

Extremophile

Mikroorganismen in ausgefallenen
Lebensräumen

Herausgegeben von
Klaus Hausmann, Bruno P. Kremer

© VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim (Bundesrepublik Deutschland), 1994

Vertrieb:

VCH, Postfach 10 11 61, D-69451 Weinheim (Bundesrepublik Deutschland)

Schweiz: VCH, Postfach, CH-4020 Basel (Schweiz)

United Kingdom und Irland: VCH (UK) Ltd., 8 Wellington Court, Cambridge CB1 1HZ (England)

USA und Canada: VCH, 220 East 23rd Street, New York, NY 10010-4606 (USA)

Japan: VCH, Eikow Building, 10-9 Hongo 1-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

ISBN 3-527-30026-0



Weinheim · New York · Basel · Cambridge · Tokyo

10 Die Ciliaten der astatischen Gewässer und des Bodens

Wilhelm Foissner

Universität Salzburg, Zoologisches Institut

Die Ciliatenfaunen der Pfützen und Böden werden gemeinsam abgehandelt, da sie manche Übereinstimmungen zeigen und das abiotische Faktorengefüge der astatischen Gewässer wegen des engen Oberflächen-Volumenverhältnisses stark vom Untergrund (Boden) geprägt wird. Auch sind viele Bodenprotozoen vielleicht aus Pfützenbewohnern entstanden (Abbildung 10.1). Die Ansichten darüber sind allerdings geteilt, da die Leitarten der Pfützen und Böden verschieden sind [2].

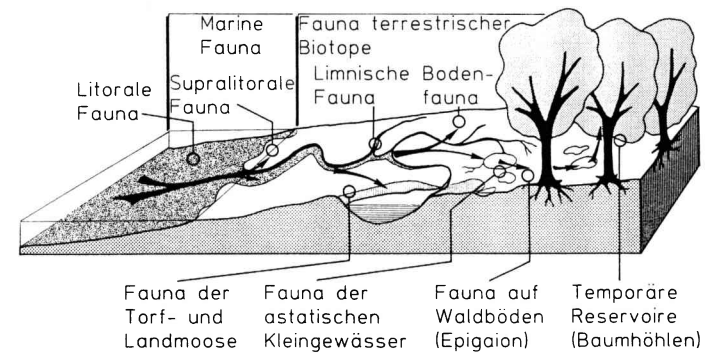


Abb. 10.1. Viele Protozoen sind vielleicht aus temporären Gewässern in den Boden eingewandert. Nach [8] aus [2].

10.1 Astatische Gewässer

Astatisch sind die nicht dauerhaft wasserführenden stehenden und fließenden Gewässer. Häufig werden sie auch „ephemer“, „aperiodisch“ oder „vorübergehend“ genannt. Da viele dieser Wasseransammlungen jedoch nicht ephemer, das heißt auf einen Tag beschränkt sind, ist der allgemeinere Terminus „astatisch“ vorzuziehen. Er grenzt sie klar von den perennen, dauernd wasserführenden Gewässer ab.

Jeder kennt sie, diese astatischen Gewässer – und sei es auch nur davon, daß wir wohl alle schon einmal ungewollt in eine Regenwasserpfütze getreten sind. Wegpfützen sind denn auch die astatischen Gewässer schlechthin (Abbildung 10.2). Schon weniger bekannt ist, daß so mancher schöne Tümpel oder See von Zeit zu Zeit ebenfalls austrocknet und daher auch zu den astatischen Gewässern zählt. Daß auch jeder der Myriaden Tautropfen, die sich in kühlen Sommernächten bilden, und fast jede Bodenpore ein astatisches Gewässer ist, weiß meist nur der Spezialist. Zahlreiche Versuche liegen vor, diese Vielfalt zu klassifizieren. Ein allgemein anerkanntes System hat sich daraus aber noch nicht entwickelt. Bewährt hat sich die Kennzeichnung nach dem momentanen Stoffhaushalt und besonderen Kennzeichen,



Abb. 10.2. Ein Auwaldweg mit schönen, fallaubreichen Wegpfützen (Aufnahme: H. Blatterer).

zum Beispiel „eutropher, astatischer Weidetümpel“ für von Haustieren verunreinigte Gewässer auf Wiesen und Weiden.

Eine auch nur annähernd vollständige Darstellung der Biozönosen astatischer Gewässer ist im Rahmen dieser kurzen Übersicht nicht möglich. Ich schränke das Thema daher auf die stagnierenden astatischen Gewässer und die darin lebenden Ciliaten ein und werde versuchen, einige allgemeine Gesichtspunkte an Hand charakteristischer Beispiele herauszuarbeiten.

