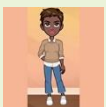


BODEN-ÖKOSYSTEME WANDELN SICH MIT DER ZEIT

Enrique Doblás-Miranda *

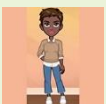
CREAF, Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spanien

YOUNG REVIEWERS:



RUTENDO

ALTER: 14



NOKUTENDA

ALTER: 14

All die Tiere, die unter unseren Füßen leben, sind nicht starr. Sie können wandern (zu einer ganzen Reihe von Orten, denn der Boden ist ein dreidimensionaler Raum) und sich wandeln (zum Beispiel von einem Kokon zu einem aktiven Stadium). Aus diesem Grund kann ein bestimmtes Stückchen Erdboden im Winter und Sommer unterschiedliche Lebensgemeinschaften beherbergen. Diese können sich sogar während des sonnigen Tages und der kalten Nacht unterscheiden. So zeigten zum Beispiel Untersuchungen an bodenbewohnenden Käferlarven vertikale Bewegungen der Tiere auf der Suche nach besseren Lebensbedingungen. Außerdem wandelt sich der Boden während seiner Bildung stark, und mit ihm wandeln sich auch seine Bewohner. Im Fall der Oribatiden, einer artenreichen Gruppe winziger Bodenmilben, konnten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Veränderungen in der Artengemeinschaft über Jahrzehnte und Jahrhunderte hinweg beobachten. Viele Studien konnten ein einfaches, aber kraftvolles Prinzip aufzeigen: Ökosysteme sind nicht wie starre Fotografien, sondern sich in ständiger Veränderung befindliche Lebenswelten.

ÖKOSYSTEME SIND KEINE STARREN FOTOS

Wenn wir an die Diversität von Ökosystemen denken, stellen wir uns Ökosysteme oft stabil und beständig vor. So wie ein Buch mit Bildern, auf denen alle Pflanzen und Tiere wie eingefroren und im Gleichgewicht miteinander existieren. In unseren Köpfen (und auch auf vielen Darstellungen in Büchern) sind Pflanzen ständig verfügbar um von Pflanzenfressern gefressen zu werden, und die Pflanzenfresser ihrerseits warten nur darauf von den Fleischfressern gefressen zu werden. Und das alles findet nur im strahlenden Tageslicht statt. Aber das ist nicht die Wirklichkeit! Zwar sind die meisten Tiere eines Ökosystems tagsüber unterwegs, aber manche erscheinen nur im Dunkel der Nacht. Die Essbarkeit oder Giftigkeit von Pflanzenbestandteilen hängt von der Jahreszeit ab und durch Katastrophen wie z.B. Waldbrände kann sich sogar das gesamte Ökosystem verändern. Ganz zu schweigen von der ungeheuren Diversität im Boden unter unseren Füßen, die wir uns kaum vorstellen können.

WIE DIE VERÄNDERUNGEN UNTER UNSEREN FÜßEN ABLAUFEN

Natürlich verändert sich auch die **Boden-Biodiversität** mit der Zeit, allerdings nicht so, wie Veränderungen über der Bodenoberfläche ablaufen. Zum einen ist Bewegung im Boden deutlich mühevoller. Regenwürmer, Insektenlarven, Maulwurfsgrillen (und auch Maulwürfe, aber wir beschränken uns hier auf kleine **Wirbellose**), und viele andere winzige Lebewesen müssen mit ihrem Mund, ihren Krallen oder ihren Beinen graben. Noch kleinere Lebewesen bewegen sich im Boden durch winzige luftgefüllte Hohlräume, die **Bodenporen** genannt werden.

Bodenbewohner sind nicht auf die typische horizontale Bewegungsrichtung der Oberflächentiere beschränkt. Boden-Wirbellose können sich unter der Bodenoberfläche ebenso auf- und abwärts bewegen, was vertikale Migration genannt wird. Vertikale Migration kann innerhalb eines einzigen Tages ablaufen oder über die Jahreszeiten hinweg. Enchyträen, wirklich winzige Würmer, gehören zu den wenigen Gruppen von bodenlebenden Tieren, von denen solch eine Migration während eines einzelnen Tages bekannt ist. Während der heißen Mittagszeit ziehen sich die Enchyträen tiefer in den Boden zurück um den trockenen Bedingungen an der Bodenoberfläche zu entgehen. Abends, wenn der Boden wieder ihren bevorzugten Feuchtigkeitsgehalt erreicht hat, kehren sie aus der Tiefe zurück. Diese Art der Migration ist die Basis für eine der meistgenutzten Methoden um **Boden-Mesofauna** zu studieren. Diese Methode besteht aus dem Erhitzen und Trocknen einer Bodenprobe mit Hilfe einer Glühlampe. Die Bodenprobe befindet sich dabei über einem Trichter, sodass die Lebewesen, die nach unten aus der Probe „entkommen“ in einen Sammelbehälter darunter fallen (Abbildung 1).

