

Themenblatt Nr. 6: **Boden-Biodiversität in Agroforstsystemen**





Herausgeber:

Deutscher Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V.
Karl-Liebknecht-Straße 102 - Haus B, 03046 Cottbus
Tel.: +49 (0) 355 752 132 43
Mail: info@defaf.de
Internet: www.defaf.de

Januar 2024

Autorin: Isabelle Frenzel

Dank für inhaltliches Feedback: Dr. Lukas Beule, Dr. Anna Vaupel, Dr. Christian Böhm, Viktoria Sagolla

Design: DeFAF e.V.

Copyright Fotos: Titelseite oben Andy Murray, unten und rechts: Isabelle Frenzel, S. 3 Isabelle Frenzel, S. 5 Eva-Maria Minarsch, Andy Murray, Isabelle Frenzel, Bernd Hommel, S. 6 und S. 7 Christian Böhm, S.9 und S.11 Isabelle Frenzel, S. 13 oben und unten rechts Stefanie Krück, unten links Isabelle Frenzel, S. 15 Isabelle Frenzel, S. 16 Eva-Maria Minarsch

* zur besseren Lesbarkeit wird die männliche Form genutzt, es sind alle Geschlechter angesprochen



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



BONARES



Einführung

Den Bodenorganismen kommt eine Schlüsselrolle bei den natürlichen Bodenfunktionen zu. Nirgendwo sind Arten so dicht gedrängt wie im Boden: Ein einziges Gramm Boden enthält Milliarden von Mikroorganismen - darunter Pilze, Bakterien oder Algen. Ein Quadratmeter gesunder Boden beherbergt Hunderttausende bis Millionen von Bodentieren wie Regenwürmer, Fadenwürmer, Milben, Asseln, Springschwänze, Doppelfüßer, Hundertfüßer, Insekten und deren Larven [1]. Böden sind das Habitat mit der höchsten Biodiversität unseres Planeten [2].

Dabei spielen Bodenorganismen nicht nur eine Rolle für die Artenvielfalt, sie nehmen auch direkt und indirekt Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit und die Pflanzengesundheit und sind somit ein essentieller Faktor für die Produktion von Lebensmitteln. Bestimmte Pflanzenkrankheiten können durch Bodenorganismen verursacht werden, sie können aber auch die Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen und Krankheiten erhöhen und somit Pflanzenkrankheiten unterdrücken.

Durch die Ab- und Umbautätigkeit von Bodenorganismen wird Pflanzenmaterial in den Boden eingearbeitet, zerkleinert und unter anderem durch Bakterien und Pilze zersetzt.

Hierdurch werden Nährstoffe wieder für Pflanzen verfügbar gemacht. Grabende und wühlende Bodentiere sorgen für eine Durchmischung, Durchlüftung und eine Lockerung des Bodens und können zu einer stabilen Bodenstruktur beitragen, welche wiederum die Speicherfähigkeit von Wasser und Nährstoffen im Boden beeinflusst und den Boden stabiler gegenüber Erosion machen kann [1].



In der Landwirtschaft spielt das Management der Fläche für die Bodenorganismen eine wichtige Rolle. Mit der Intensivierung der Landwirtschaft geht ein Verlust der Lebensräume für Bodenlebewesen einher [3].

Durch die Integration von Bäumen und Sträuchern in die Landwirtschaft entstehen extensiv genutzte Flächen, die sich positiv auf die Bodenorganismen auswirken können. Dieses Themenblatt gibt einen Überblick, welchen Einfluss Agroforstsysteme auf Bodenorganismen haben.

Wer steckt hinter den Bodenorganismen?

Bodenorganismen sind Lebewesen, die im Boden leben und werden als Gesamtheit auch als Edaphon bezeichnet. Dabei sind manche von Ihnen mit dem bloßen Auge teilweise kaum oder nicht zu erkennen. Man kann die Bodenorganismen je nach Größe weiter in Mikroorganismen, Mikro-, Meso-, Makro und Megafauna unterteilen:

Eine Frage der Größe [4,5]:

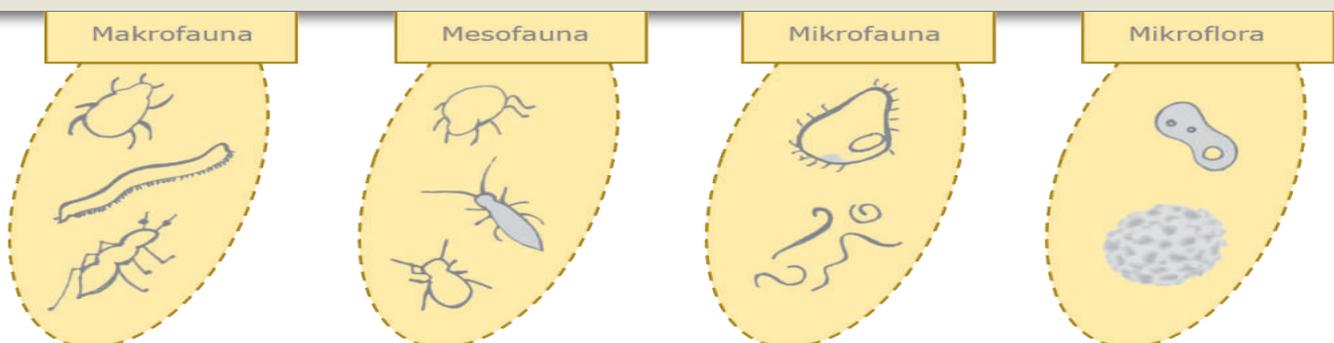
Mikroorganismen (20 nm bis 10 µm): wie Bakterien, Pilze, Algen oder Flechten. Ein einziges Gramm Boden aus der Wurzelzone einer Pflanze kann eine Milliarde Bakterienzellen enthalten.

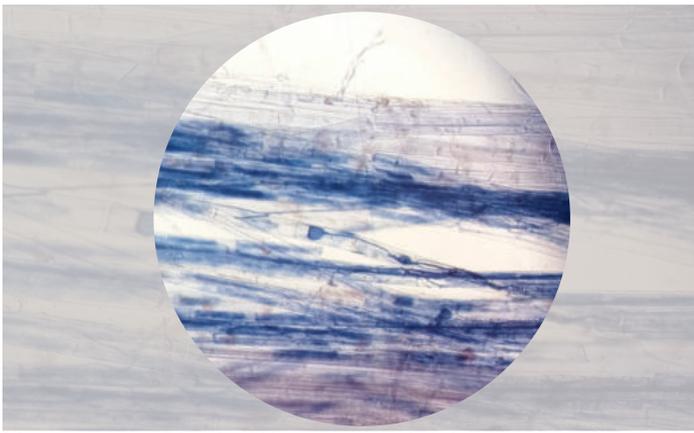
Mikrofauna (10 µm bis 0,1 mm): Protozoen (Einzeller) wie Geißeltierchen, Wimpertierchen und Wurzelfüßer, weiterhin Nematoden (Fadenwürmer). Sie leben meist in wasser-gefüllten Bodenporen.

