



SUPERKLEINE RÄUBER IN BÖDEN: WER SIND SIE UND WAS TUN SIE?

Stefan Geisen ^{1,2*}

¹Laboratorium für Nematologie, Universität Wageningen, Niederlande

²Abteilung für terrestrische Ökologie, Netherlands Institute of Ecology NIOO-KNAW, Wageningen, Niederlande

YOUNG REVIEWERS:



AYA

ALTER: 10

Es gibt Millionen verschiedener Lebewesen, die in Böden leben. Der Großteil dieser Biodiversität sind Bakterien und Pilzen, winzigen Organismen, die zusammen das bilden, was als Bodenmikrobiom bezeichnet wird. Die Größe und Zusammensetzung des Bodenmikrobioms wird hauptsächlich von zwei Gruppen von Räubern kontrolliert: Protisten und Nematoden. Protisten sind winzige einzellige Organismen, während Nematoden winzige Würmer sind und die zahlreichsten Tiere auf der Erde darstellen. Zusammen wiegen Protisten und Nematoden mehr als alle anderen Tiere auf der Erde! Protisten und Nematoden halten das Bodenmikrobiom im Gleichgewicht, was dazu beiträgt, dass Pflanzen wachsen und Böden richtig funktionieren können. Ohne protistische und nematodische Bodenräuber würden sich die Funktionen und Dienstleistungen, die von Böden bereitgestellt werden, so sehr verändern, dass dies sogar das Klima der Erde beeinflussen könnte. Also sollten wir die Bedeutung dieser winzigen Bodenorganismen nicht vergessen!

BODENVIELFALT

Vielleicht weißt du bereits, dass Böden nicht einfach nur dunkle Erde aus Sand, Ton und Lehm sind; Böden haben eine hohe **Biodiversität**, was bedeutet, dass Millionen von Organismen aller Arten und Größe dort leben. Die Biodiversität von Böden ist nicht nur höher als die jedes anderen Ökosystems der Erde, auch das Gewicht aller Bodenorganismen (einschließlich Pflanzen, deren Wurzeln sie etwa zur Hälfte zu Bodenorganismen machen) ist weit größer als das Gewicht aller anderen Organismen zusammen [1]. In ihrer Größe reichen Bodenorganismen von winzigen Viren bis hin zu riesigen Pilzen, die sich über Hunderte von Metern ausbreiten können – und alles dazwischen! Das mikroskopische Leben in Böden wird als **Bodenmikrobiom** bezeichnet und besteht größtenteils aus Bakterien und Pilzen. Ohne das biodiverse Mikrobiom wären Böden nicht in der Lage Nährstoffe zu recyceln oder das Pflanzenwachstum zu fördern. Dieser Artikel konzentriert sich auf zwei Gruppen von Bodenorganismen, die nur von wenigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern untersucht werden: Protisten und Nematoden. Wenn du diesen Text zu Ende liest, hoffe ich, dass du verstehen wirst, warum sich mehr Forschung auf diese winzigen Organismen fokussieren sollte.

PROTISTEN UND NEMATODEN: WINZIGE RÄUBER

Mikrobiom-Räuber sind Organismen, die sich von **Mikroorganismen**, wie Bakterien und Pilzen, ernähren [2]. Protisten und Nematoden gehören dabei zu den wichtigsten Mikrobiom-Räubern. **Nematoden** sind sehr klein – mindestens 1000 Mal kleiner als die Breite eines menschlichen Haars – daher sind sie mit bloßem Auge nicht sichtbar. Der Nematode, der den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern am bekanntesten ist und häufig in der Forschung verwendet wird, ist ein Fadenwurm, den sie *Caenorhabditis elegans* nennen. Viele Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Ärztinnen und Ärzte, Landwirtinnen und Landwirte, Gärtnerinnen und Gärtner kennen Nematoden als Schädlinge, da einige Arten Menschen infizieren können, während andere Pflanzenkrankheiten verursachen. Im Boden allerdings machen die meisten der kleinen Würmer Jagd auf Bakterien, Pilze oder andere Nematoden oder leben als Parasiten in Tieren und Pflanzen. Obwohl die meisten Nematoden gleich aussehen, wurden schon über hunderttausend verschiedene Arten beschrieben (Abbildung 1A)¹. Mit anderen Worten: Zahlenmäßig kommen auf jeden einzelnen Menschen 60 Milliarden Nematoden [3]!

