

Peter Hirsch, Institut für Allgemeine Mikrobiologie, Kiel

Mikrobiologische Untersuchungen an Gesteinen und Böden der Dry Valleys

Auf dem antarktischen Kontinent gibt es eisfreie, trockene "Oasen" von erheblicher Größe. Die "Dry Valleys" des südlichen Victoria Landes mit einer Ausdehnung von ca. 5000 km² werden durch trockene, katabatische Fallwinde geprägt, die vom antarktischen Eisplateau her in die Täler wehen. Besonders an den Abhängen herrschen extrem kalte Wüstenbedingungen, während im Talgrund vereinzelt Schmelzwässer und Seen vorkommen. An den Hängen und Terrassen schwankt die Lufttemperatur im Sommer tagsüber zwischen -20 °C und ca. 0 °C; im Winter kann sie auf weit unter -60 °C abfallen. Die seltenen Schneefälle tragen kaum zur Luftfeuchtigkeit bei; sie wurde in 5 aufeinander folgenden Sommern als 5 - 75 % relativer Feuchte bestimmt.

Pflanzen- und Tierleben sind in dieser unwirtlichen Kältewüste nicht erkennbar, von gelegentlichen Krustenflechten in geschützten Gesteinsnischen abgesehen. Auch die zumeist gefrorenen Böden scheinen weitgehend steril zu sein. Um so überraschender waren erste Berichte über das Vorkommen lebender Bakterien in einigen Bodenproben (BOYD et al. 1966). Auch Hefen wurden gefunden, und 1973 entdeckte der kurz darauf tödlich verunglückte W. VISHNIAC grüne Zonen lebender Algen in einigen seiner Sandsteinproben. Diese Proben erhielt der amerikanische Algologe E. I. FRIEDMANN in Florida, der sie sofort genauer untersuchte (FRIEDMANN & OKAMPO 1976). In seinem Labor entstand die "ACME" Arbeitsgruppe, die rasch internationale Mitarbeiter gewann und sich mit der Erforschung der Mikroorganismen im Gestein beschäftigte (Antarctic Cryptoendolithic Microbial Ecosystem).

Zahlreiche Publikationen zeigten nun, daß im Sandstein, Granit oder auch Marmor dicht unter der Oberfläche geschichtete Ökosysteme existierten, deren sichtbare Primärproduzenten kokkale Grünalgen oder Cyanobakterien waren (FRIEDMANN 1982). Eine Anzahl physikalischer und chemischer Umweltfaktoren mit Wichtigkeit für diese Endolithen wurde

ermittelt; so kann z. B. die Temperatur im Gestein bei Sonneneinstrahlung auf maximal $+15^{\circ}\text{C}$ ansteigen. Doch das rasch wechselnde Wetter bewirkt auch häufige Temperaturänderungen: in 45 min konnte die Temperatur 13mal zwischen $+6^{\circ}\text{C}$ und -10°C schwanken. Schneeschmelzwasser ist die einzige Quelle der Feuchtigkeit, und ca. 5 Tage nach dem letzten Schneefall ist der Schnee weggeschmolzen oder sublimiert infolge der extrem niederen Luftfeuchtigkeit.

Während sich einige ACME Arbeitsgruppen mit Algen oder Pilzen beschäftigten, untersuchten andere die Hefen oder das Ausmaß der Primärproduktion. Offensichtlich leben in den besiedelten Gesteinen auch Pilze, die z. T. mit den Algen oder Cyanobakterien eine Flechtensymbiose eingehen können. Wenig war bisher über die dort auch noch vorkommenden heterotrophen Bakterien bekannt, und so wurde es die Aufgabe unserer Kieler Arbeitsgruppe, möglichst alle Heterotrophen zu erfassen, sie zu isolieren und zu bestimmen. Weiterhin sollten die ökologisch relevanten Eigenschaften genauer untersucht werden, um das Vorkommen dieser Organismen im Gestein zu verstehen. Letztlich sollten dann auch die Wechselbeziehungen der Heterotrophen mit den endolithischen Primärproduzenten untersucht werden, um so die beobachtete Artenzusammensetzung und die physiologischen Leistungen in diesem Ökosystem erklären zu können.

