridinorange-Fluorochromierung tatsächlich ein Konzentrationseffekt ist, hat zuletzt Schümmelfelder (1957) nachgewiesen: zwar fluoresziert Acridinorange im undissoziierten Zustand unabhängig von der Konzentration gelbgrün; nach Abspaltung des Anions zeigt sich jedoch eine Fluoreszenzmetachromasie, wobei das Kation in schwacher Konzentration grün, in stärkerer rot aufleuchtet. Das Auftreten einer grünen oder roten Fluoreszenzfarbe ist also nicht unbedingt

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

ein Kriterium zur Unterscheidung lebender und toter Zellen. Für Bakterien aber hat die Feststellung Struggers in gewissen Grenzen Gültigkeit (Wittekind 1959). Ein Farbumschlag von grün nach rot ist jedoch wenigstens bis zum Auftreten der Rotfärbung ein Beweis, daß die zur Bildung der roten Granula notwendigen Prozesse in der lebenden Zelle stattgefunden haben (Wittekind 1959).

Damit ist nun der Nachweis erbracht, daß die den Chilodonellen zur Verfügung stehenden Bakterien leben. Die Aufnahme dieser lebenden Bakterien konnte unter dem Fluoreszenzmikroskop zunächst nur kurz beobachtet werden, da infolge der oben erwähnten, nach wenigen Minuten auftretenden Schädigungen der Infusorien die Untersuchung abgebrochen werden mußte. Eine Acridinorange-Schädigung (Bogen [1951] hat eine Wachstumshemmung bei mit Acridinorange gefärbten Zellen festgestellt) war in Anbetracht der geringen Konzentration des Fluorochroms wenig wahrscheinlich. Eher war an eine schädigende Wirkung der UV-Strahlen auf das Protozoenplasma zu denken, wie sie von Wilber und Slane (1951) nachgewiesen wurde. Das UV-Erregerfilter der Reichert-Fluoreszenzeinrichtung erzeugt zwar eine verhältnismäßig langwellige Strahlung. Bei Trypanosomen konnte ich jedoch früher (Kaltenbach 1959) eine bewegungshemmende Wirkung innerhalb einer Minute feststellen (Kontrolltiere im Hellfeld zeigen stundenlang Bewegungserscheinungen).

b) Blaulichtfluoreszenz Die Untersuchungen wurden unter Verwendung von Keller-Filtern im völlig unschädlichen Blaulicht fortgesetzt. Ich möchte hier auf einen verbreiteten Irrtum aufmerksam machen: die Blaulicht-Fluoreszenz unterscheidet sich hinsichtlich der Intensität der Leuchterscheinungen durchaus nicht von der UV-Fluoreszenz, wenn eine gleichstarke Lichtquelle benutzt wird. Wohl aber bestehen Unterschiede in bezug auf die Qualität der Fluoreszenzfarbe, da auf das Okular ein sehr dichtes Orangefilter aufgesetzt werden muß, um den Austritt des von uns als blau empfundenen Lichtquellenanteiles zu verhindern, der die schwache Fluoreszenzstrahlung überdecken würde. Dadurch ist eine einwandfreie Trennung zwischen grün- und rotfluoreszierenden Objektelementen nicht mehr möglich. Der Vorgang des Einstrudelns der Bakterien konnte dagegen mit Hilfe der Blaulicht-Fluoreszenz längere Zeit hindurch beobachtet werden.

Zusammengefaßt ergibt sich folgendes Bild über die Aufschlüsse, die mit den verschiedenen mikroskopischen Methoden bezüglich der

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Ernährung von *Ch. cucullulus* erhalten wurden:

1. Nativpräparat im Hellfeld: Ernährung mit Algen, Bakterien oder fraglichen Konkrementen.
2. Nativpräparat im Anoptralkontrast: Die fraglichen Konkremente erweisen sich als sehr zarte Stäbchenbakterien. Da nur geringfügige Unterschiede in der Lichtbrechung gegenüber der Umgebung bestehen, war der Anoptralkontrast dem positiven Phasenkontrast überlegen (Gabler 1955). Vorgang der Nahrungsaufnahme auch im Anoptralkontrast nicht eindeutig zu klären.
3. „Vitalfärbung" mit Neutralrot: Aufnahme von Bakteriennahrung durch Einstrudeln, während Algennahrung durch Verschlingen aufgenommen wird. Da viele Stäbchenbakterien unbeweglich sind, kann mit dieser Methode nicht nachgewiesen werden, ob lebende Bakterien verzehrt werden.
4. UV-Fluoreszenz: Der Farbumschlag der mit Acridinorange fluorochromierten Bakterien zeigt, daß lebende Baktrien zur Verfügung stehen. Die Aufnahme dieser Bakterien kann infolge der bald einsetzenden UV-Strahlenschädigung der Chilodonellen nur schlecht beobachtet werden.
5. Blaulicht-Fluoreszenz: Da keine Strahlenschädigung durch Blaulicht eintritt, läßt sich der Vorgang der Aufnahme der bei UV-Beleuchtung grünfluoreszierenden Bakterien besonders an „Bakterienrasen" ausreichend lange verfolgen.

