

Förderung der Bodenbiodiversität zur Optimierung von Nährstoffkreisläufen

Autorinnen und Autoren: Dijana Vukovic, Franz Bender, Marcel van der Heijden

Version : 1 / August 2025

Bodenorganismen sind entscheidend für die Gesundheit von Böden und die Effizienz von Nährstoffkreisläufen. Verschiedene Bodenorganismen tragen zu einer verbesserten Aufnahme, Verfügbarkeit und Speicherung von Nährstoffen wie Stickstoff (N) und Phosphor (P) bei und helfen somit, Nährstoffverluste zu minimieren. Landwirtschaftliche Praktiken, welche spezifische Gruppen von Bodenorganismen schonen, wie der Verzicht auf synthetische Pestizide, eine reduzierte Bodenbearbeitung sowie der Anbau von ein- oder mehrjährigen Kunstwiesen und Fruchtfolgen, fördern das Bodenleben und stärken die natürlichen Nährstoffkreisläufe.

Tabelle 1: Eckdaten der Massnahme

| | |
|------------------------------------|--|
| Anwendungsgebiet | Ackerbau, Gemüsebau, Grasland |
| Umsetzungsebene | Landwirtinnen und Landwirte |
| Wirkungsebene | Feld |
| Wirtschaftlichkeit | variabel/ungewiss, keine allgemeingültige Aussage möglich |
| Wirkungsziel | Stickstoff (N), Phosphor (P) |
| Unterkategorie Wirkungsziel | Nitrat (NO ₃ ⁻), Lachgas (N ₂ O), Stickstoff (N ₂), Phosphat (PO ₄ ⁻) |
| Wirkungszeitraum | langfristig |
| Wirkung/Reduktionspotenzial | variabel |

Wirkungsprinzip

Bodenorganismen erfüllen vielfältige Aufgaben, die entscheidend für die natürlichen Nährstoffkreisläufe sind. Diverse Mikroorganismen zersetzen organisches Material und wandeln es in pflanzenverfügbare Nährstoffe um (Van Veen & Kuikman, 1990). Andere leben in enger Symbiose mit Pflanzen und verbessern deren Nährstoffversorgung erheblich (Agrarbericht, 2017). Dazu zählen Mykorrhiza-Pilze, die mit ihrem Myzelium das Wurzelsystem von Pflanzen erweitern und deren Nährstoffversorgung, insbesondere von Phosphor (P), verbessern (van der Heijden et al., 2008). Zudem erhöhen Mykorrhiza-Pilze die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegenüber Stress und Krankheitserregern (Adamec & Andrejiová, 2018). Auch stickstofffixierende Bakterien leben in Symbiose mit Pflanzenwurzeln, wo sie atmosphärisches N₂ in eine für die Pflanze nutzbare Form umwandeln (Agrarbericht, 2017). Sie können pro Hektar und Jahr mehr als 300 kg Stickstoff (N) fixieren, was die üblichen Stickstoffmengen einer jährlichen Mineraldüngung übersteigt (Nyfeler et al., 2011). Grössere Bodenorganismen zersetzen organisches Material und tragen durch ihre Grabtätigkeit zur Verbesserung der Bodenstruktur bei, was die gleichmässige Verteilung von Nährstoffen fördert (Le Bayon & Binet, 2006).

Aktuelle Studien zeigen, dass eine höhere Biodiversität im Boden die N- und P-Verfügbarkeit von Pflanzen verbessert und gleichzeitig die N-Verluste durch Emissionen und Auswaschungen verringern kann (Bender et al., 2015 & 2023). Eine gut funktionierende Bodenbiologie kann demzufolge beitragen, den Bedarf an Düngemitteln zu senken und Nährstoffverluste in der Landwirtschaft zu reduzieren (Thiele-Bruhn et al., 2012). Um die Bodenbiodiversität in landwirtschaftlichen Flächen zu fördern, können verschiedene Praktiken umgesetzt werden. Da der Einsatz von Pestiziden und mineralischem Dünger die Zusammensetzung der Bodenlebensgemeinschaften beeinflusst, kann eine Umstellung auf biologische Landwirtschaft vorteilhaft sein (Thiele-Bruhn et al., 2012). Diverse Studien zeigen, dass Pestizide die natürliche Düngekapazität des Bodens verringern. Dies liegt daran, dass



