



WIE BODENINVERTEBRATEN MIT MIKROPLASTIK-VERSCHMUTZUNG UMGEGHEN

Carlos Barreto^{1*†}, **Matthias C. Rillig**^{2,3†}, **Walter R. Waldman**^{4†} and **Stefanie Maaß**^{3,5†}

¹ Department of Biology, Biotron Experimental Climate Change Research Center, Western University, London, ON, Kanada

² Ökologie der Pflanzen, Institut für Biologie, Freie Universität Berlin, Berlin, Deutschland

³ Berlin-Brandenburg Institute of Advanced Biodiversity Research (BBIB); Berlin, Germany

⁴ Center of Science and Technology for Sustainability, Federal University of São Carlos, Sorocaba, Brasilien

⁵ Vegetationsökologie und Naturschutz, Institut für Biochemie und Biologie, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

JUNGE GUTACHTER & GUTACHTERINNEN:



ASTÈRE

ALTER: 8



JUNIE

ALTER: 10

Kleine Bodentiere, die sogenannten Bodeninvertebraten (Bodenwirbellose), repräsentieren eine sehr vielfältige Gruppe von Bodenbewohnern. Dazu gehören Regenwürmer, Asseln, Spinnen, Springschwänze, Milben und einige Insekten. Bodenwirbellose fressen tote Pflanzen, Pilze und Bakterien oder auch andere Bodenwirbellose. Durch die große Artenvielfalt und die vielen Wege, auf denen Bodeninvertebraten interagieren, ist das Leben im Boden sehr komplex und schwer zu verstehen. Leider erfahren Bodeninvertebraten seit Jahrzehnten die Verschmutzung des Bodens durch kleine Plastikpartikel, die sogenannte Mikroplastik. Aber wie gefährlich sind Mikroplastikpartikel für diese Organismen? Können Mikroplastikpartikel zwischen Bodenwirbellosen übertragen werden, wenn der eine den anderen frisst? Die meisten dieser Fragen wurden anhand von Regenwürmern untersucht, aber nur sehr wenige anhand anderer Gruppen, wie Springschwänzen, Milben oder Nematoden

(Fadenwürmer). In diesem Artikel fassen wir die Effekte von Mikroplastikpartikeln auf Bodenwirbellose zusammen.

Abbildung 1

Beispiele für Bodeninvertebraten unterschiedlicher Größe. (A) Bärtierchen, (B) Rädertierchen, (C) Nematode, (D) Enchyträe, (E) Springschwanz, (F) Milbe, (G) Spinne, (H) Käfer, (I) Assel, (J) Regenwurm, (K) Hundertfüßer, (L) Tausendfüßer. Die Abbildungen zeigen nicht die wirklichen Größen der Bodeninvertebraten.

