



UNTERIRDISCHE BERGSTEIGER: DIE TIERWELT IN GEBIRGSBÖDEN

Michael Steinwandter¹, Julia Seeber^{1,2}

¹ AlpSoil Lab, Institut für Alpine Umwelt, Eurac Research, Bozen, Italien

² Institut für Ökologie, Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich

YOUNG REVIEWERS:



**MERCY
SCHOOL
INSTITUTE**

AGE: 15

Der Boden unter unseren Füßen muss noch weiter erforscht werden, obwohl wir wissen, dass er eine große Anzahl von Organismen beherbergt. Boden ist ein Mysterium, in das wir nicht direkt hineinschauen können, um dessen Bewohner und die Prozesse, zu denen sie beitragen, zu beobachten, zu denen sie beitragen. In diesem Artikel werden wir euch von Böden erzählen, die noch weniger erforscht sind. Die Rede ist von Gebirgsböden: Sie sind schwer zugänglich, beherbergen aber viele spannende Arten, von denen einige darauf spezialisiert sind, nur in diesen Höhen zu leben. Wir sind ein Team von Bodenökologinnen und Bodenökologen, das sich der Erforschung der Geheimnisse von Tieren in Gebirgsböden widmet. Wir verraten euch hier welche und wie viele Bodentiere in den (Hoch-)Gebirgsböden der Europäischen Alpen zu finden sind. Wir sprechen von natürlichen Bergökosystemen, aber auch von landwirtschaftlich genutzten. Außerdem erklären wir einige clevere Methoden, wie sich diese Arten an die raue alpine Welt angepasst haben.

WAS SIND GEBIRGSBÖDEN?

Wenn wir von Gebirgsböden sprechen, meinen wir in der Regel Böden in großer Höhe, insbesondere Böden oberhalb der Baumgrenze, wo es nur vereinzelt oder gar keine Bäume gibt. In den Europäischen Alpen findet man diese Zone oberhalb von 2.000 m, in den Zentralalpen erst oberhalb von 2.300 m. Natürlich gibt es auch einige Gebirgsböden auf niedrigeren Bergen oder sogar Hügeln, aber wir werden uns hier auf die spannend Welt der Bodentiere konzentrieren, die auf natürlichen Bergwiesen, beweideten Almen und gar auf bloßen Böden in höheren Bergen wie den Europäischen Alpen – zwischen 1.500 und 3.000 m – leben.

Einige Gebiete oberhalb der Baumgrenze, in der so genannten **alpinen Zone**, scheinen vom Menschen unberührt zu sein. Dies ist jedoch nicht der Fall: viele dieser Bergwiesen werden seit Jahrhunderten und sogar Jahrtausenden von Bergbäuerinnen und Bergbauern in den Sommermonaten schonend als Weiden für kleine Gruppen von Kühen, Schafen und Ziegen genutzt (Abbildung 1A). Warum wanderten die Landwirtinnen und Landwirten früher (und wandern auch heute noch) mit Kühen und Schafen so hoch hinauf? Warum nutzen sie nicht einfach die Wiesen im Talboden, die ja leichter zugänglich sind? Nun, sie nutzen zwar auch die Talwiesen, aber auf den Almen wachsen viele farbenfrohe und nahrhafte Kräuter und Gräser, die Kühe und Schafe gerne fressen und die für sie sehr gesund sind. Außerdem sind die Temperaturen in heißen Sommern in den höheren Lagen für die Tiere sehr viel erträglicher.

WELCHE UND WIE VIELE TIERE LEBEN IN GEBIRGSBÖDEN?

Die Schönheit der Gebirge liegt nicht nur oberirdisch in der Form von bunten Blumen und Sträuchern, sondern auch unter unseren Füßen. Um die Bodentiere zu untersuchen, entnehmen wir quadratische Bodenblöcke in der Größe von 25×25 cm und 15 cm Tiefe (Abbildung 1C) und extrahieren die **wirbellosen Tiere** mit einem **Kempson-Apparat**. Der Kempson-Apparat nutzt die Wärme und das Licht von Glühbirnen, um die Tiere aus dem Boden zu treiben, während die Bodenblöcke langsam austrocknen. Die Tiere werden dann in wassergekühlten, mit Sammelflüssigkeit gefüllten Behältern gesammelt. Darüber hinaus stellen wir an unseren Untersuchungsstandorten auch **Bodenfallen** auf (Abbildung 1B). Bodenfallen sind offene Gefäße, die in den Boden eingegraben werden, damit Tiere wie Spinnen und Käfer hineinfallen und somit gefangen werden können. Das ist eine sehr nützliche Methode, um zu sehen, welche Krabbeltiere auf der Bodenoberfläche zu finden sind. Mit Hilfe dieser Techniken fanden wir in den Gebirgsböden eine vielfältige Tiergemeinschaft von Regenwürmern, Tausendfüßern, Käfern und Insektenlarven.