bestimmte Pestizide die Häufigkeit und Nährstoffaufnahme-fähigkeit nützlicher Mykorrhiza-Pilze reduzieren (Riedo et al. 2021; Edlinger et al. 2022). Auch andere Massnahmen fördern die Bodenbiodiversität, beispielsweise eine reduzierte Bodenbearbeitung, welche die Struktur des Bodens erhält und somit die Lebensräume schützt (Wittwer et al., 2021). Zudem tragen die Einführung von Fruchtfolgen und das Anlegen von Mischkulturen dazu bei, die Vielfalt der Mikroben und anderen Organismen im Boden zu erhöhen (van der Heijden & Wagg, 2013; Guo et al., 2024). Zahlreiche Studien zeigen, dass eine ganzjährige Bodenbedeckung sich positiv auf das Bodenleben und wichtige Bodenprozesse auswirkt (Koudahe et al., 2022).

Vorteile/Synergien

- **Bessere Nährstoffaufnahme:** Eine höhere Bodenbiodiversität fördert die Aufnahme von N und P durch Pflanzen, was positive Effekte auf deren Produktivität hat (Bender et al., 2015/2023).
- **Suppression von Krankheiten:** Eine reiche Bodenbiodiversität verhindert die Akkumulation von Krankheitserregern (Jayaraman et al., 2021).
- **Erosionsschutz:** Eine reduzierte Bodenbearbeitung fördert die Stabilität der Bodenstruktur und verringert Erosion (Seitz et al., 2019)
- **Stickstofffixierung:** Gut geplante Fruchtfolgen, Mischkulturen und Bodenbedeckungen (Kunstwiesen), die Leguminosen einbeziehen, können den Bedarf an Stickstoffdünger senken, da atmosphärisches N₂ von stickstofffixierenden Bakterien gebunden wird (Nyfeler et al., 2011; Zhao et al., 2022). Zudem fördern Kunstwiesen auch andere unterirdische Nützlinge, wie Regenwürmer und Mykorrhiza-Pilze (Jossi et al., 2001; Koudahe et al., 2022).

Nachteile/Limitierungen/Zielkonflikte

- **Herausfordernder Umstieg:** Der Übergang zu nachhaltigen Anbaumethoden kann komplex sein. Landwirtinnen und Landwirte benötigen neue Kenntnisse, Technologien und Infrastruktur, was finanzielle und zeitliche Investitionen erfordert (Gomes & Reidsma, 2021).
- **Geringere Erträge:** Der Umstieg auf biologische Landwirtschaft kann mit reduzierten Erträgen verbunden sein und wirtschaftliche Unsicherheit hervorrufen (Wittwer et al., 2021; Ferjani et al., 2010).
- **Unzureichende Forschung:** Die Auswirkungen spezifischer Bodenorganismen und ihrer Wechselwirkungen untereinander auf die Nährstoffdynamik sind noch nicht ausreichend erforscht. Es ist wichtig zu beachten, dass nicht alle Bodenorganismen nützlich sind, da auch diverse Krankheitserreger im Boden leben können. Die mikrobielle Biodiversität in landwirtschaftlichen Systemen kann sehr hoch sein, auch aufgrund von Pathogenen oder Opportunisten. Daher ist es entscheidend, Bodenlebewesen zu fördern, die nützliche Funktionen wie Nährstoffaufnahme, Kohlenstoffspeicherung und die Reduktion der Nährstoffauswaschung erbringen.