Jetzt versuche dir vorzustellen, dass es 1000 Mal mehr **Protisten** als Nematoden in Böden gibt! Protisten sind Mikroorganismen die weder als Tiere noch als Pflanzen klassifiziert werden können. Protisten sind **Eukaryoten**, was bedeutet, dass sie einen Zellkern enthalten, genauso wie die Zellen von Tieren, Pilzen und Pflanzen. Während der Begriff „Protist“ vielleicht neu für dich ist, hast du wahrscheinlich schon von einigen bekannten Beispielen von Protisten gehört: Alle eukaryotischen Algen, die in Seen und Ozeanen Photosynthese betreiben, sind Protisten. Einige bekannte Krankheitserreger sind Protisten, so wie beispielsweise der Malaria-Erreger *Plasmodium falciparum*. Auch Amöben und Pantoffeltierchen sind Protisten, und es gibt noch viele mehr! Es ist

BIODIVERSITÄT

Die Artenvielfalt in einem Ökosystem.

BODENMIKROBIOM

Alle Mikroorganismen die im Boden leben.

MIKROBIOM-RÄUBER

Organismen, die sich von Mikroorganismen wie Bakterien und Pilzen ernähren.

MIKROORGANISMEN

Winzige Organismen einschließlich Bakterien, Pilzen und Protisten.

NEMATODEN

Winzige Würmer, die in allem Umgebungen und Wirten leben. Sie sind die häufigsten Tiere auf der Erde.

PROTISTEN

Alle ein- oder wenigzelligen eukaryotischen Mikroorganismen, die weder Pilze, Tiere noch Pflanzen sind.

EUKARYOTEN

Organismen welche Zellkerne besitzen in denen sich DNA befindet. Dazu gehören Pilze, Protisten, Pflanzen und Tiere.

Abbildung 1

Ein Eindruck davon, wie Nematoden (A) und Protisten (B) unter dem Mikroskop aussehen. Ähnlich wie Löwen (C), sehr bekannte Raubtiere der Savanne, haben auch Mikrobiom-Räuber (D) wichtige Funktionen in unterirdischen Ökosystemen. Protisten und Nematoden ernähren sich von Bakterien und Pilzen. Damit verändern sie die Zusammensetzung und Aktivität dieser Bodenorganismen, was dazu beiträgt, dass Böden gesund bleiben. [Bildnachweise: (A) Nematoden (*Anaplectus porosus* und *Aphelenchoides*) von Hanny van Megen; (B) Protisten (*Hyalosphenia papilio*, *Heliamoeba sp.*, und *Mayorella viridis*) von www.penard.de mit Erlaubnis von Eckhard Völcker and Steffen Clauß; (C) Löwe und Zebra von <https://purepng.com/> (unter CCO-Lizenz); (D) Bakterielle Zeichnung unter CCO-Lizenz von Wikipedia.]

wahrscheinlich, dass der Großteil der eukaryotischen Diversität der Erde aus Protisten besteht, mit vielen Millionen vorhandener Arten. Dennoch kennen wir weniger als 1 % der existierenden Protistenarten. In Böden üben Protisten eine Vielzahl von Funktionen aus. Die meisten Protisten ernähren sich von Bakterien, aber einige fressen auch Pilze oder sogar größere Tiere. So wie Nematoden können auch Protisten Parasiten von Pflanzen oder Tieren sein. Andere Protisten leben in einer friedlichen Beziehung mit Pilzen. Flechten, zum Beispiel, sind so eine Symbiose aus Protisten und Pilzen [4]. Protisten haben unglaublich verschiedene Formen und können schön sein (Abbildung 1B)².

