



## DIE WUNDERSAME ROLLE VON BODENTIEREN BEI DER ZERSETZUNG TOTER BLÄTTER

**François-Xavier Joly \* und Jens-Arne Subke**

*1 Biologie und Umweltwissenschaften, Universität Stirling, Stirling, Vereinigtes Königreich*

### JUNGE GUTACHTER:



**JUAN DIEGO**

**ALTER :**

**15 JAHRE**

Wenn Pflanzenblätter sterben, fallen sie ab und sammeln sich auf dem Boden, wo ein wichtiger Prozess stattfindet: Zersetzung. Die Zersetzung ist für die Rückgewinnung von Nährstoffen und deren Reise zurück in den Boden unerlässlich. Zersetzung wird hauptsächlich von einer Armee von Mikroorganismen durchgeführt, die mit dem bloßen Auge nicht sichtbar sind. Aber auch größere Tiere wie Milben und Schnecken fressen tote Blätter. Diese großen Tiere können Blätter jedoch nicht sehr gut verdauen und geben einen Großteil als Kot zurück. Dieser Teil wird danach von Mikroorganismen weiter zersetzt. Beeinflusst diese Umwandlung der toten Blätter in Kot den Recyclingprozess? Durch das Sammeln von Kot von vielen Bodentieren, die tote Blätter fressen, fanden wir heraus, dass sie schneller zersetzt werden als unveränderte tote Blätter. Das bedeutet, dass Bodentiere die Zersetzung von toten Blättern nicht durch Verdauung, sondern durch die Umwandlung in Kot unterstützen.

## WIESO UNTERSUCHEN WIR TOTE BLÄTTER?

### PHOTOSYNTHESE

Der Prozess, bei dem Pflanzen die Energie von der Sonne mit ihren Blättern aufnehmen, um Kohlendioxid und Wasser in Zucker umzuwandeln.

### ZERSETZUNG

Der Prozess, bei dem komplexes Pflanzen- oder Tiermaterial in eine einfachere Form umgewandelt wird, wobei Kohlendioxid und Nährstoffe freigesetzt werden.

### MIKROORGANISMEN

Kleine lebende Dinge, die dem bloßen Auge nicht sichtbar sind, wie Bakterien oder Pilze. Auch "Mikroben" genannt.

### ENZYME

Proteine, die große und komplexe Moleküle in kleinere und einfachere Moleküle aufschneiden können.

Pflanzen sind die Grundlage alles Lebens auf der Erde. Dank ihrer Blätter können Pflanzen die Energie der Sonne nutzen, um Kohlenstoffdioxid aus der Luft zu fangen und in Zucker umzuwandeln. Dieser Prozess, der **Photosynthese** genannt wird, ist für das Leben auf der Erde unerlässlich. Die Zuckermoleküle werden verwendet, um mehr Pflanzenbausteine (Blätter, Stämme, Wurzeln) zu bilden, die dann von vielen verschiedenen Tieren gefressen werden können. Doch die Blätter einer Pflanze leben nur einige Monate bis Jahre. Wenn die Zeit kommt, dass Pflanzen sie abwerfen, sammeln sich tote Blätter auf dem Boden, wo ein anderer wichtiger Prozess beginnt: **Zersetzung**. Dieser Zersetzungsprozess ist genauso unerlässlich wie die Photosynthese, da er es ermöglicht, dass der Kohlenstoff, aus dem die Blätter bestehen, als Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre zurückkehrt. Der Kohlenstoffdioxid kann dann wieder von anderen Pflanzen genutzt werden. Durch die Zersetzung kehren auch die in den toten Blättern enthaltenen Nährstoffe in den Boden zurück, wo sie von Pflanzen verwendet werden können, um neue Blätter zu bilden. Nur Dank dieses fragilen Gleichgewichts zwischen Photosynthese und Zersetzung kann der Kreislauf des Lebens weitergehen.