Mesofauna (0,1 mm bis 2 mm): größere Nematoden und Mikroarthropoden, z.B. Gliederfüßer wie Milben und Springschwänze, weiterhin Rädertiere oder Bärtierchen. Sie leben in den luftgefüllten Bodenporen.

Makrofauna (2 mm bis 20 mm): große wirbellose Bodentiere wie Regenwürmer, Schnecken, Asseln, Ameisen, Käfer, Spinnentiere, Tausendfüßer oder Insektenlarven. Viele Insekten verbringen lediglich ihre Larven- oder Puppenstadien im Boden, sind also nur temporär Bodentiere.

Megafauna (größer als 20mm): Großarthropoden und Wirbeltiere wie große Schnecken, Regenwürmer, Wühlmäuse, Maulwürfe, Kaninchen, Hamster, Ziesel oder Spitzmäuse. Sie leben ganz oder teilweise im Boden.





Mykorrhiza-Pilz in Wurzel von Weizen unter Mikroskop ©Eva-Maria Minarsch



Ständerpilz ©Isabelle Frenzel



Milbe ©Andy Murray



Springschwanz ©Andy Murray



Nematode ©Andy Murray



Regenwurm ©Bernd Hommel



Mehr über die faszinierende Welt der Bodenorganismen weltweit z.B. im:

Global Soil Biodiversity Initiative (2016): Global Soil Biodiversity Atlas - ESDAC - European Commission (europa.eu)

Report von der FAO (2020): State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities State of knowledge of soil biodiversity - Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org)

Was verändert sich durch Agroforstsysteme in der Landwirtschaft?

Mit dem Begriff Agroforstsystem werden Landnutzungssysteme beschrieben, in denen auf der gleichen Fläche Gehölze mit Ackerkulturen oder Grünland (silvoarable Systeme), mit Tierhaltung (silvopastorale Systeme) oder beidem (agrosilvopastorale Systeme) so kombiniert werden, dass ökologische und ökonomische Vorteilswirkungen zwischen den Einzelkomponenten entstehen [6].



Dabei sind Agroforstsysteme in ihrer Gestaltung, ihrer Artenzusammensetzung und ihrer Bewirtschaftung sehr vielfältig. Hühnerwälder, Windschutzhecken, Gewässerschutzstreifen, Streuobstwiesen oder Alley Cropping-Systeme sind einige Beispiele. In unseren Breiten werden Alley Cropping-Systeme, bei denen Gehölze in Streifen auf dem Feld angelegt werden (angepasst an die jeweilige Bearbeitungsbreite des Betriebes), immer beliebter. Weitere allgemeine Informationen zu Agroforstsystemen finden Sie über www.agroforst-info.de.

Inwiefern sich das Bodenleben durch Agroforstsysteme verändert, hängt dabei von den Standortgegebenheiten, als auch der Gestaltung und des Managements eines Agroforstsystems ab. Die Veränderung des Bodenlebens ist vor allem eine Reaktion auf die Etablierung der Gehölze.

Was verändert sich durch Agroforstsysteme?

Ausbildung von Begleitflora durch längere Standzeiten

Die Länge des Rotationszyklus der Gehölze hängt von der Gehölzart und von den Produkten ab, die erzeugt werden sollen: Schnellwachsende Bäume mit hoher Biomasseproduktion (z.B. Hybridpappeln) können nach wenigen Jahren bereits zum ersten Mal geerntet werden und treiben anschließend wieder neu aus. Gehölze, die höherwertiges Holz produzieren sollen (z.B. Walnussbäume), werden nur einmalig nach mehreren Jahrzehnten geerntet. Im Vergleich zu den Feldfrüchten ist der Kultivierungszyklus der Bäume deutlich länger und ermöglicht je nach Dichte der Gehölze die Etablierung einer Begleitflora bzw. einer krautigen Vegetationsschicht unter den Bäumen. Dies erhöht die Pflanzenvielfalt [7] woraus wiederum eine erhöhte Vielfalt der Bodenorganismen resultieren kann.

Höhere Biomasseproduktion

Die Gehölze, als eine Komponente des Agroforstsystems, bestehen aus holzigen, mehrjährigen Pflanzen anstelle von einjährigen Feldfrüchten. Die Gehölze produzieren ober- und unterirdisch mehr Biomasse im Vergleich zur einjährigen Feldfrucht. Die Biomasse im Gehölzstreifen, inklusive der krautigen Vegetationsschicht, kann als Nahrungsquelle und als Überwinterungsort für Bodenorganismen dienen [8].

Reduzierte Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutzmittel

Im Gegensatz zu den meisten Äckern wird der Boden in den Baumreihen im Agroforstsystem nicht regelmäßig bearbeitet. Diese reduzierte Bodenbearbeitung beeinflusst die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden [9]. Zum Beispiel erhöhen Direktsaatsysteme im Allgemeinen die Größe und Aktivität der mikrobiellen Population im Boden im Vergleich zur herkömmlicher Bodenbearbeitung mit dem Pflug [10]. Weiterhin werden Baumreihen in unseren temperierten Agroforstsystemen in der Regel nicht gedüngt. Düngeanwendungen beeinflussen die Populationsgröße, die Zusammensetzung und die Funktion von mikrobiellen Gemeinschaften im Boden [11]. In den Gehölzstreifen wird außerdem eine geringere Menge an Pflanzenschutzmitteln verwendet: geringere Herbizidanwendungen als in konventionell bewirtschafteten Ackerkulturen [12, 13] und es sind in der Regel keine Insektizide nötig [14].



Verändertes Mikroklima

Das Mikroklima bezieht sich auf kleinräumige Klimaunterschiede und bezieht Parameter wie Temperatur, Luftfeuchte, Strahlung oder Windgeschwindigkeit ein, welche durch die Integration von Gehölzen verändert werden können (Abb. 1). So können z.B. Temperaturextreme abgemildert werden. Weiterhin wird die Windgeschwindigkeit verringert, was ein schnelles Austrocknen des Bodens verhindern kann [15]. Die potenzielle Verdunstung im Bereich der Ackerkulturen kann durch Gehölze um mehr als 27% reduziert werden [16].