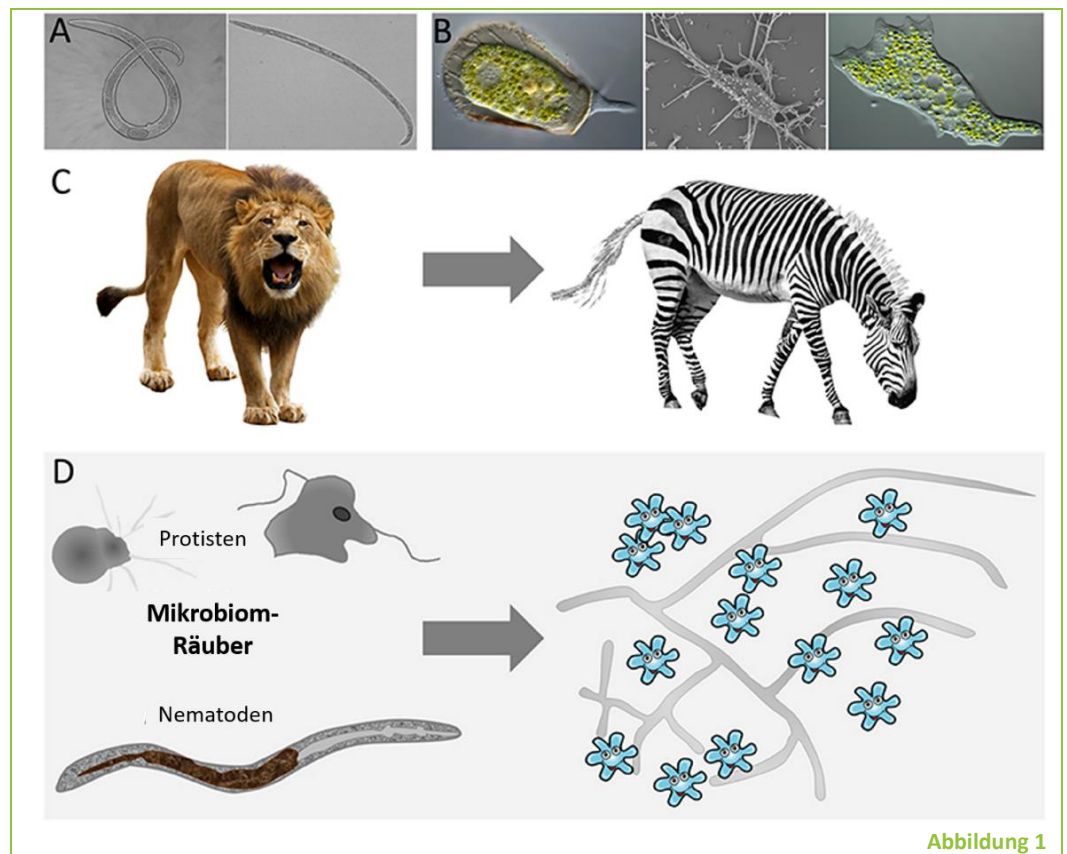


Abbildung 1

Ähnlich wie Löwen oder andere große Raubtiere jagen Mikrobiom-Räuber alles, was sie fangen können (Abbildung 1C, D). Auf diese Weise kontrollieren diese kleinen Räuber das mikrobielle Wachstum, verändern die Arten und die Zusammensetzung von Organismen, die im Bodenökosystem vorhanden sind, und helfen dem Boden, seine wichtigen Funktionen zu erhalten. Mikrobiom-Räuber fressen normalerweise die langsameren Beutetiere und halten so das gesamte Mikrobiom aktiv - eine Fütterungsstrategie, die wiederum Löwen ähnlich ist, die die Fitness der Gruppe durch Fressen älterer, langsamerer und schwächerer Individuen regulieren. Der Mikrobiom-Raub führt auch zur Freisetzung von Nährstoffen in den Boden, welche von anderen Mikroben und Pflanzen aufgenommen werden können und ihnen beim Wachsen helfen.