Die morphologischen und physiologischen Anpassungen der Einzeller von astatischen Gewässern sind eng korreliert mit deren physikalischem und chemischem Zustand, der meist extremer ist, also eine größere Tages- und Jahresamplitude aufweist als in perennen Gewässern.

10.2 Überlebensstrategie: rasche Vermehrung und Dauerstadien

Der wichtigste und namensgebende ökologische Faktor im Extrembiotop astatisches Gewässer ist die aperiodische und/oder sehr kurzfristige Wasserführung. Organismen, die hier siedeln und überleben wollen, müssen vor allem eine kurze Generationszeit und die Fähigkeit haben, wasserlose Perioden unbeschadet zu überbrücken [1]. Die meisten Einzeller erfüllen beide Bedingungen in geradezu idealer Weise: Ihre Generationszeit ist meist kürzer als zehn Stunden, und ungünstige äußere Bedingungen können in Cysten überbrückt werden. Bei der Bildung dieser Schutz- und/oder Ruhecysten kugelt sich die Zelle ab und umgibt sich mit einer dicken, mehrschichtigen Hülle, die gegen verschiedene chemische und physikalische Noxen sehr widerstandsfähig ist (Abbildung 10.3a). Die Cysten ertragen nicht nur die Austrocknung des Biotops, sondern beispielsweise auch Temperaturen von +80 °C und –150 °C. Manche der in astatischen Gewässern lebenden Ciliaten schlüpfen überhaupt nur aus Cysten, die zuvor angetrocknet waren; andere encystieren sich nach wenigen Generationen, auch wenn noch genügend Wasser vorhanden ist [1, 3].

Daß in der Natur nichts ungenutzt bleibt, demonstriert *Colpoda cucullus*, ein ungemein häufiger und weltweit verbreiteter Ciliat, der sich regelmäßig in Heuaufgüssen findet. Wie kommt er ins Heu und warum ist er dort so häufig? Diesen Fragen ist das Forscherehepaar Müller nachgegangen [6]. Sie stellten fest, daß *C. cucullus* nicht nur im Heu, sondern auch auf den frischen, grünen Pflanzen vorkommt. Genauere Untersuchungen zeigten

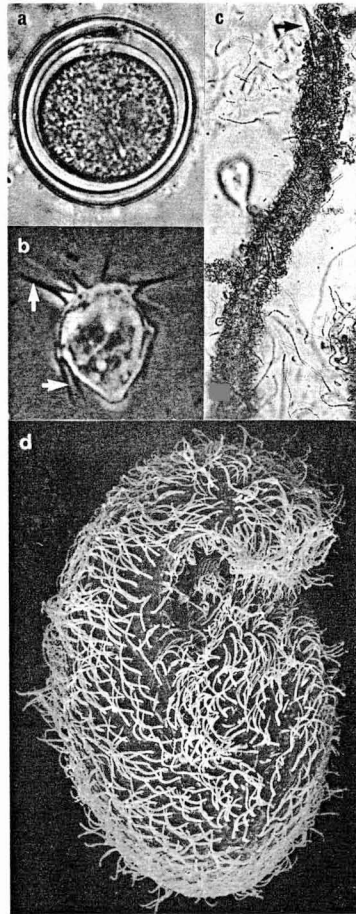


Abb. 10.3. (a) Die Schutz- und Ruhecyste von *Colpoda cucullus* besitzt eine dicke, mehrschichtige Wand. Durchmesser 45 μm . (b) Der planktische peritriche Ciliat *Hastatella radians* hat einen apikalen und äquatorialen Kranz von Schwebedornen (Pfeile). Länge 50 μm . (c) Der hypotriche Ciliat *Stichotricha aculeata* lebt in einer Schleimröhre, aus der sein Vorderende herausragt (Pfeil). Länge des Ciliaten etwa 100 μm . (d) *Colpoda cavicola* lebt nur in Baumhöhlen. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme; Länge etwa 100 μm .

dann, daß die Zellen während der Nacht (und/oder bei Regen) in den Taupfropfen aus den Cysten schlüpfen, die sich im Tau entwickelnden Bakterien fressen und sich kurz vor der Verdunstung des Tropfens teilen und wieder encystieren.

Sehr charakteristisch ist das gehäufte Vorkommen von gehäusebauenden Ciliaten in astatischen Gewässern (Abbildung 10.3c). Die Gehäuse bestehen aus schleimigem Material und bieten bei rascher Austrocknung der Pfützen vielleicht so lange Schutz, bis die Encystierung abgeschlossen ist. Obwohl viele astatische Gewässer nur wenige Zentimeter tief sind, haben sie eine benthische und planktische Lebensgemeinschaft. Der seltene peritriche Ciliat *Hastatella radians* findet sich zum Beispiel in eutrophen Wegpfützen,

wo er mit seinen zwei sonderbaren Dornenkranzen im Wasser schwebt (Abbildung 10.3b).