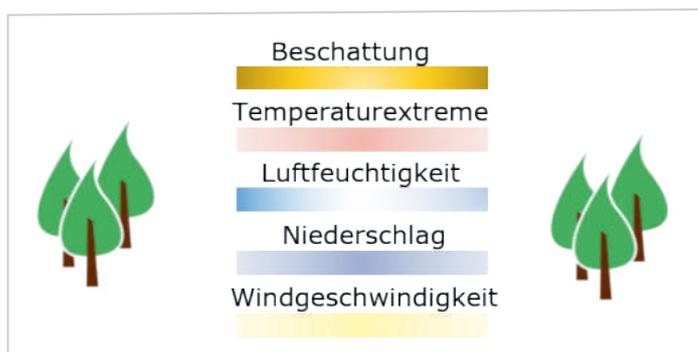
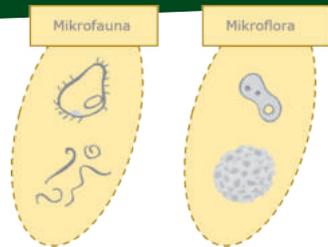


Abb. 1 : Schematische Darstellung der Beeinflussung ausgewählter mikroklimatischer Kenngrößen. Die Farbintensität kennzeichnet die Ausprägungsstärke, nachgebaut nach [17]



Mikroorganismen in Agroforstsystemen

Die größte Gruppe der Organismen im Boden bilden die Bodenmikroorganismen: Sie sind den anderen größeren Bodenlebewesen zahlenmäßig weit überlegen (siehe Abbildung 2).

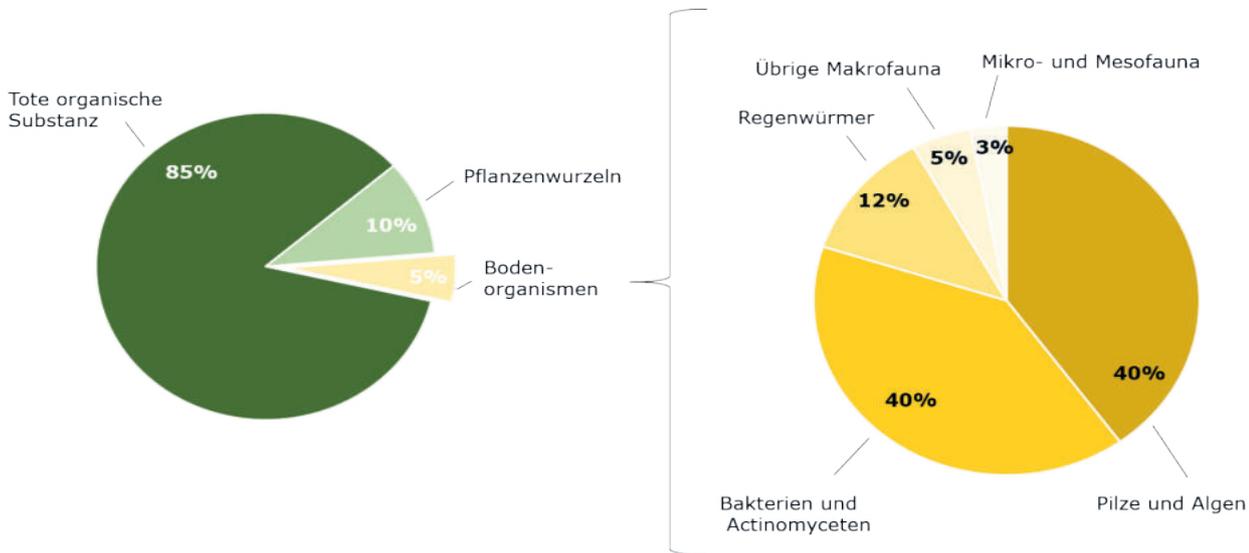


Abb. 2: Beispielhafte Verteilung des Edaphons in einem Wiesenboden [18]

Mit der Untersuchung der Mikroorganismen lässt sich der Boden hinsichtlich seiner Abbaufähigkeit von organischem Material und seiner Fruchtbarkeit beurteilen. Bodenmikroorganismen spielen eine entscheidende Rolle für die Pflanzengesundheit und im Nährstoffkreislauf [19, 20]. Sie werden von Wissenschaftlern auch als Indikatoren für die Bodenfruchtbarkeit gesehen. Die Forschung zu Mikroorganismen in temperierten Agroforstsystemen ist noch jung; in den letzten Jahren haben die Studien hierzu aber zugenommen. Vor allem in den Ländern Kanada, China, Frankreich, Deutschland und den USA wurde dazu geforscht [21].

Welche Auswirkung haben Agroforstsysteme auf Mikroorganismen?

Mikrobielle Biomasse nimmt zu

Die mikrobielle Biomasse umfasst den gesamten Anteil der organischen Bodensubstanz, welcher aus lebenden Mikroorganismen besteht [22]. Die mikrobielle Biomasse ist in den Gehölzstreifen von Agroforstsystemen höher als in den Ackerkulturreihen [23]. Mit einer zunehmenden Entfernung zum Gehölzstreifen nimmt die mikrobielle Biomasse ab [24, 25, 26]. Die Steigerung der mikrobiellen Biomasse kann sich also auf benachbarte Ackerkulturreihen ausweiten.

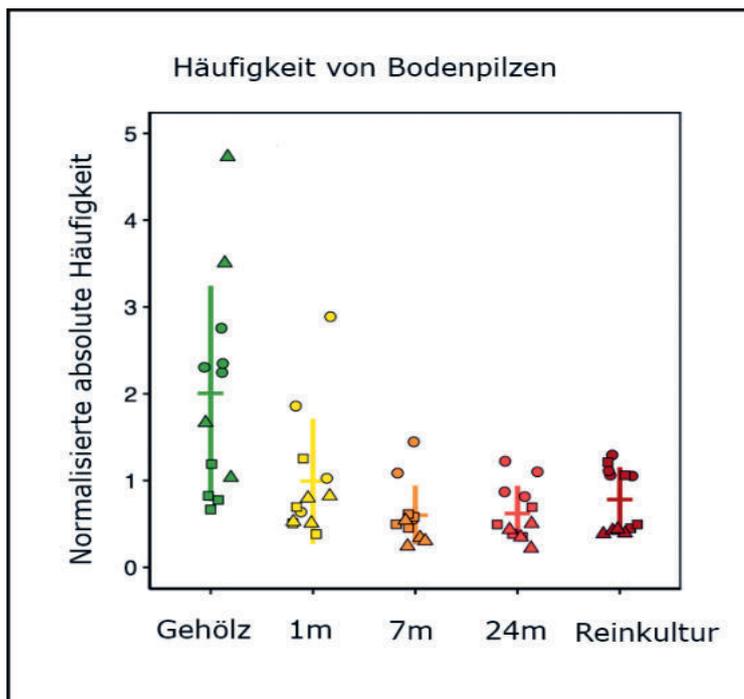


Abb. 3: Zunahme von Bodenpilzen in der Nähe der Gehölzstreifen, gemessen an drei unterschiedlichen Standorten (bzw. Bodentypen) in Deutschland: Kreis: Dornburg, Viereck: Forst, Dreieck: Wendhausen [25]



