



DRECK IST NICHT TOT – WIE LANDNUTZUNG DEN LEBENDIGEN BODEN BEEINFLUSST

Jes Hines^{1,2*}, Franciska de Vries³

¹ Deutsches Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Jena-Halle-Leipzig, Leipzig, Deutschland

² Institut für Biologie, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

³ Institut für Biodiversität und Ökosystemdynamiken, Universität Amsterdam, Amsterdam, Niederlande

JUNGER REVIEWER:



KONSTANTIN

ALTER: 14

Wir Menschen benötigen Boden um Nahrung anzubauen. Unsere Anbaumethoden können Einfluss auf die Organismen haben, die im Boden leben. Bodenorganismen leisten wichtige Arbeit, etwa indem sie organisches Material zersetzen und so Nährstoffe freigeben, die Pflanzen zum Wachsen brauchen. Durch Intensivierung der Landwirtschaft (Verwendung von mehr Pestiziden und Dünger) können wir mehr Nahrung auf kleinerer Fläche anbauen. Doch das kann den Bodenorganismen und der Arbeit, die sie verrichten schaden. Wir können Nahrung auf schonendere Art anbauen, was besser für die Organismen im Boden ist, aber mehr Platz zum Anbauen benötigt. Menschen auf der ganzen Welt sind auf Nahrung von Feldern angewiesen, um ein gesundes Leben zu führen. Weil wir uns den Boden mit den Bodenorganismen teilen müssen wir daran denken, welchen Einfluss Landwirtschaft auf die Lebewesen

im Boden hat wenn wir uns dafür entscheiden, wie wir unsere Nahrung anbauen wollen (intensive oder extensive Landwirtschaft).

Abbildung 1

Das Bodennahrungsnetz besteht aus vielen Arten von Bodenorganismen: (1) Bakterien, (2) Pilze, (3) Arbuskuläre Mykorrhizapilze, (4) Protozoen, (5) bakterienfressende Fadenwürmer, (6) pilzfressende Fadenwürmer, (7) wurzelfressende Fadenwürmer, (8) Springschwänze, (9) jagende Fadenwürmer und (10) jagende Milben. Pfeile zeigen von Organismen, die gegessen werden, auf die Organismen, welche sie essen. Die Wechselwirkungen bilden drei große Energiekanäle: Bakterien-basierter Kanal (orangene Pfeile), Pilz-basierter Kanal (gelbe Pfeile), und Wurzel-basierter Kanal (grüne Pfeile). Die Lupe zeigt, dass Nährstoffe und Energie beim Essen und Atmen durch jeden Bodenorganismus fließen.

BODENORGANISMEN

Alle Arten von Lebewesen, die im Boden leben. Dies reicht von einzelligen Lebewesen wie Bakterien zu mehrzelligen Lebewesen wie Regenwürmern, Protozoen, Fadenwürmern und Milben.