Kurze Generationszeit, große Toleranz gegenüber Milieuveränderungen, geringe Konkurrenzfähigkeit und eher kleine Körperdimensionen kennzeichnen viele der in astatischen Gewässern vorkommenden Ein- und Vielzeller. Diese Eigenschaften umschreibt man mit dem Begriff „r-selektionierte Überlebensstrategie“ („r“ für „reproduction“). Besonders wichtig ist die rasche Reproduktion, da nur so die kurze Zeitspanne, in der die Pfütze Wasser führt, optimal genutzt werden kann. Deshalb findet man schon einige Stunden nach einem Regen viele Einzeller. Nach wenigen Tagen erreichen sie in nährstoffreichen Pfützen hohe Individuenzahlen, da der Konkurrenzdruck gering ist, denn die filtrierenden Krebse, ihre Hauptfeinde, brauchen länger zur Entwicklung oder fehlen in den kleinen Pfützen überhaupt.

10.2.1 *Colpoda cavicola* – ein Baumhöhlenspezialist

Auch die meisten Baumhöhlen sind nach starkem Regen mit Wasser gefüllt. Trocken oder naß – sie sind ein beliebter Biotop für viele Tiere. Nimmt es wunder, daß man auch einen darauf spezialisierten Ciliaten entdeckt hat (Abbildung 10.3d)? Bemerkenswerterweise besiedelt er nur bestimmte Baumarten (Platanen werden bevorzugt) und meist nur Höhlen lebender Bäume. Man vermutet daher, daß *Colpoda cavicola* bestimmte Substanzen benötigt, die nur von vitalen Bäumen abgegeben werden [3].

10.2.2 Anomalien im abiotischen Faktorengefüge

Die astatischen Gewässer sind nicht nur hinsichtlich ihres Wasserhaushaltes sondern auch in vielen anderen biotischen Faktoren extrem. So wird beispielsweise das thermische Seenjahr häufig an einem einzigen Tag durchlaufen. Aber auch extreme Konstanz kann vorkommen, wie die im folgenden beschriebene pH-Anomalie in astatischen Hochgebirgstümpeln zeigen soll.

Bei den rund 100 Kleingewässern, die ich in den Zentralalpen untersuchte, lag der pH-Wert im sauren Bereich (pH 4,7 bis 6,4). Viele dieser Tümpel waren durch die Beweidung stark eutrophiert und zeigten eine sehr starke Algenentwicklung [5]. Dennoch änderte sich der pH-Wert auch an sonnigen Tagen kaum (pH 4,9 bis 5,1). Diese Stabilität war erstaunlich, da

wegen des sehr weichen Wassers (Gesamthärte weniger als 0,5 mmol/l) ein starker Anstieg bis pH 10 infolge der Phytoplanktonassimilation zu erwarten gewesen wäre (Verbrauch des freien CO_2 führt zur Ausfällung des CaCO_3 und zur Verschiebung der Reaktion nach der alkalischen Seite). Ein sehr effektives Puffersystem verhinderte offensichtlich jede größere Schwankung. Der folgende einfache Versuch beweist, daß dieses Puffersystem die saure, modrige Humusaufgabe des Bodens ist: 3 g Oberboden mit pH 5,8 wurden zu 50 ml NaOH-Lösung mit pH 9,1 gegeben und der pH-Wert innerhalb einer bestimmten Zeitspanne registriert. Nach 50 s war der pH-Wert auf 8,6, nach 150 s auf 7,2 und nach 540 s bereits auf 6,5 gesunken, zeigte also die für das Untersuchungsgebiet typische saure Reaktion. Dieses Experiment demonstriert eindrucksvoll, daß abiotische Faktoren und gleichzeitig damit auch die Biozönosen der astatischen Gewässer maßgeblich von den Bodenverhältnissen geprägt werden.