Viele Boden-Wirbellose können in Dauerformen existieren, die es ihnen erlauben ungünstige Bedingungen für eine lange Zeit zu überleben. Die Schildlausarten der Familie Margarodiden (im Englischen „Ground pearls“, „Bodenperlen“, genannt) sind kleine, runde und sehr interessante Insekten und

BODEN-BIODIVERSITÄT

Die gesamte Vielfalt bodenbewohnender Lebewesen

WIRBELLOSE

Tiere ohne Knochen. Im Boden sind das hauptsächlich Würmer und Gliederfüßer (Tausendfüßer, Asseln, Insekten, Spinnen, ...).

BODENPOREN

Extrem kleine (weniger als 0.075 mm) Hohlräume in der festen Struktur des Bodens, hauptsächlich mit Luft und Wasser gefüllt [2].

BODEN-MESOFAUNA

Boden-Lebewesen, kleiner als 2 mm, z.B. Springschwänze, Milben und winzige Würmer [1]

Abbildung 1

Eine typische Tullgren- oder Berlese-Trichterfalle, benannt nach ihren Erfindern. Der Boden wird über dem Trichter auf einem Gitter platziert. Eine Glühlampe darüber erhitzt und trocknet den Boden aus und zwingt so die Bodenorganismen, nach unten zu entkommen. Wenn sie aus der Bodenprobe herausfallen, landen sie in einem Sammlungsgefäß, das normalerweise mit einer Substanz gefüllt ist, die sie am Leben hält. Nun können die Organismen untersucht werden.

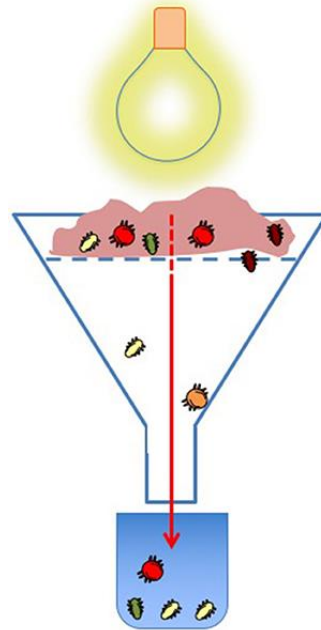


Abbildung 1

ein perfektes Beispiel dafür. Sie können ein perlweißes Sekret um sich herum ausscheiden und dadurch eine rundliche Zyste oder „Ruhestadium“ bilden, in dem sie jahrzehntelang überdauern können. Aber sobald ausreichend köstliche Wurzeln als Nahrungsressource verfügbar sind, entwickeln sich die Zysten weiter und werden zu gefräßigen Erwachsenen. Unter sehr günstigen Umständen sind viele Margarodiden-Arten in der Lage sich zu klonen um so viel wie möglich von den günstigen Umständen zu profitieren. So mag ein armer Weinbauer in einem Jahr keine einzige der kleinen Margarodiden zu Gesicht bekommen. Aber schon im nächsten Jahr können alle seine Reben von erwachsenen Tieren befallen sein.

Oberhalb der Bodenoberfläche sind sehr kleine Tiere in der Lage, sich vom Wind, aber auch vom Wasser oder sogar von anderen Tieren davon tragen zu lassen. Einige oberflächennah lebende Boden-Wirbellose nutzen diese Art des Reisens tatsächlich auch. Diese sogenannte passive Verbreitung der Bodenfauna ist in letzter Zeit viel untersucht worden, da hierdurch Bewegungen von Bodenorganismen über große Distanzen erklärt werden könnten.