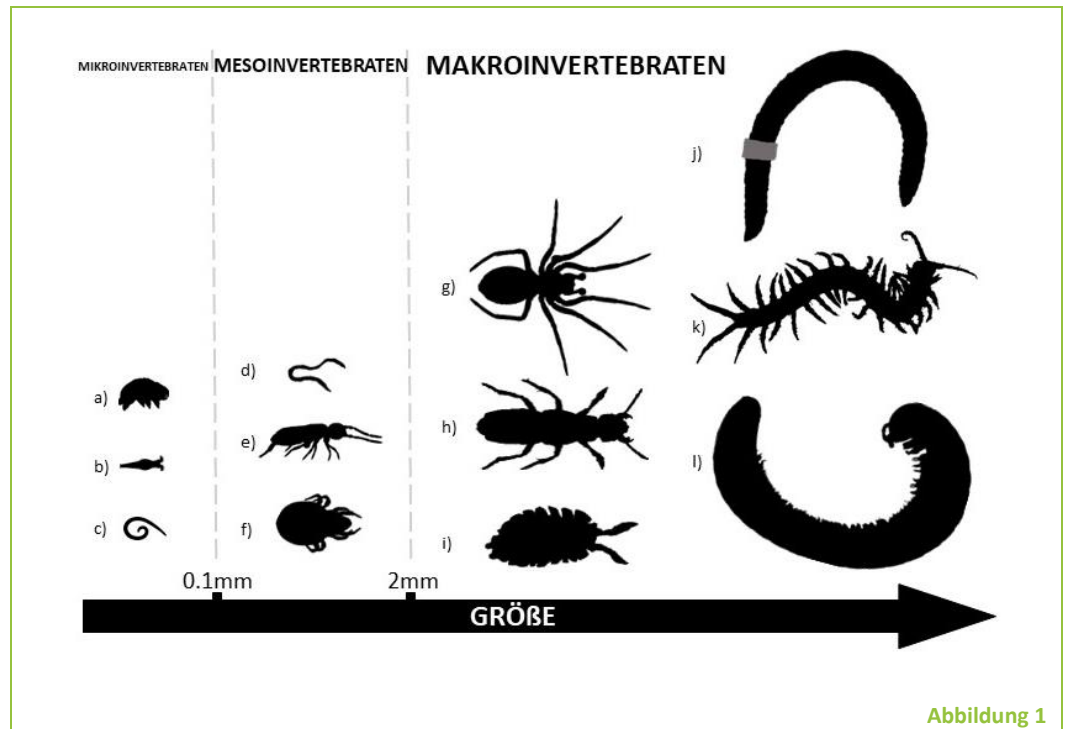


Abbildung 1

WER SIND EIGENTLICH DIE UNSICHTBAREN SUPERHELDEN IM BODEN UND WAS SIND IHRE AUFGABEN?

Viele Tiere leben in Böden, aber warum können wir sie nicht alle sehen? Die kleinen Bodentiere heißen **Bodeninvertebraten** (Bodenwirbellose), und sie unterscheiden sich sehr in ihrer Körpergröße. Manche Arten sind kleiner als der Durchmesser eines Haars. Aufgrund ihrer Körpergröße können wir Bodenwirbellose in drei Hauptgruppen einteilen [1] (Abbildung 1). Makroinvertebraten sind große Wirbellose wie Regenwürmer, Asseln, Spinnen, Tausendfüßer, Hundertfüßer und auch einige Insekten wie z.B. Käfer. Sie sind größer als 2mm und können ihren eigenen Lebensraum im Boden erschaffen. Mesoinvertebraten sind von mittlerer Größe (0,1 – 2mm) und leben in den luftgefüllten Bodenporen. Dazu gehören z.B. Springschwänze [2], Milben und Enchyträen (Wenigborster). Mikroinvertebraten sind <0,1mm, so klein, dass wir sie ohne Mikroskop gar nicht sehen können. Diese leben im Wasser, das rund um die Bodenpartikel vorhanden ist. Beispiele hierfür sind Nematoden (Fadenwürmer), Rädertierchen und Bärtierchen.

Jede Bodeninvertebratengruppe bevorzugt unterschiedliche Nahrung [3]. Grundsätzlich ernähren sich einige Invertebraten, wie z.B. Spinnen, von anderen Invertebraten. Andere, wie Springschwänze, fressen Pilze und Bakterien; und wieder andere, wie z.B. der Regenwurm, frisst totes Pflanzenmaterial. Diese Fraßbeziehungen sind Teil eines komplexen Nahrungsnetzes, das aus vielen Arten (Abbildung 2) und vielen Wechselwirkungen besteht.

BODENINVERTEBRATEN/-WIRBELLOSE

Kleine, bodenbewohnende Tiere ohne Rückgrat oder knöchernerne Skelette.

Abbildung 2

Beispiele von Bodeninvertebraten. Zu den Mikroinvertebraten (<0,1mm) gehören (A) Bärtierchen und (B) Nematoden; zu den Mesoinvertebraten (zwischen 0,1 und 2mm) gehören (C) Enchyträen, (D-G) Springschwänze und (H,I) Milben; zu den Makroinvertebraten (>2mm) gehören (J) Asseln, (K) Käfer, (L) Regenwürmer, (M) Tausendfüßer, (N) Hundertfüßer und (O) Spinnen. (Fotos von A, C-O: Frank Ahswood; B: Devdutt Kamath)



Abbildung 2

Alle Bodeninvertebraten sind wichtig für die Umwelt. So besiedeln z.B. Bärtierchen neue Lebensräume und dienen dort als Nahrung für andere Organismen. Nematoden unterstützen mithilfe von Springschwänzen, Milben, Asseln und Regenwürmern den Nährstoffzyklus im Boden. Asseln, Springschwänze und einige Milben [4] helfen dabei, Blätter und anderes totes Material im Boden abzubauen [5], aber sie helfen auch dabei, Kohlenstoff im Boden zu binden. Manche Bodeninvertebraten ernähren sich von Organismen, die z.B. Pflanzenkrankheiten auslösen, und beschützen somit die Pflanze vor diesen Krankheitserregern. Jede dieser Kreaturen hilft also auf seine Art den Boden gesund zu halten, was wiederum notwendig ist, um die Qualität unserer Nahrungsmittel sicherzustellen.