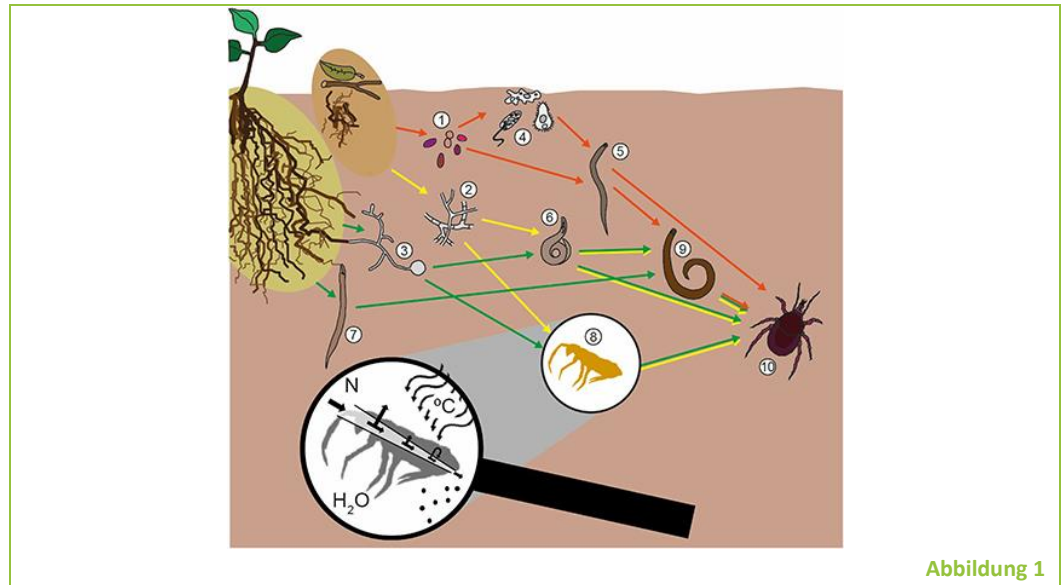


Abbildung 1

7,8 MILLIARDEN MENSCHEN BENÖTIGEN NAHRUNG, DIE IM BODEN WÄCHST, UND ES WERDEN STETIG MEHR

Auf der Erde leben 7,8 Milliarden Menschen, die sich alle gesund ernähren müssen. Gemüse und andere auf Feldern angebaute Nahrungsmittel sind wichtig für eine gesunde Ernährung. Doch Nahrungsmittel für so viele Menschen anzubauen schadet der Umwelt. Zunächst benötigen wir genug Boden um die Nahrung anzubauen, und müssen diesen dann so bearbeiten, dass es der Umwelt nicht schadet. Die Lebewesen im Boden können uns mitteilen, ob unsere Anbaumethoden gut oder schlecht für die Umwelt sind.

Milliarden an Lebewesen bevölkern den Boden, etwa Bakterien, Pilze, Fadenwürmer und Asseln, die im Boden leben (Abbildung 1). Sie alle essen, wachsen, atmen Sauerstoff ein und Kohlenstoffdioxid aus, genau wie wir. Wenn **Bodenorganismen** diese Lebensprozesse ausführen stellen sie den Pflanzen Nährstoffe zur Verfügung, welche ihnen beim Wachsen helfen (Abbildung 1, Lupe). Sie durchmischen außerdem organisches Material (also tote Pflanzen und Tiere) im Boden. Sie verbessern die Struktur des Bodens, wodurch Pflanzen leichter an Wasser gelangen. Bodenorganismen stellen den Pflanzen die Ressourcen zur Verfügung, die sie brauchen, um die Nahrung zu produzieren, die wir Menschen essen. Böden leisten wichtige **Ökosystemdienstleistungen**, wie das Filtrieren von Wasser und Recycling von Nährstoffen, durch die wir Menschen überleben und gesund bleiben.

BODENNAHRUNGS- NETZ

Netzwerk an Nahrungsbeziehungen zwischen Bodenorganismen. Die Wechselwirkungen starten an drei Hauptressourcen (Wurzeln, Pilzen, Bakterien) welche die Energiekanäle bilden.

BESTELLEN VON FELDERN

Boden auf Landnutzung vorbereiten durch Pflügen oder aufgraben. Durch das Bestellen wird Unkraut vergraben und die Wurzeln der Saatzpflanzen können leichter in den Boden eindringen.

LANDNUTZUNG

Wie natürliche Landschaften genutzt und verändert werden. Beispiele aus dem Text sind intensive Landnutzung, extensive Landnutzung und natürliches Grasland.

