



BEEINFLUSST DIE ARTENVIELFALT DER PFLANZEN DIE NÄHRSTOFFKREISLÄUFE?

Eva Koller-France^{1*}, Wolfgang Wilcke², Yvonne Oelmann¹

¹ Department of Geography/Geoecology, Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland

² Institute for Geography and Geoecology, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Deutschland

JUNGE GUTACHTER



MACKENZIE

ALTER: 14



ROSE

ALTER: 14

Alle Lebewesen - Menschen, Tiere, Pflanzen und sogar Mikroben - müssen die gleichen Nährstoffe aufnehmen um zu leben, vor allem Stickstoff und Phosphor. Den Kreislauf dieser Elemente im Ökosystem zu verstehen ist der Schlüssel dazu zu wissen, warum Ökosysteme funktionieren. Wir stellen uns daher die Frage, ob die Vielfalt der Organismen, wie Pflanzen oder Insekten, mit diesen Nährstoffkreisläufen zusammenhängt. Wenn nämlich Pflanzengemeinschaften aus vielen verschiedenen Pflanzenarten bestehen, dann scheinen sie die verfügbaren Bodennährstoffe besser zu nutzen als solche, die aus weniger Arten bestehen. Der Grund hierfür könnte die sogenannte Komplementarität sein, d.h. dass verschiedene Pflanzenarten auf unterschiedliche Weise auf verfügbare Nährstoffe zugreifen, z.B. aus unterschiedlichen Bodentiefen. In diesem Artikel beschreiben wir die Zusammenhänge zwischen Artenvielfalt der Pflanzen und Nährstoffkreislauf im Boden und erörtern die Auswirkungen auf das Funktionieren des gesamten Ökosystems.

WARUM INTERESSIEREN UNS DIE AUSWIRKUNGEN DER BIOLOGISCHE VIELFALT AUF NÄHRSTOFFKREISLÄUFE?

Alle Lebewesen auf der Erde benötigen bestimmte Nährstoffelemente. In natürlichen Ökosystemen werden diese Nährstoffe, vor allem Stickstoff und Phosphor, von Pflanzen aus dem Boden aufgenommen. Die Pflanzen können dann von Tieren oder Menschen gefressen werden und die Nährstoffe werden über den Kot der Tiere und durch Absterben von Pflanzen und Tieren in den Boden zurückgeführt und können dann von neuen Pflanzen aufgenommen werden. Da sich dies immer wiederholt, nennen wir es einen Nährstoffkreislauf.

In verschiedenen Ökosystemen und unter verschiedenen Umweltbedingungen kann ein Nährstoffkreislauf schneller oder langsamer ablaufen und die Nährstoffe können von verschiedenen Teilen des Systems mehr oder weniger vollständig genutzt und wiederverwertet werden, was deshalb zu Ungleichgewichten führen kann. Manchmal sind mehr Nährstoffe verfügbar als benötigt werden, weil die Landwirte dem Boden zu viel Dünger zuführen oder weil es im Winter einen warmen Tag gibt, an dem winzige Organismen im Boden Nährstoffe aus abgestorbenem Material wiederverwerten und freisetzen, die von Pflanzen während ihrer inaktiven Phase nicht benötigt werden. Wenn sich zu viele Nährstoffe im Boden befinden, werden diese ins Grundwasser oder in Seen und Flüsse ausgewaschen, über die sie in größere Flüsse und schließlich ins Meer transportiert werden. Wenn diese Gewässer eine zu große Menge an Nährstoffen erhalten, kann dies das Algenwachstum beschleunigen, das dann die Süßwasserökosysteme schädigt. So kann ein Zuviel des Guten durchaus ein großes Problem werden. Deshalb ist die Untersuchung der Nährstoffkreisläufe von Ökosystemen unter verschiedenen Bedingungen nicht nur gut um zu lernen wie Ökosysteme funktionieren, sondern es hilft uns auch bei praktischen Überlegungen, z.B. wie wir unsere Versorgung mit sauberem Wasser halten können.