Interaktionen

Um die Artenvielfalt im Boden effektiv zu fördern, ist es nicht notwendig, alle Massnahmen gleichzeitig umzusetzen. Stattdessen kann eine sinnvolle Kombination verschiedener Ansätze von Vorteil sein. In der biologischen Landwirtschaft beispielsweise, wo der Einsatz von Herbiziden ausgeschlossen ist, sind die Landwirte stärker auf das Pflügen angewiesen, was eine reduzierte Bodenbearbeitung erschwert (Bioaktuell, 2019). Dennoch lässt sich der Bio-Landbau gut mit Fruchtfolgen und Mischkulturen kombinieren. Darüber hinaus könnten Inokulationen mit nützlichen Organismen wie arbuskulären Mykorrhiza-Pilzen von Bedeutung sein, da der Verzicht auf synthetische Pestizide und Düngemittel möglicherweise den Erfolg dieser Inokulationen fördern könnte. Der tatsächliche Inokulationserfolg lässt sich jedoch bislang noch nicht zuverlässig vorhersagen. Mykorrhiza-Pilze wurden in mehreren Untersuchungen mit reduzierten P-Verlusten assoziiert (Asghari et al., 2005; Bender et al., 2015). Zudem haben Mykorrhiza-Pilze das Potenzial, die Erträge von bestimmten Kulturen zu erhöhen. Eine Studie von Lutz et al. (2023) zeigt, dass Inokulationen mit Mykorrhiza-Pilzen auf 54 Maisfeldern in 2/3 der Fälle zu Ertragssteigerungen von bis zu 40 % führten.

Umsetzung: Aufwand/Ablauf/Anwendung/Durchführbarkeit

Die Durchführbarkeit und der Aufwand variieren je nach Massnahme und Betrieb. Landwirtinnen und Landwirte sollten mit Beratungsdiensten zusammenarbeiten, um geeignete Strategien zu entwickeln und individuelle Anforderungen zu berücksichtigen. Einige Methoden, wie der Verzicht auf synthetische Pestizide, können eine Herausforderung darstellen, da Landwirte alternative Ansätze nutzen müssen, um Schädlinge und Krankheiten effektiv zu bekämpfen. Die Implementierung von Fruchtfolgen, Mischkulturen und Kunstwiesen wird in der Regel als machbar erachtet, erfordert jedoch Planung und Anpassung an lokale Bedingungen. Inokulation mit nützlichen Mikroorganismen stellt eine vielversprechende Methode zur gezielten Nutzung des Bodenlebens dar. Solche Feldimpfungen können Mykorrhiza-Pilze sowie andere krankheitssuppressive und pflanzenstärkende Mikroorganismen umfassen. Es ist jedoch mehr Forschung nötig, um die Etablierung und Effektivität dieser Inokula in verschiedenen Feldsituationen zu überprüfen.

Voraussetzungen/Bedingungen

- **Wissen:** Landwirte/-innen sollten über Kenntnisse zur Bodenbiodiversität und deren Bedeutung für Nährstoffkreisläufe verfügen.
- **Ressourcenzugänglichkeit:** Zugang zu biologischen Alternativen zur Bekämpfung von Krankheiten, hochwertigem Saatgut und organischen Düngemitteln ist erforderlich.
- **Technologische Infrastruktur:** Moderne Ausrüstungen für reduzierte Bodenbearbeitung sind notwendig.
- **Finanzielle Unterstützung:** Förderprogramme und finanzielle Anreize begünstigen den Übergang zu nachhaltigen Methoden.

