

## Dschungel unter den Füßen – Unterirdisches Leben bestimmt das Funktionieren von Agrarökosystemen

van der Heijden MGA<sup>1</sup>, Bender SF & Wagg C

*Keywords: plant-soil-interaction, soil-biodiversity, ecosystem multifunctionality.*

### Abstract

*This work demonstrates that soil biodiversity plays an important role in agroecosystems. The presence of an enriched soil community in large outdoor lysimeters enhanced plant yield and reduced nutrient leaching losses. Moreover, soil biodiversity loss and simplification of soil communities reduced ecosystem multifunctionality. Further analysis revealed that promotion of soil biodiversity and soil ecological engineering can help to reduce the reliance on external inputs and is especially suitable for a transition to organic agriculture. This work points to the need to support soil life for a sustainable agriculture.*

### Einleitung und Zielsetzung

Ein großer Teil der weltweiten Biodiversität befindet sich unter unseren Füßen, im Boden. In einer Hand voll Boden lassen sich mehrere Milliarden Bakterienzellen, viele hundert Meter an Pilzfäden und eine Vielfalt an Milben, Fadenwürmern, Regenwürmern und Gliedertieren finden. Es ist noch kaum bekannt, welche Rolle diese Vielfalt für gesamte Agrarökosysteme und deren Funktionen spielt (Bender et al. 2016). In zwei Experimenten untersuchten wir die Bedeutung von Bodenlebewesen für die Erträge, Nährstoffkreisläufe und für verschiedene Ökosystemdienstleistungen.

### Methoden

**Experiment 1:** Mais (*Zea mays*) wurde in 230 L Größe Behälter (Lysimeter) mit sterilisiertem Feldboden gesät. Die Lysimeter wurden mit einer erhöhten oder einer reduzierten Vielfalt an Bodenlebewesen (nur Mikro- und Mesofauna) inokuliert. Das Sickerwasser wurde regelmäßig gesammelt und auf Stickstoff (Nitrat, Ammonium und organischer Stickstoff) sowie Phosphate (gelöste und stabile Phosphate) analysiert. Mais wurde Ende August geerntet, und die Erträge und Nährstoffaufnahme (N und P) wurden analysiert. Die Abundanz von Mykorrhizapilzen in den Wurzeln wurde analysiert (siehe Bender & van der Heijden 2014 für weitere Details, inkl. Analyse).

**Experiment 2:** In einem Topfsystem mit kontrollierten Atmosphären wurden kleine, von ihrer Umwelt abgeschirmte Modell-Ökosysteme eingerichtet. Die Töpfe wurden mit steriler Erde gefüllt (95% Bodenvolumen) und anschließend mit unterschiedlicher Menge und Diversität an Bodenlebewesen inokuliert (5% Bodenvolumen). Um das Inokulum zu produzieren wurde Feldboden (pH = 7; 1% Humus, 1% Ton, 11% Schluff) durch Siebe unterschiedlicher Größe ( $\leq 5,000 \mu\text{m}$ ,  $\leq 250 \mu\text{m}$ ,  $\leq 50 \mu\text{m}$ ,  $\leq 25 \mu\text{m}$ , und  $\leq 10 \mu\text{m}$ ) geführt. Somit wurden einerseits die Häufigkeit und andererseits die Vielfalt der Bodenlebewesen sukzessive reduziert. Boden, welcher in den Sieben blieb, wurde gesammelt, sterilisiert und den Töpfen zugefügt, damit alle Töpfe die gleiche Menge