10.3 Lebensraum Boden

Boden ist ein komplexes Gemenge aus anorganischen und organischen Komponenten, nämlich aus der oberen Schicht der Lithosphäre und den Resten der in und auf dem Boden lebenden Organismen. Die Bodenlebewesen haben wesentlichen Anteil daran, daß der Boden kein kompakter Körper, sondern eine von zahllosen kleinen und kleinsten Hohlräumen durchsetzte, krümelige Masse ist. Für die im Boden lebenden Organismen, das Edaphon, ist vor allem die organische Komponente wichtig. Sie wird landläufig als Humus bezeichnet. Der Bodenzöologe muß genauer unterscheiden, nämlich zwischen Mull, Rohhumus, Moder, Nährhumus und Dauerhumus [7]. Mull ist die günstige Humusform nährstoffreicher, biotisch aktiver Böden. Anfallende leicht abbaubare Vegetationsrückstände werden rasch zersetzt, humifiziert und von der Bodenfauna oder durch Bodenbearbeitung mit dem Mineralkörper vermischt. Rohhumus ist die ungünstige Humusform nährstoffarmer, biotisch inaktiver Böden. Schwierig umsetzbare Vegetationsrückstände, wie die Nadeln der Nadelbäume, bilden einen Auflagehumus über dem Mineralboden. Der Moder nimmt eine Zwischenstellung zwischen Mull und Rohhumus ein. Als Nährhumus bezeichnet man mikrobiell leicht umsetzbare, noch nicht mineralisierte Stoffe, wie Streu, Mist, abgestorbene Wurzeln. Der Nährhumus ist das Futter der Bodenlebewesen. Der Jahrzehnte alte Dauerhumus (Huminstoffe = Fulvosäuren, Huminsäuren, Humine) ist mikrobiell schwer umsetzbar und für die Bodentiere nur langfristig von Bedeutung.

Böden zeigen meist eine starke horizontale und vertikale Differenzierung und sind daher noch vielfältiger als die astatischen Gewässer. Hunderte Typen werden nach geographischen, chemisch-physikalischen, genetischen und biologischen Gesichtspunkten unterschieden. Sie alle werden von mehr oder minder klar abgegrenzten Organismengemeinschaften besiedelt. Die meisten dieser Gemeinschaften, besonders aber die Protozoen, sind noch ungenügend erforscht. Dennoch gibt es eine Fülle von Daten, aus der hier jene ausgewählt wurden, die einige wichtige ökologische Prinzipien exemplarisch demonstrieren.

Die morphologischen und physiologischen Anpassungen der Boden-Ciliaten sind nach den bisher vorliegenden Daten geprägt vom begrenzten Lebensraum (der Enge in den Bodenporen), dem besonderen Nahrungsangebot (viele Pilze) und der wechselnden Bodenfeuchte (die meisten Böden trocknen von Zeit zu Zeit fast oder ganz aus).

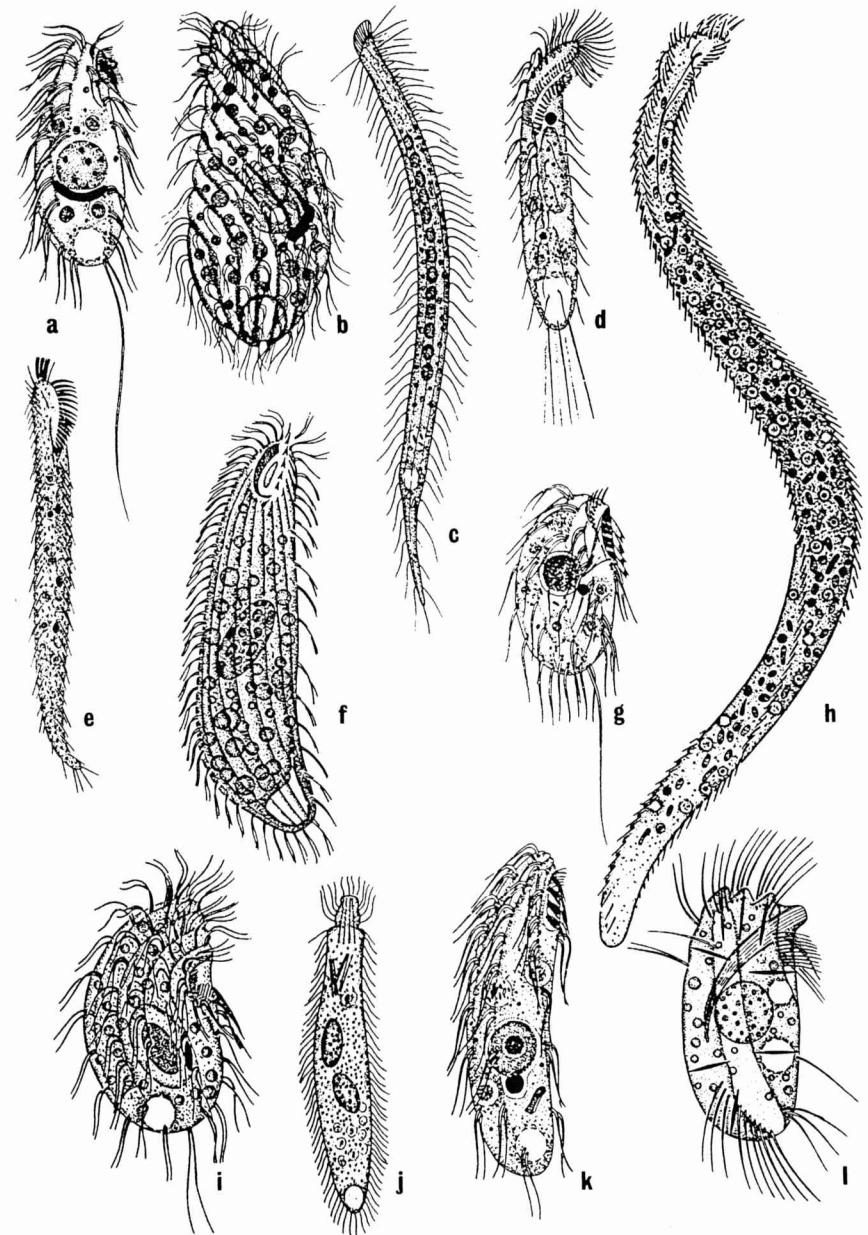
Von den etwa 8000 bekannten Ciliaten-Arten leben ungefähr 400 im Boden. Tatsächlich sind es aber mehr, da ständig neue entdeckt werden. Die alte Auffassung, daß im Boden die gleichen Arten wie im Süßwasser vorkommen, gilt als überholt [2]. Die Untersuchungen der letzten 15 Jahre haben nämlich gezeigt, daß mehr als die Hälfte der genauer studierten Arten autochthon ist, das heißt nur oder doch bevorzugt in terrestrischen Biotopen (= terricol) lebt. Ein besonders charakteristischer Bestandteil der terricolen Ciliatenfauna sind die obligat mycophagen (pilzfressenden) Arten, die das reichliche Angebot an Bodenpilzen abschöpfen. Obwohl sie kosmopolitisch verbreitet und sehr häufig sind, wurden sie erst im Jahr 1980 entdeckt [3]; frühere Untersucher verwechselten sie offensichtlich mit limnischen Arten aus anderen Ordnungen.

