

Testate Amöben: Geheimnisvolle Lebewesen dienen der Umweltforschung

Die ökologische Forschung interessiert sich für die Zusammenhänge zwischen der belebten und der unbelebten Natur. Dabei kommt der Untersuchung weit zurückliegender Verhältnisse und Veränderungen grosse Bedeutung zu. Zu diesem Zwecke werden fossile Überreste von Pflanzen und Tieren benötigt. Besonders gut bekannt ist die Erforschung von Jahrringen alter Hölzer oder die Pollenanalyse in Sedimenten. Im Forschungslabor von Edward Mitchell in Neuchâtel wird eine Organismengruppe verwendet, die nur wenige Spezialisten kennen, die Testaten Amöben. Es sind mikroskopisch kleine, fast überall präsente Lebewesen, die wichtige Umweltprozesse abbilden und teilweise auch prägen. Aus der Ökologie und der Evolution dieser wenig bekannten Organismengruppe lassen sich gegenwärtige und vergangene Umweltveränderungen erschliessen.

Edward Mitchell und Otto Wildi

Testate Amöben

Amöben sind einzellige, sehr urtümliche Lebewesen, die es überall auf der Erde gibt. Sie leben vor allem im Wasser und im Boden. Wenn normale Amöben absterben, zersetzen sie sich sehr rasch. Anders die Testaten Amöben, die auch als Thekamöben oder Rhizopoden bezeichnet werden. Sie bilden kleine Panzer, die nach ihrem Absterben oft Millionen von Jahren erhalten bleiben (Abbildung 1). Auf Grund der Formen dieser Panzer unterscheiden die Wissenschaftler mehrere Tausend «Arten». Sowohl bei lebenden wie auch bei fossilen Formen geht man davon aus, dass sehr viele Arten wohl noch nicht einmal entdeckt oder beschrieben wurden.

Genetische Untersuchungen zeigen, dass viele der heute unterschiedenen Arten keinerlei Verwandtschaft aufweisen, dass sie zu den unterschiedlichsten Bereichen des Stammbaumes der Lebewesen gehören. Die Ähnlichkeiten der Formen führt man auf die aus vielen anderen Beispielen bekannte «konvergente Evolution» zurück (Abbildung 2). Ihre Ähnlichkeit ist zwar verblüffend, aber bereits die physiologischen Fähigkeiten könnten unterschiedlicher nicht sein: Es gibt welche, die in Symbiose leben mit Algen und ihren Energiebedarf so aus dem Licht beziehen. Andere

leben mit Bakterien zusammen, die Stickstoff fixieren. Wiederum andere ernähren sich von organischen Resten von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen.

Phylogenie: Rätsel und Nutzen

Von vielen fossilen Pflanzen und Tieren weiss man, zu welcher Zeit sie lebten. Ihr Vorkommen dient daher immer auch der Datierung der Fundstellen. Anders bei den Testaten Amöben. Selbst die ältesten Fossilien gleichen den heutigen Arten so sehr, dass man den Eindruck hat, sie hätten kaum eine Evolution durchgemacht. Vieles deutet darauf hin, dass sie sich langsamer genetisch verändern als viele andere Artengruppen. Die ältesten gesicherten Funde sind um 750 Millionen Jahre alt, bei noch viel älteren Resten ist man sich über die Herkunft noch nicht ganz sicher. Ihre viele hundert Millionen Jahre alte Geschichte hat es ihnen ermöglicht, sich überall auf der Erde auszubreiten. Zumindest in den Hochmooren Nordamerikas und Eurasiens findet man dieselben Arten – sofern die Lebensbedingungen gleich sind.

Die ältesten Funde sehen fast gleich aus wie die heute lebenden Organismen. Das eröffnet interessante Perspektiven für die Anwendungen in der Umweltforschung. Man vermutet, dass die Ansprüche der Arten an die Umwelt wohl fast gleich geblieben sind – so es sich denn noch immer um dieselben Arten handelt.

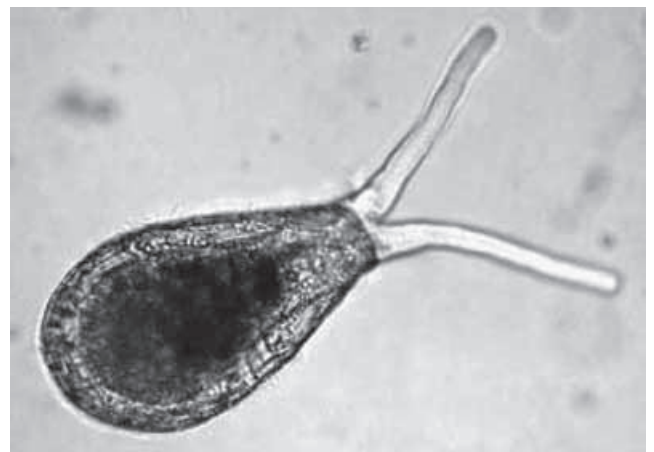


Abb. 1. Die «Füsse» (Pseudopodien) dienen der Fortbewegung im Wasser. Die Testaten Amöben sind 10-500µm gross, die meisten jedoch 30-150µm, etwa so gross wie Pflanzenpollen. Die abgebildete Art (*Nebela penardiana*) ist etwa 150µm lang. (Foto: Edward Mitchell.)