Bewertungen

Wirtschaftlichkeit

Dieses Faktenblatt umfasst eine Vielzahl an möglichen Massnahmen/Ansätzen, deren sinnvolle Kombination es ermöglicht, die Bodenbiodiversität zu fördern. Eine genaue quantitative Bewertung der Wirtschaftlichkeit dieser Massnahmen für den Schweizer Kontext liegt nicht vor. Aus diesem Grund erfolgt die Bewertung meistens qualitativ und fokussiert auf ausgewählte Aspekte der Wirtschaftlichkeit. Die Bewertung hat dementsprechend keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Umstellung auf nachhaltige landwirtschaftliche Praktiken kann mit anfänglich höheren Kosten verbunden sein, jedoch können zusätzliche Direktzahlungen in Anspruch genommen werden (Bioaktuell, 2023). Zudem kann die langfristige Verbesserung des Bodenlebens zu einer besseren Nährstoffverfügbarkeit und einer erhöhten Widerstandsfähigkeit der Pflanzen gegenüber Schädlingen und Krankheiten führen (de Sousa & Moreira, 2024). Dadurch lassen sich möglicherweise Kosten für Pflanzenschutzmittel und Düngemittel einsparen. Praktiken wie Mischkulturen tragen dazu bei, das Risiko von Ernteaufschlägen zu minimieren und die Einkommensstabilität zu fördern (Awaad & El-Naggar, 2018). Zudem können Landwirtinnen und Landwirte, die auf Bio-Landbau umstellen, durch den Zugang zu biologischen Märkten eine höhere Wertschöpfung erzielen (Moosmann et al., 2023). Insgesamt könnten die Massnahmen zur Förderung der Bodenbiodiversität neben ökologischen auch wirtschaftliche Vorteile für die Landwirtinnen und Landwirte mit sich bringen, wobei diese aufgrund ihrer Komplexität schwer zu quantifizieren sind.

Reduktionspotenzial

Ergebnisse aus einem Lysimeter-Versuch (Bender et al., 2023) zeigen, dass eine vielfältigere Bodenbiota zu einer um 20 % höheren N- und zu einer um 58 % besseren P-Aufnahme von Pflanzen führt. Zudem verringerten sich die N-Auswaschungen um 65 % und die Emissionen von N₂O und N₂ um 97 %. Allerdings lässt sich heute noch nicht abschätzen, in welchem Masse diese Effekte auf echte landwirtschaftliche Systeme übertragbar sind. Das Reduktionspotenzial ist jedoch sehr variabel und hängt von Faktoren wie dem jeweiligen Feld, den Umweltbedingungen und der Zusammensetzung der Bodenlebensgemeinschaften ab.

Erfolgs-/Qualitätskriterien

Die Diversität und Abundanz von Mikroorganismen im Boden können durch molekulare Analysen (z. B. DNA-Sequenzierung) erfasst werden. Auch könnte beispielsweise die Kolonisierung von Mykorrhiza-Pilzen in den Pflanzenwurzeln untersucht werden, was ein Indiz für eine bessere P-Versorgung wäre. P-Auswaschungen sowie N₂-Emissionen lassen sich im Feld nicht ohne grösseren wissenschaftlichen Aufwand testen. Eine Abschätzung von N-Auswaschungen und N₂O-Emissionen ist jedoch möglich.

Stakeholder-Perspektiven

- Landwirtinnen und Landwirte: Für viele Landwirte spielt die wirtschaftliche Rentabilität eine zentrale Rolle. Während einige vermutlich die Möglichkeit sehen, durch eine verbesserte Bodenfruchtbarkeit langfristig zu profitieren, könnte es für andere herausfordernd sein, die anfänglichen Investitionen und den Umstellungsaufwand zu rechtfertigen. Der Zugang zu Bio-Märkten könnte für einige jedoch eine interessante Option darstellen, um ihre Einkünfte zu steigern.
- Politik und Behörden: Für politische Entscheidungsträger und Behörden ist die Förderung nachhaltiger landwirtschaftlicher Praktiken im Rahmen von Biodiversitätsschutz von Interesse. Sie könnten finanzielle Anreize oder Subventionen bieten, um die Akzeptanz bei den Landwirtinnen und Landwirten zu erhöhen und die breite Umsetzung solcher Massnahmen zu unterstützen.
- Konsumentinnen und Konsumenten: Immer mehr Konsumenten legen Wert auf nachhaltig produzierte Lebensmittel. Der biologische Landbau, der oft mit einer höheren Bodenbiodiversität einhergeht, ist für umweltbewusste Konsumenten attraktiv. Sie sind bereit, für Produkte, die unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte hergestellt wurden, höhere Preise zu zahlen.