DIE GEFAHR DURCH MIKROPLASTIK

MIKROPLASTIK

Kleine Plastikpartikel (<5mm), die schädlich für das Leben in Boden und Wasser sein können.

Leider wurde der Lebensraum durch Schadstoffe wie Mikroplastik verunreinigt. **Mikroplastik** sind kleine Partikel (<5mm), die auf unterschiedliche Weisen entstehen (Abbildung 3; Box 1). So nutzen sich zum Beispiel Autoreifen bei der Fahrt ab und verlieren Mikroplastikpartikel, die z.B. durch den Wind verteilt werden und auf dem Boden landen. Auch wenn wir Wäsche waschen, lösen sich Plastikfasern und gelangen ins Wasser. Eine einzige Fleecejacke kann allein

eine Million Fasern pro Waschgang verlieren! Viele dieser Plastikfasern gelangen in den Klärschlamm, was ein Problem ist, denn Klärschlamm kann dazu genutzt werden, um Felder zu düngen. Mikroplastik kann auch durch Plastikmüll und Regenwasser in den Boden gelangen.

Abbildung 3

Beispiele von Mikroplastik.

(A) Springschwanz und Harnstoff-Formaldehyd-Partikel.

(B) Springschwanz und Plastik, das von einer Brauseflasche abgekratzt wurde. (C) Polypropylen-Mikrokügelchen.

(D) Polypropylen-Mikrofaseren.

(E,F) Erwachsener Nematoden mit Fragmenten von Polystyrol. (G) Von Reifen gebildete Partikelabrieb.

(H) Nahaufnahme eines Polyurethan-Schwamms.

(I) Pulverartiges Polypropylen

(Fotos: A,B: C. Reinhart und D. Daphi, C,I: Stefanie Maaß, D: Carlos Barreto, E,F: Shin Woong Kim, G: Eva Leifheit, H: Walter Waldmann).