BODENORGANISMEN SPANNEN EIN NAHRUNGSNETZ UNTER DEINEN FÜSSEN

Die Lebewesen im Boden arbeiten nicht jedes für sich allein; sie sind über ein Netzwerk an Wechselwirkungen miteinander verbunden, das so genannte **Bodennahrungsnetz**. Nimmt eine Art zu oder ab kann das dazu führen, dass Arten, von denen diese sich ernährt, oder solche, die sich von ihr ernähren, ebenfalls zu- oder abnehmen, in einer Kette an Wechselwirkungen bekannt als Energiekanal (Abbildung 1). In Bodennahrungsnetzen gibt es drei große Energiekanäle: Einer wird angetrieben von Bakterien, ein weiterer von Pilzen, und ein dritter von Pflanzenwurzeln. Bakterien und Pilze ernähren sich von organischem Material, wie toten Wurzeln und Blättern, und werden später von anderen Lebewesen gegessen. Manche Organismen ernähren sich auch direkt von lebenden Wurzeln, etwa wurzel-essende Fadenwürmer (winzige Würmer), welche wiederum auch von anderen Tieren gegessen werden. Nutzen Menschen nun das Land so, dass diese Energiekanäle gestört werden (zum Beispiel durch **Pflügen** oder Düngen des Bodens), kann das Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen haben, welche die Bodennahrungsnetze leisten. Doch wie viele Organismen werden vom Menschen beeinflusst und wie stark ist unser Einfluss auf ihre Dienstleistungen?

EIN EXPERIMENT UM DEN EFFEKT VON LANDNUTZUNG AUF BODENNAHRUNGSNETZE ZU TESTEN

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben Hypothesen aufgestellt, welche Auswirkungen verschiedene Arten von **Landnutzung** auf Bodennahrungsnetze haben (Abbildung 2) (de Vries et al. 2013). Ihre Vermutung war, dass intensive Landnutzungsmethoden wie Pflügen die Anzahl der Bodenorganismen verringern und so die Ökosystemdienstleistungen des Bodens einschränken würde (de Vries et al. 2013). Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben auch vermutet, dass es mehr Bodenorganismen gibt wo Bauern extensive Methoden der Landnutzung anwenden (wie auf Heuwiesen und Weiden). Bei extensiver Landnutzung wird weniger gepflügt und gedüngt, doch braucht diese Methode mehr Platz um dieselbe Menge Nahrung anzubauen. Ihre Vermutung war, dass es den Bodenorganismen am besten in natürlichem Grasland gehen würde, wo der Boden nicht zum Anbau von Nahrungsmitteln genutzt wird (de Vries et al. 2013).

Mit dem Ziel Flächen zu untersuchen, die von möglichst vielen Umweltfaktoren beeinflusst werden (Temperatur, Niederschlag, Bodenbeschaffenheit, etc.) zog ein Team aus Forschern in vier europäische Länder: Schweden, Tschechien, das Vereinigte Königreich und Griechenland. In jedem Land haben sie Flächen mit drei Arten von Landnutzung untersucht: Hochintensive Landwirtschaft, mittelintensive Landwirtschaft und natürliches Grasland (de Vries et al. 2013) (Abbildung 2). Auf jeder Fläche haben sie verschiedene Bodenorganismen untersucht, unter anderem Pilze, Bakterien, Protozoen, Fadenwürmer, Regenwürmer, Enchyträen, Milben und Springschwänze. Um herauszufinden, wie sich Ökosystemdienstleistungen zwischen verschiedenen Arten der


Landnutzung unterscheiden haben sie auch einige der wichtigen Leistungen der Bodenorganismen gemessen.

Abbildung 2

Drei Arten, auf die natürliche Umgebungen genutzt werden können. Bei extensiver Landnutzung wird nicht so viel gepflügt und Erntearbeit geleistet oder Dünger und Pestizide eingesetzt, und sie schafft vielfältige Ökosystemdienstleistungen. Bei Landnutzung mittlerer Intensität wird etwas gepflügt und Erntearbeit geleistet, bei mittelhohen Erträgen. Bei Landnutzung hoher Intensität wird viel gepflügt und Erntearbeit geleistet, und es werden viele Chemikalien eingesetzt, um sehr viele Feldfrüchte auf kleinem Raum anzubauen. Bei hochintensiver Landnutzung wird der Verlust einiger Ökosystemdienstleistungen für mehr Erträge in Kauf genommen.

