



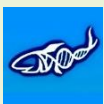
MISTKÄFER HELFEN ÖKOSYSTEME GESUND ZU HALTEN

Paul Manning¹, Xin Rui Ong², Eleanor M. Slade²

¹Dalhousie Universität, Kanada

²Asian School of the Environment, College of Science, Nanyang Technological Universität, Singapur

JUNGE GUTACHTER:



FDR-HB_
PERU I GEM
TEAM

Alter: 14 – 17

Mistkäfer sind eine Gruppe von Insekten, die hauptsächlich den Kot (Mist, Dung) von Säugetieren als Nahrung und Nistplatz nutzen. Diese Käfer sind wichtig für den Abbau und die Wiederverwertung dieses Dungs im Boden, wodurch die Nährstoffe aus dem Kot durch das Ökosystem zirkulieren können. Mistkäfer bieten viele Vorteile für die Gesundheit und das Funktionieren natürlicher und vom Menschen veränderter Ökosysteme, z.B. durch die Verbreitung von Samen, die Reduzierung von Parasiten im Viehbestand und die Förderung des Pflanzenwachstums. In diesem Artikel werden wir die grundlegende Lebensgeschichte der Mistkäfer untersuchen. Dann schauen wir uns die Bedeutung von Mistkäfern in tropischen Wäldern und landwirtschaftlichen Ökosystemen an.

MISTKÄFER-GRUNDLAGEN

Viele Leser werden Mistkäfer aus Dokumentarfilmen kennen. Wenn man einmal gesehen hat, wie ein Käfer gekonnt ein Mistknäuel (Tierkot) wegrollt, kann man diesen Anblick nur schwer vergessen. Es überrascht vielleicht, dass Mistkäfer fast überall auf der Welt zu finden sind (Abbildungen 1A-D), auf allen Kontinenten außer der Antarktis! Diese Gruppe von Käfern verdankt ihren Namen ihrer Gewohnheit den Kot von Säugetieren als Nahrung und Nistmaterial zu verwenden. Einige Arten von Mistkäfern bevorzugen jedoch verwesendes Fleisch, Pilze, Früchte und sogar tote Tausendfüßler und Ameisen! Wie alle Käfer haben Mistkäfer zwei Flügelpaare: ein flexibles inneres Paar zum Fliegen und ein robustes äußeres Paar als Panzer. Alle Mistkäfer haben Fühler, die sich an den Enden zu einer Keule verbreitern, und die Männchen einiger Arten haben beeindruckende Hörner, die sie im Kampf um Weibchen nutzen (Abbildung 1C). Es gibt mehr als 7000 verschiedene Arten Dungkäfer und jedes Jahr werden neue Arten entdeckt.

Abbildung 1

Beispiele für Mistkäfer in gemäßigten und tropischen Gebieten. (A) Der Bewohner *Aphodius rufipes* ist eine nachtaktive Art, die in großer Zahl in landwirtschaftlichen Ökosystemen vorkommt. Sie ist eine wichtige Nahrungsquelle für Fledermäuse. (B) Der Tunnelfalter *Onthophagus coenobita* kommt in landwirtschaftlichen Ökosystemen vor und trägt oft winzige Milben, welche Mistkäfer nutzen um sie zwischen Mistplätzen zu transportieren. (C) Männlicher *Proagoderus watanabei*, eine tunnelbauende Art, die in Sabah gefunden wurde, Malaysia, ernährt sich von Dung. (D) *Paragymnopleurus maurus*, eine rollende Art, die in Sabah gefunden wurde, Malaysia, schiebt eine Mistkugel mit seinen Hinterbeinen in Sicherheit.