Die biologische Vielfalt des Bodens ist in der **subalpinen Zone** zwischen 1.500 und 2.000 m besonders hoch. In diesem Grenzgebiet gibt es Wälder und von Landwirtinnen und Landwirten angelegte Weiden. Hier koexistieren Bodentiere, die typischerweise in Bergwäldern vorkommen (z.B. Asseln und

ALPINE ZONE

Eine Klimazone, die in höheren Bergen oder arktischen Gebieten zu finden ist. Es ist die Zone, in der Bäume aufgrund der zu niedrigen Temperaturen nicht wachsen können.

WIRBELLOSE

Eine große Gruppe von Tieren, die keine Wirbel (kein Rückgrat) haben. Typische wirbellose Bodentieren sind Insekten (Käfer, Fliegen-Larven), Regenwürmer, Tausendfüßer, Asseln und Spinnen.

KEMPSON-APPARAT

Ein Gerät in Bodenlaboren zur Extraktion von Tieren aus Bodenblöcken. Diese werden von oben erhitzt, die darin lebenden Bodentiere versuchen, den trockenen und heißen Bedingungen zu entkommen und fallen in einen Sammelbehälter.

BODENFALLEN

Eine einfache Methode, um bodenbewohnende Insekten und Wirbellose zu fangen. Es sind Gefäße, die in den Boden eingegraben werden und für einen oder mehrere Tage aktiv bleiben.

SUBALPINE ZONE

Eine Klimazone, welche die Bergwälder bis zur natürlichen Baumgrenze umfasst. Sie umfasst auch eine Übergangszone zwischen diesen Wäldern und dem alpinen Grasland, wo nur niedrige Sträucher und einzelne Bäume wachsen können.

Abbildung 1

In den Europäischen Alpen hat die jahrhundertelange traditionelle Landwirtschaft artenreiche Wiesenböden geschaffen. (A) Die alpine Zone oberhalb der Baumgrenze wird häufig von Kühen und Schafen beweidet. Tiefer unten in der subalpiner Zone wurden ebenfalls Wälder abgeholzt, um Weiden und Heuwiesen zu schaffen. In höheren Lagen nehmen die felsigen Gebiete zu und dominieren in der hochalpinen Zone, dem Gebiet oberhalb der geschlossenen Vegetation (Gsies, Südtirol, Italien). (B) Wir sammeln wirbellose Bodentiere durch das Aufstellen von Bodenfallen (gelber Pfeil) (Dolomiten, Südtirol, Italien). (C) Bodenblöcke werden entnommen und zur Untersuchung ins Labor gebracht (Matsch, Südtirol, Italien). (Bildnachweis: Michael Steinwandter)

NIVALE ZONE

Ein felsiges und oft schneebedecktes Gebiet im Hochgebirge und arktischen Regionen, die auf die alpine Zone folgt. Hier wachsen fast keine Pflanzen mehr, sondern nur vereinzelt Flechten und Moose.

Hundertfüßer), mit Arten aus natürlichen Wiesenlandschaften (Regenwürmer und Tausendfüßer). Auf subalpinen Weiden in den Europäischen Zentralalpen fanden wir in den oberen 15 cm der Bodenschicht bis zu 115 Regenwürmer pro Quadratmeter, sowie 60 Tausendfüßer, 55 Käfer und 50 Larven von Fliegen und Mücken [1].