Chilodonella uncinata Ehrb.

Im Moos-Aufwuchs der Proben von Haslau im Herbst (X) häufig, im Winter (I) selten. Zwischen *Myriophyllum*-Ranken im Altwasser Gänsehäufel (I—IV, VIII—IX). Ebenso wie die vorige Art sicher ganzjährig auftretend.

α-mesosaprob.

Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Bakterien. Gellért und Tamás (1958) und Tamás und Gellért (1958) geben außerdem Kieselalgen und Algen (?) an; Dingfelder (1962) fand auch Flagellaten in Nahrungsvakuolen von *Ch. uncinata*. Die von mir untersuchten Tiere ernährten sich ausschließlich von Bakterien.

Paramecium trichium Stokes

Im Moos- und *Cladophora*-Aufwuchs der Donaulitoralzone bei Nußdorf, Haslau und Deutsch-Altenburg sowie im Altwasser Gänse-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

häufel. Zu jeder Jahreszeit, aber in wechselnder Häufigkeit. Besonders zahlreich in Rohkulturen.

α-mesosaprob bis polysaprob.
Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Bakterien, Zyanophyzeen, Flagellaten und vielleicht auch kleine Chlorophyzeen.

Die Klärung der Artzugehörigkeit dieses in saproben Gewässern überall häufigen Paramäziums gelang Šrámek-Hušek (1954. Weder im Donaulitorale noch an anderen Örtlichkeiten habe ich im Verlaufe meiner Untersuchungstätigkeit ein Paramäzium finden können, auf das die recht oberflächliche Beschreibung zutrifft, die Claparede und Lachmann von *Paramecium putrinum* geben. Es ist unverständlich, wie sich der Name *„putrinum"*, dem wahrscheinlich überhaupt keine gute Art zugrunde gelegt werden kann, durch fast ein Jahrhundert in der Literatur behaupten konnte. In Rohkulturen wurde zweimal eine Spezialisierung auf bestimmte Nahrungsobjekte festgestellt. Im ersten Fall waren durch mehrere Tage hindurch die Nahrungsvakuolen sämtlicher Paramäzien der betreffenden Population mit Chlamydomonaden vollgepfropft. Es handelte sich um eine *Polytoma*-Art (nach Paschers Süßwasserflora *P. caudatum* Korschikoff) (Abb. 6a, b). Auffällig war dabei, daß die Flagellaten nach dem Einstrudeln längere Zeit eine amöboide Beweglichkeit zeigten, die erst nach einigen Stunden aufhörte.

Schönfeld (1959) hat ein ähnliches Verhalten bei einer *Astasia*-Art festgestellt, die gleichfalls in großer Zahl von *Stentor coeruleus* eingestrudelt wurde. Wie die Astasien Schönfelds zeigte die von mir beobachtete *Polytoma* eine gewisse Verdauungsresistenz. Im Gegensatz zu den von Schönfeld beobachteten Vorgängen kam es hier aber nie zu einem Ausbrechen der Flagellaten aus den Nahrungsvakuolen in das Entoplasma und zu Degenerations- und Zytolyseerscheinungen bei den Infusorien. Der Grad der Resistenz gegenüber den Verdauungsfermenten der Ziliaten war also offenbar bei der von mir beobachteten *Polytoma*-Art geringer. Schönfeld spricht geradezu von einem parasitischen Verhalten der Astasien und tatsächlich ist es ja auch sehr schwierig, zwischen passiv eingestrudelten Organismen, die verdauungsressistent sind und im Plasma ihrer „Wirte" Zytolyse auslösen und aktiv eindringenden Schmarotzern, die die gleichen oder ähnliche degenerative Veränderungen hervorrufen, eine scharfe Grenze zu ziehen. In beiden Fällen ist es