ÖKOLOGISCHE DIENSTLEISTUNGEN

Was die Umwelt Wichtiges für die Menschen leistet. In Bodenökosystemen sind das zum Beispiel das Recyceln von Nährstoffen, das Bewahren von Wasser sowie die Entwässerung des Bodens, und die Durchmischung organischer Materials.



Anbaumethoden	Extensive Landnutzung	Landnutzung mittlerer Intensität	Intensive Landnutzung
Düngung	(-)	(+)	(++)
Pestizideinsatz	(-)	(+)	(++)
Pflügen	(-)	(+)	(++)
Erntearbeit	Beweidung oder Mähen von Hand	Kleine Maschinen	Große Maschinen
Angebaute Pflanzen	Mischung natürlich vorkommender Arten	Rotation von durch Menschen gepflanzte Arten	Eine von Menschen gepflanzte Art (Monokultur)

Abbildung 2

INTENSIVE LANDNUTZUNG VERRINGERT BIODIVERSITÄT IM BODEN

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben herausgefunden, dass die Art der Landnutzung wichtig war für Anzahl und Arten von Organismen, die sie im Boden fanden. Sie fanden, dass intensivere Landnutzung die Vielfalt der Arten (Biodiversität) in den Bodennahrungsnetzen reduziert: Es gab weniger Gruppen an Organismen, und innerhalb dieser Gruppen auch weniger Arten (Tsiafouli et al. 2015). Sie haben auch herausgefunden, dass das Gesamtgewicht der meisten Gruppen von Bodenorganismen niedriger war bei hoch- und mittelintensiver Landwirtschaft. Die Organismen, welche zum Energiekanal der Bodenwurzeln gehören wurden am stärksten reduziert, während Organismen, die sich von Bakterien und Pilzen ernähren weniger betroffen waren. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass Pflügen einen starken Effekt auf Pflanzenwurzeln in mittel- und hochintensiver Landwirtschaft hat, was ebenfalls Einfluss auf die Lebewesen hat, die zu diesem Energiekanal gehören. Doch wieviel Einfluss auf diese Veränderungen hatte das Pflügen selbst, und wieviel Einfluss hatten die entstandenen Auswirkungen auf das Bodennahrungsnetz?

DIENSTLEISTUNGEN VON BODENORGANISMEN

Um die Frage oben zu beantworten haben sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Beziehungen zwischen Gruppen von Bodenorganismen angesehen sowie die Dienstleistungen, welche diese Organismen leisten. Die Forscher haben sich auf zwei Leistungen konzentriert: Respiration und den Stickstoffkreislauf. Wenn wir über so winzige Organismen sprechen meint Respiration (=Atmung) den Vorgang, bei dem Sauerstoff verbraucht wird und Kohlenstoffdioxid entsteht, um Energie zu produzieren, welche die Organismen

zum Wachsen und Leisten ihrer Arbeit benötigen. Stickstoff ist ein wichtiges Element für alle Lebewesen, einschließlich Pflanzen. Es durchläuft in mehreren Schritten einen Kreislauf durch die Umwelt. Mineralisierung nennt man den Vorgang, bei dem Stickstoff von Organismen an den Boden abgegeben wird (Abbildung 2), für gewöhnlich wenn sie verwesen. Stickstoff kann aus dem Boden entweichen durch Versickerung, das heißt es wird von Wasser aus dem Boden gespült, oder durch Denitrifikation, wenn der Stickstoff durch Bakterien in ein Gas namens Stickstoffdioxid (NO_2) umgewandelt wird und aus dem Boden in die Atmosphäre aufsteigt.