Wir wissen, dass die **biologische Vielfalt**, also der Artenreichtum eines Ökosystems, eine Rolle für viele seiner Funktionen spielt und wir wissen auch, dass die biologische Vielfalt weltweit abnimmt. So sterben bspw. einige Bienenarten und seltene Blumen aus, so dass viele Ökosysteme heute weniger vielfältig sind als früher. Dies ist einer der Gründe, warum wir uns dafür interessieren, wie der Nährstoffkreislauf auf Veränderungen in dieser biologischen Vielfalt reagiert.

WIE WIRKT SICH BIOLOGISCHE VIELFALT AUF DEN STICKSTOFFGEHALT DES BODENS AUS?

Ein Zusammenhang zwischen biologischer Vielfalt und Stickstoff (in Form von Nitrat, einer Form des Stickstoffs, die von Pflanzen aufgenommen wird) im Boden wurde in Experimenten zur Untersuchung der Auswirkungen der biologischen Vielfalt auf Ökosysteme recht gut nachgewiesen [1]. In diesen Experimenten wird Pflanzenvielfalt untersucht, indem kleine Modellökosysteme mit einer bekannten Anzahl von Arten nachgebaut werden (häufig

BIOLOG. VIELFALT

Einfach ausgedrückt, die Anzahl der Arten in einem Ökosystem

in Grasland, wo dies am einfachsten und schnellsten zu bewerkstelligen ist), die unter gleichen Umweltbedingungen wachsen, z.B. auf demselben Feld. Dazu wird eine bestimmte Samenmischung in ein Quadrat gesät, die sogenannte Versuchsfläche, und es werden in diesen kleinen Parzellen regelmäßig alle Pflanzen entfernt, die nicht ausgesät wurden. Die ausgezählten Ergebnisse der Versuchsflächen mit höherer oder geringerer Vielfalt lassen sich dann gut miteinander vergleichen, da der einzige Unterschied zwischen den Parzellen die Anzahl der darauf wachsenden Arten sein sollte.

In solchen Experimenten im Grasland stellten wir fest, dass die Stickstoffkonzentration im Boden umso geringer ist, je mehr Pflanzenarten vorhanden sind, was recht einfach zu erklären ist. Denn wenn Pflanzen mehr Stickstoff aufnehmen, bedeutet dies, dass weniger davon im Boden „übrigbleibt“. In nährstoffreichen Ökosystemen bedeutet dies auch, dass weniger Stickstoff ins Grundwasser ausgewaschen wird, was die Grundwasserqualität und die Süßwasserökosysteme schützt.

Um diese Ergebnisse zu verstehen, müssen wir eine weitere wichtige Auswirkung der pflanzlichen Artenvielfalt auf ungedüngte Ökosysteme berücksichtigen, nämlich die Zunahme des Pflanzenwachstums. Bei einer höheren pflanzlichen Artenvielfalt wird im Allgemeinen mehr pflanzliche **Biomasse** produziert, bspw. mehr Heu auf den Wiesen. Um diese größere Menge an Biomasse aufzubauen, wird mehr Stickstoff benötigt. Eine andere Sichtweise ist natürlich, dass diese größere Biomasse nur aufgebaut werden kann, wenn die Pflanzen Zugang zu mehr Stickstoff (und allen anderen notwendigen Nährstoffen) haben. Hier kommt etwas ins Spiel, das man Komplementarität nennt.