JAHRESZEITLICHE VERÄNDERUNGEN

Während meiner frühen Jahre als Wissenschaftler war noch nicht so viel über die Wanderungen von Bodenorganismen bekannt wie heutzutage und jede neue Entdeckung war sehr aufregend. So auch die Entdeckung, dass manche bodenlebenden Insektenlarven eine jahreszeitliche vertikale Migration vollführen [3]!

Für eine Studie haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einer wüstenähnlichen Strauchlandschaft in Südspanien über zwei Jahre hinweg jeden Monat Bodenproben genommen. Diese Proben wurden in verschiedenen

MAKROFAUNA

Boden-Lebewesen, zwischen 2 mm und 2 cm groß, z.B. Käfer und ihre Larven, Regenwürmer und winzige Würmer [1]

Abbildung 2

Im Sommer sind die Larven gleichmäßig an der Oberfläche und in tieferen Bodenschichten verteilt, aber im Winter befinden sie sich hauptsächlich an der Bodenoberfläche, wo sie Laubstreu fressen können ohne durch die heißen, trockenen Bedingungen, die im Sommer hier herrschen, Schaden zu nehmen.

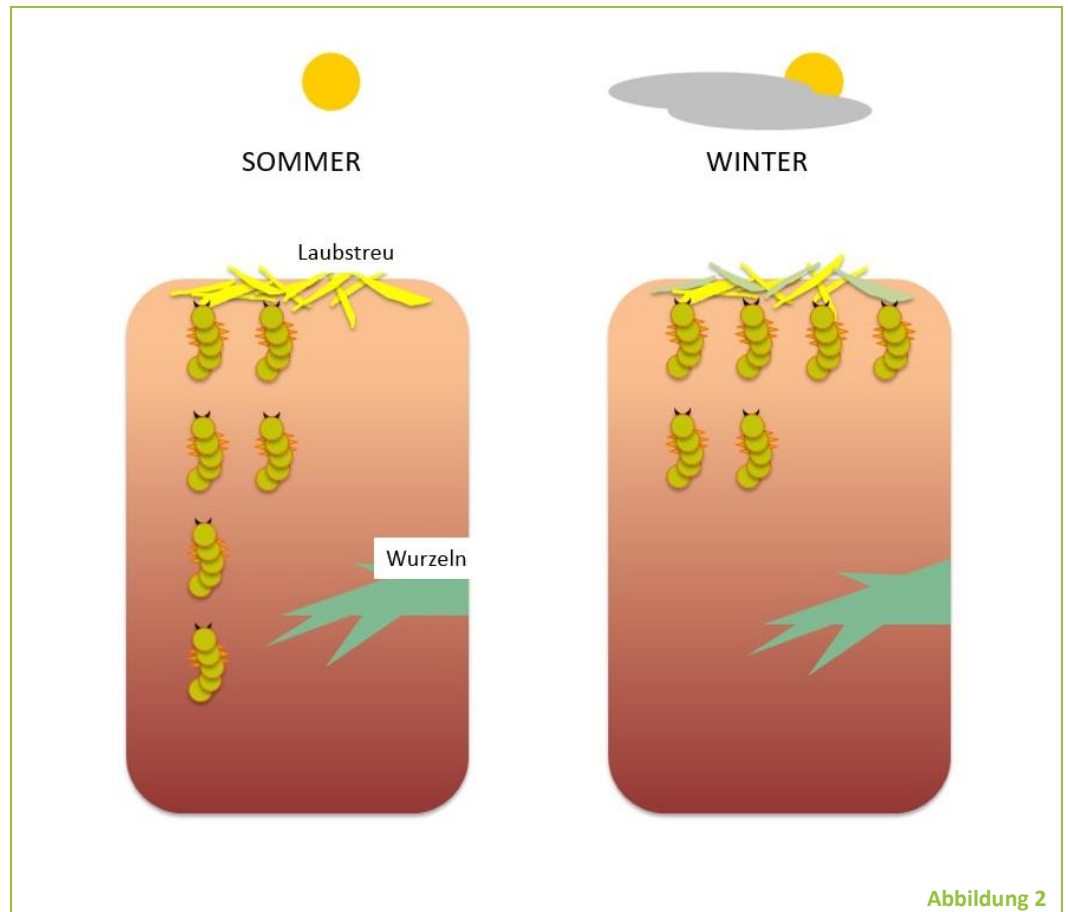


Abbildung 2

In der Gegend, in der diese Studie durchgeführt wurde, sind die Sommer sehr heiß und trocken. Das Lieblingsessen der Schwarzkäfer, Laubstreu, sammelt sich an bestimmten Stellen an der Bodenoberfläche, wie zum Beispiel an Sträuchern und Ameisenhügeln. In diesen „Restaurants“ sind die Tiere der Sonne jedoch ungeschützt ausgesetzt. Daher begnügen sich die Käferlarven damit, nur im milden Winter an der Bodenoberfläche Laubstreu zu fressen. Im Sommer lassen sie sich hingegen in anderen „Restaurants“ in tieferen Bodenschichten andere Nahrung schmecken, wie etwa abgestorbene Wurzeln. Wenn die Larven diese vertikale Migration durchführen, erweisen sie gleichzeitig dem gesamten Ökosystem einen großen Dienst. Ähnlich wie Regenwürmer in klimatisch gemäßigteren Ökosystemen, verlagern diese robusten Larven durch ihre Migration die Bodenpartikel. Dadurch werden Luft, Wasser und organisches Material im Boden durchmischt, was sehr vorteilhaft für das Ökosystem ist.

ÖKOSysteme Können Wachsen... Und sogar Altern!