Fazit

Die Förderung der Bodenbiodiversität spielt eine entscheidende Rolle bei der Optimierung der N- und P-Kreisläufe in der Landwirtschaft. Durch eine erhöhte Bodenbiodiversität kann nicht nur die Nährstoffverfügbarkeit verbessert werden, sondern auch Nährstoffverluste durch Auswaschungen und Emissionen reduziert werden. Landwirtschaftliche Praktiken, welche die Biodiversität schützen und fördern, bieten langfristig ökologische und potenziell ökonomische Vorteile. Der Übergang zu nachhaltigen Methoden erfordert jedoch initiale Investitionen und Anpassungen, die durch gezielte Unterstützung und Beratung erleichtert werden können.

Weitere Informationen

Enthalten in...

- Agrarforschung Schweiz (2023). Reduzierte Nährstoffeffizienz und grössere Umweltbelastung durch Verarmung des Bodenlebens. Agrarforschung Schweiz. <https://www.agrarforschungschweiz.ch/2023/12/reduzierte-naehrstoffeffizienz-und-groessere-umweltbelastung-durch-verarmung-des-bodenlebens/>
- Bender, F., Peter, N., & van der Heijden, M. (2022). Gesunde Böden durch biologische Vielfalt: Böden schützen, Bodenlebewesen fördern und Vorteile für die Pflanzenproduktion nutzen. Agroscope Merkblatt Nr. 158. Agroscope, Zürich. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/50124>

Literatur

- Adamec, S., & Andrejiová, A. (2018). Mycorrhiza and stress tolerance of vegetables: A review. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 2, 30–35.
- Agrarbericht. (2017). Bodenbiodiversität. <https://2017.agrarbericht.ch/de/umwelt/biodiversitaet/bodenbiodiversitaet>
- Asghari, H. R., Chittleborough, D. J., Smith, F. A., & Smith, S. E. (2005). Influence of arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis on phosphorus leaching through soil cores. *Plant and Soil*, 275, 181–193.
- Awaad, H., & El-Naggar, N. (2018). Role of intercropping in increasing sustainable crop production and reducing the food gap in Egypt. In A. M. Negm & M. Abu-hashim (Eds.), *Sustainability of agricultural environment in Egypt: Part I*, Band 76, S. 1–15. Springer.
- Bender, S.F. & van der Heijden, M.G.A., (2015). Soil biota enhance agricultural sustainability by improving crop yield, nutrient uptake and reducing nitrogen leaching losses. *Journal of Applied Ecology*, 51(6), 1404–1412. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12351>
- Bender, S.F., Schulz, S., Martínez-Cuesta, R., Laughlin, R.J., Kublik, S., Pfeiffer-Zakharova, K., Vestergaard, G., Hartman, K., Parladé, E. et al., (2023). Simplification of soil biota communities impairs nutrient recycling and enhances above- and belowground nitrogen losses. *New Phytologist*, 240, 2020–2034. <https://doi.org/10.1111/nph.19252>
- Bioaktuell (2019). Alternativen zum Pflug. <https://www.bioaktuell.ch/pflanzenbau/ackerbau/bodenbearbeitung/alternativen-zum-pflug>
- Bioaktuell (2023). Kosten und Beiträge bei der Umstellung auf biologische Landwirtschaft. <https://www.bioaktuell.ch/grundlagen/umstellung/allgemein/kosten-und-beitraege>
- de Sousa, R. N., & Moreira, L. A. (2024). Plant nutrition optimization: Integrated soil management and fertilization practices. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.114848>
- Edlinger, A., Garland, G., Hartman, K., et al. (2022). Agricultural management and pesticide use reduce the functioning of beneficial plant symbionts. *Nature Ecology & Evolution*, 6, 1145–1154.
- Ferjani, A., Reissig, L. & Mann, S. (2010). Ein- und Ausstieg im Biolandbau. Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART. ISBN 978-3-90-5733-17-4. ART, Ettenhausen. <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/22681>
- Gomes, A. & Reidsma, P., 2021. Time to transition: Barriers and opportunities to farmer adoption of soil GHG mitigation practices in Dutch agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 706113.
- Guo, T., Yao, X., Wu, K., Guo, A., & Yao, Y. (2024). Response of the rhizosphere soil microbial diversity to different nitrogen and phosphorus application rates in a hullless barley and pea mixed-cropping system. *Applied Soil Ecology*, 195, 105262.
- Jayaraman, S., Naorem, A. K., Lal, R., Dalal, R. C., Sinha, N. K., Patra, A. K., & Chaudhari, S. K. (2021). Disease-suppressive soils—beyond food production: A critical review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 1437–1465.
- Jossi, W., Valenta, A., Zihlmann, U., Dubois, D., Tschachtli, R., & Pfiffner, L. (2001). Einfluss unterschiedlicher Anbausysteme auf die Regenwurmfauna. *Agrarforschung*, 8(2), 60–65.
- Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343–354.
- Koudahe, K., Allen, S. C., & Djaman, K. (2022). Critical review of the impact of cover crops on soil properties. *International Soil and Water Conservation Research*, 10(3), 343–354.
- Le Bayon, R. C., & Binet, F. (2006). Earthworms change the distribution and availability of phosphorus in organic substrates. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 235–246
- Moosmann, S., Holinger, M., Kretzschmar, U., Ineichen, L., Rees, C., Weidmann, G., Dierauer, H., Hürner, M., Hartung, S., Brunner, F., & Müller, A. (2023). Merkblatt: Umstellung auf Bio. Eine Hilfestellung für Entscheidung und Vorgehen (Ausgabe Schweiz, Nr. 1001). Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL.
- Nyfelner, D., Huguenin-Elie, O., Suter, M., Frossard, E., & Lüscher, A. (2011). Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140, 155–163.
- Riedo, J., Wettstein, F. E., Rösch, A., Herzog, C., Banerjee, S., Büchi, L., Charles, R., Wächter, D., Martin-Laurent, F., Bucheli, T. D., Walder, F., & van der Heijden, M. G. A. (2021). Widespread Occurrence of Pesticides in Organically Managed Agricultural Soils—the Ghost of a Conventional Agricultural Past?. *Environmental science & technology*, 55(5), 2919–2928.
- Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V. L., Pujol Pereira, E. I., Wittwer, R., Six, J., van der Heijden, M. G. A., & Scholten, T. (2019). Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4).
- Thiele-Bruhn, S., Bloem, J., de Vries, F. T., Kalbitz, K., & Wagg, C. (2012). Linking soil biodiversity and agricultural soil management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(5), 523–528