Abbildung 1

All diese wirbellosen Bodenlebewesen profitieren von der sporadischen Anwesenheit von Weidetieren wie Kühe, Schafe und Wildtieren wie Rehe, Gämsen und Alpensteinböcke. Diese Weidetiere halten die Vegetation kurz, entfernen Sträucher und halten so das Grasland offen. Außerdem hinterlassen sie jede Menge Dung, der eine willkommene Nahrungsquelle für viele Bodentiere wie Regenwürmer, Tausendfüßer und Mistkäfer darstellt (Abbildung 2) [2]. Wenn die Landwirte jedoch zu viele Kühe und Schafe auf diese Flächen bringen, können wir negative Auswirkungen durch Zertrampeln und zu viel Dung beobachten, was zu einem Rückgang einiger Bodentierarten führt. So fanden wir beispielsweise in einem von Landwirtinnen und Landwirten übernutzten Gebiet nur noch etwa 5 Tausendfüßer und 45 Käfer pro Quadratmeter.

Je höher wir steigen, desto weniger Arten und Individuen von Bodentieren finden wir (Abbildung 3). In der alpinen Zone zwischen 2.000 und 2.800 m können keine Bäume wachsen, da die Temperaturen zu niedrig sind und die sommerliche Vegetationsperiode kurz ist. In dieser alpinen Zone erreichen einige Bodentier-Arten die obere Grenze ihrer Verbreitung. Regenwürmer und Tausendfüßer werden weniger und sind in Höhen über 2.500 m nur noch selten anzutreffen, auch wenn weidende Schafe zusätzliche Nahrung in Form von Dung liefern. In den von uns untersuchten alpinen Zonen fanden wir nur noch 20 Regenwürmer und 10 Tausendfüßer pro Quadratmeter. Fliegen- und Mückenlarven hingegen nehmen massiv zu (mehr als 750 pro Quadratmeter) und übernehmen teilweise die wichtigen Ökosystemfunktionen der Regenwürmer, wie z.B. den Abbau von abgestorbenem Pflanzenmaterial [3].

In den Europäischen Alpen sind die Gebiete oberhalb von 2.500 m oft lange mit Schnee bedeckt, was das Leben für die Bodentiere sehr schwierig macht. Diese Zonen, die hochalpine Zone und die **nivale Zone** (über 3.000 m), werden in der Regel nicht von Landwirtinnen und Landwirten genutzt. Diese Böden werden hauptsächlich von kleinen Tieren wie Springschwänzen und Milben bewohnt. Alpine Arten sind Kältespezialisten und überleben unter dem Schnee, der wie eine Decke wirkt und die Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt hält, auch wenn die Lufttemperatur weit unter den Gefrierpunkt fällt.

Abbildung 2

Wirbellose Bodentiere von unseren Forschungsstandorten in den Stubai und den Öztaler Alpen in Tirol, Österreich. (A) Ein angehobener Kuhfladen gibt den Blick frei auf die Fraßgänge von Regenwürmern (*Lumbricus rubellus*), Mistkäfern und Insektenlarven. (B) Der Saftkugler (*Glomeris transalpina*) ist in alpinen Zwergstrauchheiden der Europäischen Zentralalpen häufig anzutreffen. (C) Die Larven von Trauermücken (*Mycetophilidae*) ernähren sich von Schafsmist auf hochalpinen Weiden (Bildnachweis: Michael Steinwandter).



Abbildung 2

WIE KÖNNEN DIESE TIERE ÜBERLEBEN?

Adaption ist der Schlüssel zum Überleben in hohen Höhenlagen. Unter Adaption versteht man die Fähigkeit, sich durch Optimierung von Körpermerkmale, und/oder des Verhaltens an neue Umweltbedingungen anzupassen. Bodentiere in diesen Ökosystemen leben bei niedrigen Temperaturen und treffen in den Sommermonaten oft auf Schnee. Außerdem sind sie einer stärkeren Sonneneinstrahlung ausgesetzt und haben immer weniger Lebensraum zur Verfügung, je höher man steigt. Diese Tiere können zudem nicht wählerisch sein, was ihre Nahrung angeht - sie müssen sich von allen verfügbaren Nahrungsquellen ernähren. Während sich einige Käfer im Flachland ausschließlich von pflanzlicher Nahrung ernähren, fressen sie auf alpinen Weiden auch andere Tiere und deren abgestreifte Häute oder Kadaver sowie Dung, sofern dieser vorhanden ist [4]. Die Anpassung an diesen breiteren Speiseplan erhöht die Chance, dass ein Käfer genügend Energie zum Überleben und Gedeihen sammeln kann.