## MIRKOORGANISMEN KOMPOSTIEREN TOTE BÄTTER

Wie geschieht die Zersetzung? Dieser wichtige Prozess wird hauptsächlich von einer ganz bestimmten Gruppe von Bodenorganismen durchgeführt: **Mikroorganismen**. Mikroorganismen bestehen aus Pilzen - den gleichen Organismen, die auch die großen Pilze wie Champignons bilden - und Bakterien. Mikroorganismen sind so klein, dass sie für das bloße Auge nicht sichtbar sind, aber sie sind extrem häufig im Boden. Nur 1 g Boden kann 10 Milliarden Mikroorganismen enthalten. Diese Mikroorganismen nutzen tote Blätter als Nahrung. Sie verdauen Blätter, indem sie viele verschiedene **Enzyme** in den Boden um sie herum freisetzen. Diese Enzyme sind wie Scheren, die die großen toten Blätter in mikroskopisch kleine Stücke schneiden. Die Mikroorganismen können dann diese Blattstücke verdauen, um Energie zu gewinnen und zu wachsen. Dann geben die Mikroorganismen den Kohlenstoff wieder in die Atmosphäre als Kohlenstoffdioxid zurück. Der Kreislauf des Lebens kann weitergehen.

Aber Mikroorganismen können nicht alle tote Blätter gleich schnell zersetzen. Einige Pflanzen, wie Kiefern oder Buchen, bilden Blätter, die robust, ziemlich dick und arm an Nährstoffen sind. Diese Blätter sind nicht sehr gut bei der Photosynthese, aber sie können sogar in schwierigen Bedingungen überleben. Daher ist es schwieriger diese Blätter zu zersetzen, weil sie wenige Nährstoffe und wenig Oberfläche für Mikroorganismen bieten. Pflanzen wie Ahornbäume oder Klee bilden Blätter, die viel dünner und reich an Nährstoffen sind. Diese Blätter sind weniger widerstandsfähig gegen Schäden, aber sie sind besser bei der Photosynthese. Wenn diese dünneren Blätter sterben, bieten sie Mikroorganismen viel mehr Nährstoffe und mehr Oberfläche, und daher werden sie schneller zersetzt.

**ABBILDUNG 1**

(A–C) Beispiele für Bodentiere, die tote Blätter essen und sie in Fäkalien umwandeln. (D) Beispiel für tote Blätter, welche diese Tiere essen können. (E) Beispiele für Fäkalien von Tieren, die tote Blätter essen. (F) Die Fäkalien von Blattfressern bestehen aus vielen kleinen Teilchen.