WIE KÖNNEN WIR MIKROBIOM-RÄUBER UNTERSUCHEN?

Da Nematoden und Protisten winzig und im Boden nicht sichtbar sind, haben Wissenschaftler das große Problem, sie nicht in ihrem natürlichen Habitat untersuchen zu können. Eine Möglichkeit diese Organismen zu untersuchen, ist

Abbildung 2

Nematoden-Extraktion für zuhause. Gib eine Handvoll Erde in zwei übereinander gesteckte Kaffeefilter und verschließe sie mit Wäscheklammern wie auf dem Bild abgebildet. Stelle die Filter nun in eine mit Wasser gefüllte Schüssel (das Wasser sollte die Erde im Filter bedecken). Am nächsten Tag kannst du die Kaffeefilter entfernen, die verbleibende Lösung mischen und in ein dünnes Glas übertragen. Nach einer Stunde kannst du vorsichtig den größten Teil der Flüssigkeit abgießen, sodass nur noch ein wenig in der unteren Hälfte des Glases verbleibt. Nun kannst du in der verbleibenden Lösung Nematoden mit einer Lupe oder einem Mikroskop beobachten.

sie aus dem Boden zu isolieren. Dies ist bei Nematoden etwas einfacher und du kannst es sogar selbst zuhause ausprobieren, indem du Kaffeefilter oder Taschentuchpapier, Wasser und eine Schüssel verwendest (Abbildung 2)³.



Abbildung 2

DNA-SEQUENZIERUNG

Eine Methode zur Bestimmung der DNA-Sequenz von Organismen. Diese kann dazu verwendet werden um Organismen zu identifizieren.

Protisten zu untersuchen ist etwas schwieriger. Da die meisten im Boden lebenden Protisten stark an Bodenpartikel gebunden sind, studierte man sie früher am besten, indem man winzige Mengen von Boden mit Bakterien mischte, sodass die Bakterien-fressenden Protisten extrahiert werden konnten. Leider können auf diese Weise nur wenige Arten von Protisten kultiviert werden, sodass viele Protistenarten noch immer unbekannt sind. Heutzutage verwenden die meisten Forscherinnen und Forscher vor allem molekulare Werkzeuge um Bodenorganismen zu identifizieren. Wie Kriminalermittlerinnen und Kriminalermittler können wir aus dem Boden extrahierte DNA dazu verwenden, diese kleinen Bodenorganismen zu identifizieren. Da jede Organismusart eine einzigartige DNA Sequenz besitzt, können wir **DNA Sequenzierung** dazu verwenden um individuelle Arten basierend auf ihrer einzigartigen DNA voneinander zu unterscheiden. Das kann uns dabei helfen festzustellen, welche Bodenorganismen vorhanden sind, auch wenn wir sie mit bloßem Auge nicht sehen oder im Labor kultivieren können (Abbildung 3).

Diese Extraktions-, Kultivierungs- und Sequenzierungsansätze zeigen uns, welche Arten in einer Bodenprobe vorhanden sind, nicht aber was diese Arten tun. Es gibt Wege die Funktionen von Protisten und Nematoden in Böden zu verstehen. Dazu zählt zum Beispiel die Kombination aus Räubern und verschiedenen Mikroorganismen, die als Beute dienen, um zu beobachten, wie sie miteinander interagieren. Andere wissenschaftliche Ansätze verwenden spezielle Methoden um bestimmte Stoffe im Boden zu verfolgen [5]. Das kann uns zum Beispiel verraten, was Organismen im Boden fressen.

WARUM SOLLTEN WIR UM MIKROBIELLE RÄUBER KÜMMERN?

Ohne mikrobielle Räuber hätten unsere Böden ein großes Problem... und Probleme mit Böden würden auch Probleme für uns bedeuten! Nahezu alle Nährstoffe die in den Boden gelangen, werden von Bakterien und Pilzen aufgenommen. Wenn die Anzahl von Bakterien im Boden nicht kontrolliert werden würde, würden die Zahlreichsten die ganzen Nährstoffe aufnehmen und sie für lange Zeit behalten. Mikroben können ohne Räuber monatelang am Leben bleiben und sogar in eine langfristige Überlebensphase gehen, in der sie jahrzehntelang überleben können.