Abbildung 1

MISTKÄFER IN TROPISCHEN WALDÖKOSYSTEMEN

Mistkäfer lassen sich anhand ihrer Nahrungs- und Nistgewohnheiten in drei Hauptgruppen einteilen (Abbildung 2). Die erste Gruppe sind die Bewohner. Diese Mistkäfer kommen zu einem Misthaufen und richten sich schnell einen Wohnsitz ein. Im Inneren des Mistes paaren sie sich und legen Eier ab. Sobald diese geschlüpft sind, verbringen die Larven (die unreife Form der Käfer) die gesamte Zeit ihrer Entwicklung mit der Nahrungsaufnahme im Misthaufen, der ihnen auch als Zuhause dient (Abbildung 2A). Die zweite Gruppe sind die Tunnelbauer. Die weiblichen Mistkäfer finden einen Misthaufen und beginnen einen Tunnel in den Boden zu graben. Sie ziehen kleine Dungstücke in den Tunnel und formen sie zu Klumpen, die sie Brutbälle nennen. Die Männchen konkurrieren dann um ein Weibchen und ihren Tunnel, den sie verteidigen, bis das Weibchen befruchtet ist und seine Eier in den Dung legt (Abbildung 2B). Dann gibt es noch die Walzen. Ein Männchen erreicht den Dung und formt ihn

ORGANISCHE SUBSTANZ

Verbindungen, die aus Überresten abgestorbener Organismen stammen, wie z.B. Pflanzen, Pilzen und Tieren.

Abbildung 2

Drei verschiedene Niststrategien Niststrategien der Mistkäfer. (A) Wohnende Käfer legen ihre Eier direkt in den Dung, wo Larven ihre gesamte Entwicklung verbringen. (B) Tunnelbohrer-Käfer graben Tunnel in den Boden, wo sie kleine Mistkugeln als Brutballen bilden. Das Weibchen legt Eier in diesen Brutballen ab, die die Larven ernähren. (C) Walzenmistkäfer formen eine Kugel aus Dung und rollen ihn in Sicherheit, bevor sie ihn in der Erde vergraben und Eier hineinlegen.