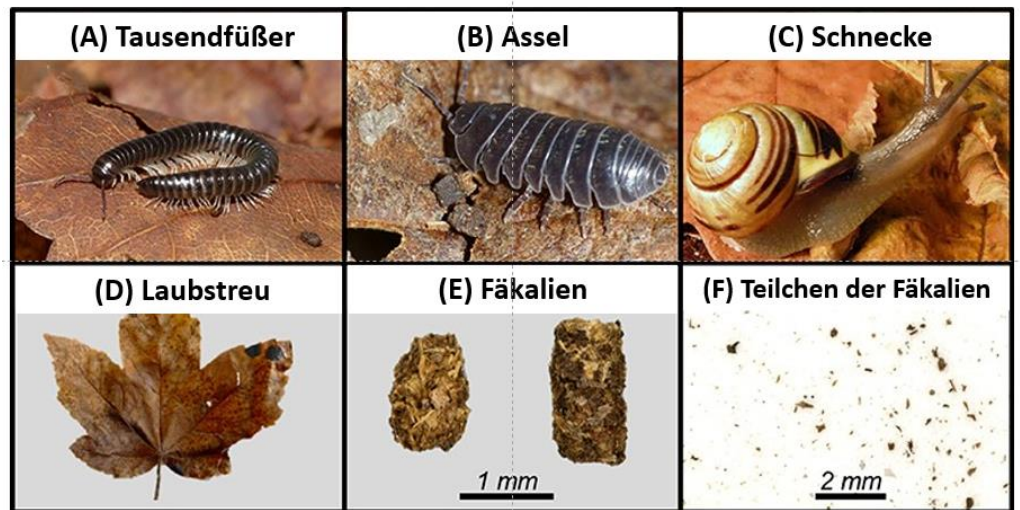


Abbildung 1

## TIERE HELFEN DEN MIKROORGANISMEN BEI DER KOMPOSTIERUNG

Mikroorganismen sind nicht die einzigen Bodenbewohner, die tote Blätter zersetzen. Viele größere Bodenbewohner, wie z.B. Milben, Regenwürmer, Holzwürmer und Schnecken, fressen auch tote Blätter (Abb. 1A–C). In manchen Arten von Wäldern und sogar in Wüsten fressen diese Tiere die meisten toten Blätter, die jedes Jahr fallen [1–4]. Allerdings wird nur ein kleiner Teil der Blätter, die von diesen Tieren gefressen werden, tatsächlich verdaut und von den Tieren genutzt (z.B. Abb. 1D). Der größte Teil wird als **Fäkalien** an den Boden zurückgegeben – im anderen Worten, als Kacka (Abb. 1E). Das bedeutet, dass in Ökosystemen, in denen diese Tiere reichlich vorhanden sind, die Hauptquellen für organische Stoffe für Bakterien und Pilze nicht tote Blätter, sondern Fäkalien sind. Unabhängig vom Typ der gefressenen toten Blätter sind diese Fäkalien immer viel kleiner als tote Blätter und bestehen aus Zehntausenden von winzigen Blattstücken (Abb. 1F). Diese Umwandlung von großen, intakten Blättern in winzige Stücke bietet Mikroorganismen viel mehr Oberfläche, auf der sie wachsen und fressen können.

Die Bedeutung der Umwandlung von toten Blättern in Fäkalien ist nicht gut verstanden. Werden Fäkalien leichter von Mikroorganismen zersetzt als intakte tote Blätter? Wenn ja, ist dieser Effekt wichtiger für dicke, robuste Blätter als für die dünnen Blätter, die bereits leicht von Mikroorganismen abgebaut werden? Helfen alle Tiere, die tote Blätter fressen, den Mikroorganismen dabei die Blätter zu zersetzen? In dieser Studie wollten wir Antworten auf diese Fragen finden [5].

## DIE FÄKALIENFABRIK: ZERSETZUNG IM LABOR STUDIEREN

Um die Bedeutung der Umwandlung von toten Blättern in Fäkalien zu studieren, mussten wir Tausende frische Fäkalien von verschiedenen Bodentieren sammeln, die verschiedene Arten von toten Blättern fressen. Das

**FÄKALIEN**

= Ausscheidungen. Die Überreste von gefressenem Nahrungsmittel, die nicht von Tieren verdaut werden. Im anderen Worten, Kacka.

ist in der Wildnis unmöglich, weil Fäkalien sehr klein sind und es unmöglich ist, die Art der Tiere zu bestimmen, die die Fäkalien produziert haben, oder den Typ der toten Blätter, die das Tier gefressen hat. Daher haben wir eine neue, spezielle Art von Experiment entwickelt: die Fäkalienfabrik. Wir begannen damit, in verschiedenen Wäldern und Grasflächen der schottischen Tiefebene herumzuwandern, wo wir Tausende Bodentiere von sechs Arten sammelten, einschließlich drei Arten von Milben, zwei Arten von Holzwürmern und einer Art von Schnecke. Wir sammelten auch tote Blätter von sechs Baumarten, die bekanntermaßen bei verschiedenen Geschwindigkeiten zersetzt werden: Eichen, Buchen, Haselnüsse, Ahorne, Rosskastanien und Linden (Abb. 2). Wir brachten alle Proben zurück ins Labor und verwendeten Plastikboxen, um jede Art von Tieren mit jedem Typ von toten Blättern zu kombinieren. Insgesamt hatten wir 36 Blatt/Tier-Kombinationen. Dann ließen wir die Tiere fressen und sammelten zweimal wöchentlich für einen Monat ihre Fäkalien. Diese Fäkalien waren sehr vielfältig: sie variierten in Farbe je nach dem Typ der toten Blätter, die gefressen wurden, und in ihrer Form je nach der Art des Tieres (Abb. 2).