VERSCHIEDENE ARTEN ARBEITEN BEIM ZUGANG ZU NÄHRSTOFFEN ZUSAMMEN

Komplementarität beschreibt einen Mechanismus, durch den verschiedene Teile eines Ökosystems (z.B. verschiedene Arten) verschiedene essentielle (und begrenzte) Ressourcen an verschiedenen Orten oder zu verschiedenen Zeiten nutzen. Die Nutzung dieser Ressource durch die eine Art „ergänzt“ die Nutzung durch eine andere Art. Auf diese Weise schöpft die Pflanzengemeinschaft zusammen die verfügbaren Ressourcen besser aus als die Arten alleine. In unserem Beispiel handelt es sich bei der genutzten Ressource um den im Boden verfügbaren Stickstoff. Wahrscheinlich weißt du, dass Pflanzen mit ihren Wurzeln Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen, aber nicht alle Wurzeln sind gleich. Einige Pflanzen haben starke, lange Wurzeln, die tiefere Teile des Bodens erreichen können, sich auf dem Weg dorthin aber nicht sehr verzweigen. Andere Pflanzen haben Wurzeln, die nur flachere Teile des Bodens erreichen. Kombiniert man diese beiden Arten, kann man sehen, dass eine Pflanzenart Wasser und Nährstoffe aus dem flachen Boden entnimmt, während die andere dieselben Ressourcen aus dem tieferen Boden schöpft (Abbildung 1). Die beiden Arten von Wurzelsystemen ergänzen sich also gegenseitig und das bedeutet, dass die Nährstoffe, die in einem System mit entweder der einen

BIOMASSE

Die Gesamtmenge an Masse, die in den Komponenten des Ökosystems, wie Pflanzen oder Tieren, vorhanden ist. Die Pflanzenbiomasse, über die wir in diesem Artikel gesprochen haben, kann zum Beispiel als die gesamte lebende Materie definiert werden, die in den Wurzeln, Trieben, Blättern, Blüten und Früchten der Pflanzen enthalten ist. In gemäßigtem Klima ist die Biomasse nicht konstant, sondern nimmt normalerweise vom Frühjahr bis zum Spätsommer zu und im wieder Herbst ab.

oder der anderen Pflanze ungenutzt geblieben wären, nun zur Produktion von mehr pflanzlicher Biomasse genutzt werden, welche dann als Nahrung für Mikroben und Tiere dient. Diese beiden Pflanzen nutzen unterschiedliche Nischen im Raum, die wir als räumliche Nischen bezeichnen. Auch entwickeln und wachsen nicht alle Pflanzen zur gleichen Zeit, denn wenn sich eine Art im Frühjahr entwickelt und eine andere erst im Sommer zu wachsen beginnt, dann nehmen die beiden Arten ihre Nährstoffe nicht zur gleichen Zeit auf. Sie nutzen zwei zeitliche Nischen und auch sie greifen gemeinsam auf Nährstoffe und andere Ressourcen viel umfassender zu, als sie es alleine tun würden. Wenn also nicht nur zwei, sondern viele Pflanzen zusammen wachsen und unterschiedliche räumliche und zeitliche Nischen haben, wird mehr vom Stickstoff im Boden genutzt, so dass oft weniger davon im Boden verbleibt als wir überhaupt messen können.

Abbildung 1

Komplementarität zwischen Wurzelsystemen in Bodensystemen mit höherer Artenvielfalt führt zu einem effizienteren Nährstoffkreislauf. Breite Pfeile stehen für eine größere Nitrataufnahme oder höhere Phosphataseaktivität in vielfältigeren Ökosystemen; schmale Pfeile stehen für eine geringere Nitrataufnahme oder geringere Phosphataseaktivität in weniger vielfältigen Ökosystemen. Während Nitrat von den Wurzeln aufgenommen und in die oberirdischen Pflanzenteile transportiert wird, wird Phosphatase nach unten in den Boden abgegeben um Phosphat für die Aufnahme durch die Wurzeln verfügbar zu machen.