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

dem Parasiten möglich, Zellsubstanz des Wirtes auf osmotischem Weg aufzunehmen. Daß auch manche als Symbiose gedeutete Lebensgemeinschaften durch gegenseitige Anpassung aus einem Räuber-Beuteverhältnis oder aus Parasit-Wirtsbeziehungen hervorgegangen sein können, ohne daß einem der beiden Partnern hieraus Vorteile erwachsen müssen, sei nur nebenbei erwähnt. Ein solcher Zustand muß selbstverständlich nicht unbedingt dauerhaft sein. Wir kennen ein ähnliches Phänomen aus der Human- und Veterinärmedizin unter dem Namen „Prämunition"

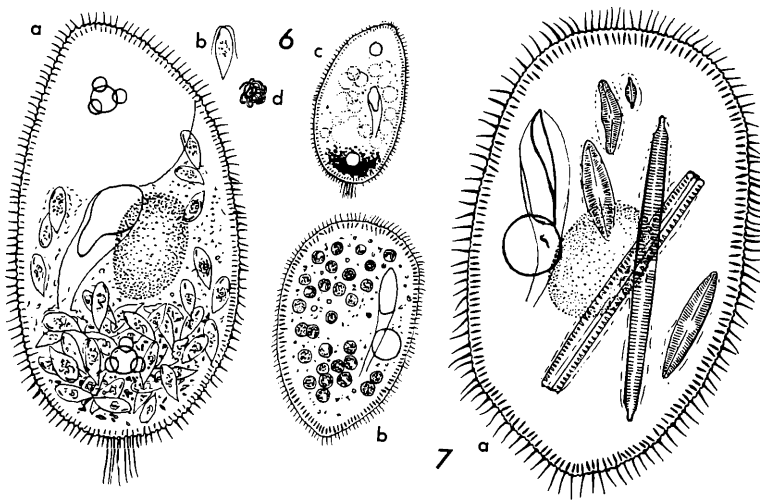
In einem zweiten Fall bestand die Ernährung von *Paramecium trichium* ausschließlich oder doch vorwiegend aus schraubenförmig eingedrehten Bakterien (Abb. 6 d), deren nähere Bestimmung nicht gelang. Auch hier wurde eine Schädigung der Infusorien nicht beobachtet.

Frontonia acuminata Ehrb.

Im Moos- und *Cladophora*-Aufwuchs der Proben von Nußdorf und Haslau (I,IV).

Oligosaprob bis β-mesosaprob.
Spontanfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Besonders Diatomeen (Abb. 7 a), aber auch Flagellaten und Chlorophyzeen. In Rohkulturen auch Bakterien (Abb. 7 b) und Zyanophyzeen.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Frontonia acuminata ist gegen Deckglasdruck recht empfindlich und wurde deshalb ohne Deckglas oder im hängenden Tropfen untersucht. Auch hier kam es bald zu einem Ausstoßen der Trichozysten. Die Konzentrationssteigerung durch allmähliches Verdunsten im offenen Tropfen kann bis zu einem gewissen Grad osmoregulatorisch kompensiert werden. Plötzlichen Konzentrationsänderungen (Zusatz eines Tropfen Milieuwassers vom Rande her) vermag das Ziliat jedoch nicht zu folgen, sondern reagiert mit Aufblähung des Zellkörpers und spontanem Ausstoßen der Trichozysten. Die Länge der Trichozysten betrug in Ruhelage (im Kortikalplasma) 5—7 μ, in ausgestrecktem Zustand bis zu 70 μ. Es war also eine Streckung um das Zehnfache der ursprünglichen Länge erfolgt. Über den mikroskopischen und teilweise über den submikroskopischen Aufbau der Trichozysten sind wir durch die elektronenoptischen Untersuchungen von Krüger und Wohlfahrt-Bottermann (1952), Wohlfahrt-Bottermann (1953) und Potts (1955) unterrichtet, nachdem W. J. Schmidt bereits 1939 mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes grundlegende physikalische Eigenschaften der Trichozysten geklärt und die Voraussetzungen zum Verständnis des Streckungsvorganges geschaffen hatte. Wohlfahrt-Bottermann (1953) hat auch nachgewiesen, daß den Trichozysten von *Paramecium caudatum* eine osmoregulatorische Funktion zukommt. Eine ähnliche Bedeutung dürfte die von mir beobachtete kontinuierliche Trichozysten-Abgabe von *F. acuminata* im hängenden Tropfen und im Nativpräparat ohne Deckglas besitzen.

Lembadion lucens Maskell

wurde wiederholt im *Myriophyllum*-Aufwuchs des Donaualtwassers Gänsehäufel gefunden (VIII—IX).

