

DER BODEN GANZ OBEN

Im Hochgebirge herrschen extreme Bedingungen. Was dort zu leben vermag, erforscht die Arbeitsgruppe Bodenmikrobiologie und Klimawandel in einem interdisziplinären Umfeld.



Der Boden ist eine zentrale Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Auch wenn er vermeintlich in Hülle und Fülle vorhanden ist, lohnt es sich, einen Blick auf seine Entstehung zu werfen, denn bis auf einem Boden etwas gedeihen kann, muss eine unglaubliche Vielzahl an Mikroorganismen Pionierarbeit leisten. Welche Mikroorganismen unter den extremen Bedingungen im Hochgebirge aktiv sind, untersucht Paul Illmer mit seinem Team unter anderem auf dem Schrankogel.

Der mit fast 3.500 Metern zweithöchste Berg der Stubai Alpen bietet aufgrund der gleichmäßigen Steigung seiner Flanke sehr gute Bedingungen für Untersuchungen und zählt nicht zuletzt deshalb zu den Master-sites des 2001 von österreichischen Biologen initiierten Forschungsprojekts GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments), an dem auch verschiedene Institute der Universität Innsbruck beteiligt sind. „2011 und 2013 haben wir am Schrankogel begleitend zu den langjährigen botanischen erstmals auch mikrobiologische Untersuchungen

(GE)WICHTIGE PIONIERE: Aus bodenkundlicher Sicht wird als Boden die von bodenbildenden Prozessen geprägte Überschneidungszone zwischen der Lithosphäre und der Biosphäre mit der Atmosphäre und Hydrosphäre bezeichnet. Als erste Primärbesiedler sind bakterielle Pionierorganismen und *Archaea* am Werken. Dann bilden sich Flechten und pflanzliche Pioniere besiedeln die Fläche, bis sich allmählich organische Substanz anreichert, die schließlich auch Boden-tieren einen Lebensraum bietet. „In einem Gramm fruchtbaren Bodens sind bis zu 10^{11} Mikroorganismen zu finden.“ Wenn man also auf einem durchschnittlichen Wiesenboden steht, so hat man pro Quadratmeter ca. ein Kilogramm reine mikrobielle Biomasse unter sich – das Gewicht der Mikroorganismen im Boden übersteigt z.B. jenes der Weidetiere auf der Wiese um ein Vielfaches.



„Alles, was sich bis 2.700 Meter abspielt, ist den Mikroorganismen tatsächlich relativ egal, dann treten aber Veränderungen auf. Wir können bei nahezu allen Parametern eine deutliche Zonierung über die Höhenstufen erkennen.“

durchgeführt“, erklärt Illmer. Für ihre Untersuchungen haben die Arbeitsgruppen von Paul Illmer vom Institut für Mikrobiologie und Clemens Geitner vom Institut für Geographie von der alpinen bis in die nivale Zone in einem Abstand von 100 Höhenmetern Bodenproben genommen. Diese wurden am Institut für Mikrobiologie kulturtechnisch, molekularbiologisch und biochemisch-analytisch untersucht und mit den botanischen Daten zu Pflanzenvorkommen in Zusammenhang gebracht.

„Eines der zentralen Ergebnisse aus dem botanischen Teil des GLORIA-Projekts ist, dass durch die Klimaerwärmung die alpinen Pflanzen immer weiter nach oben in den Lebensraum der nivalen Pflanzen wandern. Wir haben auf der GLORIA-Site ergänzend dazu umfassend das Vorkommen und die Aktivitäten von Mikroorganismen im Boden untersucht“, erklärt der Mikrobiologe, der erstmals auch die Rhizosphären-Mikroorganismen und somit die spezielle Beziehung zwischen Pflanzen und Mikroorganismen im Hochgebirge untersucht hat. „Während der Nivalitätsindex, also das Verhältnis zwischen alpinen und nivalen Pflanzen, mit zunehmender Höhe steigt, nehmen mikrobielle Kennwerte ab.“