Die Bodenpilze profitieren dabei besonders von der Anlage eines Agroforstsystems (siehe Abbildung 3). Die Häufigkeit der Ständerpilze wurde in dem Gehölzstreifen sogar um bis zu Faktor 330 im Vergleich zu einem Acker ohne Gehölzstreifen gefördert [25]. Teilweise lassen sich manche Pilze auch mit dem bloßen Auge erkennen, da sie einen Fruchtkörper oder ein sichtbares Pilzgeflecht (Myzel) ausbilden (siehe Bilder).



Gut oder schlecht? Ständerpilze (*Basidiomyceten*)

Die Ständerpilze umfassen ca. 30 000 Arten. Sie sind die höchstentwickelten Pilze nach den Schlauchpilzen (Ascomyceten). Manche Ständerpilze leben als Flechten, andere als Saprophyten oder auch als Mykorrhizapilze in Böden. Das Besondere an den Mykorrhizapilzen ist, dass sie für Pflanzen symbiotische Partner darstellen. Sie gehen mit der Pflanze in Symbiose, indem ihr Pilzgeflecht die Oberfläche der Wurzeln erweitert und somit die Wasser- und Nährstofferschließung und -aufnahme der Pflanze verbessert wird. Die Pflanze stellt den Mykorrhizapilzen im Gegenzug einfach verfügbare Zucker zur Verfügung, welche der Pilz für seinen Stoffwechsel benötigt. Als Rost- und Brandpilze können bestimmte Vertreter der Ständerpilze bei landwirtschaftlichen Kulturen aber auch große wirtschaftliche Schäden verursachen, indem sie z.B. Rost bei Weizen, Flugbrand bei Gerste oder Steinbrand bei Weizen und Roggen verursachen [22].

Gesamtvieftalt wird gefördert

Die Vielfalt an Bakterien und Pilzen (d.h. die Anzahl an unterschiedlichen Arten) ist im Gehölzstreifen nicht wesentlich größer als im Ackerkulturstreifen. Indem sich aber die Zusammensetzung der Gemeinschaften verändert, wird die Vielfalt innerhalb des Gesamtsystems erhöht. Im Gehölzstreifen bildet sich ein Bodenmikrobiom aus, welches auf den Abbau der Biomasse der Gehölze spezialisiert ist [27].

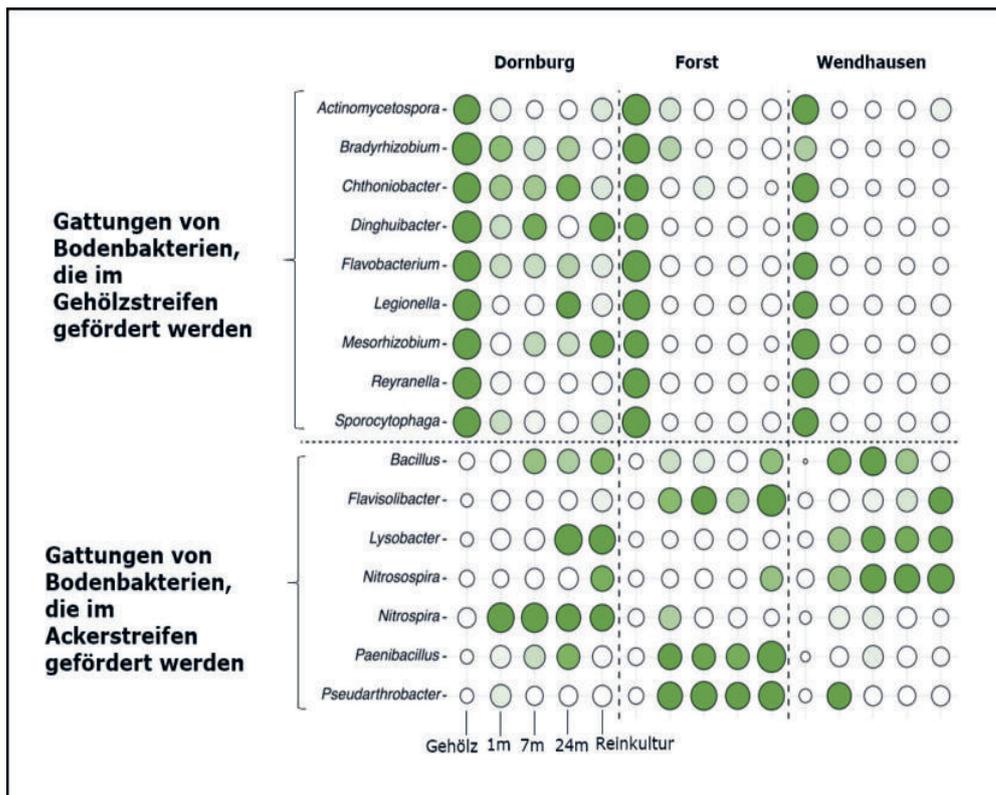


Abb. 4: Verteilung von Bakterien-Gattungen im Agroforstsystem an drei unterschiedlichen Standorten (bzw. Bodentypen) in Deutschland [27]

In der Abbildung 4 werden unterschiedliche Bakteriengattungen dargestellt, welche auf drei unterschiedlichen Standorten und Bodentypen mit einer modernen Sequenzierungsmethode aufgeschlüsselt worden sind. Die Größe der farbigen Punkte zeigt das Vorkommen: umso größer ein Punkt ist, desto mehr Bakterien einer bestimmten Gattung sind dort vorhanden [27].

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch bei den Bodenpilzen: Bei den Pilzgemeinschaften werden vor allem Gattungen der Ektomykorrhiza innerhalb des Gehölzstreifens festgestellt. Ektomykorrhiza stellen eine bestimmte Form der Mykorrhiza dar, welche nur am äußersten Gewebe der Wurzel in Kontakt mit der Pflanze treten und typisch für Bäume und Sträucher in den gemäßigten Breiten sind. Sie gehen eine Symbiose mit den Gehölzen ein, wodurch dessen Wachstum begünstigt werden kann. Bei den Pilzgemeinschaften änderten sich die Zusammensetzung bereits sechs Monate nach der Einrichtung eines Agroforstsystems, was auf eine schnelle Anpassung der Bodenpilze an die Bäume hinweist [28].