Saprobienstufe: ?

Schwächere bis stärkere Anfärbung mit Neutralrot.

Nahrung: Flagellaten, Chlorophyzeen, Ziliaten. Wahrscheinlich auch Bakterien und Blaualgen.

Bei dieser Art wurde kannibalisches Verhalten festgestellt. Im Gegensatz zu den Beobachtungen v. Geleis (zitiert in Doflein und Reichenow 1949) an einer kannibalischen Rasse von *Stentor coeruleus* und den kannibalischen Riesenformen von *Stylonychia*, über die Giese und Alden (1938) berichten, handelte es sich jedoch bei *L. lucens* um einen Einzelfall.

V Diskussion

Von den im Untersuchungsbereich festgestellten 38 Arten holotricher Ziliaten konnten mit Sicherheit nur 14 Arten als Bakterienfresser ermittelt werden. Die Bedeutung der Ziliaten für den Vorgang der biologischen Selbstreinigung ist dennoch hoch einzuschätzen, weil

1. gerade die Bakterienfresser unter ihnen am zahlreichsten auftreten und

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

2. die Spirotricha und Peritricha, die im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt wurden, vorwiegend oder ausschließlich Bakterienfresser sind.

Daß von den Ziliaten eine Nahrungsauswahl getroffen wird, ist durch eine große Zahl älterer und neuerer Arbeiten belegt. Es wurde öfters eingewendet, daß diese Auswahl, biologisch gesehen, unzweckmäßig wäre, da in manchen Fällen giftigen Stoffen gegenüber genießbaren Objekten der Vorzug gegeben wird. Dieser Einwand ist jedoch nicht stichhältig, denn unter natürlichen Verhältnissen stehen den Ziliaten eben nicht mit Thionin gefärbte Hefezellen oder mit Safranin gefärbte Dotterkörner zur Verfügung. Ein biologisch zweckmäßiges selektives Verhalten bezüglich der Nahrungsaufnahme kann nur in der den Tieren gewohnten Umwelt erwartet werden, nicht aber in einem Versuch, der veränderte Milieubedingungen darbietet.

Obligate Nahrungsspezialisten scheinen unter den Ziliaten selten zu sein (*Amphileptus*). Eine deutliche Bevorzugung bestimmter Nahrungsobjekte oder sogar eine fakultative Spezialisierung ist hingegen ziemlich verbreitet. Struhal (1954) berichtet von einer Umstellung der diatomeenfressenden *Chilodonella cucullulus* auf Stärkenahrung im Bereich der Brauhauskanäle in der Schwechat, Gellért und Tamás (1958) erwähnen die Spezialisierung von *Cachysoma balatonica* auf eine Diatomeenart sowie die allgemeine Bevorzugung vagiler Diatomeen gegenüber sessilen (Schleimhülle!) als Ziliatennahrung und Schulze (1959) fand in Kulturen eine *Metopus*-Art, die auf Diatomeen spezialisiert war, während diese Faulschlammziliaten gewöhnlich assimilierende Bakterien aufnehmen. Das im Sumpfgelände des Naturschutzgebietes von Bátorliget in Ungarn auf Kaulquappen epizoisch lebende *Intranstylum ranae* ernährt sich von Epidermiszellen der Substrattiere (Stiller 1960). Schulze (1959, p. 416) hat darauf aufmerksam gemacht, daß „ . *Metopus* normalerweise in einem Milieu lebt, das reich an Purpurbakterien ist . ", und man daraus eine besondere Vorliebe für diese Nahrung nicht ableiten darf. Dies trifft wohl für die Mehrzahl der „fakultativen Nahrungsspezialisten" zu: es werden jene Nahrungsobjekte maximal aufgenommen, die in entsprechend großen Mengen zur Verfügung stehen. Das gilt auch bezüglich der im vorigen Abschnitt angegebenen Spezialisierung von *Prorodon teres* auf Küchenabfälle im Donaulitorale bei Haslau und ebenso für die von mir beobachtete praktisch ausschließliche Ernährung einer Population von *Paramecium*