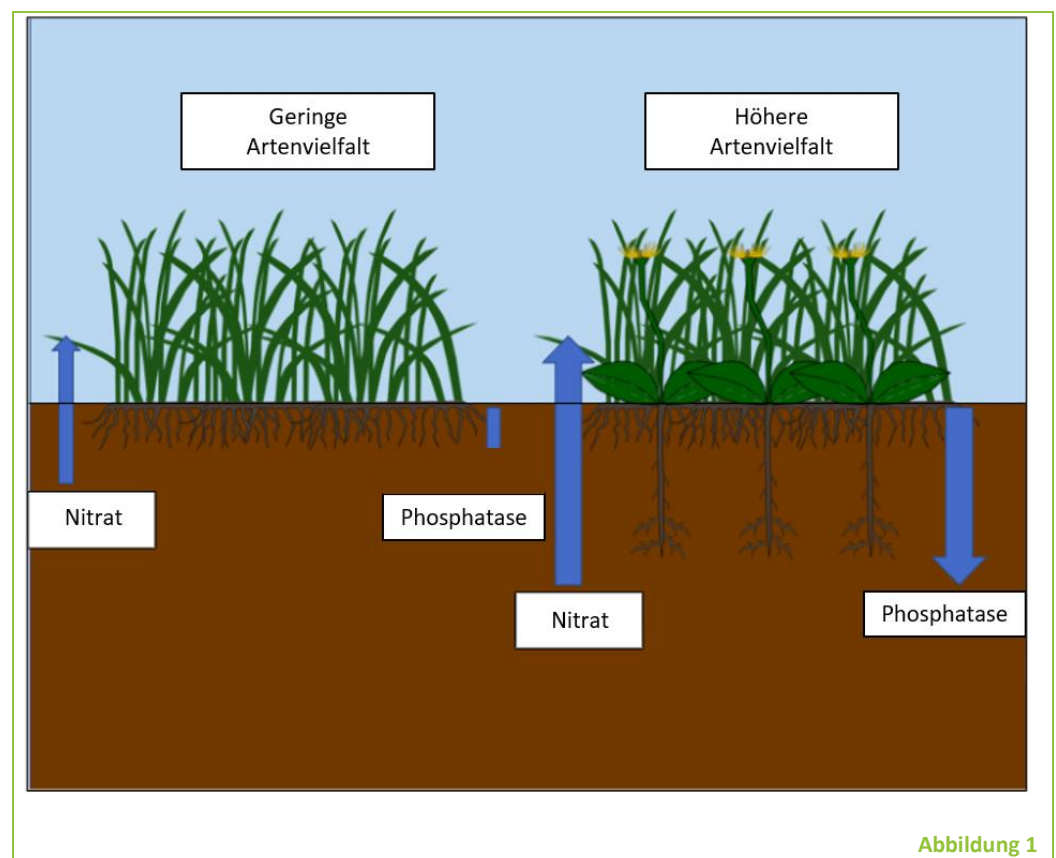


Abbildung 1

BIOLOGISCHE VIELFALT DER PFLANZEN UND PHOSPHOR IM BODEN

Es wäre logisch anzunehmen, dass die Auswirkungen der Artenvielfalt, die wir gerade für Stickstoff im Boden beschrieben haben, auch für Phosphor gelten. Beides sind essentielle Nährstoffe, die die Biomasseproduktion einschränken können. In Biodiversitätsexperimenten, in denen wir den Artenreichtum einzelner Ökosysteme kontrollieren um die Auswirkungen biologischer Vielfalt auf diese Ökosysteme zu untersuchen, ist dies jedoch - vielleicht überraschenderweise - nicht der Fall. Oft sind die Konzentrationen an leicht verfügbarem Phosphat, der chemischen Phosphorform, die von Pflanzen aufgenommen

wird, in den Böden der von uns untersuchten Systeme so niedrig, dass es keine „Reste“ gibt, wie es manchmal bei Stickstoff der Fall ist. Hat die Pflanzenvielfalt also überhaupt einen Einfluss auf den Phosphorkreislauf?

Die kurze Antwort lautet: Ja, wahrscheinlich. Wir wissen, dass die pflanzliche Biomasse in vielfältigeren Systemen mehr Phosphor enthält, und dass dieser Effekt - ähnlich wie bei Stickstoff - auf die größere Menge an Biomasse zurückzuführen ist, die aus einer größeren Phosphoraufnahme durch Pflanzen resultiert [2]. Die Frage ist, wie vielfältigere Ökosysteme mehr Phosphat aufnehmen können, auch wenn wir die Ergebnisse im Boden nicht sehen können.