## ABBILDUNG 2

Fäkalien, die von sechs verschiedenen Bodentieren gesammelt wurden, die auf sechs verschiedenen Arten von toten Blättern gefressen hatten. Fäkalien sind auf Maßstab gezeichnet, aber Blätter und Tiere sind nicht auf Maßstab gezeichnet. Man kann sehen, dass die Farbe der Fäkalien von den toten Blättern abhängt, die gefressen wurden, mit hellen Farben, wenn das Tier Buchenblätter gefressen hatte und dunkleren Farben, wenn es Lindenblätter gefressen hatte. Stattdessen hängt die Form der Fäkalien von dem Tier ab, mit ovalen Fäkalien für Milben, rechteckigen Fäkalien für Holzwürmer und Zylindern für Schnecken (Bildquelle: angepasst von [5]).

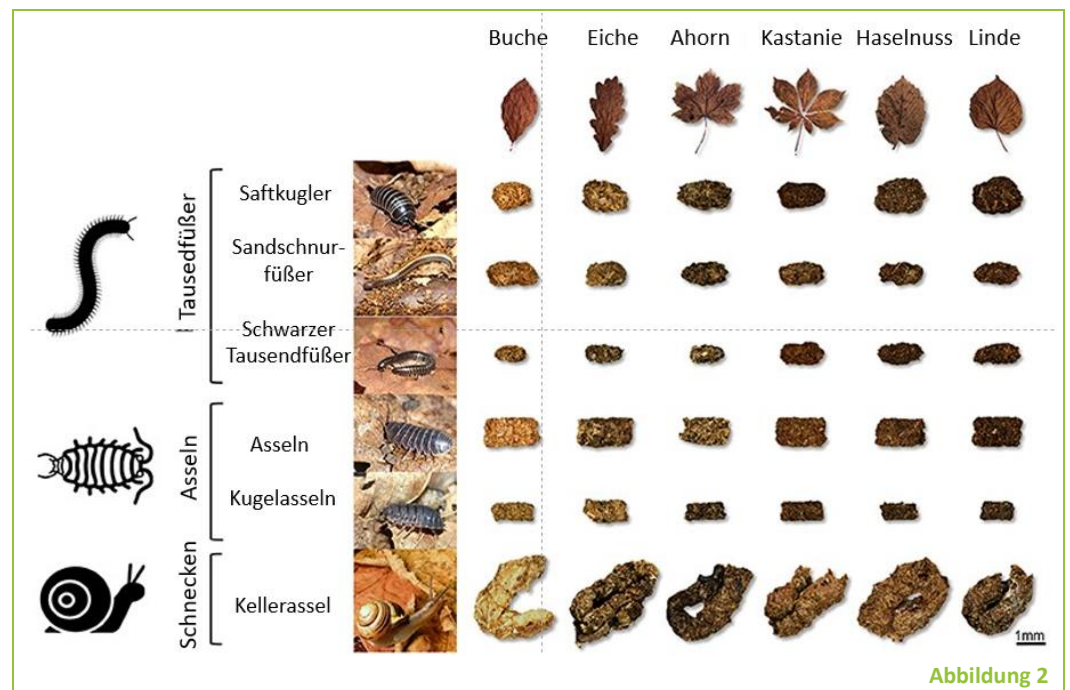


Abbildung 2

Nach dem Sammeln der Fäkalien maßen wir, wie schnell diese Fäkalien zersetzt wurden, verglichen mit den intakten toten Blättern. Wir wollten dies unter Bedingungen durchführen, die andere ForscherInnen weltweit wiederholen können, um unsere Ergebnisse zu bestätigen oder um unsere Ergebnisse mit denen zu vergleichen, die mit anderen Tier- oder Blattarten verwendet werden. Um dies zu tun haben wir kleine, künstliche Bodensysteme im Labor erstellt. Wir füllten kleine Gläser mit Boden aus einem örtlichen Feld und legten eine kleine Menge Fäkalien oder tote Blätter auf die Oberfläche des Bodens, getrennt von der Bodenoberfläche durch ein feines Netz. Das Netz ermöglichte es uns, die verbleibenden Fäkalien- oder Blattstücke leicht zu sammeln, aber es war auch kein Hindernis für die Mikroorganismen aus dem Boden, hindurch zu wandern und die Fäkalien oder Blätter zu zersetzen. Wir legten die Gläser in einen dunklen, warmen, feuchten Raum für 6 Monate. Jeden Woche fügten wir Wasser zu den Gläsern hinzu, um die Bodenfeuchtigkeit für die

Mikroorganismen optimal zu halten. Nach 6 Monaten sammelten wir die verbleibenden Fäkalien und tote Blätter. Wir trockneten sie, wogen sie und verglichen die Masse der Proben mit ihren Anfangsmassen, um zu ermitteln, wie viel der Blätter und Fäkalien während dieser 6 Monate von den Mikroorganismen zersetzt wurde.