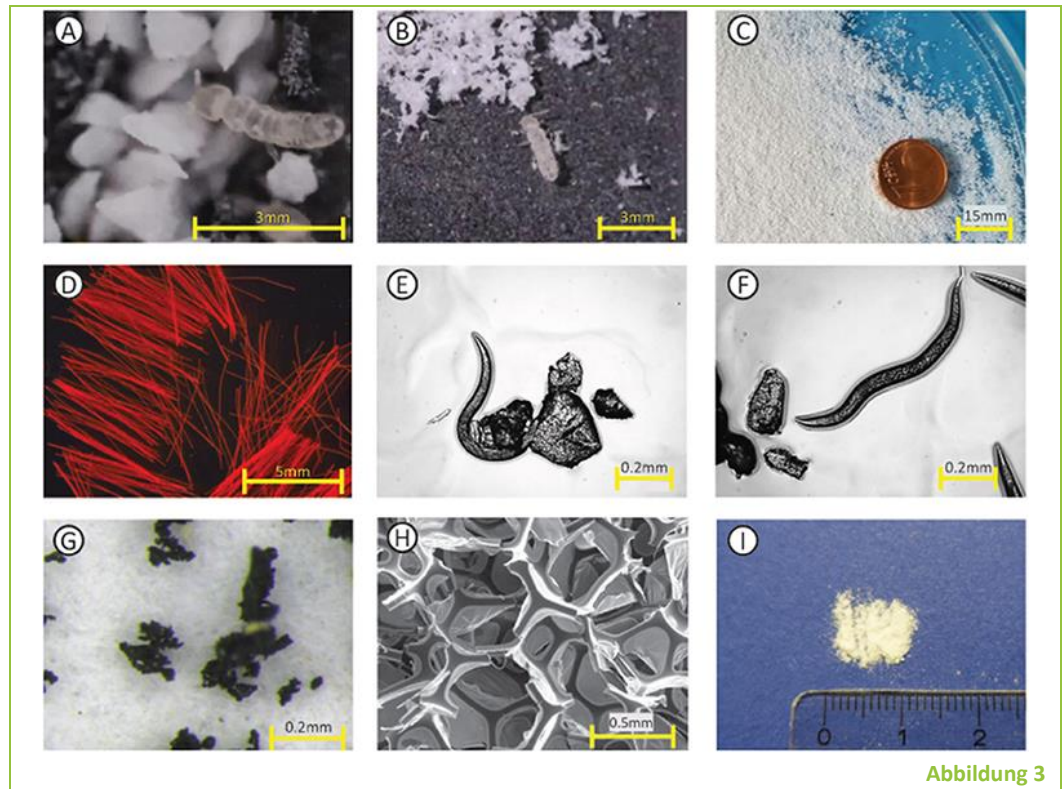


Abbildung 3

Mikroplastik hat eine große Bandbreite an chemischen und physikalischen Eigenschaften. Plastik beinhaltet meist **Additive**. Diese Additive können Mikroplastik noch gefährlicher für die Umwelt machen, besonders dann, wenn die Mikroplastikpartikel anfangen sich zu **zersetzen**. Plastikteile werden durch Sonnenlicht, Wasser und die Reibung der umgebenden Bodenpartikel zunehmend brüchig. Im Laufe der Zeit zerfallen Mikroplastikpartikel in noch wesentlich kleinere Partikel, die sogenannte Nanoplastik. Während dieses Zerfalls werden die Additive **ausgewaschen** und gelangen in den Boden. Leider wissen wir bisher nur wenig darüber, welche Effekte diese ausgewaschenen Additive auf die Umwelt haben.

Mikroplastikpartikel haben also eindeutig einen Effekt auf den Boden, aber wie beeinflussen sie Bodeninvertebraten? [6] Wenn man sich Regenwürmer mit ihrem endlosen Appetit auf tote Blätter und ihren intensiven Grabe-Aktivitäten ansieht, kann man sich leicht vorstellen, dass sie regelmäßig Mikroplastikpartikel aufnehmen und sie tief in die Erde transportieren. Nicht nur durch die Nahrungsaufnahme, sondern auch auf ihrer Haut können sie diese Partikel transportieren. Das gleiche konnte auch für Springschwänze gezeigt werden.

Aber was heißt das genau? Auf der einen Seite, zerfallen sie Mikroplastikpartikel noch mehr während sie durch den Darm der Organismen wandern. Aber auf der anderen Seite, werden die Partikel noch tiefer in den Boden transportiert, wo der Zerfall langsamer vonstattengeht, da es dort

ADDITIVE

Chemikalien, die Plastik bunt, flexibel oder weniger entflammbar machen.

ZERSETZUNG

Der Zerfall von etwas in kleinere/einfachere Teile.

AUSWASCHUNG

Der Prozess, wenn eine flüssige Substanz aus einem festen Stoff austritt.

weniger Sonnenlicht und weniger mikrobielle Aktivität gibt. Mit anderen Worten: Je tiefer die Partikel in den Boden gelangen, desto länger dauert ihr kompletter Zerfall.

MIKROPLASTIK KANN DIE GESUNDHEIT VON BODENORGANISMEN BEEINFLUSSEN

Bodenorganismen werden krank, wenn sie Mikroplastik fressen, was sowohl für Regenwürmer als auch für Springschwänze bewiesen werden konnte. Nachdem sie die Mikroplastikpartikel gefressen haben, litten Regenwürmer an verschiedenen gesundheitlichen Problem, wie z.B. Entzündungen und Schäden im Darmsystem [7]. Zusätzlich versetzen gefressene Mikroplastikpartikel das Immunsystem von Regenwürmern in höhere Alarmbereitschaft als üblich. Springschwänze, die Mikroplastik aufnahmen, litten unter einer Verschlechterung in der Zusammensetzung ihrer guten Darmbakterien [8]. Beide, Regenwürmer und Springschwänze, wuchsen schlechter, hatten weniger Nachkommen und starben öfter nachdem sie Mikroplastik gefressen hatten.