SUKZESSION

Der Prozess, in dem Ökosysteme auf neu entstandenen Oberflächen „geboren“ werden und „wachsen“ - wie etwa auf einer neuen Koralleninsel oder dem Boden, der durch das Zurückweichen eines Gletschers entsteht. Sukzession findet auch statt, wenn Ökosysteme nach einem Störungsereignis wie etwa einem Waldbrand wieder „nachwachsen“.

CHRONOSEQUENZ

Eine Gruppe von Ökosystemen, die zum gleichen Zeitpunkt untersucht werden. Sie haben alle den gleichen Ursprung, beherbergen die gleichen Pflanzenarten und befinden sich in der gleichen geographischen Region, sind aber unterschiedlich alt. Die Betrachtung von Ökosystemen in Chronosequenzen ist notwendig, da wir nicht jahrzehntelang warten können um ein einzelnes Ökosystem immer wieder während seiner gesamten Entwicklung zu untersuchen.

Kurzfristig verändern sich in einem Ökosystem Eigenschaften wie die Wetterverhältnisse oder auch die Verfügbarkeit von Nahrungsressourcen. Aber dies sind nicht die einzigen möglichen Veränderungen. Faktisch kann sich ein komplettes Ökosystem in einem Prozess namens Ökosystem-**Sukzession** verändern. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben untersucht, wie sich die Diversität von Boden-Wirbellosen während der Sukzession verändert. Dabei haben sie sich auf eine bestimmte Gruppe von bodenlebenden Milben fokussiert, die Hornmilben (Oribatiden). Oribatiden sind winzig, zahl- und artenreich, sodass in einer kleinen Bodenprobe eine komplette Artengemeinschaft von ihnen zu finden ist. Außerdem gibt es viele Bestimmungshilfen für die Artbestimmung der Oribatiden. Das alles macht sie zu einer perfekten Organismengruppe, um Veränderungen in ihrer Diversität zu beobachten und dadurch Veränderungen von Ökosystemen zu erforschen. Außerdem ist ihre Fortbewegung relativ eingeschränkt: sie leben in den tiefen Bodenschichten, bewegen sich nur innerhalb von Bodenporen fort und verbreiten sich nur gelegentlich passiv. Daher entwickeln sich Oribatiden-Artengemeinschaften hauptsächlich durch den Prozess der Ökosystem-Sukzession.