### ABBILDUNG 3

Durch die Umwandlung von toten Blättern in Fäkalien beeinflussen Bodentiere die Geschwindigkeit, mit der tote Blätter zersetzt werden. Im Durchschnitt zersetzen sich die Fäkalien der Bodentiere 38% schneller als die intakten toten Blätter. Dieser Effekt hängt vom Typ der toten Blätter ab. Wenn Tiere tote Blätter fraßen, die leicht für Mikroorganismen zersetzt werden konnten (gezeigt in hellgelb), wurden ihre Fäkalien nicht viel schneller zersetzt als tote Blätter. Wenn sie jedoch tote Blätter fraßen, die schwer für Mikroorganismen zersetzt werden konnten (gezeigt in dunkelbraun), zersetzten sich die daraus resultierenden Blattstücke in den Fäkalien viel schneller.

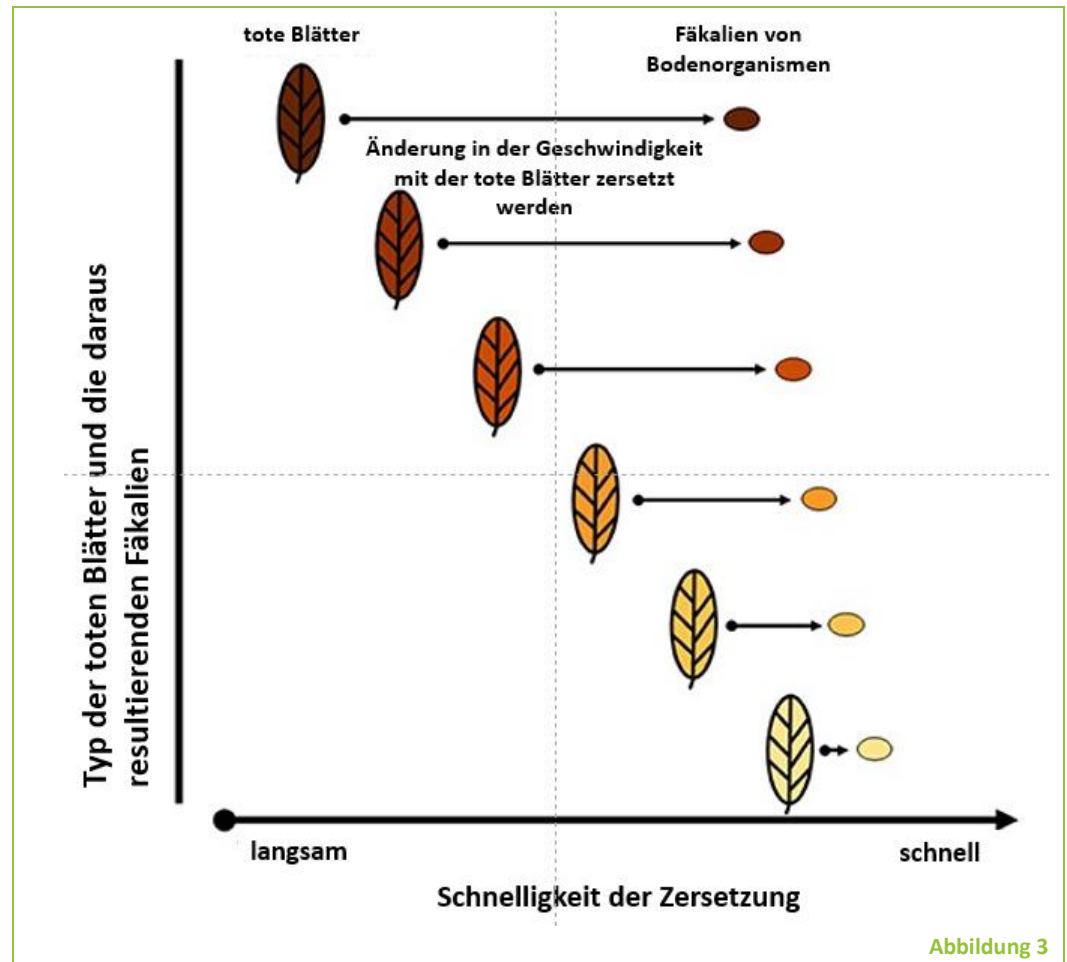


Abbildung 3

### WAS HABEN WIR HERAUSGEFUNDEN?

Unsere Experimente führten zu zwei sehr interessanten Entdeckungen. Erstens fanden wir für alle Tierarten, die wir studierten, heraus, dass ihre Fäkalien 38% schneller zersetzt wurden als tote Blätter (Abb. 3). Diese Ergebnisse waren sehr konsistent, obwohl Schnecken, Milben und Holzwürmer sehr unterschiedliche Tierarten sind. Wir denken, dass Fäkalien schneller zersetzt werden, weil die Tiere die großen toten Blätter in Tausende kleine Stücke umwandeln, die leichter zugänglich für Mikroorganismen sind. Unsere zweite wichtige Entdeckung war, dass die erhöhte Geschwindigkeit der Zersetzung nicht für alle Arten von toten Blättern gleich war. Wenn Tiere tote Blätter fraßen, die leicht für Mikroorganismen zersetzt werden konnten, wurden ihre Fäkalien nicht schneller zersetzt als die unverdauten Blätter. Aber wenn Tiere tote Blätter fraßen, die schwer von Mikroorganismen zersetzt werden konnten, wurden ihre Fäkalien anschließend schneller zersetzt als die ungefreessenen Blätter. Deshalb verschwinden die großen Unterschiede in der Geschwindigkeit der Zersetzung zwischen verschiedenen Arten von toten Blättern fast vollständig, wenn die Blätter von Tieren gefressen und in Fäkalien umgewandelt werden.