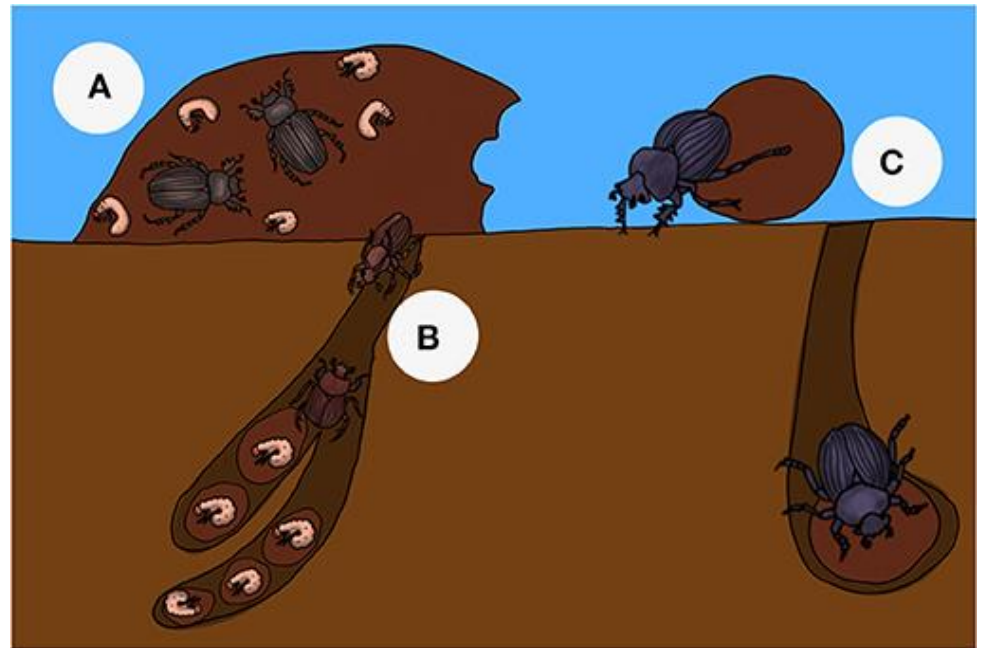


Abbildung 2

MISTKÄFER IN TROPISCHEN WALDÖKOSYSTEMEN

Mistkäfer bilden Netzwerke über Interaktionen mit Säugetieren, von deren Dung sie sich ernähren. Sowohl Säugetiere als auch Mistkäfer stehen in Wechselwirkung mit fruchttragenden Pflanzen, deren Samen sie mit dem Dung verbreiten (Abbildung 3A). Wenn jedoch einige Säugetiere aussterben, kann sich dies auf die Mistkäfer auswirken, die sich von deren Dung ernähren, genauso wie auf die Pflanzen, deren Samen sie mit verbreiten [1] (Abbildung 3B). Wir haben die Wechselwirkungen zwischen Säugetieren und Mistkäfern in den tropischen Wäldern Brasiliens, Singapurs und Malaysias untersucht. Diese tropischen Wälder haben durch Abholzung, **Fragmentierung** und Jagd an **Artenvielfalt** verloren. Wir erwarten, dass mit zunehmender Störung und Fragmentierung der Wälder die Zahl der Säugetierarten zurückgehen wird und damit auch die Zahl der Mistkäfer. Wir nehmen an, dass die komplexen Interaktionen zwischen Säugetieren, Mistkäfern und Fruchtpflanzen in gestörten und isolierten Waldstücken weniger wären als im Vergleich zu großen und gesunden tropischen Wäldern.

FRAGMENTIERUNG

Der Prozess der Aufspaltung in kleinere Teilstücke.

ARTENVIELFALT / BIODIVERSITÄT

Die Vielfalt des Lebens aus der Erde.

RESILIENT / WIDERSTANDSFÄHIG

In der Lage sein Veränderungen in der Umwelt zu widerstehen.

Abbildung 3

Vereinfachte Interaktionen zwischen Säugetieren, Mistkäfern und Samen in (A) einem ungestörten Ökosystem, (B) einem mäßig gestörten oder fragmentierten Ökosystem, und (C) einem stark gestörten oder fragmentierten Ökosystem. Der Verlust von Arten und Interaktionen ist in grau dargestellt. Drei Arten von Interaktionen sind möglich: (1) Säugetier - nur sie verbreiten die Samen; (2) Säugetier-Mistkäfer - es gibt keine Ausbreitung der Samen; (3) Säugetier-Mistkäfer-Samen - beide, Säugetiere und Mistkäfer verbreiten die Samen. In mäßig gestörten oder fragmentierten Ökosystem (B) können Mistkäfer ihre Nahrungsvorlieben auf einen anderen Dung wechseln. Dies geschieht nicht in stark gestörten oder fragmentierten Ökosystemen (C), so dass der Käfer und seine Interaktionen verloren gehen.

Um unsere Vorhersage zu testen stellten wir Fallen mit Dung verschiedener Säugetiere in verschiedenen Lebensräumen auf, in Wäldern bis hin zu Ölpalmenplantagen. Dies taten wir in großen zusammenhängenden Waldgebieten und kleinen vereinzelt Waldstücken. Anschließend zählten und identifizierten wir die Käfer, die von jeder Dungart in jedem Lebensraum angezogen wurden und fanden heraus, dass die Mistkäfer-Säugetier-Netzwerke in tropischen Wäldern recht **widerstandsfähig** sind, d.h., dass sie sich als Reaktion auf Abholzung und Fragmentierung nicht sehr stark verändern. Wir glauben, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass Mistkäfer nicht sehr wählerisch sind bei der Mistwahl. Während viele Käfer eine bevorzugte Nahrungsart haben, spezialisieren sich nur wenige auf eine einzige Nahrungsquelle. Wenn also eine Säugetierart aus einem Gebiet verschwindet, können die meisten Mistkäfer einfach auf den Mist einer anderen Säugetierart ausweichen (Abbildung 3B). Wir haben dabei entdeckt, dass einige Mistkäfer sich sogar vom Kot einer Python ernähren! Doch obwohl Netzwerke in mäßig gestörten Lebensräumen widerstandsfähig waren, stellten wir fest, dass diese in stark gestörten Gebieten, wie Ölpalmenplantagen und kleinen isolierten Waldstücken, kleiner wurden, mit weniger Mistkäferarten und weniger Interaktionen zwischen Käfern und Säugetieren [2] (Abbildung 3C).