In einer aktuellen Studie untersuchten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine **Chronosequenz** von Wäldern, die sich nach dem Ende der Bewirtschaftung auf ehemaligen Äckern entwickelten. Sie wollten wissen, ob gleichartige Wälder verschiedenen Alters dieselben Bodentier-Gemeinschaften beherbergen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erwarteten, dass Äcker nur wenige Oribatidenarten mit geringer Anzahl von Individuen beherbergen. Diese würden sich aber mit zunehmendem Alter der nachwachsenden Wälder zu abwechslungsreichen Gemeinschaften entwickeln. Indem sie aktuelle Luftaufnahmen mit älteren Fotografien aus den 1950ern verglichen, konnten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bestimmen, welche Flächen damals bereits Wälder gewesen waren (lang-bestehende Wälder) und welche damals Ackerland waren (neue Wälder). Innerhalb der neuen Wälder unterschieden sie außerdem zwischen zwei Typen von Wäldern: Isolierte Wälder waren hauptsächlich von Ackerland umringt und beherbergten daher wahrscheinlich Oribatiden-Gemeinschaft, die denen in Äckern ähnlich sind. Verbundene Wälder waren dagegen mit alten Wäldern verbunden und wiesen wahrscheinlich Oribatiden-Gemeinschaften auf, die denen in alten Wäldern ähneln.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler machten zwei wichtige Beobachtungen. Erstens, lang-bestehende Wälder und neue, aber verbundene Wälder beherbergten die gleichen Zahlen von Oribatiden-Individuen und – Arten. Diese waren außerdem höher als die Individuen- und Artenzahlen, die in den neuen isolierten Wäldern beobachtet wurden. Zweitens, die Oribatiden-Gemeinschaften enthielten mehr Arten, die sowohl in neuen isolierten als auch neuen verbundenen Wäldern vorkamen, als Arten, die sowohl in neuen als auch in lang-bestehenden Wäldern vorkamen (Abbildung 3, unten). Wahrscheinlich erreichen Oribatiden neue Ökosysteme meistens durch passive

Verbreitung früh in deren Entwicklung. In neuen Wäldern, die mit lang-bestehenden Wäldern verbunden waren, siedelten sich daher zunächst sehr schnell Oribatiden-Gemeinschaften an, die denen der lang-bestehenden Wälder ähnelten. Aber während der Entwicklung der Ökosysteme in den neuen Wäldern verhinderten ein Mangel an Rückzugsorten und ein beschränkter Zugang zu passender Nahrung wahrscheinlich eine dauerhafte Ansiedlung einiger Arten. Daher ähnelten die Oribatiden-Gemeinschaften in neuen verbundenen Wäldern insgesamt eher denen der neuen isolierten Wälder und damit denen in Ackerland (Abbildung 3).

Abbildung 3

In den 1950ern (oben) waren die Gemeinschaften von Oribatiden in Wäldern viel individuen- und artenreicher als die in Ackerland. Nach dem Ende der Bewirtschaftung (Mitte) siedelten sich einige Arten aus dem Wald durch passive Verbreitung in solchen ehemaligen Äckern an, die eine Verbindung zum Wald hatten (Pfeile). Das Verschwinden (gestrichelter Pfeil) einiger Arten, die wahrscheinlich einen weiter entwickelten Boden benötigten, schuf letztlich die Unterschiede zwischen den drei Formen von Wäldern (unten).