Das klingt erstmal nach sehr schlechten Nachrichten für Nematoden, aber hier ist die gute Nachricht: Wissenschaftler*innen konnten bisher nicht eine Anhäufung von Mikroplastikpartikeln in den Organismen im Laufe der Zeit feststellen, was aber heißen könnte, dass sie gar nicht so viel Schaden davontragen. Wie auch immer, es ist so gut wie sicher, dass Mikroplastikpartikel entlang des Nahrungsnetzes weitergegeben werden können, von Mikroorganismen wie Pilzen zum Springschwanz und dann zur Raubmilbe; oder von den Mikroben zu den Regenwürmern und dann zu Hühnern [9] – und vielleicht auch zum Menschen! Man weiß leider bisher nur wenig über die Weitergabe von Mikroplastik im Bodennahrungsnetz, aber das Wissen dazu wächst unaufhörlich. Und trotz all dieser Besorgnis, haben Wissenschaftler*innen einen Hoffnungsschimmer gefunden! Eine Forschungsgruppe hat herausgefunden, dass bestimmte Bakterien in Regenwurmdärmen Mikroplastik verdauen können, was zu einer höheren Abbaurate führt [10]. Das heißt, dass Bakterien vielleicht den Abbau von Mikroplastik im Boden beschleunigen können. Können das andere Bodeninvertebraten vielleicht auch? Das weiß man leider noch nicht.

WAS KÖNNEN WIR TUN, UM BODENINVERTEBRATEN ZU SCHÜTZEN?

Vielleicht hast du dich gefragt, warum die Wissenschaft noch nicht mehr über den Effekt von Mikroplastik auf Boden und Bodenlebewesen weiß. Leider gibt es viele Herausforderungen, wenn man solche Dinge untersuchen möchte. Zum Beispiel gibt es noch keine verlässliche Methode, um die Mikroplastikmenge in den verschiedenen Bodentypen zu messen. Dazu kommt, dass viele Studien nur die kurzfristigen Effekte unter Laborbedingungen untersuchen, anstatt die langfristigen Effekte draußen. Die schiere Vielfalt von Plastiktypen und Additiven macht es unmöglich, alle unter realen Bedingungen zu testen. Laborexperimente haben nur eine begrenzte Aussagekraft. Zusätzlich kann man nicht alle Bodentiere unter Laborbedingungen halten. Aber seid

versichert: die Wissenschaftler*innen tun ihr Bestes, um diese Probleme zu lösen. Unterdessen gibt es Möglichkeiten, wie DU helfen kannst!

Box 1: Quellen von Mikroplastik im Boden

Objekt	Plastik (Fachbegriff)	Erläuterung
Farben/Lacke	Epoxy- und Alkydharze	Mikroplastik entsteht durch das Abschleifen von farbigen Oberflächen und wenn sich Farbe von Wänden oder anderen Strukturen löst.
Plastiktüten	Low-density polyethylene (LDPE) / Polyethylen niedriger Dichte	Wenn Plastiktüten nicht richtig entsorgt werden, bleiben sie auf dem Boden liegen und werden durch die Sonne langsam zersetzt, was Mikroplastik freisetzt.
Mulchfolien	Low-density polyethylene (LDPE) / Polyethylen niedriger Dichte	Einige Landwirte benutzen Mulchfolien, um Pflanzen vor dem Verlust von Wasser zu schützen. Diese Folien werden sich durch Sonnenlicht zersetzen und Mikroplastik bilden.
Reifen	Polyisopren (Kautschuk)	Obwohl Reifen hauptsächlich aus Kautschuk bestehen, enthalten sie viele Additive und ihre Giftigkeit wird gerade untersucht.
Schaum	Polystyren (PS)	Schäume werden großflächig bei der Isolierung von Häusern genutzt und als Verpackungsmaterial, um Produkte während des Transports und der Lagerung zu schützen. Beschädigung und Zerfall von Schäumen produziert Mikroplastik.
Glitzer	Polyethylenterephthalat (PET)	Glitzer verteilt sich sehr leicht und kann sich leicht aus Makeup und Spielzeug lösen und in den Boden gelangen.
Wasserflaschen	Polypropylen (PP)	Der Zerfall von nicht richtig entsorgten Wasser- und Softdrinkflaschen kann den Boden kontaminieren.
Softdrink-Flaschen	Polyethylenterephthalat (PET)	
Kleidung	Polyester und Polyamid	Synthetische Fasern verlieren Mikrofasern während des Waschvorgangs. Diese gelangen in den Boden durch Düngung mit Klärschlamm.