Der Globale Wandel

Der rasche Globale Wandel ist eines der zentralen Themen der aktuellen Umweltforschung. Wir wissen heute recht gut, wie sich die Umwelt in der Vergangenheit verändert hat und wir glauben, dass sie dies auch in Zukunft tun wird. Unser Interesse gilt aber nicht allein den chemischen und physikalischen Veränderungen, sondern vor allem der Frage, wie schnell sich die Lebewesen – mitsamt dem Menschen – diesen anpassen können. Eine besonders interessante Zeit ist der Übergang von der letzten Eiszeit in die heutige Zwischeneiszeit, der vor etwa 13'000 Jahren sehr abrupt erfolgte. Aus dieser Epoche werden Überreste von Lebewesen gesucht. Um für die Forschung von Nutzen zu sein, müssen die Überreste sehr lange Zeiträume überdauern können, in gutem Zustand sein und genügend häufig vorkommen. Beispiele sind Pollen von Pflanzen, Holzreste, oder Knochen und Schalen von Tieren. In mancher Hinsicht interessant sind dabei die Panzer der wenig bekannten Testaten Amöben.

Jahrringe, Pollen und Testate Amöben:

Ein Vergleich

Die an der WSL am häufigsten praktizierte Methode zur Untersuchung früherer Umweltzustände ist die Jahrringanalyse. Sie beruht auf der Erkenntnis, dass das jährliche Wachstum jedes Baumes von den aktuellen Wachstumsverhältnissen abhängt (Schweingruber 2005). Die wichtigsten Faktoren, die sich auf das Wachstum auswirken, sind Wärme (Temperatursummen) und Wasser (Niederschlag). Wichtig ist auch immer, nicht einen einzelnen Baum zu betrachten, denn das individuelle Schicksal (z.B. Krankheiten, Sturmschäden, Wildverbiss, usw.) schlägt sich als «Störfaktor» ebenfalls im Jahrringmuster nieder.

Den Pollen verdanken wir weitgehend unsere Kenntnisse über die Wiederbesiedlung unserer Landschaft nach der letzten Eiszeit. Weil diese Wiederbesiedlung auch vom Klima abhängig war, erhalten wir indirekte Hinweise auf Klimaänderungen. Die zeitliche Auflösung in Pollenprofilen ist eine ganz andere als jene der Jahrringe. Man ist zufrieden, wenn man in Schichten, die 10'000 Jahre alt sind, eine Auflösung von 50 bis 100 Jahren erhält. Auch die räumliche Auflösung ist nicht besonders vorteilhaft. Pollen können mit dem Wind über Hunderte von Kilometern transportiert werden. Man weiss also, welche Pflanzen beteiligt waren, aber ihren genauen Standort kennt man nicht.

Was bieten nun im Vergleich die Testaten Amöben? Sie werden auch Sedimenten entnommen und haben damit

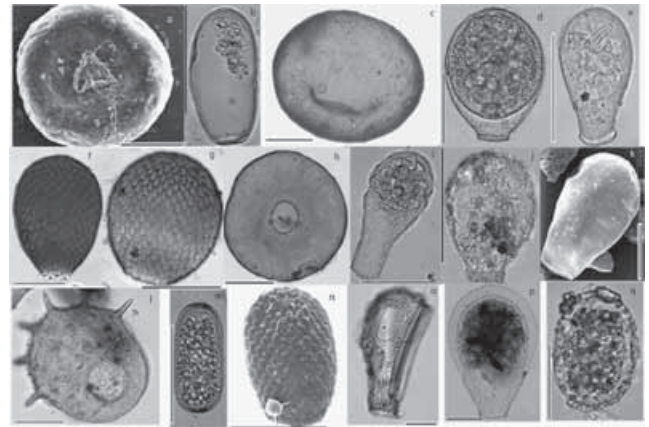


Abb. 2. Morphologische Diversität bei Testaten Amöben. Die hier gezeigten Organismen gehören mindestens zwei unterschiedlichen Gruppen an: Amoebozoa (Unikonts) und Cercozoa (Rhizaria), möglicherweise auch noch einer dritten Gruppe. (Fotos: E. Mitchell)

ähnliche Vor- und Nachteile wie Pollen. Auch ihr Alter muss mit der ¹⁴C-Methode bestimmt werden. Anders als bei Pollen kann man jedoch davon ausgehen, dass sie dort eingelagert wurden, wo sie sich zu Lebzeiten aufgehalten haben. Die räumliche Auflösung ist also sehr gross, im Idealfall einige Meter. Die artenmässige Zusammensetzung hängt nicht nur vom Klima, sondern von den chemischen Verhältnissen im lokalen Milieu, dem Wasser ab. Der Zusammenhang zwischen Artenkombination und Chemie lässt sich an heutigen Systemen genau untersuchen. Sollte wie oben erwähnt die Evolution der Organismen sehr langsam fortgeschritten sein, so kann aus Proben im Alter von Millionen Jahren auf die Umweltbedingungen geschlossen werden. Insgesamt wird ersichtlich, dass Testate Amöben weder die Jahrring- noch die Pollenanalyse direkt konkurrieren, sondern dass sie interessante Ergänzungen und Erweiterungen bieten.