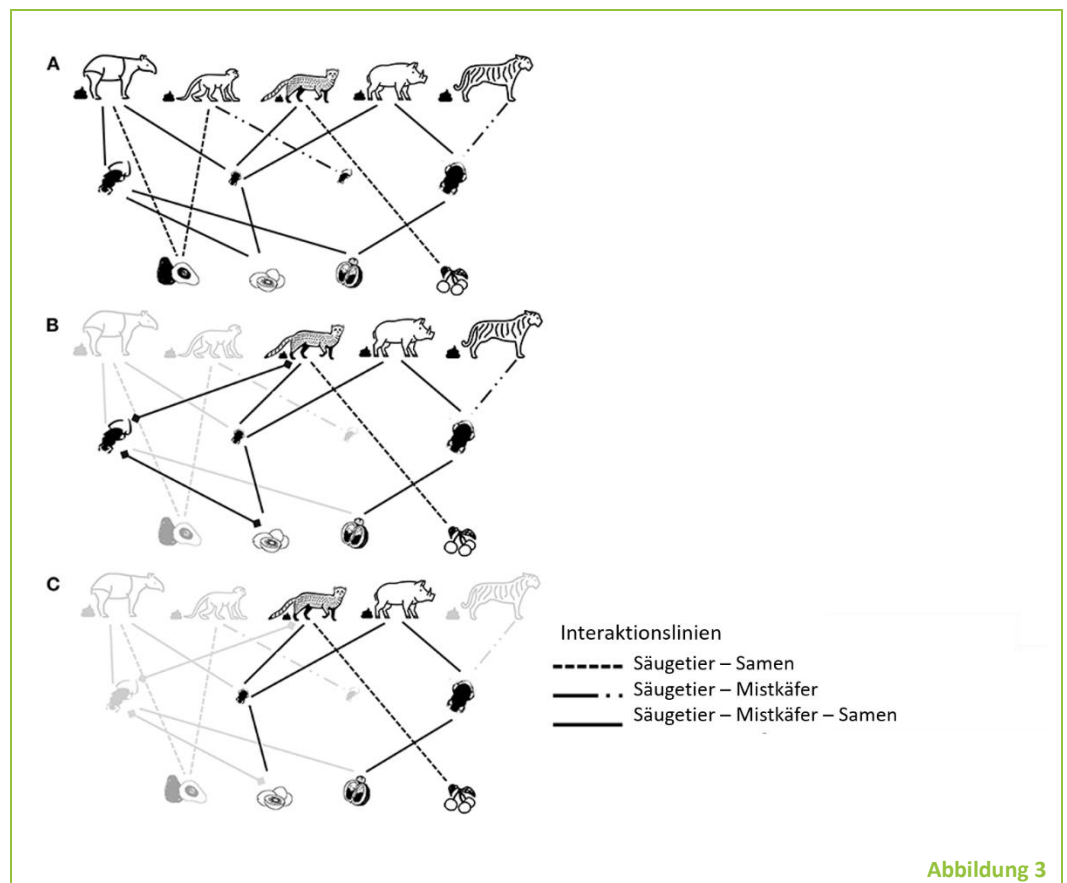


Abbildung 3

Die Verwendung von Fallen, die mit Dung beködert sind um Käfer zu fangen, sagt uns daher nur, ob die Käfer vom Mist angezogen werden, aber nicht, ob sich diese Käfer tatsächlich von dieser Dungart ernähren. Wir konnten die Fallen nur mit dem Kot bestücken, den wir leicht finden konnten, wie dem der großen Tiere aus dem Zoo. Dank neuer Labormethoden wissen wir aber,