Wir sollten uns alle darum bemühen, den zukünftigen Eintrag von Plastik jeglicher Art und Größe in die Umwelt zu vermeiden. Bestimmt kennst du schon einige Möglichkeiten! Such dir deinen Lieblingsmetall- oder Plastikmehrwegbecher und einen Metallstrohalm und habe sie immer dabei. Es ist genauso wichtig, den Plastikmüll in die richtige Recyclingtonne zu werfen: Das kann die Plastikmenge reduzieren, die im Wasser und im Boden landet. Zusätzlich kannst du versuchen, bestimmte Kosmetik zu vermeiden, die Mikroplastik enthält, wie zum Beispiel einige Haarspülungen! Es gibt alternative, mikroplastikfreie Produkte, und mithilfe einiger Smartphone Apps könnt ihr die besten für euch finden. Um die Zahl der Plastikfasern, die in die Umwelt gelangen, zu minimieren, wirf nicht deine alten Kleider weg, nur, weil du sie nicht mehr haben möchtest. Versuche, sie zu verkaufen, spende sie oder

verwende sie auf kreative Art und Weise anders weiter. Lass uns zusammen unsere kleinen Boden-Superhelden vor weiterer Mikroplastikverschmutzung bewahren. Es lohnt sich auf jeden Fall!

DANKSAGUNG

Wir danken Frank Ashwood (Forestry Commission UK), Shin Woong Kim (Freie Universität Berlin) und Devdutt Kamath (University of Guelph) für ihre Erlaubnis, dass wir ihre Fotos von Bodeninvertebraten nutzen dürfen. Wir danken K. Reinhart, D. Daphi und Eva Leifheit (Freie Universität Berlin) für die Plastik-Fotos. Wir danken Anderson Abel de Souza Machado, Alice A. Horton und Taylor Davis für ihre Arbeit am Buchkapitel über Mikroplastik, das als Startpunkt für diesen Artikel diente. Matthias Rillig dankt für die Unterstützung durch einen ERC Advanced Grant (694368). Diese Arbeit wurde teilweise durch das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Gemeinschaftsprojektes Bridging in Biodiversity Science – BIBS (Phase 2, Finanzierungsnummer: 01LC1501B) finanziert. Wir danken Helen Phillips, Rémy Beugnon und Malte Bochum, die Editoren der Boden Biodiversity Collection für diese großartige und wichtige Initiative. Und natürlich gilt unser Dank unseren jungen Gutachter*innen für ihre Kommentare.

QUELLENANGABEN

1. Coleman, D. C., Callaham, M. A., and Crossley, D. A. Jr. 2018. *Fundamentals of Soil Ecology*, 3rd Edn. London: Academic Press. p. 376.2.
2. Potapov, A. 2020. Springtails — worldwide jumpers. *Front. Young Minds*8:545370. doi: 10.3389/frym.2020.5453703.
3. Erktan, A., Pollierer, M., and Scheu, S. 2020. Soil ecologists as detectives discovering who eats whom or what in the soil. *Front. Young Minds*8:544803. doi: 10.3389/frym.2020.5448034.
4. Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Armored mites, beetle mites, or moss mites: the fantastic world of oribatida. *Front. Young Minds*8:545263. doi: 10.3389/frym.2020.5452635.
5. Barreto, C., and Lindo, Z. 2020. Decomposition in peatlands: who are the players and what affects them? *Front. Young Minds*8:107. doi: 10.3389/frym.2020.001076.
6. de Souza Machado, A. A., Horton, A., Davis, T., and Maaß, S. 2020. Microplastics and their effects on soil function as a life-supporting system. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*, eds D. He and Y. Luo. Cham: Springer. p. 1–24.7.
7. Rodriguez-Seijo, A., Lourenço, J., Rocha-Santos, T. A. P., da Costa, J., Duarte, A.C., Vala, H., et al. 2017. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. *Environ. Pollut.*220:495–503. doi: 10.1016/j.envpol.2016.09.0928.
8. Zhu, D., Qing-Lin, C., Ana, X., Yanga, X., Christiec, P., Ked, X., et al. 2018. Exposure of soil collembolans to microplastics perturbs their gut

- microbiota and alters their isotopic composition. *Soil Biol. Biochem.*116:302–10. doi: 10.1016/j.soilbio.2017.10.0279.
9. Huerta Lwanga, E., Mendoza Vega, J., Quej, V.K., de los Angeles Chi, J., Sanchezdel Cid, L., Chi, C., et al. 2017. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Sci. Rep.* 7:14071. doi: 10.1038/s41598-017-14588-210.
 10. Huerta Lwanga, E., Thapa, B., Yang, X., Gertsen, H., Salánki, T., Geissen, V., et al. 2018. Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: a potential for soil restoration. *Sci. Total Environ.*624:753–7. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.144

EDITED BY: Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research(iDiv), Germany

CITATION: Barreto C, Rillig M, Waldman W and Maaß S (2021) How Soil Invertebrates Deal With Microplastic Contamination. *Front. Young Minds.* 9:625228. doi: 10.3389/frym.2021.625228

INTERESSENSKONFLIKT: Die Autoren erklären, dass diese Studie ohne kommerzielle oder finanzielle Beziehungen durchgeführt wurde, die als potentieller Interessenskonflikt ausgelegt werden könnte.