NATÜRLICHES GRASLAND VERBESSERT ATMUNG DES BODENS

Zunächst haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler herausgefunden, dass die Respiration der Bodenorganismen in natürlichen Graslandschaften und dort, wo mehr Regenwürmer im Boden lebten, höher war. Regenwürmer durchmischen den Boden und regen dadurch die Aktivität anderer Bodenorganismen an. Genau wie wir müssen Bodenorganismen wenn sie aktiver werden mehr essen und atmen. Wenn mehr organisches Material als Nahrung vorhanden ist, erhöht sich die Anzahl aktiver Bodenorganismen. Weil natürliche Graslandschaften über mehr organisches Material verfügen als die hoch- und mittelintensiv bewirtschafteten Felder, war die Respiration auf diesen Flächen höher.

Abbildung 3

Stickstoff wird in Bodennahrungsnetzen transformiert, so dass er sich durch Pflanzen, Wasser oder die Luft bewegen kann. Durch die Fressaktivität von Bodenorganismen wird organisches Material im Boden (tote Pflanzen und Tiere) zu anorganischem Stickstoff mineralisiert. Der anorganische Stickstoff im Boden kann von Pflanzen und Pilzen aufgenommen werden, oder er kann aus dem Boden verloren gehen, indem er ins Grundwasser sickert oder durch Bakterien in N_2O -Gas umgewandelt wird in einem Prozess namens Denitrifikation.

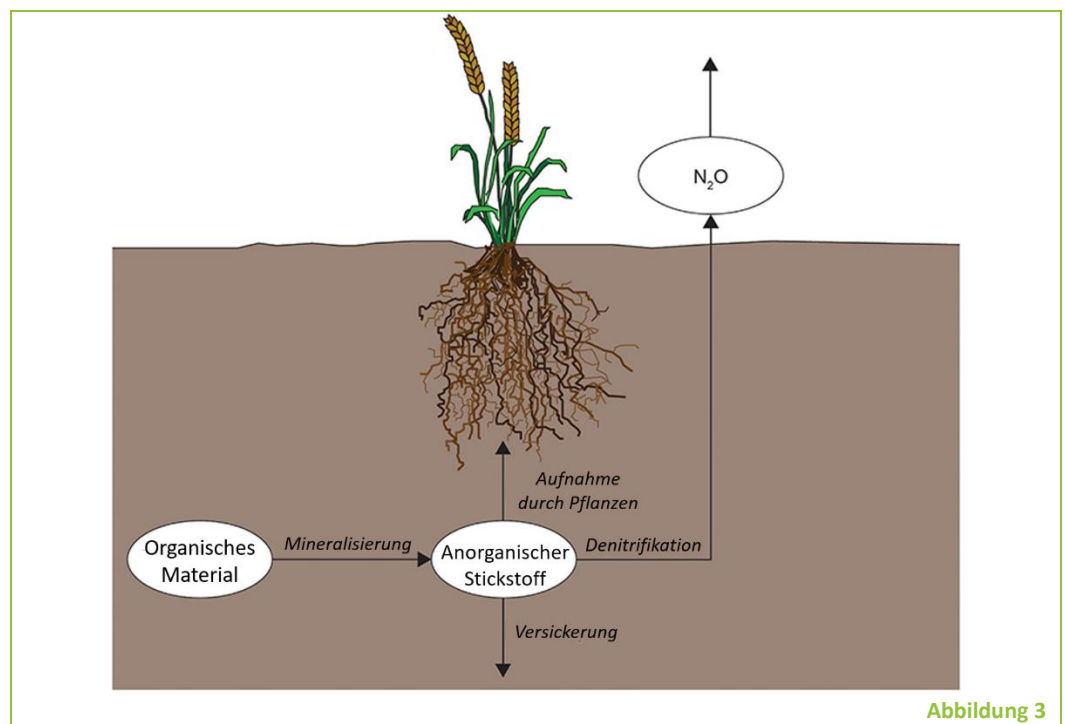


Abbildung 3

MEHR STICKSTOFF FLIESST IN UND AUS INTENSIV BEWIRTSCHAFTETEN FARMEN

Als sich die Forscher den Stickstoffkreislauf angesehen haben stellten sie fest, dass mehr Stickstoff in Nahrungsnetzen mit einem starken bakteriellen

Energiekanal mineralisiert wurde (siehe Bodennahrungsnetz im Glossar). Bakterien sind oft sehr zahlreich auf intensiv bewirtschafteten Flächen, wo sie sich schnell vermehren und wieder sterben und so den Stickstoff aus ihren Körpern an den Boden abgeben.