Neuere Untersuchungen belegen, daß größere Mengen aktiver Ciliaten nur in Rohböden, besonders in frischer Streu vorkommen, weshalb die Ciliaten Pioniere bei der Bodenbildung sind. Die Vertikalverteilung zeigt daher einen scharfen Knick: die Abundanz sinkt in der Fermentations-schicht (= eigentliche Zersetzungszone, 3–9 cm) fast übergangslos auf Null. Diese Erscheinung wird Ciliatostasis genannt [2]. Man vermutet, daß sich in entwickelten (älteren) Böden Hemmstoffe anreichern, die die Excystierung und Reproduktion der Ciliaten behindern, so wie es auch für Pilze beschrieben worden ist (Fungistasis). Diese Hemmung kann durch bestimmte Kunstgriffe weitgehend beseitigt werden, zum Beispiel indem man den Boden trocknet. Nach Wiederbefeuchtung kommt es, zumindest im Labor, zu einem explosionsartigen Auftreten und zu einer starken Vermehrung der Ciliaten, da viele jahrelang encystiert gewesene Zellen excystieren (siehe die ersten vier Biotope).

10.3.1 Leben im Labyrinth

Rund 30 bis 50 % des Bodens sind mit Wasser und/oder Luft gefüllte Hohlräume (Poren), in denen die Bodenorganismen leben können [7]. Je kleiner die Poren sind, desto stärker halten sie das für die Lebewesen so wichtige Wasser. In diesem engen und meist lichtlosen Labyrinth ist es daher vorteilhaft, klein und/oder schlank zu sein. Tatsächlich sind Länge, Breite und Biomasse der Boden-Ciliaten im Durchschnitt um eine Potenz geringer als bei den limnischen Ciliaten [2]. Die Verkleinerung wird erreicht entweder durch eine generelle Verringerung der Dimensionen (Abbildung 10.4a, g, i–l) oder durch die Verringerung der Körperbreite, woraus sich die oft wurmförmige Gestalt der Boden-Ciliaten erklärt (Abbildung 10.4c, e, h). Viele Arten sind deutlich abgeflacht und nur auf einer Seite stärker bewimpert, so daß sie in den Wasserfilmen gleiten können, welche die Bodenporen und Bodenkrümel überziehen, wenn der Boden austrocknet (Abbildung 10.4g, k, l). Die meisten Boden-Ciliaten sind vagil. Die im limnischen Lebensraum so verbreiteten sessilen Suktorien (Sauginfusorien) und Peritrichen (Glockentierchen) fehlen fast ganz. Die Fähigkeit zur Ortsbewegung ist notwendig, da sich die Nahrung in den engen Bodenporen schnell erschöpft.