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

trichium mit Chlamydomonaden in einer Rohkultur. Daß es aber auch bei gleichzeitigem Angebot mehrerer Nahrungsobjekte zu Bevorzugung und Spezialisierung kommt, wurde u. a. für Bakterien nachgewiesen. Bahr (1954) fand, daß bakterienfressende Ziliaten (*Metopus es, Glaucoma pyriformis, Colpidium colpoda, Paramecium caudatum* u. a.) unter gleichzeitig angebotenen Bakterien eine Auswahl treffen. *Bacillus subtilis* und *Salmonella enteritidis* wurden reichlich, *Staphylococcus aureus* und *Salmonella typhimurium* weniger gern aufgenommen und *Escherichia coli* nach Möglichkeit gemieden. Knorr und Mitarbeiter (1956) zeigten in teilweiser Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen, daß Protozoen mit Vorliebe wasserfremde (pathogene) Keime vertilgen und Bazillen (Sporenbildner) nur im vegetativen Zustand verdaut werden, während Sporen die Zytopyge unverändert passieren. Hohe Keimzahlen haben oft auch einen unmittelbaren Anstieg der Populationsdichte bakterienfressender Ziliaten zur Folge, während umgekehrt eine starke Population bakterivorer Infusorien ein Absinken der Keimzahl bewirken kann (Bick 1957, 1958, 1960).

Wie für die nahe verwandte *Chilodonella uncinata* (geprüft von Bahr 1954), dürfen wir sicher auch für *Ch. cucullulus* bei Umstellung auf Bakteriennahrung eine ähnliche Auswahl annehmen. Hierbei erlangt der Umstand, daß lebende Bakterien aufgenommen werden, ebenso wie die kontinuierliche Nahrungsaufnahme durch Einstrudeln, wie oben nachgewiesen wurde, besondere Bedeutung im Rahmen der biologischen Abwasserreinigung, denn Chilodonellen bilden einen nicht unerheblichen Anteil der Ziliatenfauna der untersuchten Plätze. Wie wir gesehen haben, ist sie auch dort konkurrenzfähig, wo ihr Diatomeen in genügender Menge nicht zur Verfügung stehen.

Ein Einfluß der infusorienfressenden Ziliaten auf die Populationsdichte der individuenreicheren bakterivoren Ziliaten wurde unter natürlichen Bedingungen nicht festgestellt. In Rohkulturen kam es dagegen (ähnlich wie in Tropfkörpern biologischer Kläranlagen) zu einer zeitweiligen Vermehrung räuberischer Formen (*Amphileptus pleurosigma, Loxophyllum meleagris, Acineria incurvata u. a.*) (Kaltenbach 1961) und im Zusammenhang damit auch zu einem deutlichen Absinken der *Paramecium-, Colpidium-* und *Glaucoma*-Individuenzahlen

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

VI. Zusammenfassung

1. In der vorliegenden Arbeit werden Beobachtungen und Untersuchungen über die Nahrungsauswahl und Nahrungsaufnahme einiger holotricher Ziliaten der Donaulitoralzone zwischen Wien-Klosterneuburg und Deutsch-Altenburg sowie im Donaualtwasser Gänsehäufel veröffentlicht.

2. Die meisten untersuchten Arten richten sich bezüglich der Nahrungsauswahl nach den maximal angebotenen genießbaren Stoffen.

3. *Lionotus cygnus* bevorzugt eindeutig Kolpidien als Nahrungsobjekt, wobei die Größe der Beutetiere keine entscheidende Rolle spielen kann, da dieselben nicht in toto, sondern stückweise verschlungen werden. Ein lückenloser Trichozystenwall bedeutet für *Colpidium* einen wirksamen Schutz vor dem Angriff des Lionotus.

4. *Chilodonella cucullulus* zieht Diatomeen jeder anderen Nahrung vor, vermag sich aber gegebenenfalls ganz auf Bakterien umzustellen. Für die Aufnahme der Diatomeen dürfte die Form der Schalen maßgeblich sein. Da aber leere Schalen sofort wieder durch den Zellmund ausgestoßen werden, muß auch eine Prüfung auf Nahrungseignung mit Hilfe besonderer (Chemo-[?])Rezeptoren erfolgen, die vielleicht im basalen Abschnitt der Reusenstäbe lokalisiert sind.

5. Bei Umstellung auf Bakteriennahrung ändert *Ch. cucullulus* auch den Modus der Nahrungsaufnahme: größere Nahrungsobjekte werden in üblicher Weise durch „Verschlingen" verzehrt, Bakterien werden dagegen eingestrudelt.

6. Durch fluoreszenzoptische Untersuchungen wird der Nachweis erbracht, daß *Ch. cucullulus* lebende Bakterien aufnimmt.

7. Es wird ein Fall von kurzfristiger Verdauungsresistenz einer *Polytoma*-Art in den Nahrungsvakuolen von *Paramecium trichium* beschrieben und eine Beobachtung über Kannibalismus bei *Lembadion lucens* mitgeteilt.