- van der Heijden, M. G. A., & Wagg, C. (2013). Soil microbial diversity and agro-ecosystem functioning. *Plant and Soil*, 363(1), 1–5.
- van der Heijden, M. G., Bardgett, R. D., & van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(3), 296–310.
- Van Veen, J.A., Kuikman, P.J. (1990). Soil structural aspects of decomposition of organic matter by micro-organisms. *Biogeochemistry* 11, 213–233.
- Wittwer, R. A., Bender, S. F., Hartman, K., Hydbom, S., Lima, R. A. A., Loaiza, V., Nemecek, T., Oehl, F., Olsson, P. A., Petchey, O., Prechsl, U. E., Schlaeppli, K., Scholten, T., Seitz, S., Six, J., & van der Heijden, M. G. A. (2021). Organic and conservation agriculture promote ecosystem multifunctionality. *Science Advances*, 7(34). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg6995>
- Zhao, Y., Tian, Y., Li, X., Song, M., Fang, X., Jiang, Y., & Xu, X. (2022). Nitrogen fixation and transfer between legumes and cereals under various cropping regimes. *Rhizosphere*, 22, 100546.

Impressum

| | |
|---------------|---|
| Herausgeber | Agroscope Reckenholzstrasse 191 8046 Zürich www.agroscope.ch |
| Series Editor | Frank Liebisch |
| Download | www.agroscope.ch/naehrstoffverluste |
| Copyright | © Agroscope 2025 |

Haftungsausschluss

Agroscope schliesst jede Haftung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen aus. Die aktuelle Schweizer Rechtsprechung ist anwendbar.
