

■ *Vernanimalcula* – „Gnadentod“ für das älteste „Zweiseitentier“

Vor einigen Jahren wurde von Funden einfachster zweiseitig organisierter Vielzeller (Bilateria) berichtet, die als mögliche älteste fossil dokumentierte Vorläufer der ab dem Kambrium explosionsartig fossil auftretenden Tierstämme diskutiert wurden (Abb. 1). Die Fundschicht der Doushantuo-Formation im Südwesten Chinas wird ca. 50 Millionen Jahre vor den Beginn des Kambriums datiert. Es würde sich damit um die ersten Bilateria handeln, die deutlich unterhalb der Kambrium-Grenze gefunden wurden (CHEN et al. 2004, 218) und die Funde würden damit in Frage stellen, ob es wirklich eine explosive Entstehung der Tierstämme zu Beginn des Kambriums gab (vgl. BOTTJER 2005; JUNKER 2005).

Die Fossilien sind mit ca. 0,2 mm Länge ausgesprochen klein. Dennoch wurden verschiedene Strukturen als

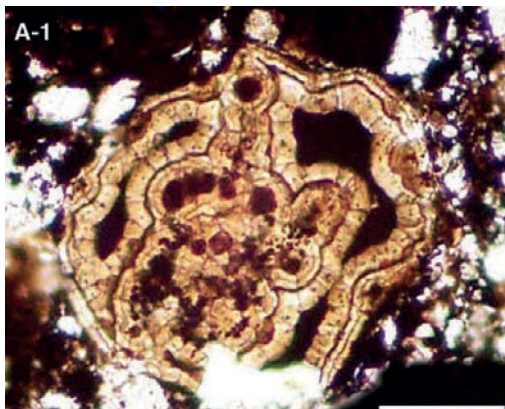


Abb. 1 *Vernanimalcula* – das „Frühlingstierchen“. (Aus CHEN et al. 2004, Copyright 2004 by AAAS; Abdruck mit freundlicher Genehmigung)



Abb. 2 Mutmaßliche Rekonstruktion von *Vernanimalcula*. Künstlerische Gestaltung: Amadeo BACHAR (www.abachar.com).

Mund, Rachen, Verdauungstrakt, Anus und paarweise Hohlräume entlang des Verdauungstraktes gedeutet und sogar paarig an der Außenhaut vorkommende Beulen als mögliche Positionen von Sinnesorganen angesehen. Es wurde sogar eine dreidimensionale Rekonstruktion veröffentlicht (Abb. 2). Die Forscher nannten diesen frühen Vielzeller *Vernanimalcula*, was soviel bedeutet wie „kleines Frühlingstierchen“ – in Anspielung auf ihr Auftreten nach der globalen „Snowball Earth“-Vereisung im jüngsten Präkambrium (vgl. STEPHAN 2004). Die organismische Natur der Fossilien war allerdings nicht unbestritten. Es könnte sich um dünne Mineralkrusten handeln, die sich rund um die Hüllen toter, einfach aufgebauter Organismen gebildet hätten, so Stefan BENGTON, zumal solche „Mini-Särge“ in den untersuchten Gesteinen im Südwesten Chinas keine Seltenheit seien (STOKSTAD 2004).

Die Ergebnisse einer jüngst veröffentlichten Untersuchung haben die Kritik vollauf bestätigt (BENGTON et al. 2012). Die Autoren stellen nicht nur in Frage, dass *Vernanimalcula* ein Vorfahre der Bilaterier war, sie halten die Fossilien nicht einmal für Reste von Lebewesen, sondern für mineralische Strukturen, die nichts mit Lebewesen zu tun haben – daher die Überschrift ihrer Arbeit: „Ein Gnadentod ... für *Vernanimalcula*“ (BENGTON et al. 2012). Die erkennbare Schichtung sei charakteristisch für Abfolgen diagenetischer Mineralisation, die zu Ausfüllungen von Hohlräumen führe, schreiben die Autoren. (Als Diagenese bezeichnet man den Prozess der Gesteinsverfestigung.) Die Autoren der Erstveröffentlichung hätten die Anzeichen einer Diagenese ignoriert. Die Schlussfolgerung, dass es sich um einfach gebaute Tiere gehandelt habe, sei durch die Befunde von vornherein nicht gedeckt gewesen. Es gebe keine Hinweise darauf, dass es sich um tierische Überreste handle. Damit erübrigen sich alle evolutionstheoretischen Schlussfolgerungen, die unter Bezugnahme auf *Vernanimalcula* getroffen wurden.