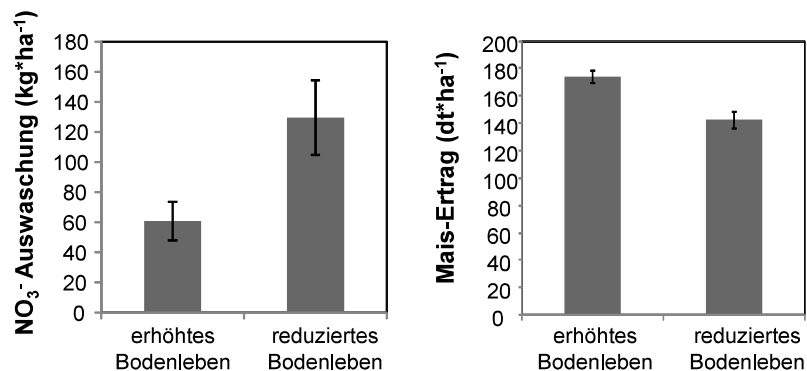
---

<sup>1</sup> Institut für Nachhaltigkeitswissenschaften, Agroscope, Reckenholzstrasse 191, 8046 Zürich, Email: marcel.vanderheijden@agroscope.admin.ch

Inokulum bekamen (4% des Bodenvolumens). In den Modell-Ökosystemen wurde eine Pflanzenmischung angepflanzt. Nach mehreren Monaten wurden verschiedene Ökosystemfunktionen gemessen, und der Einfluss der Bodenbiodiversität auf einzelne Ökosystemfunktionen sowie auf die gesamte Funktionalität (Multifunktionalität) des Ökosystems untersucht (siehe Wagg et al. 2014 für weitere Details).

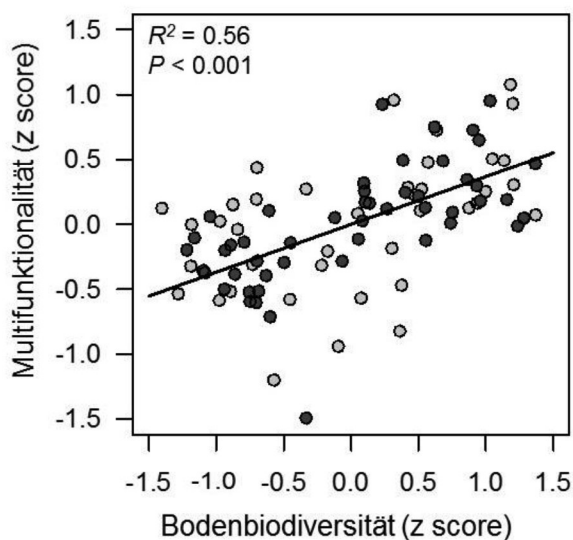
### Ergebnisse

Das Experiment mit den Lysimetern zeigte, dass Bodenlebewesen den Maisertrag um 22% erhöhten. Die Auswaschung war hoch, aber in Lysimetern, welche mit einer erhöhten Vielfalt an Bodenleben geimpft waren deutlich reduziert:  $76 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{Jahr}^{-1}$  weniger wurden im Vergleich zu Lysimetern mit einer reduzierten Vielfalt an Bodenlebewesen ausgewaschen (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Menge des ausgewaschenen Stickstoffs (Nitrat) und Ertrag in Lysimetern mit erhöhtem oder reduziertem Bodenleben. Durchschnitt  $\pm$  St. Fehler (nach: Bender & van der Heijden 2015 und unveröffentlichte Ergebnisse).**