Bedrohte Hochmoore

Die Hochmoorfläche der Schweiz ist in Abnahme begriffen. Wie im jüngst erschienenen Bericht über das Moormonitoring (Klaus 2007) nachzulesen ist, konnte die Abnahme unlängst durch den Vergleich von über 7000 Flächen in Mooren der ganzen Schweiz erkannt werden. In vielen Hochmoorflächen verschwanden im Laufe von 5 Jahren typische Hochmoorarten und es wanderten solche ein, die mehr Nährstoffe benötigen und mit trockeneren Bedingungen zurecht kommen. Das funktioniert nicht nur mit Pflanzen, sondern auch mit Testaten Amöben. Auch sie reagieren auf unterschiedliche Lebensbedingungen. Entnimmt man einem Moor an verschiedenen Stellen Wasserproben,

so findet man eine der Feuchtigkeit, dem Säuregehalt, dem Nährstoffgehalt angepasste Artengarnitur. Im Gegensatz zu den Pflanzen reagieren aber die Amöben bereits innert Tagen auf Milieuveränderungen. Schon ändernde Witterungsbedingungen bringen leichte Verschiebungen in der Artenzusammensetzung mit sich.

Testate Amöben eignen sich ebenfalls für die Erforschung alter Torfschichten. Aus Torfresten, die mehrere Tausend Jahre alt sind, lassen sich Schalen derselben Arten extrahieren, wie sie heute noch an deren Oberfläche zu finden sind. Das wird als Indiz gedeutet, dass damals in den Hochmooren ähnliche Lebensbedingungen herrschten wie heute. Bei Untersuchungen in Hochmooren des Jura zeigte sich, dass die Artenabfolge in Bohrkernen ein Abbild der ökologischen Entwicklung der Moore ist. Im Moment wird versucht, diese Erkenntnisse für die Überwachung der Lebensbedingungen in Mooren generell nutzbar zu machen.

Praktische Anwendungen:

Hochmoorregeneration und Wasserqualität

Um die Arten und deren Häufigkeit zu bestimmen, werden den Mooren Wasserproben entnommen, diese filtriert und unter dem Lichtmikroskop untersucht. Die Artenlisten werden gleich ausgewertet wie pflanzen- und tierökologische Daten. In mineralischen Böden funktionieren die Probenahme und die Auswertung weniger gut, denn die vielen anorganischen Partikel stören die Beobachtung erheblich.

Der Einsatz als Bioindikator ist vor allem bei relativ raschen Veränderungen viel versprechend. Das ist z.B. bei

der Hochmoorregeneration der Fall. Sie ist das wichtigste und oft einzige Mittel, um den Schwund der Hochmoore zu stoppen. Alte Drainagen, die einst zur Erleichterung des Torfabbaus erstellt wurden, wirken oft während Jahrzehnten und führen zu einer immer weiter fortschreitenden Austrocknung. Diese kann nur gestoppt werden indem man die Gräben blockiert. Dadurch ändert sich der Wasserhaushalt sofort. Der Erfolg der Massnahme hängt nun davon ab, ob sich die gewünschte, hochmoortypische Wasserqualität und mit ihr die entsprechende Pflanzen- und Tierwelt einstellt. Und das ist an der Artenzusammensetzung der Testaten Amöben innert Tagen abzulesen. In einem Experiment in Alaska reagierte die Artenzusammensetzung sehr deutlich auf eine Düngung mit Stickstoff und Phosphat. Zumindest im Nährstoffhaushalt der Moore scheinen Amöben eine Schlüsselrolle zu spielen.

LITERATUR

KLAUS, G. (Red.) 2007. Zustand und Entwicklung der Moore der Schweiz. Ergebnisse der Erfolgskontrolle Moorschutz. Umwelt-Zustand Nr. 0730. Bundesamt für Umwelt, Bern. 97 S.

SCHWEINGRUBER, F. H. 2005. Baum und Holz in der Dendrochronologie. Morphologische, anatomische und jahrringanalytische Charakteristika häufig verwendeter Bäume. 3. Auflage. WSL Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, 231 S.

Dies ist die Kurzfassung eines Artikels, welcher im Informationsblatt Landschaft WSL, Nr. 71, 2008 publiziert wurde.