Abb. 10.4. Boden-Ciliaten sind entweder sehr klein und/oder wurmförmig, damit sie die engen und vergleichsweise lange mit Wasser gefüllten Bodenporen optimal nutzen können. (a) *Pseudoplatyophrya nana*, ein etwa 20 µm langer, colpodider Ciliat ernährt sich nur von Pilzen (vergleiche Abbildungen 10.5a und b). (b) *Grossglockneria acuta* ist ein etwa 50 µm langer, colpodider Ciliat, das sich ebenfalls nur von Pilzen ernährt. (c) Der etwa 130 µm lange Einzeller *Protospathidium bonneti* ist ein räuberischer, holotricher Ciliat. (d) *Metopus hasei* ist ein etwa 90 µm langer, spirotricher (polyhymenophorer) Ciliat, der Sauerstoffmangel im Boden anzeigt. (e) *Engelmanniella mobilis* ist ein etwa 220 µm langer, hypotricher (polyhymenophorer) Ciliat, der Bakterien frißt. (f) *Woodruffia australis* (Länge 90 µm) hat eine bumerangförmige Gestalt und lebt in stark versalzten Böden Australiens. (g) *Microdiaphanosoma arcuata* ist ein sehr kleiner (20 µm) colpodider Ciliat, der sich von Bakterien ernährt. (h) *Circinella arenicola* ist ein bis 600 µm langer, hypotricher Ciliat, der in Sanddünen lebt und Bakterien frißt. (i) *Colpoda steinii* (Länge 40 µm) ist ein colpodider Ciliat und einer der häufigsten Boden-Ciliaten. (j) *Phialina binucleata* ist ein etwa 100 µm langer, holotricher Ciliat, der andere Boden-Ciliaten frißt. (k) *Pseudocryptolophosis alpestris* ist ein sehr kleiner (Länge 25 µm) colpodider Ciliat, der Bakterien frißt und auch in antarktischen Böden recht häufig ist. (l) *Stammeridium kahli* ist ein sehr kleiner (20 µm), microthoracider Ciliat, der nur spärlich bewimpert ist.



10.3.2 Schmackhafte Pilze werden nicht verschmäht

Die Mikroflora (Bakterien und Pilze) leistet etwa 90% der Abbauarbeit im Zersettersystem des Bodens. Jedes Gramm Boden enthält viele Millionen Bakterien und bis zu 100 m Pilzmycel. Dieses reiche, aber oft einseitige und schwierig zugängliche Nahrungsangebot wird von vielen Bodentieren genutzt, auch den Protozoen. Viele Ciliaten fressen die Pilze als Ganzes und verdauen sie in den Nahrungsvakuolen (Abbildung 10.5d). Andere hingegen sind obligatorische Pilzfresser geworden und haben ihren trichterförmigen Mund (Abbildung 10.4i) zu einer etwa $2 \times 1 \mu\text{m}$ großen Freßröhre umgebildet, mit der Pilzhypen, Pilzsporen und Hefezellen enzymatisch „angebohrt“ und ausgefressen werden (Abbildung 10.5a–c). Manche dieser obligaten Mycophagen, die eines der schönsten Beispiele dafür sind, wie der Lebensraum und sein Nahrungsangebot die morphologische Evolution steuern, fressen auch Pflanzenparasiten (beispielsweise *Ustilago maydis*, den Erreger des Maisbrandes), was nahelegt, sie zur Bekämpfung von Pilzkrankheiten einzusetzen.