COPYRIGHT © 2021 Barreto, Rillig, Waldman and Maaß. 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.

JUNGE GUTACHTERINNEN UND GUTACHTER

ASTÈRE, ALTER: 8

Ich bin 8. Ich mag lesen, heimwerken, ausmalen, Kunst, Mathe, schreiben und Geschichte. Meine Lieblingsbücher sind Harry Potter und Percy Jackson.

JUNIE, ALTER: 10

Ich habe viele Hobbies, aber ich mag am liebsten kochen, lesen, zeichnen und nähen. Ich gehe in eine Grundschule in einer großen Stadt im Vereinten Königreich und ich bin 10 Jahre alt. Meine Lieblingsbücher sind Percy Jackson, Bücher von Judy Blume, Scarlet und Ivy und North Child.

AUTORINNEN UND AUTOREN

CARLOS BARRETO

Schon früh bemerkte Carlos, dass er Tiere mag. In der Schule waren die Naturwissenschaften immer seine Lieblingsfächer. Daher entschied er sich dafür, dass er einen Beruf erlernen möchte, der Wissenschaft und Tiere vereint. Er versuchte, Tierarzt zu werden, was aber nicht geklappt hat. So wurde er ein



paar Jahre später Ökologe mit Schwerpunkt Insekten und Milben und hat seitdem in den Tropen, Eisenerz- und Kalksteinhöhlen, Nadelwäldern, städtischen Flächen und Mooren auf drei Kontinenten gearbeitet: Südamerika, Nordamerika und Europa. *cbarreto@uwo.ca; †orcid.org/0000-0003-2859-021X



MATTHIAS C. RILLIG

Matthias mag Boden und all die Organismen darin, nicht nur Tiere. Eigentlich sind Pilze seine Lieblinge. Sein Lieblingsprozess im Boden ist Bodenaggregation, die Bildung von kleinen Bodenkrümel. Matthias ist ein Professor an der Freien Universität Berlin und denkt den lieben langen Tag über Boden und was darin vorgeht nach. Im Moment ist er sehr daran interessiert, welche Effekte verschiedene Faktoren, inklusive Mikroplastik, auf Böden haben. †orcid.org/0000-0003-3541-7853



WALTER R. WALDMAN

Walter ist ein stolzer brasilianischer Chemiker, der Musik, Chemie, Essen, Kino und Polymere mag. In seinem ersten Experiment ging es um Kaugummi und das Haar einer Ex-Freundin. Das Experiment ging nicht für alle Beteiligten gut aus, aber der anhaftende Charakter von Polyisopren war bestätigt, und ein Polymerchemiker geboren. Nun versucht er zu verstehen, wie Polymerzerfall den Einfluss von Mikroplastik beeinflusst. In seiner Freizeit findet man ihn irgendwas über Chemie und Polymere lesend. Und essend... †orcid.org/0000-0002-7280-2243



STEFANIE MAASS

Stefanie wollte Masken- oder Kostümbildnerin werden, aber weil ihr die kreativen Fähigkeiten dazu fehlten, wandte sie sich einer komplett anderen Richtung zu: Biologie. Als sie während ihres Studiums tropische Insekten und Milben kennenlernte, war sie sofort von deren Schönheit und Diversität begeistert. Dann arbeitete sie an Bodeninsekten und -milben und wurde dadurch zu einer leidenschaftlichen und neugierigen Bodenökologin, die die Fraßbeziehungen, die Effekte von Schadstoffen (wie Mikroplastik) auf und die Verteilungsmuster von ihren geliebten Kreaturen verstehen möchte. †orcid.org/0000-0003-4154-1383

ÜBERSETZERINNEN

STEFANIE MAASS

(siehe Autorinnen und Autoren) Freie Universität Berlin

RICARDA LEHMITZ

Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz

FINANZIERUNG (ÜBERSETZUNG)

Das Team Translating Soil Biodiversity bedankt sich für die Unterstützung des Deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG FZT 118, 202548816).