Abbildung 3

Zusätzlich dazu, dass sie gut im Boden versteckt sind, sind Mikrobiom-Räuber zu klein, um mit bloßem Auge gesehen zu werden. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen diese Organismen oft, indem sie DNA aus Böden extrahieren und diese DNA sequenzieren, um alle Arten von Protisten und/oder Nematoden zu identifizieren, die vorhanden sind [Bildnachweis: <https://www.bioanalysis-zone.com/> und frei von Urheberrechten (CC0)].

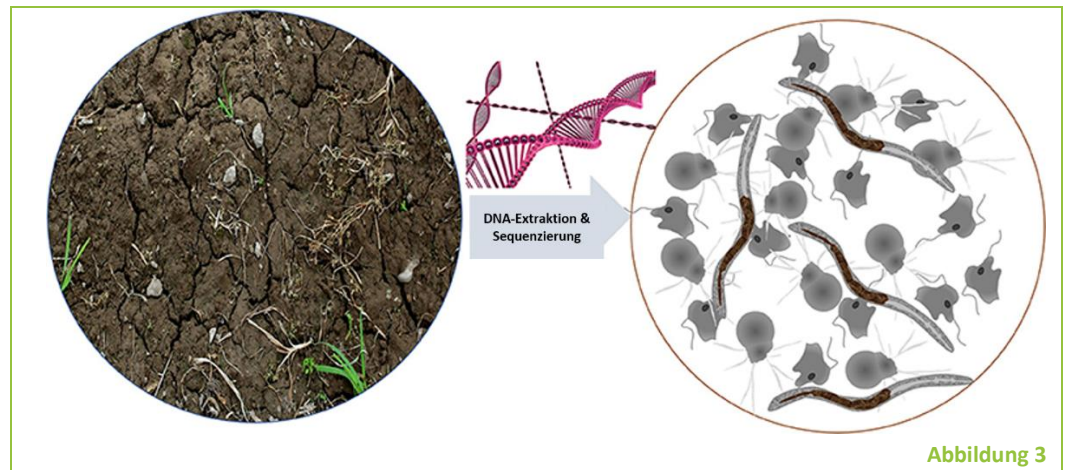


Abbildung 3

Infolge dessen würde die Ernährungskette im Boden stoppen und größere Organismen könnten nicht überleben. Auch Pflanzen würden viel weniger Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen, sodass sie nur noch langsam wachsen, wenn überhaupt. Mikrobiom-Räuber stellen sicher, dass diese Situation nicht eintritt. Durch Jagd auf Mikroben und das Freisetzen der in den Mikroben aufgenommenen Nährstoffe gewährleisten sie, dass auch Pflanzen Zugang zu Nährstoffen haben. Mikrobiom-Räuber können selber auch als Beute für größere Organismen dienen. So sichern Mikrobiom-Räuber unsere Nahrungsmittelversorgung, indem sie dem Boden helfen seine wesentlichen Funktionen auszuüben.

SCHLUSSFOLGERUNG

Protisten und Nematoden zählen zu den vielfältigsten und zahlreichsten Organismen dieser Erde. Beide zählen zu den wichtigen Mikrobiom-Räubern und sorgen dafür, dass Böden richtig funktionieren. Vereinfacht gesagt, ohne Mikrobiom-Räuber wäre das Leben in und auf Böden nicht möglich! Tatsächlich sind Mikrobiom-Räuber von entscheidender Bedeutung für das Pflanzenwachstum und spielen auch eine wichtige Rolle in anderen mikrobiellen Prozessen, die in Böden stattfinden. Indem wir unser Wissen über Mikrobiom-Protisten und Nematoden erhöhen, erhöhen wir gleichzeitig unser Verständnis darüber, wie Böden funktionieren. Wenn wir lernen die Arten und Anzahl der Mikrobiom-Räuber in Böden anzupassen, können wir dabei helfen das Mikrobiom im Boden gesund zu halten und Bodenfunktionen zu schützen.