8. Der Einfluß der festgestellten Ernährungsbeziehungen auf die Ziliatenzönose der Donaulitoralzone wird in Verbindung mit der bisher vorliegenden Literatur diskutiert.

VII. Literatur

1. Bahr, H.: „Untersuchungen über die Rolle der Ciliaten als Bakterienvernichter im Rahmen der biologischen Abwasserreinigung." Z. f. Hyg., Vol. 139: 160—181, 1954.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

2. Bick, H.: „Beiträge zur Ökologie einiger Ciliaten des Saprobiensystems." Vom Wasser, Vol. 24: 224—246, 1957.

3. Bick, H.: „Ökologische Untersuchungen an Ciliaten fallaubreicher Kleingewässer." Arch. Hydrobiol., Vol. 54: 506—542, 1958.

4. Bick, H.: „Ökologische Untersuchungen an Ciliaten und anderen Organismen aus verunreinigten Gewässern." Arch. Hydrobiol., Vol. 56: 378—394, 1960.

5. Bogen, H. J. und Elste, U.: „Zur Physiologie der Acridinorange-Wirkung." Planta, Vol. 45: 325—376, 1955.

6. Bozler, E.: „Über die Morphologie der Ernährungsorganelle und die Physiologie der Nahrungsaufnahme bei *Paramecium caudatum* Ehrb." Arch. Protistenk., Vol. 49: 163, 1924.

7. Bragg, A. N.: „The Initial Movements of the Food Vacuole of *Paramecium trichium* Stokes." Arch. Protistenk., Vol. 85: 421—425, 1935.

8. Chatton, E. und Chatton, M.: „Obtention de la culture abacterienne de *Glaucoma scintillans* et de la conjugaison experimentale dans cette culture." C. R. Acad. Sci. Paris, Vol. 214: 849, 1942.

9. Cheissin, E. M. und Mosevich, T. N.: „An electron microscope study of *Colpidium colpoda* (Ciliata, Holotricha)." Arch. Protistenk., Vol. 106: 181—200, 1962.

10. Claff, C., Lloyd, C., Dewey, V. C. und Kidder, G. W.: „Feeding mechanisms and nutrition in the three species of *Bresslaua*." Biol. Bull., Vol. 81: 221—234, 1941.

11. Dingfelder, J. H.: „Die Ciliaten vorübergehender Gewässer." Arch. Protistenk., Vol. 105: 509—558, 1962.

12. Doflein, F. und Reichenow, E.: „Lehrbuch der Protozoenkunde." 6. Auflage, Jena, 1949—1953.

13. Dunihue, F. W.: „The vacuome and the neutral red reaction *Paramecium caudatum*." Arch. Protistenk., Vol. 75: 476—497, 1931.

14. Falkner, H.: „Der Nahrungserwerb von *Coleps hirtus*." Diss. Univ. Wien, 1951.

15. Furgason, W. H.: „The significant cytostomal pattern of the „*Glaucoma-Colpidium* group" and a proposed new genus and species *Tetrahymena geleii*." Arch. Protistenk., Vol. 94: 224—266, 1940.

16. Gabler, F.: „Positiver oder negativer Phasenkontrast?" Mikroskopie, Vol. 10: 119—124, 1955.

17. Gellért, J. und Tamás, G.: „Ökologische Untersuchungen an Diatomeen und Ciliaten der Detritus-Drifte am Ostufer der Halbinsel Tihany" (ungar. mit dtsch. Zs.). Ann. Inst. Biol. (Tihany) Hung. Acad. Sci., Vol. 25: 217—240, 1958.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

18. Gersch, M.: „Untersuchungen über vitale Kern- und Plasmafärbungen bei *Paramecium.*" Verh. Dtsch. Zool. Ges. 1936: 268—274.

19. Giese, A. und Alden, R. H.: „Cannibalism and giant formation *Stylonychia.*" J. exp. Zool., Vol. 78: 117, 1938.

20. Grell, K. G.: „Protozoologie." Berlin-Göttingen-Heidelberg. 1956, p. 178 ff.

21. Grittner, J.: „Zur Nahrungsauswahl der Infusorien, untersucht an *Paramecium caudatum* Ehrb. und an *Stentor coeruleus* Ehrb." Biol. Zentralbl., Vol. 70: 128—151, 1951.