welchen Säugetiermist die Käfer wirklich gefressen haben. In unserer aktuellen Arbeit sezieren wir daher die Eingeweide von Käfern um das genetische Material des Inhalts im Käferdarm zu analysieren. Mit dieser Methode können wir feststellen, welchen Säugetierkot die Käfer gefressen haben, bevor sie gefangen wurden. Wir hoffen, dass wir auf diese Weise vollständigere Interaktionsnetzwerke dokumentieren können, einschließlich seltener oder schwer zu untersuchender Säugetierarten sowie den Interaktionen zwischen Säugetieren und Mistkäfern, welche in den Baumkronen leben - ja, es gibt auch dort oben Mistkäfer!

DUNGKÄFER IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN ÖKOSYSTEMEN

ÖKOSYSTEM

Eine Gemeinschaft von Tieren, Pflanzen, Bakterien und Pilzen, die an einem bestimmten Ort zusammen mit den nicht-lebenden Komponenten dieser Umgebung existieren.

FADENWÜRMER (NEMATODEN)

Eine Gruppe von Würmern, auch bekannt als Spulwürmer, die im Boden und in aquatischen Umgebungen als Parasiten in Pflanzen und Tieren vorkommen können.

Mistkäfer sind auch wichtige Mitglieder landwirtschaftlicher **Ökosysteme** und viele Forscher haben untersucht, wie Mistkäfer die Nahrungsmittelproduktion unterstützen [3]. So legen beispielsweise Fliegen, die Kühe und andere Nutztiere beißen und stören, ihre Eier im Dung ab, von dem sich die unreifen Fliegenlarven nach dem Schlüpfen ernähren. Mistkäfer tragen also zur Gesundheitshaltung von Nutztieren wie Schafen, Kühen und Pferden bei, indem sie den Mist von Nutztieren vergraben, so dass er den Fliegen nicht mehr als Brutstätte zur Verfügung steht.

Mistkäfer tragen auch dazu bei, den Parasitenbefall von Nutztieren zu verringern. Parasitäre Nematoden, also winzige Würmer, werden von Tieren gefressen, die auf den Weiden grasen. Die **Fadenwürmer** vermehren sich dann in den Tieren und ihre Eier werden mit dem Dung ausgeschieden. Wenn diese Eier schlüpfen, wandern die Larven ins Gras und werden von Weidetieren wie Kühen oder Schafen mit dem Gras gefressen, wodurch die Infektionsrate ansteigt. Wenn Mistkäfer sich durch den Dung bohren, trocknen sie ihn aus. Dies tötet die Eier ab und verringert die Zahl der parasitären Nematoden auf der Weide, was wiederum zu einer geringeren Anzahl infizierter Tiere führt. Diese Tunnelbautätigkeit hilft auch der Durchmischung des Bodens und dem Transport von Nährstoffen durch den Boden, damit sie von den Pflanzen aufgenommen werden können. Da Mistkäfer relativ klein und oft übersehen werden, erkennen viele Landwirte vielleicht nicht einmal, dass Mistkäfer auf ihren Höfen leben. Dennoch ersparen die Mistkäfer der Viehwirtschaft allein im Vereinigten Königreich etwa 367 Millionen Pfund pro Jahr [4]!

Mistkäfer reagieren daher etwas empfindlich auf die weitere Bewirtschaftung von Weiden. In einer Studie sammelten Wissenschaftler Käfer auf einer Reihe von Rinderfarmen in Irland [5]. Sie verglichen konventionelle Betriebe, die Kunstdünger und Insektizide einsetzten, mit ökologisch bewirtschafteten Betrieben, die beides nicht benutzten. Die Forscher stellten fest, dass Biobetriebe mehr Mistkäferarten aufwiesen als die anderen Betriebsformen. Wir entdeckten dann, dass mehr Mistkäferarten das Pflanzenwachstum erhöhen, aber nicht zu einer Erhöhung der Anzahl von luftgefüllten Poren im Bodens beitragen [6].