Die entscheidende Rolle der Mikrobiom-Räuber zeigt eindeutig, dass wir *keine* Gruppe von Lebewesen auf der Erde vergessen sollten, da selbst die kleinsten Organismen eine einzigartige funktionale Bedeutung besitzen, die dazu beiträgt, viele andere Lebewesen, einschließlich der Menschen, am Leben zu erhalten!

FUßNOTEN

1. Ein Überblick über die Nematoden-Diversität auf: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Nematology/Nematode-in-the-picture/Nematode-Pictures.htm>
2. Ein Überblick über verschiedene Protisten-Formen auf: <https://www.penard.de/>
3. Ein Online-Guide: <https://www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-barc/beltsville-agricultural-research-center/mycology-and-nematology-genetic-diversity-and-biology-laboratory/people/zafar-handoo/extracting-nematodes-from-soil-samples/>

REFERENZEN

1. Bar-On, Y. M., Phillips, R., and Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth. *Proc. Natl. Acad. U.S.A.* 115:6506–11. doi: 10.1073/pnas.1711842115
2. Thakur, M. P., and Geisen, S. 2019. Trophic regulations of the soil microbiome. *Trends Microbiol.* 27:771–80. doi: 10.1016/j.tim.2019.04.008
3. van den Hoogen, J., Geisen, S., Routh, D., Ferris, H., Traunspurger, W., Wardle, D.A., et al. 2019. Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. *Nature* 572:194–98. doi: 10.1038/s41586-019-1418-6
4. Geisen, S., Mitchell, E. A. D., Adl, S., Bonkowski, M., Dunthorn, M., Ekelund, F., et al. 2018. Soil protists: a fertile frontier in soil biology research. *FEMS Microbiol. Rev.* 42:293–323. doi: 10.1093/femsre/fuy006
5. 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.2020.544803

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

CITATION: Geisen S (2021) Super-Small Predators in Soils: Who Are They and What Do They Do? *Front. Young Minds* 9:597620. doi: 10.3389/frym.2021.597620

CONFLICT OF INTEREST: The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

COPYRIGHT © 2021 Geisen. 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



AYA, Alter: 10

Aya möchte Meeresbiologie studieren. Dabei möchte sie sich auf Haie und Rochen spezialisieren. Ihre Lieblingsfächer in der Schule sind Lesen, Schreiben, Mathe und Musik. In ihrer Freizeit liest sie gerne Bücher, versucht sich an herausfordernden Puzzeln, trainiert für Leichtathletik und Crosslauf und spielt Geige.

AUTOREN

STEFAN GEISEN

Stefan ist Assistenzprofessor am Labor für Nematologie an der Universität Wageningen, Niederlande. Er versucht, den Sinn all der lebenden Organismen im Boden zu verstehen. Das heißt, er will erforschen, was im Boden lebt und was diese Organismen für das Ökosystem und für uns tun, indem sie das Pflanzenwachstum steuern. Ein Hauptaugenmerk seiner Arbeit liegt auf Protisten und Nematoden, kleine Organismen, die die wichtigsten Räuber von Mikroben im Boden darstellen. Er ist Vater von drei Jungen und in seiner Freizeit trifft er sich gerne mit Freunden und macht Sport.
*stefan.geisen@wur.nl

ÜBERSETZERIN

AMELIE HAUER

Ich bin Doktorandin am Deutschen Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) in Leipzig. Mich faszinieren beinahe alle Organismen und Funktionen die in irgendeiner Art und Weise mit dem Boden zusammenhängen. In meinem Forschungsprojekt beschäftige ich mich vor allem mit den etwas größeren Bodentieren und schaue mir an, wie diese den Kohlenstoffkreislauf im Boden verschiedener Wälder beeinflussen. In meiner Freizeit gehe ich gerne im Wald spazieren.