22. Hamburger, C.: „Beiträge zur Kenntnis von *Trachelius ovum.*" Arch. Protistenk., Vol. 2: 445—474, 1903.

23. Hartmann, M.: „Praktikum der Protozoologie." 5. Auflg., Jena, 1928.

24. Johnson, D. F.: „Isolation of *Glaucoma ficaria* Kahl in bacteria-free cultures and growth in relation to pH of the medium." Arch. Protistenk., Vol. 86: 263, 1936.

25. Kahl, A.: „Wimpertiere oder Ciliata (Infusoria)." In Dahl „Die Tierwelt Deutschlands", 30. Teil, Jena 1930—1935.

26. Kaltenbach, A.: „Untersuchungen zur Kenntnis der Zytologie von *Trypanosoma evansi* Steel." Österr. Zool., Z., Vol. 4: 449—459, 1953.

27. Kaltenbach, A.: „Untersuchungen über die Resistenzbildung eines Stammes von *Trypanosoma equiperdum* gegenüber Stilbamidin." Wr. Tierärztl. Monatsschr., Vol. 46: 639—650, 1959.

28. Kaltenbach, A.: „Ökologische Untersuchung Donauciliaten." Wasser und Abwasser, Vol. 1960: 151—174, 1961.

29. Kidder, G. W und Mitarbeiter: „The biochemistry of ciliates in pure culture." In: Luoff: „Biochemistry and Physiology of Protozoa." p. 323 ff. Academic Press N. Y. 1951.

30. Knorr, M. und Mitarbeiter: „Beobachtungen über das Versagen der biologischen Sperre bei der Entkeimung des versinkenden Wassers." Arch. Hyg. u. Bakt., Vol. 140: 130, 1956.

31. Krüger, F. und Wohlfarth—Bottermann, K. E.: „Elektronen-optische Beobachtungen an Ciliatenorganellen." Mikroskopie, Vol. 7: 121—130, 1952.

32. Losina-Losinsky, L. K.: „Zur Ernährungsphysiologie der Infusorien: Untersuchungen über die Nahrungswahl und Vermehrung bei *Paramecium caudatum.*" Arch. Protistenk., Vol. 74: 18, 1931.

33. Mast, S. O.: „The food-vacuole in *Paramecium.*" Biol. Bull. Mar. Biol. Lab., Vol. 92: 31, 1947.

34. Oehler, R.: „Gereinigte Zucht von freilebenden Amöben, Flagellaten und Ciliaten." Arch. Protistenk., Vol. 49: 287, 1924.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

35. Potts, B. P.: „Electron Microscope Observations on Trichocysts." Biochim. Biophys. Acta, Vol. 16: 464—470, 1955.

36. Prowazek, S.: „Beitrag zur Kenntnis der Regeneration und Biologie der Protozoen." Arch. Protistenk., Vol. 3: 45—60, 1903.

37. Prowazek, S.: „Zur Lebensgeschichte der *Glaucoma*." Zool. Anz., Vol. 33: 277—279, 1908.

38. Reuter, J.: „Einige faunistische und ökologische Beobachtungen über Felsentümpel-Ziliaten." Acta Zool. Fenn., Vol. 99: 1—42, 1961.

39. Rosenbaum, R. M. und Wittner, M.: „The activity of intracytoplasmatic encymes associated with feeding and digestion in *Paramecium caudatum*. — The possible relationship of neutral red granules." Arch. Protistenk., Vol. 106: 223—240, 1962.

40. Schmidt, W. J.: „Über die Doppelbrechung der Trichocysten von *Paramecium*." Arch. Protistenk., Vol. 92: 527—536, 1939.

41. Schönfeld, C.: „Über das parasitische Verhalten einer *Astasia*-Art in *Stentor caeruleus*." Arch. Protistenk., Vol. 104: 261—264, 1959.

42. Schümmelfelder, N.: „Fluoreszenzmikroskopische Histochemie und Farbphotographie." Phot. und Wiss., Vol. 6: 19—24, 1957.

43. Schulze, E.: „Morphologische, cytologische und ökologisch-physiologische Untersuchungen an Faulschlammciliaten (*Metopus sigmoides* Clap. et Lachm. und Metopus contortus Lev.)." Arch. Protistenk., Vol. 103: 371 bis 426, 1959.

44. Šrámek-Hušek, R.: „Neue und wenig bekannte Ciliaten aus der Tschechoslowakei und ihre Stellung im Saprobiensystem." Arch. Protistenk., Vol. 100: 246—267, 1954.

45. Stiller, J.: „Die limnologischen Verhältnisse des Naturschutzgebietes von Bátorliget in Ungarn nebst Beschreibung einiger neuer Peritrichen-Arten (Ciliata, Protozoa)." Arch. Hydrobiol., Vol. 56: 186—260, 1960.