PARASITIZIDE

Medikamente, die den Tieren verabreicht werden um ihre Parasiten abzutöten.

Parasitizide sind ebenfalls eine ernsthafte Bedrohung für Mistkäfer in landwirtschaftlichen Ökosystemen. Dabei handelt es sich um Chemikalien, die Nutztieren gegeben werden um sie vor Parasiten wie Zecken, Flöhen und Fadenwürmern zu schützen. Parasiten schaden den Tieren, indem sie sich von ihrem Blut ernähren und manchmal Krankheiten übertragen. Parasitizide werden in der Regel mit dem Tierkot ausgeschieden, so dass die gleichen Chemikalien, die die Parasiten töten, auch bei Mistkäfern wirken, wenn diese sich von dem gleichen Mist ernähren. Leider haben wir entdeckt, dass eines dieser Parasitizide, das üblicherweise zur Behandlung von Nutztieren eingesetzt wird, Mistkäfer töten oder sie an der Fortpflanzung hindern kann. Dies verringert die Gesundheit und Anzahl der Mistkäfer und die Menge des von ihnen vergrabenen Dungs [6]. Landwirte können ihre Mistkäfer schützen, indem sie weniger Parasitizide einsetzen, nur Tiere mit hohem Parasitenaufkommen behandeln oder Behandlungen wählen, die für Mistkäfer weniger giftig sind.

DER WERTVOLLE UND FASZINIERENDE MISTKÄFER

Wie du siehst, sind Mistkäfer kostbar. Sie haben viele wichtige ökologische Funktionen in natürlichen und landwirtschaftlichen Ökosystemen und können uns helfen mehr über die Gesundheit von Ökosystemen zu erfahren, da Mistkäfer bspw. mit Säugetieren in Verbindung stehen. Wenn wir feststellen, dass einige Mistkäferarten aus unseren Wäldern verschwinden, deutet dies darauf hin, dass die Säugetiere des Waldes verschwinden. Gesunde Böden und Pflanzen brauchen Nährstoffe, welche Mistkäfer und andere Bodentiere zur Verfügung stellen. Das Verschwinden von Mistkäfern und anderen Bodentieren aufgrund chemischer und umweltbedingter und Belastungen würde dazu führen, dass unsere Böden unfruchtbar werden und die Samen vieler Pflanzen sich nicht mehr ausbreiten oder anwachsen würden. Die vielen verschiedenen Verhaltensweisen, die Mistkäfer an den Tag legen, haben sie ins Rampenlicht zahlreicher faszinierender Verhaltensstudien gebracht. So gibt es auch Käfer, die mit Hilfe der Milchstraße navigieren, oder andere, die durch die Samen einer Pflanze ausgetrickst werden, die sich so entwickelt, als ob sie wie Antilopenkot aussieht und riecht! Halt die Augen offen nach diesen faszinierenden Kreaturen, denn du weißt nie, welche Entdeckung du machst.

DANKSAGUNGEN

Wir bedanken uns bei Chien C. Lee, dass wir seine Fotos von Mistkäfern aus Sabah, Malaysia verwenden durften – seine Fotos sind zu finden unter www.chienclee.com

REFERENZEN

- [1] Raine EH, Slade EM. 2019 Dung beetle–mammal associations: methods, research trends and future directions. *Proc. R. Soc. B* 286: 20182002. doi:10.1098/rspb.2018.2002
- [2] Ong XR, Slade EM & Lim MLM. Dung beetle-megafauna trophic networks in Singapore's fragmented forests. *Biotropica*. In press. doi:10.1111/btp.12840
- [3] Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., Favila, M., & The Scarabaeinae Research Network. (2008). Ecological functions and ecosystem services of Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141, 1461-1474. doi:10.1016/j.biocon.2008.04.011
- [4] Beynon, S. A., Wainwright, W. A., & Christie, M. (2015). The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the UK cattle industry. *Ecological Entomology*, 40, 124-135. In review
- [5] Hutton, S. A., & Giller, P. S. (2003). The effects of the intensification of agriculture on northern temperate dung beetle communities. *Journal of Applied Ecology*, 40(6), 994-1007.
- [6] Manning, P., Slade, E. M., Beynon, S. A., & Lewis, O. T. (2017). Effect of dung beetle species richness and chemical perturbation on multiple ecosystem functions. *Ecological Entomology*, 42(5), 577-586.