Eine weitere Überlebensstrategie der Gebirgsbodentiere besteht darin, dass sie ihre Lebensstadien verlängern können, wenn die Sommer zu kurz sind, um das nächste Stadium zu erreichen. Wenn zum Beispiel ein Tausendfüßer in einem verschneiten, kalten Sommer nicht genügend Energie für die Produktion seiner Eier aufbringen kann, kann er es auf den nächsten Sommer verschieben, wenn die Bedingungen günstiger sind. Dies ist zwar eine nützliche Anpassung, bedeutet aber auch, dass die Tausendfüßer länger in der rauen Umgebung überleben müssen, um ihre Eierproduktion erfolgreich abzuschließen. Des Weiteren haben Bodentiere in hohen Lagen ihren Körper an die rauen Bedingungen angepasst, indem sie ihre Körpergröße verringert haben (kleinere Körper können sich leichter aufheizen), indem sie ihre Flügel verloren haben (ohne Flügel können die Tiere nahe an der Bodenoberfläche bleiben und starken Winden ausweichen), indem sie ihre Körperfarbe geändert haben (dunklere Körper können sich leichter aufheizen) und/oder indem sie

ADAPTATION

Die Fähigkeit, sich an neue Umweltbedingungen anzupassen, indem Körpermerkmale und/oder Verhalten optimiert werden. Zum Beispiel haben sich Alpine Wirbellose an die raue Gebirgswelt angepasst.

Frostschutzmittel in ihren Körpern produzieren, um zu verhindern, dass sie bei niedrigen Temperaturen einfrieren.

Abbildung 3

Verteilung typischer wirbelloser Bodentiere in den verschiedenen Höhenlagen der Europäischen Zentralalpen. Die Zonen beginnen und enden in unterschiedlichen Höhenlagen auf der Sonn- und der Schattseite. Die Tabelle zeigt, wie viele Tiere pro Quadratmeter in den einzelnen Höhenstufen zu erwarten sind, basierend auf den derzeit verfügbaren Daten. Im Allgemeinen nimmt die Zahl der Bodentiere mit zunehmender Höhe ab, wobei verschiedene Tiergruppen ihre Verbreitungsgrenze in unterschiedlichen Höhenlagen erreichen (z.B. Tausendfüßer bei 2.500 m, Käfer bei 3.000 m). Sternchen (*) zeigen an, dass nur sehr begrenzte, stark variierende Daten verfügbar sind. (Bildnachweis: verändert nach Wikimedia Commons)