BENGTON gehen mit ihrer Kritik noch weiter und unterstellen CHEN

und Kollegen eine Voreingenommenheit bei der Interpretation der Befunde. Sie hätten das gefunden, von dessen Existenz sie von vornherein überzeugt waren: „If you know from the beginning not only what you are looking for, but what you are going to find, you will find it, whether or not it exists“ (BENGTON 2012, 426). Sie schließen ihren Artikel mit der Hoffnung, dass *Vernanimalcula* nun in Frieden ruhen könne, befreit von der schweren Last einer unangemessenen evolutionären Bedeutung. Damit ist auch klar: Die Hoffnung, dass *Vernanimalcula* die kambrische Explosion des Lebens entschärfen könne, muss aufgegeben werden.

[BENGTON S, CUNNINGHAM JA, YIN C & Donoghue PCJ (2012) A merciful death for the earliest bilaterian, *Vernanimalcula*. *Evol. Dev.* 14, 421-427; BOTTJER DJ (2005) The early evolution of animals. *Sci. Am.* 293, 42-47; CHEN JY, BOTTJER DJ, OLIVERI P, DORNBOS SQ, GAO F, RUFINS S, CHI H, LI CW & DAVIDSON EH (2004) Small Bilaterian Fossils from 40 to 55 Million Years Before the Cambrian. *Science* 305, 218-222; JUNKER R (2005) Die kambrische Explosion des Lebens – entschärft? *Stud. Int. J.* 12, 38-39; STEPHAN M (2004) Eine katastrophische Hypothese: Die „Schneeball-Vereisung“ der Erde. *Stud. Int. J.* 11, 93-97; STOKSTAD E (2004) Controversial fossils could shed light on early animals' blueprint. *Science* 304, 1425.]
R. Junker

■ Sonnentau-Art mit Katapulteinrichtung zum Insektenfang

Fleischfressende Pflanzen üben immer wieder eine Faszination auf den Menschen aus. Sie fangen und verdauen Insekten oder andere Kleintiere und haben durch diese Zusatzkost einen Überlebensvorteil auf nährstoffarmen Böden. Bekanntes Beispiel ist etwa die Gattung Sonnentau (*Drosera*), die weltweit ca. 200 Arten umfasst und auch bei uns mit drei Arten vertreten ist. Auffälligstes Merkmal sind die in großer Zahl vorhandenen gestielten Drüsen der Blattoberfläche, die man Tentakel nennt und die an ihrer Spitze je einen großen, klebrigen Tropfen tragen. Diese glitzern im Sonnenlicht, was zum Namen der Gattung geführt hat. Die Tropfen dienen der Anlockung der Insekten, dem Festhalten der Beute und deren Verdauung. Weitere



Abb. 1 Fangblatt der australischen Sonnentau-Art *Drosera glanduligera*. Neben den auch von den mitteleuropäischen Arten bekannten Klebtentakeln, die ein in der Sonne glitzerndes Köpfchen tragen, bildet *D. glanduligera* zusätzlich noch lang ausgestreckte Schnelltentakel aus (am Rand gut zu sehen), die sich hier nach Berührung durch ein Insekt schlagartig einrollen und dabei das Tier in die Mitte des Blattes katapultieren. (Wikimedia Commons)

ungestielte Drüsen auf der Blattfläche dienen dann der Aufnahme der verdauten Stoffe in das Blattinnere.

Meist beteiligen sich mehrere Tentakel am Festhalten der Beute, evtl. krümmt sich auch das Blatt, um weitere Tentakel zum Festhalten bereitzustellen, wozu es einer blattinternen Informationsübertragung bedarf. Es gibt auch Sonnentau-Arten, bei denen gegebenenfalls weitere Blätter zu Hilfe kommen, um die Beute effizient festzuhalten.

