

Wilhelm Foissner

# Mikroorganismen in extremen Lebensräumen Die Ciliaten astatischer Gewässer

r-Strategen und Überlebenskünstler

Astatisch sind die nicht dauernd 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, das sind die 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 Regenwassertümpel getreten sind. Wegpfützen sind denn auch die astatischen Gewässer schlechthin (Abbildung 1). 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 einzelne 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, zum Beispiel „eutropher, astatischer Weidetümpel“ für von Haustieren verunreinigte Gewässer auf Wiesen.

Eine auch nur annähernd vollständige Darstellung der Biozöosen 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.

Abb. 1. Ein Auwaldweg mit schönen, falllaubreichen Wegpfützen (Aufnahme: H. Blatterer).



Die morphologischen und physiologischen Anpassungen der Einzeller von astatischen Gewässern sind eng korreliert mit deren physikalischen und chemischen Zustand, der meist extremer ist, das heißt eine größere Tages- und Jahresamplitude aufweist als in perennenen Gewässern.

### Die Überlebensstrategie: rasche Vermehrung und Dauerstadien

Der wichtigste und namengebende ökologische Faktor im Extrembiotop „astatische 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. 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 2). Die Cysten ertragen nicht nur die Austrocknung des Biotops, sondern beispielsweise 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.

Daß in der Natur nichts ungenutzt bleibt, demonstriert *Colpoda cucullus*, ein ungemein häufiges und weltweit verbreitetes Ciliat, das sich regelmäßig in Heuaufgüssen findet. Wie kommt es ins Heu und warum ist es dort so häufig? Diesen Fragen ist das Forscherehepaar MÜLLER (1970) [4] nachgegangen. Sie stellten fest, daß *C. cucullus* nicht nur im Heu, sondern auch auf den frischen, grünen Pflanzen vorkommt. Genauere Untersuchungen zeigten dann, daß die Zellen während der Nacht (und/oder bei Regen) in den Tautropfen 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 4). Die

Gehäuse bestehen aus schleimigem Material und bieten vielleicht bei rascher Austrocknung der Pfützen so lange Schutz, bis die Encystierung abgeschlossen ist. Obwohl viele astatische Gewässer nur wenige Zentimeter tief sind, haben sie eine benthische und planktische Lebensgemeinschaft. Das seltene peritriche Ciliat *Hastatella radians* findet sich zum Beispiel in eutrophen Wegpfützen, wo es mit seinen zwei sonderbaren Dornenkränzen im Wasser schwebt (Abbildung 3).

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; die filtrierenden Krebse, ihre Hauptfeinde, brauchen länger zur Entwicklung oder fehlen in den kleinen Pfützen überhaupt.

### *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 ein darauf spezialisiertes Ciliat entdeckt hat (Abbildung 5)? Bemerkenswerterweise besiedelt es nur bestimmte Baumarten (Platanen werden bevorzugt) und nur Höhlen in lebenden Bäumen. Man vermutet daher, daß *Colpoda cavicola* bestimmte Substanzen benötigt, die nur von vitalen Bäumen abgegeben werden [3].

### Anomalien im abiotischen Faktorengefüge

Die astatischen Gewässer sind nicht nur hinsichtlich ihres Wasserhaushaltes, sondern auch vieler anderer abiotischer 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.

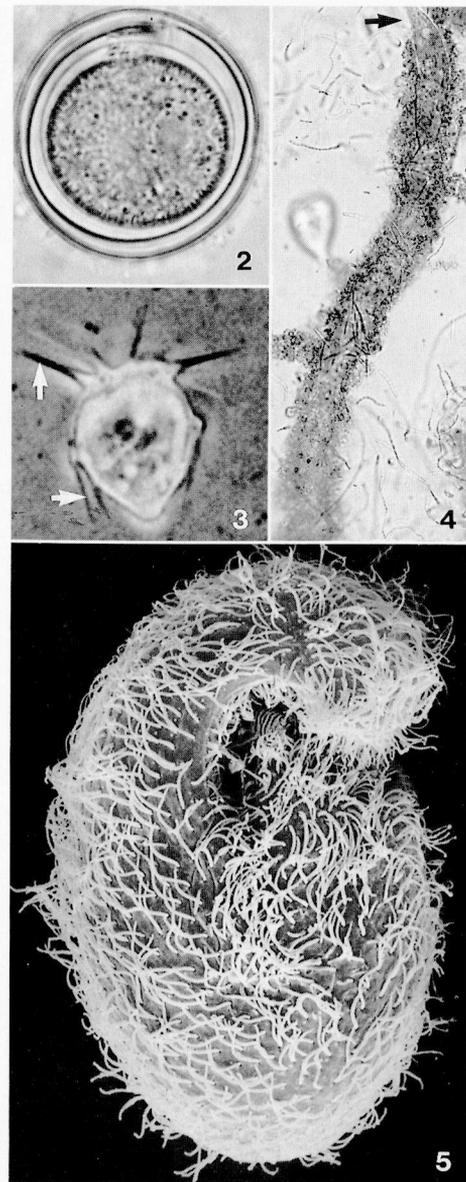


Abb. 2. Die Schutz- und Ruhecyste von *Colpoda cucullus* besitzt eine dicke, mehrschichtige Wandung. Durchmesser 45 µm.