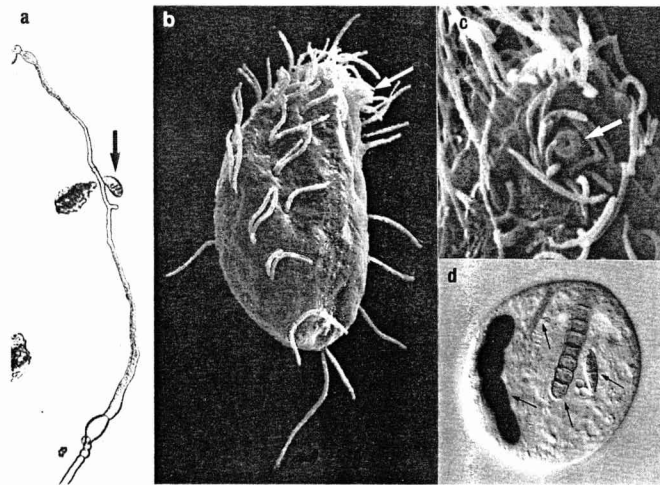


Abb. 10.5. *Pseudoplatyophrya nana* (20 μm) saugend an einem Pilzfaden (a) und im Rasterelektronenmikroskop. Der Pfeil weist auf die kleine Saugröhre, die in (b) und (c) stärker vergrößert dargestellt ist, bei der verwandten Art, *Grossglockneria acuta* (vergleiche Abbildung 10.4b). (d) Viele Boden-Protozoen fressen Pilze. Die Abbildung zeigt *Hausmanniella discoidea*, einen colpodiden Ciliaten, der drei verschiedene Arten von Pilzsporen (Pfeile) gefressen hat.

10.3.3 Auch im Boden: r-Strategie und Dauerstadien

Die meisten Böden sind hinsichtlich des für die Protozoen wichtigsten abiotischen Faktors, des Wassers, ebenso astatisch wie die Kleingewässer. Tatsächlich kann man jede der Bodenporen als winziges Kleingewässer betrachten. Es verwundert daher nicht, daß die Überlebensstrategie in beiden Lebensräumen die gleiche ist; sie wurde bei den Kleingewässern schon kurz besprochen. Böden sind aber vielfältiger und man kann das Ausmaß ihrer Extremität sehr gut mit dem Verhältnis von colpodiden zu polyhymenophoren Ciliaten, dem sogenannten C/P-Quotienten bestimmen. Colpodide Ciliaten (*Colpoda*, Abbildungen 10.5 und 10.6; *Pseudoplatyophrya*, Abbildungen 10.4a, 10.5a, b; *Grossglockneria*, Abbildungen 10.4b und 10.5c; *Microdiaphanosoma*, Abbildung 10.4g; *Woodruffia*, Abbildung 10.4f; *Pseudocryptolophosis*, Abbildung 10.4l) sind mehr r-selektioniert als polyhymenophore Ciliaten (*Engelmanniella*, Abbildung 10.4e; *Metopus*, Abbildung 10.4d; *Circinella*, Abbildungen 10.4h, 10.7), die eher K-selektioniert sind, also vorhersagbare Lebensräume bevorzugen, sich weniger rasch vermehren und Milieuveränderungen weniger tolerieren. Je unvorhersagbarer (extremer) die Milieufaktoren in einem Boden sind, desto mehr dominieren die

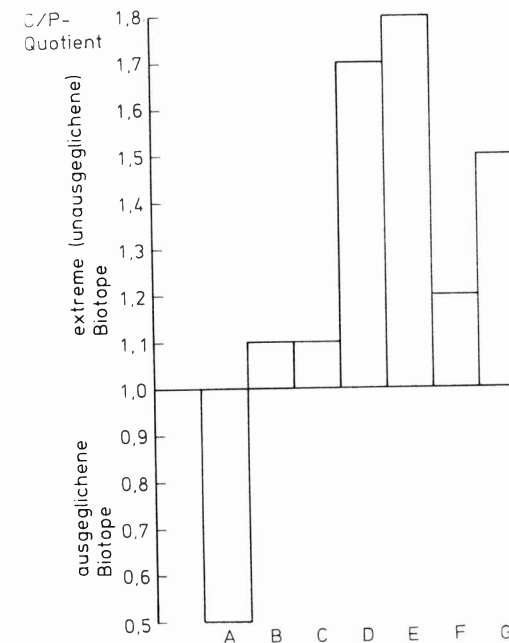


Abb. 10.6. Das Verhältnis colpodider (vorwiegend r-selektionierter)/polyhymenophorer (mehr K-selektionierter) Ciliaten (C/P-Quotient) ist ein empfindlicher Indikator für die „Extremität“ eines Biotops und anthropogen verursachte Veränderungen. A = Auwaldboden bei der Donau in Niederösterreich, B = biologisch bewirtschaftete Fettwiese in Salzburg, C = drei alpine Weiden (Almen) an der Waldgrenze in Gastein (Salzburg), D = sieben wüstenhafte, versalzte Böden in Tunesien, E = sieben Böden in der Antarktis, F = Fichtenwald in Oberösterreich (Kontrolle), G = Fichtenwald in Oberösterreich (gedüngt).