Die Situation an sich ist schon sehr komplex. Man muss ja immer bedenken, dass der Vorgang nur dann einen Vorteil bringt, wenn außer der Anlockung der Insekten auch Einrichtungen zum Festhalten und zum Verdauen ausgebildet sind und dafür gesorgt ist, dass die Verdauungsprodukte auch in den Pflanzenkörper

hinein transportiert werden können. Isolierte Teilschritte des Geschehens nutzen der Pflanze nichts.

Nun wurden vor einigen Jahren bei der in Südaustralien weit verbreiteten einjährigen Sonnentau-Art *Drosera glanduligera* zusätzlich zu den üblichen Tentakeln weitere Tentakel entdeckt, die zum Typ der Schnelltentakel zählen (vgl. HARTMEYER & HARTMEYER 2010). Sie sind deutlich länger als die übrigen Leim- oder Klebtentakel (Abb. 1), stehen ganz außen an den Blättern, sind bilateral gebaut, im unteren Teil verbreitert und im oberen Teil im Anschluss an eine Art Gelenk sehr schmal und tragen an ihrer Spitze nur ein winziges Köpfchen. Diese zusätzlichen Tentakel sind an der Spitze berührungsempfindlich und haben eine völlig andere Auf-

gabe als die anderen Tentakel. Bau, Funktion und biomechanische Eigenschaften dieser neu entdeckten Tentakel wurden jetzt in der Plant Biomechanics Group der Universität Freiburg näher untersucht (POPPINGA et al. 2012). Die hochempfindlichen Tentakel ziehen sich nach Berührung durch ein Insekt innerhalb von nur 75 ms explosionsartig zusammen und katapultieren dabei die Beute in die deutlich vertiefte Mitte des Blattes, wo sie schließlich verdaut wird. Die Bewegung gehört zu den schnellsten des Pflanzenreichs und kann z. B. mit der des Fangblattes der zur gleichen Familie gehörenden, ebenfalls fleischfressenden Venusfliegenfalle (*Dionaea*) konkurrieren. Allerdings erfolgt die schnelle Bewegung anders als bei *Dionaea* und den meisten anderen besonders schnellen Pflanzen-

bewegungen nicht durch Auslösen einer unter Spannung stehenden Struktur, also aufgrund von elastischer Energie wie beim Bogenschießen, sondern sehr wahrscheinlich hydraulisch, d. h. durch schlagartige Erhöhung des Zellsaftdruckes (Turgors) auf der Unterseite bei dessen gleichzeitiger Erniedrigung auf der Oberseite. Jedenfalls konnte berechnet werden, dass die Schnelltentakel durch Turgoränderung die gemessenen Geschwindigkeiten theoretisch erreichen können.

Der Mechanismus ist irreversibel, d. h. er kann nur einmal betätigt werden (Einweg-Tentakel). Das gleicht die Pflanze aber durch schnelles Wachstum aus, so dass nach etwa drei bis vier Tagen wieder frische Blätter mit neuen Schnelltentakeln zur Verfügung stehen.

Drosera glanduligera hat dem Boden dicht aufliegende Rosettenblätter und ist insgesamt nur etwa 4 cm im Durchmesser. Ihre Blätter sind nur 2–4 mm breit. Die Pflanze ernährt sich überwiegend von Springschwänzen (Collembolen),

also flügellosen Bodeninsekten, während viele andere Arten der Gattung eher fliegende Beute fangen. Die zwei parallel geschalteten Fangmechanismen haben für die Pflanze den Vorteil, dass auch weiter entfernte und ggf. auch etwas größere (und damit stärkere) Tiere zielsicher in die auf die Verdauung spezialisierte Blattmitte gelangen, wo sie von den zahlreichen Klebtentakeln bestens festgehalten werden können. Außerdem schützt dieses Verhalten vor Beutedieben, das sind in Australien vor allem räuberische Wanzen. Wer sich die Pflanze in Aktion im Video ansehen will, hat dazu die Möglichkeit unter <http://www.youtube.com/watch?v=Zzi3XDQs-i0> oder über die Links in den beiden zitierten Arbeiten.