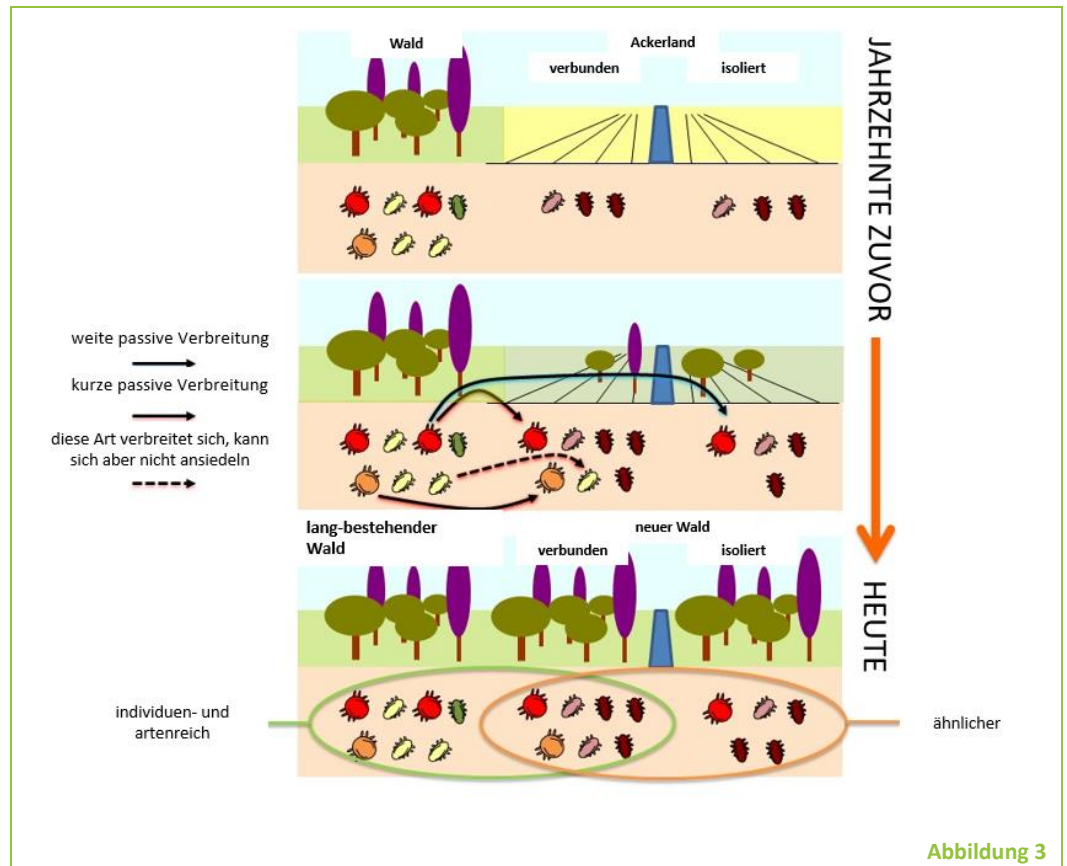


Abbildung 3

Ökosysteme „wachsen“ nicht nur, sondern können auch „altern“, solange keine große Störung wie z.B. ein Waldbrand geschieht. In borealen kanadischen Wäldern untersuchten Wissenschaftler den Alterungsprozess von Ökosystemen [4]. Sie sammelten Oribatiden in einer Chronosequenz von Wäldern nach einem Waldbrand. Die seit dem Brand verstrichene Zeit wurde mit Hilfe von 100 Jahre alten Karten bestimmt, sowie anhand von Baumringen von bis zu 200 Jahre alten Bäumen und chemischer Datierung von bis zu 700 Jahre altem Unterboden! Obwohl die Anzahl von Oribatiden-Individuen in den ersten 200 Jahren nach einem Waldbrand drastisch reduziert war, war die Anzahl an verschiedenen Arten nicht wirklich vom Brand beeinflusst. Erst in späteren Stadien der Waldalterung ging die Anzahl der Arten zurück. Das bedeutet, dass durch den fortschreitenden Verbrauch von Nährstoffen wie Phosphor und Stickstoff mit der Zeit hohe Individuenzahlen nicht aufrechterhalten werden konnten, und im weiteren Verlauf auch ganze Populationen einiger Arten verschwanden. Die Wissenschaftler verglichen auch die Oribatiden-Gemeinschaften aus Bodenproben, die unter gefällten Baumstämmen genommen worden waren mit jenen aus Proben aus offenem

Boden. Sie fanden heraus, dass Oribatiden unter den Baumstämmen in weniger hohen Populationsdichten anzutreffen waren als im offenen Boden. Über die Zeit hielten die Oribatiden unter den Baumstämmen ihre Populationsgröße jedoch stabil. Die Oribatiden-Populationen im offenen Boden nahmen hingegen mit der Zeit ab. Die Wissenschaftler schlossen daraus, dass Oribatiden, die in offenem Boden leben, mehr durch die Alterung des Ökosystems beeinflusst waren als die Oribatiden unter Baumstämmen. Der Grund dafür könnte in diesem speziellen Ökosystem die verringerte Verfügbarkeit von Laubstreu mit zunehmendem Alter des Waldes sein. Oribatiden in offenem Boden waren mehr von Laubstreu als Nahrung abhängig als Oribatiden unter Baumstämmen, die durch das Holz eine zusätzliche Nahrungsressource besaßen.