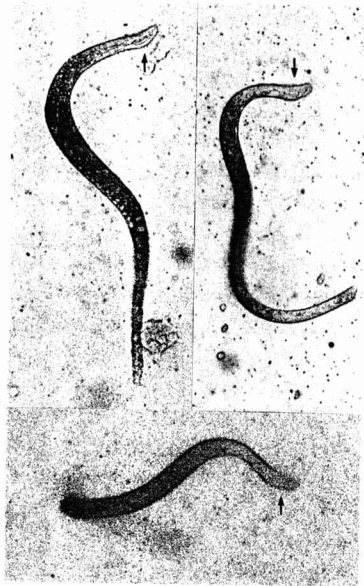


Abb. 10.7. Die bis 600 µm lange *Circinella arenicola* ist mit ihrem wurmförmigen Körper hervorragend an das Leben im Sandlückensystem von Dünen angepaßt. Die Pfeile weisen auf das verbreiterte Vorderende.

colpodiden Ciliaten. Daher beträgt der C/P-Quotient im Boden eines Auwaldes 0,5, in einer Fettwiese 1,1 und in den wüstenhaften Böden der Antarktis oder von Tunesien 1,8 (Abbildung 10.6). Dieser Quotient ist auch ein empfindlicher Indikator für anthropogen verursachte Biotopveränderungen (Abbildung 10.6, Versuchsflächen F, G).

10.3.4 *Circinella arenicola* – eine Dünenbewohnerin

Die Protozoen in Dünen und Wüstenböden sind noch fast gar nicht erforscht. Sicher leben in diesen durch Hitze, Wassermangel und Humusarmut geprägten Extremböden viele sonderbare Arten mit speziellen morphologischen und physiologischen Anpassungen. Eine davon ist *Circinella arenicola*, die vor kurzem in den Coral Pink Sand Dunes von Utah (USA) entdeckt wurde [4]. Es ist ein etwa 400 µm langer, aber nur 20 µm breiter hypotricher Ciliat, der eine Merkmalskombination besitzt, die man bisher nur von einigen marinen Sand-Ciliaten kannte, nämlich eine wurmförmige Gestalt und eine Verbreiterung des Vorderendes (Abbildungen 10.4h, 10.7). Es ist ohne weiteres einsichtig, daß ein wurmförmiger Körper im

Sandlückensystem Vorteile hat. Der Wert der kopfartigen Absetzung des Vorderendes ist dagegen noch unbekannt.

Die Entdeckung von *Circinella arenicola* zeigte, daß beide Merkmale, die wurmförmige Gestalt und die Verbreiterung des Vorderendes, durch die Struktureigenheiten des Sandes verursacht sind und nicht durch ein marines Milieu.

10.3.5 *Woodruffia australis* – eine Salzbodenbewohnerin

In Salzböden leben nach den spärlichen Literaturdaten und eigenen, weitgehend unveröffentlichten Untersuchungen viele besondere, noch nicht beschriebene Protozoenarten. Eine davon ist *Woodruffia australis*, die an der Küste des Lake Amadeus, eines nur zeitweilig wasserführenden Salzsees im Zentrum von Australien, entdeckt wurde [3]. Es ist ein etwa 100 µm großer, eigenartig geknickter, bumerangförmiger Ciliat (Abbildung 10.4f). Die einzige andere Art der Gattung, *Woodruffia rostrata*, wurde in einem Meerwassergraben von Sylt gefunden.

Die Erforschung der Protozoen der astatischen Gewässer und der Böden hat erst begonnen. Die wenigen Daten, die wir haben, zeigen, daß viele interessante morphologische und physiologische Besonderheiten auf junge, engagierte Forscher warten.

Literatur

- [1] J. H. Dingfelder (1962) Die Ciliaten vorübergehender Gewässer. Arch. Protistenk. **105**, 509–658.
- [2] W. Foissner (1987) Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in ciliates and testaceans, bioindicators, and guide to the literature. Progr. Protistol. **2**, 69–212.
- [3] W. Foissner (1993) Colpodea (Ciliophora). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- [4] W. Foissner (1993) Morphology and morphogenesis of *Circinella arenicola* nov. gen., nov. spec., a cephalized hypotrich (Ciliophora, Hypotrichida) from sand dunes in Utah, USA. Europ. J. Protistol., im Druck.
- [5] W. Foissner, H. Adam (1980) Die Bedeutung der stagnierenden Kleingewässer im alpinen Ökosystem. Jb. Univ. Salzburg, 1977–79, 147–158.

- [6] J. A. Müller, W. P. Müller (1970) *Colpoda cucullus*: a terrestrial aquatic. Am. Midl. Nat. **84**, 1–12.
- [7] D. Schroeder (1978) Bodenkunde in Stichworten. F. Hirt Verlag, Kiel.
- [8] J. D. Stout (1984) The protozoan fauna of a seasonally inundated soil under grassland. Soil Biol. Biochem. **16**, 121–125.

Hydrophobes Ambiente – Rohöl als Mikrobennahrung