## BODENTIERE TRAGEN ZUM KREISLAUF DES LEBENS BEI

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Bodentiere, indem sie tote Blätter in Fäkalien umwandeln, die Zersetzung durch Mikroorganismen beschleunigen. Dies ist der Grund, warum wir tote Blätter nicht auf der Oberfläche des Bodens sehen, insbesondere unter Pflanzen mit langsamen zersetzenden Blättern. Noch wichtiger ist, dass, indem sie tote Blätter in Fäkalien umwandeln, Bodentiere helfen, den Kohlenstoff aus den Blättern zurück in die Atmosphäre als Kohlendioxid zu geben, und, die Nährstoffe zurück in den Boden, wo diese bedeutenden Substanzen wieder von Pflanzen verwendet werden können. Daher helfen Bodentiere, das kritischen Gleichgewicht zwischen Photosynthese und Zersetzung zu halten, das Pflanzen – und damit alles Leben auf der Erde – aufrechterhält!

## ORIGINAL QUELLE FÜR DEN ARTIKEL

Joly F-X, Coq S, Coulis M, David J-F, Hättenschwiler S, Mueller CW, Prater I, Subke J-A. Detritivore conversion of litter into faeces accelerates organic matter turnover. *Commun Biol* (2020) 3:660.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Sagi, N., Grünzweig, J. M., and Hawlena, D. 2019. Burrowing detritivores regulate nutrient cycling in a desert ecosystem. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 286:20191647. doi : 10.1098/rspb.2019.1647
2. David, J. F., and Gillon, D. 2002. Annual feeding rate of the millipede *Glomeris marginata* on holm oak (*Quercus ilex*) leaf litter under Mediterranean conditions. *Pedobiologia.* 46:42–52. doi : 10.1078/0031-4056-00112
3. Coulis, M., Hättenschwiler, S., Coq, S., and David, J. F. 2016. Leaf litter consumption by macroarthropods and burial of their faeces enhance decomposition in a mediterranean ecosystem. *Ecosystems.* 19:1104–15. doi : 10.1007/s10021-016-9990-1
4. Cárcamo, H. A., Abe, T. A., Prescott, C. E., Holl, F. B., and Chanway, C. P. 2000. Influence of millipedes on litter decomposition, N mineralization, and microbial communities in a coastal forest in British Columbia, Canada. *Can. J. For. Res.* 30:817–26. doi : 10.1139/x00-014
5. Joly, F.- X., Coq, S., Coulis, M., David, J.- F., Hättenschwiler, S., Mueller, C. W., et al. 2020. Detritivore conversion of litter into faeces accelerates organic matter turnover. *Commun. Biol.* 3:660. doi : 10.1038/s42003-020-01392-4

