

terien, mit denen sie in Symbiose zusammenleben.

In Laboruntersuchungen mit dem auch bei uns heimischen Zwerg-Seegras (*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 Seegräser und die Mondmuscheln mit ihren symbiontischen Bakterien eine gut funktionierende Dreifach-Symbiose eingehen. Die Seegräser 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 Seegräser schädliche Sulfidkonzentration herabgesetzt, was wiederum ein deutlich gesteigertes Wachstum der Seegräser 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*