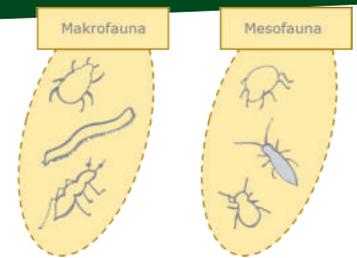
Pflanzengesundheit und Lebensmittelsicherheit in Agroforstsystemen gewährleistet

Die Gesundheit von Pflanzen spielt eine entscheidende Rolle für die landwirtschaftliche Produktion und die Ernährungssicherheit. Mikroorganismen können neutral, gut oder schlecht auf die Pflanzengesundheit wirken. Für den Befall von Raps, Gerste und Weizen mit landwirtschaftlich relevanten Pflanzenpathogenen (Raps: *Leptosphaeria* Spezies, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Verticillium longisporum*; Gerste und Weizen: Fusarien) konnte bei wissenschaftlichen Untersuchungen kein Unterschied zwischen Raps und Getreide aus Agroforstsystemen und einem Acker ohne Gehölzstreifen festgestellt werden. Für die Pathogene *Verticillium longisporum* und *Fusarium tricinctum* konnten in Agroforstsystemen teils geringere Werte gemessen werden. *Verticillium longisporum* löst z.B. die Rapswelke aus; Fusarien sind vor allem bedeutend für den Getreideanbau und können für Menschen und Tiere toxische Mykotoxine bilden. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass durch die Diversifizierung des Systems mit Gehölzen die Pflanzengesundheit insgesamt gefördert wird [29]; weitere Studien müssen noch durchgeführt werden.



Bodenfruchtbarkeit zum Riechen?

Der typisch erdige Geruch, der z.B. bei frisch gepflügten Böden, Gärtnereien oder auch bei den Blumentöpfen zuhause wahrgenommen werden kann, wird hauptsächlich durch Geosmin verursacht. Dies ist eine flüchtige Verbindung, die von Bodenbakterien (*Actinomycceten* und *Myxobacteria*) bei der Mineralisierung und Humifizierung von Pflanzenresten entsteht. Die Wahrnehmung von Geosmin weckt bei uns Menschen die Assoziation, dass es sich um einen besonders fruchtbaren Boden handelt. Dieser Geruch deutet auf eine gute Bodengare hin und ist somit auch ein Indiz für eine gute Bodenqualität [22].



Größere wirbellose Bodentiere in Agroforstsystemen

Die Bodentiere der Meso- und Makrofauna spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle für die Gesundheit des Bodens und haben somit eine große Bedeutung für die Landwirtschaft. Diese vielfältige Gruppe von Organismen umfasst u.a. Milben, Springschwänze, Tausendfüßer, Regenwürmer, Asseln, Käfer und Insektenlarven.

Welche positive Wirkung hat die Aktivität von größeren wirbellosen Bodentiere auf den Boden?

Bodendurchlüftung und Strukturbildung

Insbesondere grabende und wühlende Organismen haben die Fähigkeit zur Lockerung, Umlagerung und Durchmischung des Bodens, welche auch als Bioturbation bezeichnet wird. Eine mangelnde Belüftung des Bodens wirkt sich nachteilig auf das Wachstum von Pflanzenwurzeln aus und reduziert deren Fähigkeit Wasser und Nährstoffe aufzunehmen. Besonders die Regenwürmer übernehmen eine nachhaltig strukturprägende Funktion im Boden. Indem sie Ton-Humuskomplexe durch ihre Ausscheidung produzieren, bauen sie aktiv die Bodenfruchtbarkeit auf. Durch ihre Röhren verbessern sie außerdem die Wasserinfiltration [30].

Treiber im Nährstoffkreislauf

Maßgeblich an der Zersetzung der Streu beteiligt sind Milben, Springschwänze, Tausendfüßer, Asseln, Regenwürmer und viele Insektenlarven [31]. Diese Organismen zerkleinern und verdauen das organische Material und bereiten es für die Mikroorganismen vor, wodurch der mikrobielle Abbau beschleunigt wird. Durch diese Primärzersetzung nehmen sie Einfluss auf die Nährstoffkreisläufe [32]. Die freigesetzten Nährstoffe stehen den Pflanzen für ihr Wachstum und ihre Entwicklung zur Verfügung.

Biologische Schädlingskontrolle

Räuberische Bodentiere können zur biologischen Schädlingsbekämpfung beitragen. Dazu gehören z.B. Tausendfüßer, Raubmilben, Laufkäfer, Pseudoskorpione, Skorpionsfliegen oder Wolfspinnen. Diese Bodenorganismen können zur biologischen Schädlingskontrolle beitragen, indem sie die Populationen der Schädlinge regulieren. Dies könnte zu einer Verringerung der benötigten Menge an Pflanzenschutzmitteln (Insektiziden) führen [33].



Der Ingenieur für fruchtbaren Boden [34]:

Der Regenwurm, wussten Sie...

- Regenwürmer nehmen Pflanzenreste und Bodenpartikel auf und wandeln sie in wertvollen Humus um
- weltweit gibt es über 600 verschiedene Regenwurmarten, bei uns etwa 46
- besonders bekannt ist der Gemeine Regenwurm oder Tauwurm (*Lumbricus terrestris*)
- Regenwürmer können bis zu 8 Jahre alt werden
- die Lieblingsumgebung des Regenwurms: 10-15 Grad Celsius und feuchte Böden
- wenn das Hinterende des Wurms abgetrennt wird, entstehen keine 2 Regenwürmer. Der hintere Teil stirbt ab, wobei der vordere Teil nur unter gewissen Umständen weiterleben kann
- Regenwürmer sind überwiegend nachtaktiv, am Tag kommen sie nur bei Regen aus ihren Röhren
- die Röhren können mehr als 3 Meter in den Boden reichen
- Regenwürmer sind Zwitter und befruchten sich wechselseitig: sie sind je nach Art nach 1 bis 2 Jahren geschlechtsreif
- Regenwürmer schlüpfen aus Kokons – bei manchen Arten dauert es über 100 Tage bis zum Schlupf
- der Gemeine Regenwurm wird bis zu 30 cm lang



Welche Auswirkungen haben Agroforstsysteme auf die Meso- und Makrofauna?