Abb. 3. Das planktische peritriche Ciliat *Hastatella radians* hat einen apikalen und äquatorialen Kranz von Schwebdornen (Pfeile). Länge 50 µm.

Abb. 4. Das hypotriche Ciliat *Stichotricha aculeata* lebt in einer Schleimröhre, aus der sein Vorderende herausragt (Pfeil). Länge des Ciliats etwa 100 µm.

Abb. 5. *Colpoda cavicola* lebt nur in Baumhöhlen. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme; Länge etwa 100 µm.

Bei den rund 100 Kleingewässern, die ich in den Zentralalpen untersuchte, lag der pH-Wert im sauren Bereich (pH 4,7–6,4). Viele dieser Tümpel waren durch die Beweidung stark eutrophiert und zeigten eine sehr starke Algenentwicklung. Dennoch änderte sich der pH-Wert auch an sonnigen Tagen kaum (4,9–5,1). Diese Stabilität war erstaunlich, da wegen des sehr weichen Wassers (Gesamthärte < 0,5 mmol/l) ein starker Anstieg bis pH 10 infolge der Phytoplanktonassimilation zu erwarten gewesen wäre (Verbrauch des freien CO<sub>2</sub> führt zur Ausfällung des CaCO<sub>3</sub> 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 Sekunden war der pH-Wert auf 8,6, nach 150 Sekunden auf 7,2 und nach 540 Sekunden bereits auf 6,5 gesunken, zeigte also die für das Untersuchungsgebiet typische saure Reaktion.

Dieses Experiment demonstriert eindrucksvoll, daß die abiotischen Faktoren und gleichzeitig damit auch die Biozönosen der astatischen Gewässer maßgeblich von den Bodenverhältnissen geprägt werden.

## Literatur

[1] J. H. Dingfelder (1962) Die Ciliaten vorübergehender Gewässer. Arch. Protistenk. 105, 509–658.

[2] W. Foissner, H. Adam (1980) Die Bedeutung der stagnierenden Kleingewässer im alpinen Ökosystem. Jb. Univ. Salzburg, Jahr 1977–79, 147–158.

[3] W. Foissner (1992) Class Colpodea. Gustav Fischer Verlag (im Druck).

[4] J. A. Müller, W. P. Müller (1970) *Colpoda cucullus*: a terrestrial aquatic. Am. Midl. Nat. 84, 1–12.

Anschrift:

Prof. Dr. Wilhelm Foissner, Universität Salzburg, Institut für Zoologie, Hellbrunner Straße 34, A-5020 Salzburg, Österreich.

## Ein Plädoyer für die Tümpel

Wenn auch mancher schöne Weiher schon unter Schutz steht, so setzt sich das Tümpelsterben, besonders das der kleinen und astatischen doch unaufhaltsam fort. Daß schöne Wegpfützen schon selten geworden sind, bemerkt man spätestens dann, wenn man sie sucht – auch die kleinen Feldwege sind bereits asphaltiert. Sicher sind Tümpel keine Überlebensfrage, aber auch sie haben im Haushalt der Natur ihren Platz und sind daher schutzwürdig [2].

- Tümpel sind wichtige Refugien und/oder Biotope für seltene, meist einzellige Tiere und Pflanzen.

- Tümpel steigern den Erholungswert der Landschaft (Abbildung 1). Wie deplaziert wirkt doch ein asphaltierter Feldweg und wie eintönig erscheint eine Kulturlandschaft ohne Kleingewässer!

- Tümpel greifen regulierend in den Wasserhaushalt ein, das heißt sie halten einen Teil des Regenwassers zurück. In Trockenperioden sind sie Zehrgebiete, die den Wurzeln Wasser und den oberirdischen Pflanzenteilen durch die Verdunstung ein günstiges Mikroklima schaffen. In Hitzeperioden dienen sie den Haus- und Wildtieren als Tränke, Suhle und/oder zur Abkühlung.

- Tümpel verhindern, daß im Gebirge die Exkremente der Weidetiere in die Fließgewässer eingespült werden, sie sind sozusagen natürliche Kläranlagen. Wieviel auf diese Weise eliminiert, das heißt biologisch abgebaut wird, ist natürlich sehr von der jeweiligen Morphologie des Geländes abhängig. Aber gerade im gebirgigen Gelände wird durch die zahllosen Mulden (die bei der Skipistenanlage eingeebnet werden!) sicherlich ein Großteil der abbaubaren organischen Stoffe von den Fließgewässern ferngehalten, was für die Erhaltung ihres oligotrophen Zustands entscheidend ist.