In ersten Versuchen 1979/80 wurden Proben mittels verschiedener Kulturmethoden auf die vorhandenen Mikroorganismen untersucht. Es wurde schnell beobachtet, daß nahezu alle Organismen aus dem Gestein extrem nährstoffarme Nährböden bevorzugten: die Formenvielfalt erhöhte sich in dem Maße, wie die Nährböden verdünnt waren. Dies war ein Hinweis darauf, daß die Primärproduktion unter antarktischen Bedingungen nur sehr gering war. In den folgenden Jahren kamen weitere Proben nach Kiel; aus diesen konnten fast 200 Reinkulturen gewonnen werden. Die Mehrzahl der Isolate waren Bakterien, aber es waren auch Pilze, Hefen und Algen darunter. Fast alle diese Organismen wuchsen gut oder sogar besser bei $4 - 6^{\circ}\text{C}$; über 25°C konnte praktisch keine Vermehrung festgestellt werden. Die Bakterien gehörten sehr unterschiedlichen Gruppen an, wie schon aus ihren verschiedenen Formen

hervorging. Die meisten Proben enthielten 15 - 35 verschiedene Mikroorganismen, von diesen konnten etwa 40 - 50 % in Reinkultur isoliert werden.

Es stellte sich nun die Frage: woher kamen diese Mikroorganismen? Vom Menschen verursachte Verunreinigungen konnten es kaum sein. Sie mußten entweder aus der Luft herkommen, oder sie waren sozusagen schon immer im Gestein. Im folgenden wuchs daher umfangreiche Untersuchungen auch an Bodenproben durchgeführt, denn der Boden konnte als Reservoir dienen. Das Ergebnis zeigte, daß fast alle Böden Mikroorganismen enthielten, jedoch in unterschiedlicher Menge und Diversität. So kamen in manchen Bodenproben bis zu 35 verschiedener Mikroorganismen vor, während andere Böden völlig steril waren.

In den Jahren 1984/85, 1985/86 und 1986/87 wurde es möglich, bei einem jeweils 5-wöchigen Antarktis-Aufenthalt selbst Proben in den Trockentälern aseptisch zu sammeln; die Kosten hierfür trug weitgehend Prof. E. I. FRIEDMANN (Grant der National Science Foundation), und die DFG gab Reisekostenzuschüsse. Bei diesen Gelegenheiten wurden fast 200 Proben gesammelt und in den folgenden Jahren daraus ca. 2000 Reinkulturen antarktischer Gesteins- und Boden-Mikroorganismen isoliert. Die Beobachtungen und Messungen "vor Ort" wurden besonders im Asgard Range (Linnaeus Terrace, 1650 m; Mt. Fleming, 2225 m), aber auch in den Beacon Heights (New Mountain; University Valley) und im Convoy Range (Mt. Gran) durchgeführt.

Der Mikroben-Besatz von Luft, Schnee, Eis, Schmelzwässern sowie Boden- oder Gesteinsoberflächen wurde näher untersucht. Es zeigte sich, daß ständig ein Regen von Mikroorganismen auf diese Oberflächen fiel: in 2 Stunden waren es ca. $140/m^2$. Vermutlich konnten viele von diesen ohne spezielle Anpassungen nicht überleben. Der Frage der Erstbesiedlung wurde nachgegangen. Welche Organismen können eine "Minimalkolonie" bilden? Erstaunlicherweise waren das nicht nur Primärproduzenten, sondern auch Pilze und Bakterien; vermutlich gab es doch Spuren von

Nährstoffen im Gestein selbst. Zur Zeit laufen auch noch Versuche, bei denen die Überlebensrate von Bakterien-Reinkulturen auf der Gesteinsoberfläche untersucht wird. Bei 4 Sandsteinblöcken auf Linnaeus Terrace wurde auch untersucht, welchen Einfluß die Lage und Exposition der Probe auf die Zahl der verschiedenen Morphotypen hat. Die Anwesenheit photosynthetischer Organismen vermehrte in allen Anreicherungen die Morphotypen-Diversität der Heterotrophen.

Die Charakterisierung und Bestimmung der vielen Isolate ist inzwischen angelaufen. Schon jetzt ist sicher, daß unter diesen eine Anzahl neuer, bisher noch nicht beschriebener Arten vorkommt. Ausgewählte Reinkulturen werden dann auch auf ihre Ausscheidungen und in vitro Aktivitäten getestet, um mit ihnen später Modellversuche über Wechselbeziehungen durchführen zu können.

Literatur:

- BOYD, W. L., STALEY, J. T., BOYD, J. W. (1966): Ecology of soil microorganisms of Antarctica. In: Antarctic Soils and Soil Forming Processes (J. FEDROW, ed.) Antarct. Res. Ser. 8, 125-159.
- FRIEDMANN, E. I. (1982): Endolithic microorganisms in the Antarctic cold desert. Science 215, 1045-1053.
- FRIEDMANN, E. I., OCAMPO, R. (1976): Endolithic blue-green algae in the Dry Valleys: primary producers in the Antarctic desert ecosystem. Science 193, 1247-1249.