46. Strugger, S.: „Die fluoreszenzmikroskopische Unterscheidung lebender und toter Zellen mit Hilfe der Acridinorange-Färbung." Dtsch. Tierärztl. Wschr., Vol. 49: 525—527, 1941.

47. Strugger, S.: „Neues über die Fluoreszenzfärbung toter und lebender Bakterien." Dtsch. Tierärztl. Wschr., Vol. 50: 51—53, 1942.

48. Struhal, H.: „Beiträge zur Erforschung der Lebensgemeinschaft in der *Sphaerotilus*zotte." Diss. Univ. Wien 1954, 164 p.

49. Tamás, G. und Gellért, J.: „Über Diatomeen und Ciliaten aus dem Aufwuchs der Ufersteine am Ostufer der Halbinsel Tihany" (ungar., mit dtsch. Zs.). Ann. Inst. Biol. (Tihany) Hung. Acad. Sci., Vol. XXV 241—250, 1958.

50. Torres de Castro, F. und Conceiro, A.: „Studies on Vital Staining of Protozoa." Expt. Cell Res., Vol. 8: 245—247, 1955.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

51. Vonwiller, P.: „Vitalfärbung." In Péterfi, T.: „Methodik der wissenschaftlichen Mikroskopie." Vol. 1: 475—487, 1928.

52. Weninger, G.: „Biozönotische Studien an verschiedenen Tropfkörpern in der Umgebung Wiens (mit besonderer Berücksichtigung des Jahreszyklus der Mikrofauna)." Diss. Univ. Wien 1963.

53. Wetzel, A.: „Protozoa." In Kästner: „Lehrbuch der speziellen Zoologie." Teil I. Wirbellose, 1. Halbband. Jena 1960, p. 32 ff.

54. Wilber, Ch. G. und Slane, G. M.: „Wirkung von UV-Strahlung auf Amöbenplasma." Trans. Amer. Microsc. Soc., Vol. 70: 265—271, 1951. Ref. in: Mikrokosmos, Vol. 41: 217, 1951/52.

55. Wittekind, D.: „Über die derzeitige Bedeutung der Vitalfärbung, speziell der Vitalfluorchromierung in der Cytologie und über Möglichkeiten ihrer weiteren Anwendung, insbesondere in Kombination mit anderen Methoden." Mikroskopie, Vol. 14: 9—25, 1959.

56. Wohlfarth-Bottermann, K. E.: „Experimentelle und elektronenoptische Untersuchungen zur Funktion der Trichocysten von *Paramecium caudatum*." Arch. Protistenk., Vol. 98: 169—226, 1953.

Abbildungslegenden

Abb. 1. *Amphileptus procerus* Pen.

Abb. 2. *Amphileptus pleurosigma* Stok.

Abb. 3. *Amphileptus fusidens* Kahl. mit frisch aufgenommenem Peritrichenköpfchen.

Abb. 4. Der Vorgang der Nahrungsaufnahme bei *Lionotus cygnus* O. F. Müller.
a) Trichozystenabscheidung bei *Colpidium campylum*.
b) — d) Die einzelnen Phasen der Nahrungsaufnahme von *Lionotus*.

Abb. 5. *Chilodonella cucullulus* (O. F. Müller).
a) Zyste.
b) Vegetative Form.
c) Mit Bakteriennahrung.
d) Mit aufgenommenen *Chaetogaster*-Borsten.
e) und f) Mit Diatomeennahrung.
g) Längsstreckung durch aufgenommene *Synedra ulna*.

Abb. 6. *Paramecium trichium* Stokes.
a) Mit aufgenommenen Polytomen.
b) Freischwimmendes Exemplar von *Polytoma* sp. (*caudatum* Korschikoff?)
c) Mit gewöhnlicher Bakteriennahrung.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

d) Schraubenförm. Bakterie, die in Rohkulturen von *P. trichium* massenhaft verzehrt wurde.

Abb. 7. *Frontonia acuminata* Ehrb.
a) Mit Diatomeennahrung.
b) Mit Bakteriennahrung.

Anschrift des Verfassers: Dr. Alfred Kaltenbach, Wien XII, Strohberggasse 16/6.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1962

Band/Volume: 1962

Autor(en)/Author(s): Kaltenbach Alfred

Artikel/Article: Nahrungsauswahl und Nahrungsaufnahme holotricher Ziliaten der Donaulitoralzone und im Myriophyllum- Aufwuchs des Donaualtwassers Gänsehäufel 157-185