Das – so der Wissenschaftler – gilt für nahezu alle der gemessenen mikrobiellen Parameter wie zum Beispiel die mikrobielle Biomasse und Atmung, das Vorkommen spezifischer Gruppen von Mikroorganismen oder verschiedene Enzymaktivitäten. „Nivalität und Mikrobiologie lassen sich in zwei gegenläufigen Kurven darstellen, die sich nicht zufällig genau im alpin-nivalen Ökton bei knapp 3.000 Metern kreuzen“, betont Paul Illmer. Genau in diesem Bereich finden nämlich klimawandelbedingt auch die deutlichsten Veränderungen in der Pflanzenwelt statt. Dass auch mit molekularbiologischen Screenings gerade in diesem Bereich ein Wechsel der mikrobiellen Zusammensetzung nachgewiesen werden konnte, kann daher kein Zufall sein

und zeigt die enge Beeinflussung von Pflanzen und Mikroorganismen.

Hochalpine Mikroorganismen

Mit ihren Untersuchungen am Schrankogel konnten die Mikrobiologen außerdem den Forschungsstand zum Vorkommen von Mikroorganismen um wertvolle Erkenntnisse bereichern: So besagen ältere Studien, dass sich Vorkommen und Anzahl der Mikroorganismen über die Höhen transekte nur unwesentlich verändern, weil sie auch den extremen Bedingungen im Hochgebirge gewachsen sind.

Die neusten Ergebnisse der Arbeitsgruppe Bodenmikrobiologie und Klimawandel lassen ein etwas anderes Bild entstehen: „Alles, was sich bis 2.700 Meter abspielt, ist den Mikroorganismen tatsächlich relativ egal, dann treten aber Veränderungen auf. Wir können bei nahezu allen Parametern eine deutliche Zonierung über die Höhenstufen erkennen“, berichtet Illmer, dessen Untersuchungen in einer Höhe beginnen, wo die meisten bisherigen bereits aufhören. Ab circa 3.300 Metern sind fast allen Mikroorganismen die Bedingungen zu unwirtlich. Hier überleben nur mehr einige wenige *Bacteria* und auch *Archaea*, ebenfalls einzellige Mikroorganismen, die lange Zeit zu den *Bacteria* gezählt wurden, jedoch eine völlig eigenständige Domäne unter den Lebewesen darstellen.

Archaea zählen neben bakteriellen Pionierorganismen zu den Primärbesiedlern, doch ist deren Rolle für die Bodenentstehung noch unklar. Unter den noch kaum erforschten, äußerst diversen Kleinstlebewesen sind auch zahlreiche methanogene Arten, denen Illmers besonderes Forschungsinteresse gilt. Ihre Fähigkeit, Methan zu produzieren, machen die *Archaea* in verschiedensten Zusammenhängen für den Klimawandel sehr relevant und die Illmers Arbeitsgruppe untersucht daher die Physiologie dieser speziellen Lebewesen auch in Hinblick auf die Biogasproduktion. ef 



ILLMERS ARBEITSGRUPPE

forscht auch im Rotmoostal. Im Vorfeld des sich zurückziehenden Gletschers zeigen sich unterschiedliche Stadien der Bodenbildung. Diese verläuft im Hochgebirge nicht anders als im Tal, nur sehr viel langsamer: Dort, wo vor 160 Jahren der größte Gletschervorstoß verzeichnet wurde und seitdem der Boden frei liegt, ist heute während der Vegetationszeit nur zartes Grün erkennbar, das auf dem von organischer Substanz nur marginal durchsetztem Schotter gedeiht (siehe Bild). Im Tal, wo den Bodenmikroorganismen mehr und besser verfügbare organische Substanz, mehr flüssiges Wasser und höhere Temperaturen zur Verfügung stehen, hätte sich nach einer vergleichbaren Zeit bereits eine funktionierende Humusschicht gebildet.