Schnelltentakel mit Turgorbewegung gibt es zwar mehrfach in der Gattung *Drosera*, aber den oben beschriebenen superschnellen Typ nur bei *D. glanduligera* (HARTMEYER & HARTMEYER 2010). Und auch sonst ist ein solcher zweistufiger Fangmechanismus einmalig bei fleischfressenden Pflanzen. Die Autoren sprechen zu Recht von einer ausgeklügelten Methode. Wie aber all die für so einen komplexen und einmalig schnellen Mechanismus nötigen Baupläne und ihre Regulation in der Pflanze entstanden sind und verankert wurden, bleibt ein Rätsel, das evolutionäre Erklärungsansätze an ihre Grenzen bringt und bei unvoreingenommener Betrachtung eher an einen dahinterstehenden Plan denken lässt.

[HARTMEYER I & HARTMEYER RH (2010) Snap-tentacles and runaway lights: summary of comparative examination of *Drosera* tentacles. Carnivorous Plant Newsletter (ICPS) 39 (4), 101–113. <http://www.hartmeyer.de/ArtikelundBerichte/artsnaprunCPN2010.html>; POPPINGA S, HARTMEYER SRH, SEIDEL R, MASSELT T, HARTMEYER I & SPECK T (2012) Catapulting tentacles in a sticky carnivorous plant. PLoS ONE 7 (9), e45735. doi:10.1371/journal.pone.0045735] H. Kutzelnigg

■ Eine Dreifach-Symbiose schützt Seegraswiesen vor Sulfid-Vergiftung

Seegraswiesen säumen in weiten Teilen der Welt die flachen küstennahen Regionen bis in eine Tiefe von etwa 40 m. Sie sind von großer

ökologischer Bedeutung, da sie für zahlreiche Fische und viele andere Tierarten einen idealen Lebensraum bieten. Außerdem stabilisieren sie die sandigen Gezeitenbereiche und dienen damit auch dem Küstenschutz. Leider sind Seegraswiesen seit einiger Zeit vielerorts im Bestand bedroht, so dass eine Beeinträchtigung der Biodiversität befürchtet werden muss.

Seegräser gehören zu den wenigen Arten von Blütenpflanzen, die auch im Meer vorkommen. Sie wurzeln meist im sandigen Meeresboden und entwickeln bandförmige Blätter. Botanisch gesehen sind es keine Gräser, sondern Vertreter verschiedener Familien aus der ebenfalls zu den Einkeimblättrigen gehörenden Ordnung Alismatales = Froschlöffelartige.

Von ihrer Lage her sind Seegraswiesen ein Auffangbecken für organisches Material. Dieses sammelt sich im Sediment an und wird unter den dort herrschenden sauerstoffarmen Bedingungen von Bakterien abgebaut, die statt Sauerstoff das im Meerwasser reichlich vorhandene Sulfat zur Oxidation verwenden. Bei diesem Vorgang entsteht aber reichlich Sulfid, das für die Pflanzen schädlich ist und ihr Wachstum deutlich hemmt. Vor allem in wärmerem Wasser ist die Sulfid-Produktion bedenklich hoch.

Lange Zeit war unklar, wieso Seegraswiesen trotz dieses offensichtlichen Problems so erfolgreich sind. Niederländische Wissenschaftler (VAN DER HEIDE et al. 2012) haben jetzt nachweisen können, dass eine Dreifach-Symbiose zwischen Seegras, den mit ihm assoziierten Mondmuscheln (verschiedene Gattungen der Familie Lucinidae) und deren kienbewohnenden Bakterien dafür verantwortlich ist.

Zunächst konnte durch eine umfangreiche Literaturschau gezeigt werden, dass in den Tropen 97 %, in den Subtropen 90 % und im gemäßigten Klima 56 % der untersuchten Seegraswiesen in ihrem Sediment Mondmuscheln enthalten. Die zugehörige Individuendichte ist dabei mit meist etwa 100 bis mehr als 1000 pro m² beachtlich hoch. Die Muscheln sind im Sediment eingegraben und besitzen in ihren Kiemen Sulfid-oxidierende Bak-



Abb. 1 Zwergseegras *Zostera noltii* (Aus: Otto Wilhelm THOMÉ, Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Gera, 1885)