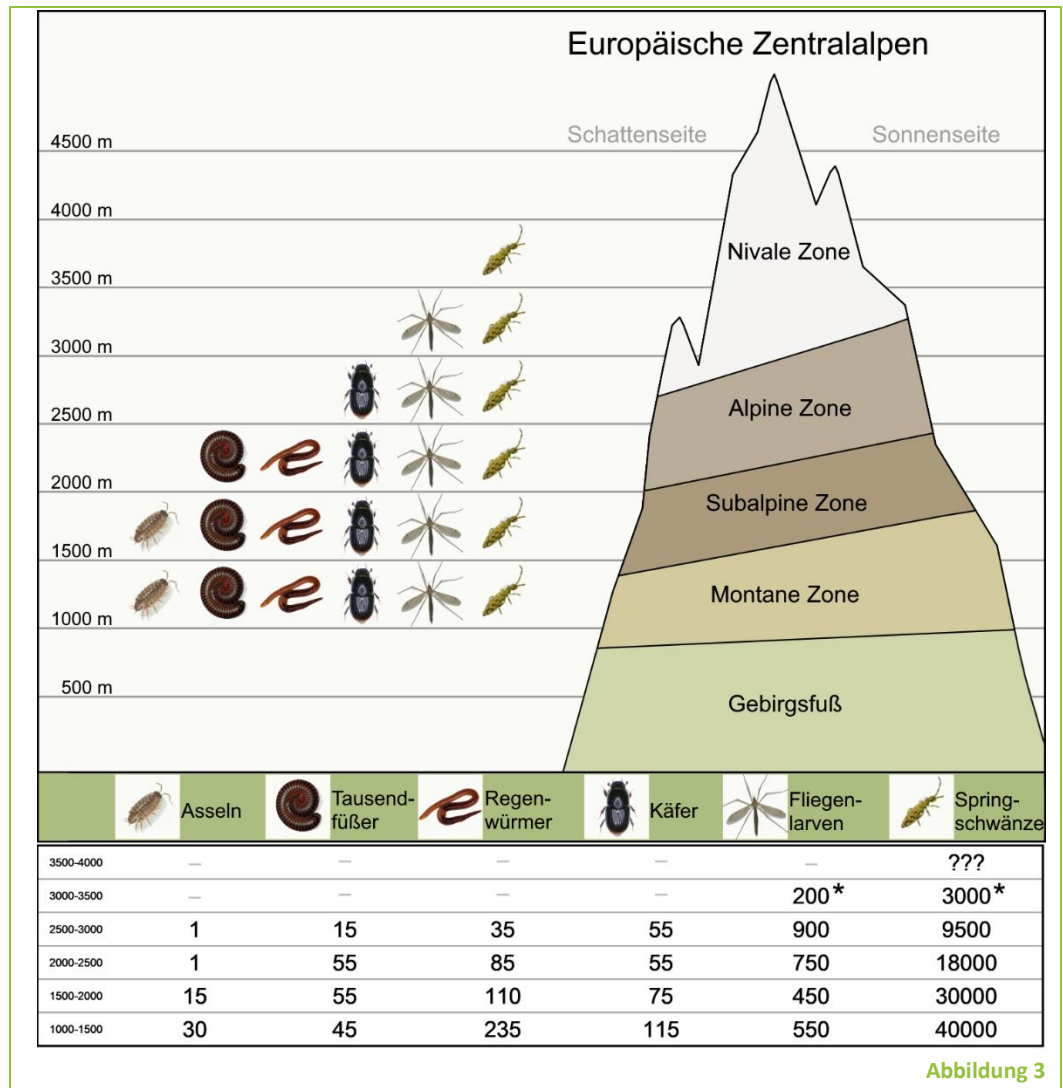


Abbildung 3

BENÖTIGEN GEBIRGSBÖDEN HILFE?

Ihr wisst nun, dass Gebirgsböden hochinteressante Orte sind, an denen viele wirbellose Bodentiere leben, von denen einige sogar nur in Gebirgsböden vorkommen. Da diese Böden und ihre Bewohner noch wenig erforscht sind, ist die Wahrscheinlichkeit recht hoch, dort neue Arten zu finden. Doch wie viele andere Ökosysteme sind auch die Gebirgsböden bedroht und müssen geschützt werden. Ein großes Problem für z.B. die artenreichen subalpinen Almweiden ist, dass Landwirt:innen diese Flächen aufgeben, weil diese traditionellen Bewirtschaftungsmethoden nicht genug Geld einbringen. Wenn Kühe und Schafe alpine Grasflächen an der Baumgrenze nicht mehr beweiden, werden diese Flächen von verholzten Sträuchern bewachsen, die ein dichtes und unpassierbares Gestrüpp bilden. Außerdem werden die steigenden Temperaturen infolge des Klimawandels zu einer Aufwärtswanderung der Bodentiere führen, da sie versuchen, den für sie zu warmen Temperaturen zu entkommen. Da jedoch mit zunehmender Höhe immer weniger Platz zur Verfügung steht, werden die Tiere Probleme haben, genügend Platz zum Leben zu finden, und es könnte ein höheres Aussterberisiko für sie bestehen.

Aber die gute Nachricht ist, dass wir alle helfen können! Indem wir zum Beispiel Bergbäuerinnen und Bergbauern unterstützen und ihre Produkte (wie Milch und Käse) kaufen, können wir die Chance erhöhen, dass sie weiterhin schöne Almen pflegen und erhalten können. Außerdem können wir uns persönlich um die Bergböden kümmern, indem wir sie nicht beschädigen, wenn wir wandern, bergsteigen oder Ski fahren. Wir sollten auf den Wanderwegen bleiben und unseren Müll mit nach Hause nehmen, anstatt ihn in den Bergen zurückzulassen. Und schließlich können wir politisch aktiv werden, indem wir unsere Stimme gegen den Bau neuer Freizeiteinrichtungen wie Skigebiete, Berghütten und Mountainbike-Strecken erheben, die diese natürlichen und empfindlichen Berggebiete schädigen können.