Nachdem sie den mineralisierten Stickstoff, der in den Boden abgegeben wurde, gemessen hatten, wollten die Forscher wissen, welchen Einfluss die Landnutzung darauf hat, wohin der Stickstoff als nächstes fließt. Sie haben herausgefunden, dass in Gebieten mit wenig intensiver Landnutzung, wo es sehr viele arbuskuläre Mykorrhizapilze gab, weniger Stickstoff vom Wasser ausgespült wurde, also mehr Stickstoff im Boden blieb, welchen die Pflanzen nutzen konnten. Bauern möchten, dass möglichst wenig Stickstoff im Boden versickert und die Felder verlässt, so dass die Pflanzen, die sie anbauen, ihn zum Wachsen nutzen können. Arbuskuläre Mykorrhizapilze sind eine spezielle Gruppe von Pilzen, welche sich an Pflanzenwurzeln heften und ihnen dabei helfen Nährstoffe aufzunehmen, einschließlich Stickstoff. Diese Pilze könnten den Stickstoff aus dem Boden aufnehmen und ihn so davor bewahren zu versickern. Die Anwesenheit dieser Pilze könnte also ein guter Hinweis darauf sein, ob verschiedene Arten von Landnutzung Einfluss auf das Versickern von Nährstoffen im Boden haben.

Um einzuschätzen wie stark die Denitrifikation war haben Forscher die Konzentration von Stickstoffdioxid (N_2O) gemessen. Sie fanden geringere N_2O -Konzentrationen wo es besonders viele Flagellaten gab – winzige Lebewesen, die ihren Schwanz benutzen um sich im Wasser, das sich im Boden befindet vorwärts zu bewegen, und sich von Bakterien ernähren. Zu beachten ist, dass die Denitrifikation nicht direkt mit den Flagellaten zusammenhängt, sondern einer bestimmten Gruppe von Bakterien. Weil sich Flagellaten besonders dort vermehrten, wo diese denitrifizierenden Bakterien selten waren, könnten Flagellaten wichtige Hinweise auf andere Organismen (z.B. denitrifizierende Bakterien) und Prozesse im Boden (z.B. Denitrifikation) geben. Es ist wichtig zu verstehen, was in Bodennahrungsnetzen mit wenig denitrifizierenden Bakterien vor sich geht, denn wenn Stickstoff den Boden als N_2O verlässt kann es den Klimawandel verstärken. N_2O ist ein Treibhausgas und 314-mal stärker als CO_2 !

DIE BIODIVERSITÄT IM BODEN ERHÖHEN, UM EINFLUSS DER INTENSIVEN LANDNUTZUNG ZU VERRINGERN

Die Frage, wie man Gemüse und andere Nahrungsmittel „richtig“ anbaut wird in der Wissenschaft und Gesellschaft viel diskutiert. Wie können wir genügend gesunde Nahrung für Milliarden von Menschen anbauen und dem Planeten dabei so wenig wie möglich schaden? Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind dabei herauszufinden, dass Bodenorganismen sensibel auf Änderungen an der Umwelt durch den Menschen reagieren. Anbaumethoden beeinflussen nicht nur einzelne Organismen, sondern komplexe Netzwerke an Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Arten. Veränderungen in diesem Netzwerk haben Einfluss darauf wie Energie durch ein Ökosystem fließt, welche Nährstoffe erhalten bleiben, welche verloren

