

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)

terien, mit denen sie in Symbiose zusammenleben.

In Laboruntersuchungen mit dem auch bei uns heimischen Zwerg-See gras (*Zostera noltii*) und der Mondmuschel-Art *Loripes lacteus* konnten die Autoren zeigen, dass bei Anwesenheit von Sulfid die gemeinsame Aufzucht für beide Partner wesentlich bessere Wachstumsergebnisse liefert als die getrennte Aufzucht.

Insgesamt konnte durch die Literatursauswertung, die Laboruntersuchungen und eine Feldstudie im Nationalpark Banc d'Arguin in Mauretanien gezeigt werden, dass die See gräser und die Mondmuscheln mit ihren symbiontischen Bakterien eine gut funktionierende Dreifach-Symbiose eingehen. Die See gräser sorgen indirekt für das Vorkommen von Sulfid und geben aufgrund ihrer Photosynthese über die Wurzeln Sauerstoff an die im Sediment benachbarten Muscheln ab. Diese wiederum transportieren Sulfid und Sauerstoff zu den in ihren Kiemen lebenden Bakterien, die durch die Sulfidoxidation Energie gewinnen und damit Zucker aufbauen, die das Wachstum beider Organismen fördern. Gleichzeitig wird dabei die – besonders in warmem Meerwasser – hohe, für die See gräser schädliche Sulfidkonzentration herabgesetzt, was wiederum ein deutlich gesteigertes Wachstum der See gräser zur Folge hat.

Beispiele wie dieses sind immer wieder eindrucksvoll und zeigen ein weiteres Mal, wie in genialer Weise die gegenseitige Ergänzung ganz verschiedener Organismen wesentlich zum Funktionieren komplexer Ökosysteme beitragen kann.

[VAN DER HEIDE T et al. (2012) A three-stage symbiosis forms the foundation of seagrass ecosystems. *Science* 336, 1432. DOI: 10.1126/science.1219973] *H. Kutzelnigg*

■ Extrem kalt, extrem salzig – Mikroben in eisbedeckten Seen der Antarktis

Lake Vida in der Antarktis ist einer der mit Eis bedeckten Seen, die außergewöhnliche Lebensräume darstellen. Bei Expeditionen im Jahr 2005 und 2010 wurde Lake Vida –

auch durch Bohrungen – genauer untersucht. Nun veröffentlichten MURRAY et al. (2012) Resultate zur Geo- und Biochemie. Dabei erwähnen sie auch die Idee, dass der Nachweis von Mikroben in solchen extremen Biotopen Hinweise auf Lebensräume in anderen Eiswelten in unserem Kosmos liefern könnte.

Während der Untersuchungen 2005 wurde eine Bohrung auf 16 m niedergebracht, wobei sich das Bohrloch wiederholt bis 10,5 m unter der Eisoberfläche mit Salzlake füllte. Unter der Eisdecke befinden sich mehrere hundert Meter Permafrost-Boden. Zwischen diesem Boden und der Eisdecke kommt Salzlake vor, die nach Ansicht der Autoren seit mehr als 2800 Jahren isoliert ist (radiometrisch durch ^{14}C -Analysen anhand von organischem Material aus Eisbohrkernen aus 12 m Tiefe datiert). Nach Aussage der Autoren hat sich das hydrologische System bei beiden Untersuchungen ähnlich verhalten.

Aufgrund der geochemischen und mikrobiologischen Untersuchungen (DOREN et al. 2008) beschreiben die Autoren das Ökosystem Lake Vida nun folgendermaßen:

Die Salzlake hat eine Temperatur von $-13,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ und einen leicht sauren pH-Wert von 6,2. Die Salinität (PSU) beträgt 188, der NaCl-Gehalt ist größer als 11% (zum Vergleich: Ozeane ca. 3,5 %; für das Tote Meer werden im Durchschnitt 27 % angegeben). Sauerstoff (O_2) konnte nicht nachgewiesen werden (d. h. anoxische Bedingungen), nachgewiesen wurden aber Kohlendioxid (CO_2 : $8,9\text{ mmol/l}$), Lachgas (N_2O : $58,8\text{ }\mu\text{mol/l}$) und Wasserstoff (H_2 : $10,5\text{ }\mu\text{mol/l}$). Bei den gelösten Metallen fällt der hohe Gehalt an Eisen (Fe: $256\text{--}308\text{ }\mu\text{mol/l}$) auf, dessen Herkunft – wie auch die der anderen Metalle (Sr, Mn, Zn, Al) – aus Verwitterungsprozessen der umgebenden Gesteine vermutet wird.

Mikrobiologische Studien liefern durch elektronenmikroskopische Aufnahmen Hinweise auf verschiedene Bakterien. Anhand molekularbiologischer Analysen der kleinen Untereinheit der bakteriellen ribosomalen RNA (rRNA) konnten anhand von 32 Sequenzen

Bakterien aus acht verschiedenen Bakterienstämmen zugeordnet werden: Proteobacteria, Lentisphaera, Firmicutes, Spirochaeta, Bacteroides, Verrucomicrobia, TM7 und Actinobacteria. Genetische Hinweise auf Eukaryonten und Archaeobakterien konnten nicht gefunden werden. Die Zusammensetzung der Mikrobengemeinschaft im Lake Vida unterscheidet sich deutlich von derjenigen in anderen Salzseen und in den antarktischen Seen.

MURRAY et al. (2012) interpretieren das untersuchte Ökosystem als eines, in dem seit Jahrtausenden Mikroorganismen zusammen mit photosynthetisch erzeugten organischen Kohlenstoffverbindungen in Isolation existieren. Die Stoffwechselraten sind durch die tiefen Temperaturen limitiert. Der vorhandene Wasserstoff (unabhängig davon ob er abiotisch oder durch biochemische Prozesse entstanden ist) reicht aus, dass die Mikroorganismen die biochemische Herausforderungen bestehen können, so dass z. B. in der Lage sind, Schädigungen der Polynukleinsäuren (Depurinierung) in diesem extremen Lebensraum zu reparieren.

Die Autoren deuten sehr vorsichtig an, dass dieses Ökosystem als Beispiel für andere Eiswelten auf anderen Planeten oder Monden angesehen werden könnte. Um jedoch von diesen irdischen Befunden auf mögliche Ökosysteme auf andere Planeten schließen zu können müssen die hier vorliegenden Zusammenhänge noch besser verstanden werden. In dem von Eis bedeckten See der Antarktis gehen die Autoren von überlebenden Mikroorganismen aus; aus extraterrestrischen Systemen liegt bisher kein Nachweis von Lebewesen vor. Es werden allenfalls Randbedingungen diskutiert, die mit der Existenz von Organismen verträglich wären.

[DORAN PT, FRITSEN CH, MURRAY AE, KENIG F, MCKAY CP & Kyne JD (2008) Entry approach into pristine ice sealed – Lake Vida, East Antarctica, a model ecosystem. *Limnol. Oceanogr. Methods* 6, 542–547; MURRAY AE, KENIG F, FRITSEN CH, MCKAY CP, CAWLEY KM, EDWARDS R, KUHN E, MCKNIGHT DM, OSTROM NE, PENG V, PONCE A, PRISCUE JC, SAMARKIN V, TOWNSEND AT, WAGH P, YOUNG SA & DORAN PT (2012) Microbial life at $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the brine of an ice-sealed Antarctic lake. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, doi:10.1073/pnas.1208607109] *H. Binder*