**BEARBEITET DURCH :** Rémy Beugnon

**WISSENSCHAFTLICH MENTORIN:** Maria Segovia-Salcedo

**QUELLE:** Joly F-X and Subke J-A (2022) The Bizarre Role of Soil Animals in the Decomposition of Dead Leaves. *Front. Young Minds* 10:638736. doi: 10.3389/frym.2022.638736

**INTERESSENSKONFLIKT:** Die Autoren erklären, dass die Forschung in der Abwesenheit von kommerziellen oder finanziellen Beziehungen durchgeführt wurde, die als potenzieller Interessenkonflikt angesehen werden könnten.

**COPYRIGHT © 2022** Joly und Subke. Dies ist ein offener Zugriff, der unter den Bedingungen der Creative Commons Attribution License (CC BY) veröffentlicht wird. Die Verwendung, Verteilung oder Reproduktion in anderen Foren ist erlaubt, vorausgesetzt, die ursprünglichen Autor(en) und die Urheberrechtsinhaber(in) werden genannt und die ursprüngliche Veröffentlichung in dieser Zeitschrift zitiert wird, in Übereinstimmung mit der akzeptierten wissenschaftlichen Praxis. Keine Verwendung, Verteilung oder Reproduktion ist erlaubt, die nicht diesen Bedingungen entspricht.

## JUNGE GUTACHTER



### JUAN DIEGO, ALTER: 15 JAHRE

Hallo, ich bin Juan Diego, ich bin gerade 15 geworden. Ich bin aus Ecuador, aber ich bin in den Vereinigten Staaten aufgewachsen. Ich habe viele Hobbys. Mein Lieblingszeitvertreib ist das Spielen von Videospiele, weil es mir ermöglicht, mit meinen Freunden zu spielen, jetzt, da ich wegen der Pandemie eingeschlossen bin. Ich liebe Tiere und Natur. Deshalb arbeite ich derzeit an einem kleinen Stickerbuch über gefährdete Arten Ecuadors als Teil eines Schulfachs.

## AUTOREN



### FRANÇOIS-XAVIER JOLY

François-Xavier Joly ist ein französischer Bodenökologe, der an der Universität Wien in Österreich arbeitet. Seine Forschung konzentriert sich auf die Frage, wie Bodenorganismen zum Zerfall toter Pflanzen beitragen und wie dieser Prozess sich aufgrund globaler Veränderungen, wie Biodiversitätsverlust und Klimawandel, ändern kann. \*joly.fx@gmail.com



### JENS-ARNE SUBKE

Jens-Arne Subke ist ein Ökosystemökologe an der Universität Stirling und interessiert sich für die Interaktionen zwischen Pflanzen, Boden und der Umwelt. Er versucht, Fragen zu beantworten, wie das von Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommene Kohlenstoff in den Boden gestabilisiert werden kann, um die atmosphärische Kohlenstoffdioxid-Konzentration zu reduzieren.

## ÜBERSETZERIN



### ZARAH JANDA

Zarah Janda ist Doktorandin am Deutschen Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig und forscht zur Bodenstabilität.

## FINANZIERUNG (ÜBERSETZUNG)

Das Team Translating Soil Biodiversity erkennt die Unterstützung des deutschen Zentrums für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv) Halle-Jena-Leipzig an, das durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG FZT 118, 202548816) gefördert wird.

## CITATION (TRANSLATION)

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0). 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.

Recommended citation format: Joly and Subke (2025) The Bizarre Role of Soil Animals in the Decomposition of Dead Leaves (German translation: Zarah Janda). Translating Soil Biodiversity & Front. Young Minds. Originally published in 2022, doi: 10.3389/frym.2022.638736