In der Landwirtschaft ist das Vorkommen von Bodenorganismen eng mit dem Vorhandensein von (semi-)natürlichen Landschaftselementen wie Hecken, Baumreihen, grasbewachsenen Feldrändern und kleinen Waldflächen verbunden. Diese Elemente bieten Lebensraum, Fortpflanzungsstätte und Schutz und können auch als Korridore von den Bodenlebewesen genutzt werden [35, 36, 37].

In Westeuropa hat die Intensivierung der Landwirtschaft zu einem deutlichen Rückgang der Anzahl von Hecken, kleinen Waldflächen und permanenten Grünflächen geführt [38, 39]. Studien zu Bodentieren in temperierten Agroforstsystemen sind zumeist auf einzelne Gruppen von Bodentieren fokussiert. Insgesamt stellen Wissenschaftler durch die Integration von Gehölzen überwiegend positive Effekte auf das Bodenleben fest: In einer Studie aus Südfrankreich konnte beispielsweise gezeigt werden, dass verschiedene Gruppen wirbelloser Tiere durch die Baumreihen in Agroforstsystemen gefördert werden, darunter Springschwänze, Spinnen und Asseln [8].

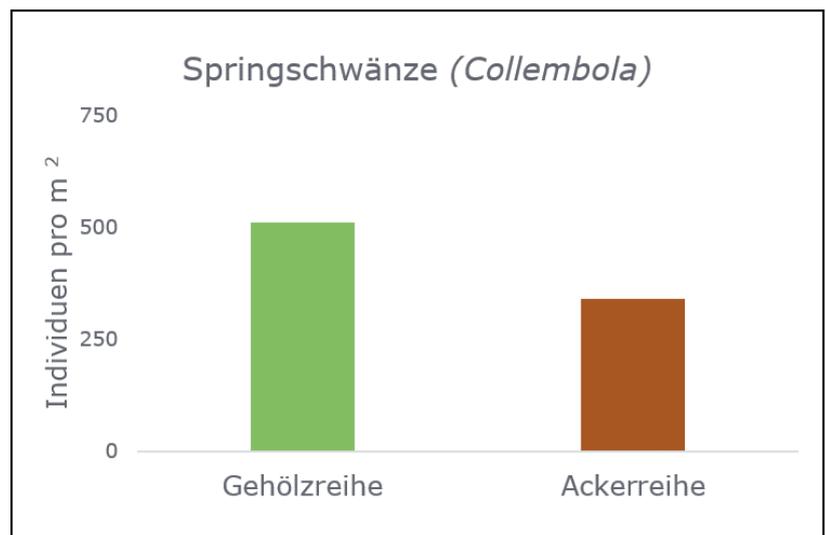


Abb. 5: Gesteigerte Anzahl von Springschwänzen in Gehölzstreifen
*Zahlen wurden zur eigenen Darstellung aus Originalgrafik geschätzt [8]

Springschwänze, welche in der Abbildung 5 dargestellt sind, ernähren sich von abgestorbenen Pflanzenmaterialien, Algen, Pilzen und Bakterien. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Zersetzung von organischem Material und tragen dadurch zur Nährstofffreisetzung im Boden bei. In landwirtschaftlichen Systemen können Springschwänze als Teil des Bodenlebens dazu beitragen, die Bodenqualität zu verbessern.

In Belgien wurde die Häufigkeit und Vielfalt von Asseln, Tausendfüßern, Kurzflüglern und Laufkäfern in Agroforstsystemen an unterschiedlichen Abständen zur Gehölzstreifen bewertet. Dabei war die Häufigkeit und Vielfalt von Asseln und Tausendfüßern höher in den Gehölzstreifen als im Ackerkulturbereich Eine gesteigerte Häufigkeit und Vielfalt von Kurzflüglern und Laufkäfern in den Gehölzstreifen konnte nicht festgestellt werden [40].

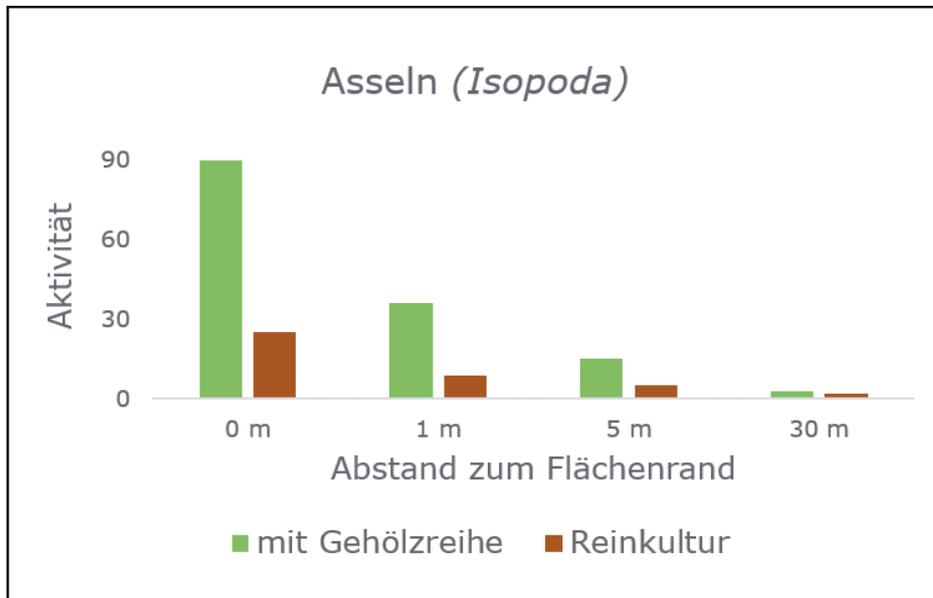


Abb. 6: Gesteigerte Aktivität von Asseln in Systemen mit Gehölzstreifen gemessen an unterschiedlichen Abständen im Feld *Zahlen wurden zur eigenen Darstellung aus Originalgrafik geschätzt [40]

Asseln, welche in der Abbildung 6 dargestellt sind, spielen eine wichtige Rolle im Abbau von abgestorbenem Pflanzenmaterial und tragen zur Bodenentwicklung und -verbesserung bei. Sie sind an der Zersetzung und Umwandlung von organischem Material beteiligt, was zur Nährstofffreisetzung im Boden beiträgt.