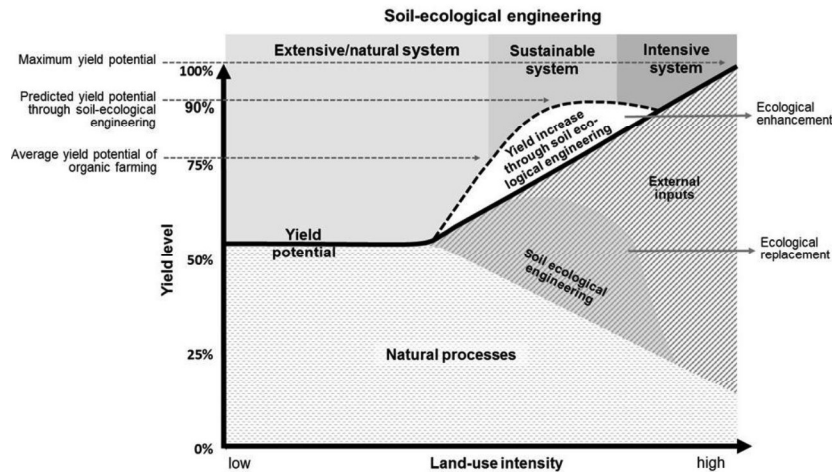
Das zweite Experiment bestätigte, dass das Bodenleben eine zentrale Rolle in Ökosystemen spielt. In Töpfen mit reduziertem Bodenleben (weniger oder keine Mykorrhiza-Pilze und Nematoden sowie eine reduzierte Pilz- und Bakterienvielfalt) war die pflanzliche Biodiversität um circa 40% tiefer, und totes Pflanzenmaterial wurde langsamer abgebaut. Außerdem wurden hier mehr Phosphate ausgewaschen und mehr Lachgas produziert (Wagg et al. 2014, Wagg et al. unveröffentlicht). Aus den gemessenen Ökosystemfunktionen, d.h. Pflanzendiversität und Pflanzenproduktivität, Nährstoffauswaschung,  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen, Kohlenstoffbindung und Pflanzenaufnahme von Nährstoffen, wurde ein Multifunktionalitätsindex errechnet, welcher die gesamte Reaktion des Ökosystems anzeigt. Dieser Index war stark positiv mit der Bodenbiodiversität korreliert: je höher die Bodenbiodiversität war, desto besser funktionierte das Ökosystem (Abbildung 2).



**Abbildung 2: Beziehung zwischen Bodenbiodiversität und Ökosystem-Multifunktionalität (nach: Wagg et al. 2014). Das Experiment wurde zwei Mal durchgeführt (graue und schwarze Symbole).**

### Diskussion

Die Ergebnisse zeigen die Bedeutung des Bodenlebens für das Funktionieren von Agrarökosystemen und für eine nachhaltige Landwirtschaft. Die Bodenbiodiversität in (über-)intensiv benutzten Landwirtschaftsböden ist oft reduziert (Verbruggen et al. 2010; Tsiafouli et al. 2015). Die Ergebnisse suggerieren, dass die Förderung des Bodenlebens nützlich sein kann, zum Beispiel wenn Bauern von intensiver und konventioneller Landwirtschaft auf biologische Landwirtschaft umsteigen möchten. Ein Teil der mit der Umstellung verbundenen Ertragsverluste könnte nämlich reduziert werden, wenn man die Bodenbiodiversität und Nützlingle – dazu gehören zum Beispiel Regenwürmer, Mykorrhiza-Pilze, stickstofffixierende Bakterien und pflanzenwachstumsfördernde Bakterien - durch sogenanntes „soil ecological engineering“ fördert (Abbildung 3, nach Bender et al. 2016).



**Abbildung 3: Konzeptuelles Model, das den Beitrag von externen Inputs und biologischen Prozessen im Boden in Abhängigkeit von der Land-Nutzungs-Intensität zeigt (nach: Bender et al. 2016).**

### Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, wie groß die Bedeutung des Bodenlebens für den Biolandbau und für eine nachhaltige Landwirtschaft ist.

### Literatur

- Bender SF, van der Heijden, MGA (2015) Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of Applied Ecology* 52: 228-239.
- Bender SF, Wagg C & van der Heijden MGA (2016) An underground revolution: Biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability. *Trends in Ecology and Evolution* 31: 440-444.
- Tsiafouli MA, et al. (2015) Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21: 973-985.
- Verbruggen E, Rölting WFM, Gamper H, Kowalchuk GA, Verhoef HA, van der Heijden MGA (2010) Positive effects of organic farming on belowground mutualists – large scale comparison of mycorrhizal communities in agricultural soils. *New Phytologist* 186: 968-979.
- Wagg C, Bender SF, Widmer F & van der Heijden MGA (2014) Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 111(14): 5266-5270.