gehen, und wie sehr sich Bauern auf Dünger und Pestizide verlassen müssen. Während intensive Landnutzung weniger Boden beansprucht, was positiv ist, hat sie auch viele negative Effekte, da sie Biodiversität im Boden verringert und mehr Nährstoffe und Kohlenstoff verloren gehen. Im Gegensatz dazu produziert weniger intensive Landwirtschaft nicht so viele Nahrungsmittel, ist aber umweltfreundlicher. Eine Lösung ist also die Biodiversität in intensiv bewirtschafteten Böden wiederherzustellen, um sie weniger abhängig von Düngern und Pestiziden zu machen, was gut für die Umwelt und damit den Menschen ist. Solltet ihr also die Möglichkeit haben euer eigenes Gemüse anzubauen würdet ihr damit der Umwelt helfen, da ihr sie nicht mit intensiver Landwirtschaft anbaut. Wenn ihr kein eigenes Gemüse anbauen könnt, könnt ihr der Umwelt immer noch helfen, indem ihr Gemüse und andere Nahrungsmittel aus nicht-intensiver Landwirtschaft kauft. Stück für Stück können wir so unseren Planeten gesünder machen.

ORIGINAL ARTIKEL

de Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., et al. 2013. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:14296–301. doi: 10.1073/pnas.1305198110

REFERENZEN

[1] de Vries, F. T., Thébault, E., Liiri, M., Birkhofer, K., Tsiafouli, M. A., Bjørnlund, L., et al. 2013. Soil food web properties explain ecosystem services across European land use systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110:14296–301. doi: 10.1073/pnas.1305198110

[2] Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., de Ruiter, P. C., van der Putten, W. H., Birkhofer, K., et al. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Glob. Change Biol.* 21:973–85. doi: 10.1111/gcb.12752

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

QUELLE: Hines J and De Vries F (2020) Dirt Is Not Dead: How Land Use Affects the Living Soil. *Front. Young Minds.* 8:549486. doi: 10.3389/frym.2020.549486

INTERESSENSKONFLIKT: Die Autoren geben an, dass die Forschung in Abwesenheit kommerzieller oder finanzieller Beziehungen durchgeführt wurde, welche als möglicher Interessenskonflikt ausgelegt werden könnten.

STELLUNGNAHME ZUM BEITRAG DER AUTORINNEN UND AUTOREN: JH und FdV haben gleichermaßen zu Inhalt und Präsentation dieses Manuskriptes beigetragen.

COPYRIGHT © 2020 Hines and De Vries. 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.

JUNGER REVIEWER



KONSTANTIN, ALTER: 14

Hi, Ich bin Konstantin, dein Young Mind von nebenan! Ich komme aus Rousse, Bulgarien, und seit ich klein war, habe ich mich gefragt, wozu man eigentlich recyceln sollte usw. Jetzt, als Jugendlicher, interessiere ich mich wirklich für Ökologie und habe beschlossen, dazu beizutragen, das Bewusstsein für einige der Probleme in unserer Welt zu schärfen, wie Luftverschmutzung, Artensterben und Abholzung. Wenn ich, ein ganz normaler Schüler, etwas bewirken kann, dann kannst du das auch - worauf wartest du also noch, mein junger Leser!

AUTORINNEN



JES HINES

Jes ist eine Ökologin, die am Deutschen Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) arbeitet. Ihre Forschung konzentriert sich darauf, wie Biodiversität auf Veränderungen in der Umwelt reagiert. Sie interessiert sich für das Wachstum komplexer Systeme und wie Arten den Fluss von Nährstoffen, Energie und Informationen durch Ökosysteme beeinflussen.



FRANCISKA DE VRIES

Franciska de Vries ist eine Professorin an der Universität Amsterdam. Ihre Forschung konzentriert sich darauf zu verstehen, wie Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und Bodenmikroben auf den Klimawandel reagieren, und wie dies das Funktionieren von Ökosystemen beeinflusst.

ÜBERSETZER

JULIAN ESCHER