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

ZITATION: Manning P, Ong XR and Slade EM (2021) Soil Ecosystems Change With Time. *Front. Young Minds*. 9:543498. doi: 10.3389/frym.2021.543498

INTERESSENKONFLIKT: Die Autoren erklären, dass dieses Dokument ohne jegliche geschäftliche, persönliche oder finanzielle Beziehungen verfasst wurde, die als potenzieller Interessenkonflikt interpretiert werden könnten.

COPYRIGHT © 2021 Manning, Ong and Slade. 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 GUTACHTER

FDR-HB_PERU iGEM TEAM, ALTER: 14 – 17

Wir sind ein Team für synthetische Biologie im Rahmen des internationalen Genetically Engineered Maschine (iGEM) in Lima, Peru. Wir sind das einzige Oberstufenteam in Lateinamerika und sind stolz auf unsere Arbeit, einen Detektor für Cadmium mit Hilfe von Bakterien zu entwickeln. Die meisten von uns lernen eine zweite Sprache und unsere Gruppe ist zwischen 14 und 17 Jahre alt. Wir lieben GVOs!

AUTOR:INNEN

PAUL MANNING

Paul ist Mitarbeiter an der Fakultät für Landwirtschaft der Dalhousie University. Er hat einen B.Sc. in Landwirtschaft vom Nova Scotia Agricultural College und einen D.Phil. in Zoologie von der Universität Oxford. Er arbeitet seit 2013 an der Ökologie und Toxikologie von Mistkäfern. Seine Forschung zielt darauf ab zu verstehen, wie Insektengemeinschaften die Ökosystemfunktionen (wie die Zersetzung von Dung) in landwirtschaftlichen Ökosystemen unterstützen. Paul ist auch daran interessiert, das Verständnis und die Wertschätzung der Öffentlichkeit für Insekten zu verbessern, durch Vorträge vor Gemeindegruppen, die Arbeit mit Jugendlichen und die Durchführung von Forschung durch partizipative Bürgerwissenschaft. *paul.manning@dal.ca



XIN RUI ONG

Xin Rui ist Doktorand an der Asian School of the Environment der Technologischen Universität Nanyang. Sie schloss ihr Studium an der National University of Singapore mit einem B.Sc. in Biowissenschaften mit Schwerpunkt Umweltbiologie ab. Xin Rui lernte die faszinierende Welt der Mistkäfer während ihres Studiums kennen und untersucht nun die Vielfalt der Mistkäfer und ihre Wechselwirkungen mit Säugetiergemeinschaften in Südostasien.



ELEANOR M. SLADE

Eleanor ist Assistenzprofessorin an der Asian School of the Environment. Sie hat einen B.Sc. in Zoologie von der Universität von Leeds, einen M.Sc. in Ökologie von der Aberdeen University und einen D.Phil. in Zoologie von der University of Oxford. Eleanor ist Ökologin und beschäftigt sich in ihrer Forschung mit der Erhaltung, Bewirtschaftung und Wiederherstellung tropischer Waldlandschaften und landwirtschaftlicher Systeme. Sie interessiert sich besonders für wirbellose Tiere und untersucht seit 17 Jahren Mistkäfer und deren Bedeutung für gesunde Ökosysteme. Eleanor ist auch daran interessiert die Wissenschaft zu nutzen, um Politik und bewährte Praktiken in der Ölpalmenindustrie aufzuklären.



ÜBERSETZUNG

SUSANNE HORKA