ÖKOSYSTEME SIND WIE SPANNENDE FILME

Ich hoffe, dass ihr, wenn ihr euch nun die Ökosystem-Diversität in einem Wald vorstellt, mehr als ein bewegungsloses Bild in eurem Kopf habt. Denn all diese Lebewesen dort verändern und bewegen sich, tauchen auf und verschwinden wieder - und ich hoffe, dass ihr euch die Lebewesen vorstellt, die im Boden unter unseren Füßen leben! Ökosysteme sind lebendige Szenarien, sie sind nicht statisch, sondern hoch dynamisch in der Zeit. Die vielen winzigen Lebewesen, die den Boden bewohnen, verändern sich mit der Zeit und nutzen dabei viele verschiedene und faszinierende Strategien. Bodenlebende Lebewesen sind besonders wichtig für das Ökosystem, da sie die Gesundheit des Bodens erhalten und eine wichtige Rolle im Recycling von abgestorbenen Blättern und Wurzeln spielen. Dieser Prozess hilft, die globale Erwärmung zu reduzieren und trägt zur Gesundheit unseres gesamten Planeten bei.

QUELLENANGABEN

- [1] Nielsen, U. (Ed.). 2019. "Soil and its fauna," in *Soil Fauna Assemblages: Global to Local Scales* (Cambridge: Cambridge University Press). p. 1–41. doi: 10.1017/9781108123518.002
- [2] Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M. J. I., Chotte, J. L. et al. (Eds.). 2016. *Global Soil Biodiversity Atlas*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [3] Doblas-Miranda, E., Sánchez-Piñero, F., and González-Megías, A. 2009. Vertical distribution of soil macrofauna in an arid ecosystem: are litter and belowground compartmentalized habitats? *Pedobiologia* 52:361–73. doi: 10.1016/j.pedobi.2008.11.006
- [4] Doblas-Miranda, E., and Work, T. T. 2015. Localized effects of coarse woody material on soil oribatid communities diminish over 700 years of stand development in black-spruce-feathermoss forests. *Forests* 6:914–28. doi: 10.3390/f6040914

BEARBEITET DURCH: Helen Phillips, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

QUELLE: Doblas-Miranda E (2021) Soil Ecosystems Change With Time. *Front. Young Minds.* 9:543498. doi: 10.3389/frym.2021.543498

INTERESSENSKONFLIKT: Der Autor versichert, dass die Studie ohne kommerzielle oder finanzielle Beziehungen durchgeführt wurde, die als möglicher Interessenskonflikt ausgelegt werden könnten.

COPYRIGHT © 2021 Doblas-Miranda. 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



RUTENDO, AGE: 14

Ich bin in Simbabwe geboren und habe zwei Brüder und eine Schwester. Ich liebe Mathematik, Bücher zu lesen und Musik zu hören. Wenn ich erwachsen bin, möchte ich entweder Arzt, Wissenschaftler, Psychologe oder Archäologe werden.



NOKUTENDA, AGE: 14

Meine Hobbies sind hauptsächlich kochen und malen (meistens Animes). Ich will unbedingt Küchenchefin werden, wenn ich groß bin. Ich liebe kreative Kunst. In meiner Freizeit liebe ich es zu malen was mir so in den Kopf kommt. Ansonsten lese ich Fantasy Romane, wenn ich die Zeit dazu finde.

AUTOR

ENRIQUE DOBLAS-MIRANDA

Enrique hat einen Dokortitel in Biologie und ist Wissenschaftler am CREAM. Er ist auch an internationaler Zusammenarbeit interessiert und war der Leiter des Euro-Mediterranen Projekts MENFRI. Aus diesem Projekt heraus gründete er eine Organisation, die Partnerschaften zur Überwindung von Herausforderungen für Entwicklung und Umwelt vermittelt. Enrique hat zu Forschungen über Landschaftsresilienz und -management im Zusammenhang mit dem Klimawandel beigetragen, und er verfolgt weiterhin seine wissenschaftlichen Hauptinteressen über die Veränderungen der Biodiversität von Ökosystemen mit der Zeit. Enrique hat anhand von Gemeinschaften verschiedener Boden-Wirbelloser die Dynamiken von Wäldern und Äckern in Spanien, Neuseeland und Kanada untersucht.

*e.doblas@creaf.uab.cat



ÜBERSETZERINNEN UND ÜBERSETZER



NICOLE SCHEUNEMANN

Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, Abteilung Bodenzologie,
Sektion Mesofauna



PATRICK PACHL

Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz, Abteilung Bodenzologie,
Sektion Oribatida