Um an Phosphat im Boden heranzukommen, verwenden sowohl Pflanzen als auch Mikroben **Enzyme** (Substanzen, die bestimmte chemische Reaktionen ermöglichen) um das Phosphat von komplexeren chemischen Molekülen im Bodenumus abzuspalten, also dem organischen Teil des Bodens, den man als Kompost kennt. Wir können die Geschwindigkeit und die Funktion des Enzyms Phosphatase messen, welches für die Erschließung von Phosphat verantwortlich ist. Dadurch können wir abschätzen, wie viel Phosphat aus dem Boden für die Nutzung durch Pflanzen oder Mikroben freigesetzt wird. In Ökosystemen mit größerer pflanzlicher Artenvielfalt ist die Aktivität der Phosphatasen im Boden höher (Abbildung 1) [3]. Dies deutet darauf hin, dass wir zwar keine höhere Phosphoraufnahme aus Böden mit höherer pflanzlicher Biodiversität haben, wie dies bei Stickstoff der Fall ist, aber dass der Zugang zu Phosphor im Boden durch eine höhere Phosphataseaktivität wirksamer ist. Dies ist eine Möglichkeit, wie die Biodiversität der Pflanzen den Phosphorkreislauf in einem Ökosystem beeinflussen kann.

DIE BEDEUTUNG BIOLOGISCHER VIELFALT FÜR DIE FUNKTION VON ÖKOSYSTEMEN

Was bedeutet das alles? Man geht davon aus, dass bei anhaltenden globalen Veränderungen mehr Arten aus den Ökosystemen verschwinden werden und die biologische Vielfalt weiter abnimmt. Mit dem Rückgang der Artenvielfalt werden wahrscheinlich auch Stickstoff- und Phosphorkreislauf weniger wirksam sein, d.h. die Ökosysteme werden weniger in der Lage sein Stickstoff und Phosphor zu speichern und wiederzuverwerten als heute. Dies ist eine große Veränderung im Ökosystem und kann zum Rückgang der **Produktivität des Ökosystems** führen. Der Rückgang biologischer Vielfalt kann auch dazu führen, dass Nährstoffe aus dem System verloren gehen, z.B. Nitrat, das ins Grundwasser ausgewaschen wird. Überschüssiges Nitrat ist ein Schadstoff, wenn es in unser Trinkwasser gelangt, und es kann auch negative Auswirkungen auf die aquatischen Ökosysteme haben, in die es transportiert wird, bspw. durch übermäßiges Algenwachstum. Außerdem stehen diese Nährstoffe dann den Pflanzen, Mikroben oder Tieren im ursprünglichen Ökosystem nicht mehr zur Verfügung, so dass das System wahrscheinlich nährstoffärmer ist und weniger in der Lage die darin lebenden Organismen zu ernähren.

ENZYM

Kleine Moleküle, die eine (bio)chemische Reaktion in oder außerhalb von Zellen beschleunigen.

ÖKOSYSTEM-PRODUKTIVITÄT

Die Menge an organischem Material, z.B. Pflanzenbiomasse, die das Ökosystem in einer bestimmten Zeit produziert. Ein gutes Beispiel hierfür ist, wie viel Weizen oder Heu im Laufe eines Jahres von einem Feld geerntet wird.

LITERATUR

1. Oelmann Y, Buchmann N, Gleixner G, Habekost M, Roscher C, Rosenkranz S, Schulze E, Steinbeiss S, Temperton VM, Weigelt A, et al. Plant diversity effects on aboveground and belowground N pools in temperate grassland ecosystems: Development in the first 5 years after establishment. *Global Biogeochem Cy* (2011) 25:n/a-n/a. doi:10.1029/2010gb003869
2. Oelmann Y, Richter AK, Roscher C, Rosenkranz S, Temperton VM, Weisser WW, Wilcke W. Does plant diversity influence phosphorus cycling in experimental grasslands? *Geoderma* (2011) 167:178–187. doi:10.1016/j.geoderma.2011.09.012
3. Hacker N, Ebeling A, Gessler A, Gleixner G, Macé OG, Kroon H, Lange M, Mommer L, Eisenhauer N, Ravenek J, et al. Plant diversity shapes microbe-rhizosphere effects on P mobilisation from organic matter in soil. *Ecol Lett* (2015) 18:1356–1365. doi:10.1111/ele.12530