Wir alle müssen mit diesem wertvollen Ökosystem, das sich Boden nennt, äußerst vorsichtig umgehen. Wir dürfen nicht vergessen, dass Gebirgsböden Jahrhunderte - in Hochgebirgen sogar Jahrtausende - brauchen, um zu entstehen, aber diese Ökosysteme und die faszinierenden Bodenorganismen, die darin leben, können ohne unseren Schutz in Minuten zerstört werden!

QUELLENANGABEN

1. Steinwandter M, Schlick-Steiner BC, Seeber GUH, Steiner FM, Seeber J. Effects of Alpine land-use changes: Soil macrofauna community revisited. *Ecology and Evolution* (2017) 7:5389–5399. doi:10.1002/ece3.3043
2. Curry JP, Schmidt O. The feeding ecology of earthworms - A review. *Pedobiologia* (2007) 50:463–477. doi:10.1016/j.pedobi.2006.09.001
3. Kitz F, Steinwandter M, Traugott M, Seeber J. Increased decomposer diversity accelerates and potentially stabilises litter decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* (2015) 83:138–141. doi:10.1016/j.soilbio.2015.01.026
4. Steinwandter M, Rief A, Scheu S, Traugott M, Seeber J. Structural and functional characteristics of high alpine soil macro-invertebrate communities. *European Journal of Soil Biology* (2018) 86:72–80. doi:10.1016/j.ejsobi.2018.03.006

BEARBEITET DURCH: Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

WISSENSCHAFTSBERATER: Fares Z. Najar

QUELLE: Steinwandter M and Seeber J (2022) Belowground Mountaineers: Critters Living in Mountain Soils. *Front. Young Minds* 10:660110. doi: 10.3389/frym.2022.660110

INTERESSENSKONFLIKT: Die Autoren versichern, dass die Studie ohne kommerzielle oder finanzielle Beziehungen durchgeführt wurde, die als möglicher Interessenskonflikt ausgelegt werden könnten.

COPYRIGHT © 2022 Steinwandter and Seeber. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

YOUNG REVIEWERS

MERCY SCHOOL INSTITUTE, AGE: 15

Wir sind spaßige und dynamische Anführer und wir lieben es, mit Freunden Zeit zu verbringen.

AUTOR:INNEN

MICHAEL STEINWANDTER

Ich bin Bodenökologe und Bodenzologe im AlpSoil Lab und beschäftige mich hauptsächlich mit Lebewesen wie Regenwürmern, Spinnen und vorzugsweise Tausendfüßern. Ich führe meine Forschungen in Böden in allen Höhenlagen durch, auch im Flachland, aber am liebsten erforsche ich die Bodentiere in Bergwäldern und auf Weiden oberhalb der Baumgrenze. Das lässt sich ideal mit meiner Leidenschaft fürs Wandern und Bergsteigen kombinieren, die einem in die Wiege gelegt wird, wenn man in den Dolomiten (Südtirol, Norditalien) aufgewachsen ist. Neben der Wissenschaft bin ich von der gesamten Vielfalt der Natur fasziniert. Deshalb bin ich auch ein professioneller Wanderführer und bin als Umweltschützer aktiv. *michael.steinwandter@eurac.edu

JULIA SEEBER

Ich bin Bodenökologin im AlpSoil Lab, mein besonderes Interesse gilt den Bodentieren, ihren Lebensräumen und den Bodenprozesse, an denen sie beteiligt sind. Ich gehe gerne auf Exkursionen, um die Lebensräume zu sehen und zu erforschen, aber ich mag auch Experimente mit den Tieren im Labor, um sie dabei zu beobachten, wie sie wunderbare Dinge tun, wie zum Beispiel totes Pflanzenmaterial abbauen. Meine Lieblingstiere sind Regenwürmer, denn sie sind sehr wichtig für das Ökosystem Boden. Meine Vorliebe für Bergsportarten, wie Skifahren und Wandern, lässt sich leicht mit meiner Liebe zur Wissenschaft in den Bergen verbinden.

ÜBERSETZER:INNEN

MICHAEL STEINWANDTER

(siehe Autor:innen)

JULIA SEEBER

(siehe Autor:innen)