In Deutschland konnte festgestellt werden, dass Regenwürmer von der Agroforstwirtschaft stark profitieren. Ihre Anzahl nahm innerhalb der Gehölzstreifen deutlich zu. Je nach Baumart wurden im Gehölzstreifen die drei- bis zwölfwache Menge im Vergleich zum Acker ohne Gehölze gefunden. Dabei reichte die Förderung der Regenwürmer je nach Art auch in die angrenzenden Ackerkulturreihen [41]. Die Anzahl von über 300 Regenwürmern pro Quadratmeter in den Gehölzstreifen (siehe Abbildung 7) lässt sich mit dem regenwurmreichen Grünland vergleichen [42].

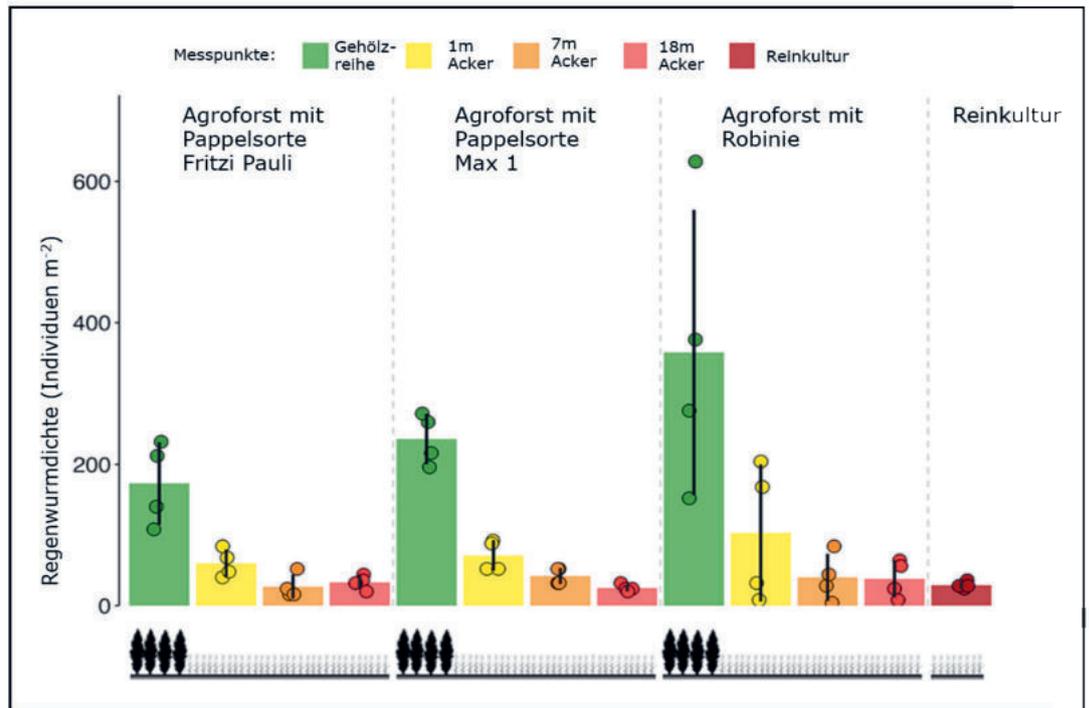


Abb. 7: Gesteigerte Anzahl von Regenwürmern in Agroforstsystemen für drei unterschiedliche Baumarten [41]



Praxistipp: Regenwurmaktivität durch Spatenprobe abschätzen

Der beste Zeitpunkt für Regenwurmbestimmungen ist das Frühjahr oder der Herbst, da hier die Regenwürmer besonders aktiv sind. Bevor es mit der Spatenprobe losgeht: Sehen Sie zunächst **Regenwurmlosung**? Als nächstes können Sie mit der Spatenprobe beginnen: Wie viele **Würmer** sehen Sie? Bei fünf Spatenproben von 10 x 10 cm Größe und einer Tiefe von 25 cm sind bei einem mittelschweren Lehmboden im Durchschnitt 2-3 Würmer zu finden; das sind 100 bis 200 Würmer pro Quadratmeter. Weiterhin sind **Wurmgänge** ein Anzeichen dafür, dass Regenwürmer in Ihrem Boden aktiv sind [43].





Bodenleben fördern [44]:

- Nahrungsquellen schaffen
 - Überwinterungsmöglichkeiten schaffen
 - Bodenruhe erhöhen
 - Pflanzenvielfalt erhöhen
- ➔ Agroforstsysteme stellen eine gute Maßnahme dazu dar

Agroforst-Forschungsprojekt SIGNAL

Dieses Themenblatt wurde im Rahmen des SIGNAL-Projektes veröffentlicht. Das Projekt SIGNAL – „Nachhaltige Intensivierung der Landwirtschaft durch Agroforstwirtschaft“ – ist momentan das größte Forschungsprojekt zur Agroforstwirtschaft in Deutschland. Vom 01.07.2015 bis zum 31.08.2024 werden Alley Cropping-Agroforstsysteme mit Pappeln im Kurzumtrieb an unterschiedlichen Standorten im Nord-Ostdeutschen Raum systematisch untersucht. Das Projekt ist Teil der Förderinitiative BonaRes (Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie), welches bestrebt ist, die Bodenfunktionen durch die Entwicklung nachhaltiger Managementsysteme zu verbessern. Das Agroforstprojekt SIGNAL ist ein Verbundprojekt und aktuell befassen sich 11 Teilprojekte mit unterschiedlichen Aspekten der Agroforstwirtschaft. Verbundpartner sind die Georg-August-Universität Göttingen, die Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU), das Julius Kühn-Institut (JKI), die Universität Hohenheim, die Universität Kassel und der Deutsche Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF e.V.). Der DeFAF e.V. ist in der letzten Projektphase als Partner für den Wissenstransfer hinzugezogen worden. Die Kernergebnisse, die im SIGNAL-Projekt zu Bodenorganismen erhoben wurden, sind in dieses Themenblatt eingeflossen. Aktuell finden weitere Untersuchungen zu dem Einfluss von Agroforstsystemen auf die Diversität von Bodenorganismen und zur biologischen Schädlingskontrolle statt. Nehmen Sie bei Interesse gerne Kontakt zur Autorin auf. Weitere Informationen zum Nachlesen gibt es auf der Projektseite vom DeFAF (www.agroforst-info.de/signal) oder der offiziellen Projektseite der Universität Göttingen (www.signal.uni-goettingen.de).