BEARBEITET DURCH: Malte Jochum, Deutsches Zentrum für Integrative Biodiversitätsforschung Halle-Jena-Leipzig (iDiv)

ZITATION: Koller-France E, Wilcke W and Oelmann Y (2021) Does Plant Biodiversity Influence Nutrient Cycles? *Front. Young Minds* 9:557532. doi: 10.3389/frym.2021.557532

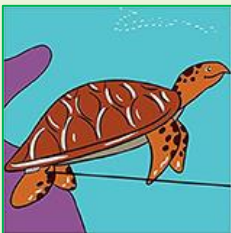
INTERESSENKONFLIKT: Die Autoren erklären, dass diese Studie ohne kommerzielle oder finanzielle Beziehungen durchgeführt wurde, die als potentieller Interessenskonflikt ausgelegt werden könnte.

COPYRIGHT © 2021 Koller-France, Wilcke and Oelmann. 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:INNEN

MACKENZIE, ALTER: 14

Ich heiße Mackenzie und mag Musik (sowohl spielen als auch hören), Bücher (vor allem Fantasy) und Sport (mein Lieblingssport ist Tennis). Ich interessiere mich auch für Naturwissenschaften, Mathematik und Sprachen, aber am meisten Spaß macht mir das Zelten mit dem Rucksack.





ROSE, ALTER: 14

Ich bin 14 Jahre alt und lebe in Kanada, mag stricken, häkeln und lesen.

AUTOR:INNEN

EVA KOLLER-FRANCE



Sie ist Ökosystemökologin und interessiert sich für die Auswirkungen aller Arten von globalen Veränderungen auf den Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf in Ökosystemen. Sie verbrachte die ersten Jahre ihrer Doktorarbeit in der Arktis, um die Auswirkungen von Umweltveränderungen auf die Verbindungen zwischen Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufen zu untersuchen und arbeitet jetzt nach Abschluss ihrer Doktorarbeit beim Jena-Experiment, wo sie die langfristigen Auswirkungen des Artenreichtums von Pflanzen auf den Stickstoff- und Phosphorkreislauf untersucht. *ekoller@gmail.com (<http://www.the-jena-experiment.de/>)

WOLFGANG WILCKE



Er studierte Geoökologie an der Universität Bayreuth und ist nach Forschungs- und Lehrstationen an der Technischen Universität Berlin, der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und der Universität Bern nun Professor für Geomorphologie und Bodenkunde am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Seine Forschungsinteressen konzentrieren sich auf die Auswirkungen von Umweltveränderung, einschließlich Klimawandel, Landnutzungsveränderungen, Nährstoffablagerungen, Verschmutzung und Verlust der biologischen Vielfalt auf den Stoffkreislauf zwischen Böden und Pflanzen. Er verwendet bodenchemische Analysen, Langzeitbeobachtungen von Elementflüssen und Ansätze mit stabilen Isotopen.

YVONNE OELMANN



Sie ist Bodenkundlerin und beschäftigt sich mit dem Kohlenstoff- und Nährstoffkreislauf in Ökosystemen. Sie promovierte an der Technischen Universität Berlin über die Auswirkungen der Pflanzendiversität auf den Nährstoffkreislauf in Grünlandböden (<http://www.the-jena-experiment.de/>). Nach ihrer Doktorarbeit erweiterte sie ihr Wissen in diesem Thememfeld, indem sie sich auf komplexe Waldökosysteme konzentrierte und den Einfluss des Menschen einbezog. Im Jahr 2011 wurde sie auf eine Professur an der Universität Tübingen berufen und beschäftigt sich seitdem mit Kohlenstoff- und Nährstoffkreisläufen in Grünland und Wäldern rund um den Globus.

ÜBERSETZUNG

SUSANNE HORKA

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).