Quellen

- [1] Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung (2023): "Bodentiere." Verfügbar unter: bodentierhochvier.de (Zugriffsdatum: 10.06.2023).
- [2] Anthony, M. A., Bender, S. F., & van der Heijden, M. G. A. (2023): "Enumerating soil biodiversity." *Proceedings of the National Academy of Sciences – PNAS*, 120(33), e2304663120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2304663120>
- [3] Sánchez-Bayo, F., Wyckhuys, K.A.G. (2019): "Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers." *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>.
- [4] FAO (2020): "State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities." Verfügbar unter: [<https://www.fao.org/3/cb1928en/CB1928EN.pdf>] (Zugriffsdatum: 10.06.2023)
- [5] Kompaktlexikon der Biologie (2001): "Bodenorganismen." Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. Verfügbar unter: [Bodenorganismen - Kompaktlexikon der Biologie \(spektrum.de\)](http://Bodenorganismen-Kompaktlexikon-der-Biologie.spektrum.de) (Zugriffsdatum: 10.06.2023)
- [6] Nair, P.K.R. (1985): "Classification of agroforestry systems." *Agroforestry Systems* (3): 97-128.
- [7] Boinot, S., Fried, G., Storkey, J., Metcalfe, H., Barkaoui, K., Lauri, P.-É., Mézière, D. (2019): "Alley Cropping Agroforestry Systems: Reservoirs for Weeds or Refugia for Plant Diversity?" *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 284, 106584. DOI 10.1016/j.agee.2019.106584.
- [8] Boinot, S., Poulmarc'ha, J., Mézière, D., Lauri, P.-E., Jean-Pierre, S. (2019): "Distribution of overwintering invertebrates in temperate agroforestry systems: Implications for biodiversity conservation and biological control of crop pests." *ELSEVIER*.
- [9] Doran, J.W. (1980): "Soil Microbial and Biochemical Changes Associated with Reduced Tillage." *Soil Science Society of America Journal*, 44, 765–771. DOI 10.2136/sssaj1980.03615995004400040022x.
- [10] Zuber, S.M., Villamil, M.B. (2016): "Meta-Analysis Approach to Assess Effect of Tillage on Microbial Biomass and Enzyme Activities." *Soil Biology and Biochemistry*, 97, 176–187. DOI 10.1016/j.soilbio.2016.03.011.
- [11] Böhme, L., Langer, U., Böhme, F. (2005): "Microbial Biomass, Enzyme Activities and Microbial Community Structure in Two European Long-Term Field Experiments." *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 109, 141–152. DOI 10.1016/j.agee.2005.01.017.
- [12] Ledin, S. (1998): "Environmental consequences when growing short rotation forests in Sweden." *Biomass Bioenergy*, 15, 49-55.
- [13] Perttu, K. (1998): "Environmental justification for short-rotation forestry in Sweden." *Biomass Bioenergy*, 15, 1-6.
- [14] KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2012): "Energieholzpflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenbaus, 2. Aufl." KTBL, Darmstadt.
- [15] Vigiak, O., Sterk, G., Warren, A., Hagen, L.J. (2003): "Spatial modeling of wind speed around windbreaks." *Catena*, 52, 273–288.
- [16] Kanzler, M., Böhm, C., Mirck, J., Schmitt, D., Veste, M., (2018): "Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system." *Agroforst Syst.*
- [17] Böhm, C. und Tsonkova, P. (2018). "Effekte des Agrarholzanbaus auf mikroklimatische Kenngrößen", Seiten 335-390 in Veste, M. und Böhm, C. (Hrsg.), "Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft". Springer Spektrum.
- [18] Blume, H.-P., Scheffer, F., Brümmer, G.W., Schachtschabel, P., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.M., Welp, G., & Thiele-Bruhn, S. (2010): "Lehrbuch der Bodenkunde", 16. Auflage. Spektrum, Heidelberg.
- [19] Van der Heijden, M.G.A., 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, 296–310.
- [20] Berendsen, R.L., Pieterse, C.M.J., Bakker, P.A.H.M. (2012): "The Rhizosphere Microbiome and Plant Health." *Trends in Plant Science*, 17, 478–486.
- [21] Beule, L., Vaupel, A., Moran-Rodas, V.E. (2022): "Abundance, Diversity, and Function of Soil Microorganisms in Temperate Alley-Cropping Agroforestry Systems: A Review." *Microorganisms*, 10, 616.
- [22] Ottow, J.C.G. (2011): "Mikrobiologie von Böden – Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik." Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [23] Beuschel, R., Piepho, H.-P., Joergensen, R.G., Wachendorf, C. (2019): "Similar Spatial Patterns of Soil Quality Indicators in Three Poplar-Based Silvo-Arable Alley Cropping Systems in Germany." *Biology and Fertility of Soils*, 55, 1–14.
- [24] Beule, L., Corre, M.D., Schmidt, M., Göbel, L., Veldkamp, E., Karlovsky, P. (2019): "Conversion of Monoculture Cropland and Open Grassland to Agroforestry Alters the Abundance of Soil Bacteria, Fungi and Soil-N-Cycling Genes." *PLoS ONE*, 14, e0218779.

- [25] Beule, L., Arndt, M., Karlovsky, P. (2021): "Relative Abundances of Species or Sequence Variants Can Be Misleading: Soil Fungal Communities as an Example." *Microorganisms*, 9, 589. 19
- [26] Luo, J., Beule, L., Shao, G., Veldkamp, E., Corre, M.D. (2022): "Reduced Soil Gross N₂O Emission Driven by Substrates Rather Than Denitrification Gene Abundance in Cropland Agroforestry and Monoculture." *JGR Biogeoscience*, 10.1029/2021JG006629, <https://doi.org/10.1029/2021JG006629>
- [27] Beule, L., Karlovsky, P. (2021): "Tree Rows in Temperate Agroforestry Croplands Alter the Composition of Soil Bacterial Communities." *PLoS ONE*, 16, e0246919. DOI 10.1371/journal.pone.0246919.
- [28] Beule, L., Karlovsky, P. (2021): "Early response of soil fungal communities to the conversion of monoculture cropland to a temperate agroforestry system." *PeerJ*, 9, e12236. DOI 10.7717/peerj.12236.
- [29] Beule, L., Lehtsaar, E., Rathgeb, A., Karlovsky, P. (2019): "Crop Diseases and Mycotoxin Accumulation in Temperate Agroforestry Systems." *Sustainability*, 11, 2925. DOI 10.3390/su11102925.
- [30] Gisi, U., et al. (1997): "Bodenökologie." Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- [31] Spektrum Akademischer Verlag (2001): "Bodenfauna." Verfügbar unter: [<https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/bodenfauna/1118>] (Zugriffsdatum: 20.10.2023).
- [32] Losey, J.E., Vaughan, M. (2006): "The economic value of ecological services provided by insects." *Bioscience*, 56, 311. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2).
- [33] Fortmann M. (2000): "Das grosse Kosmosbuch der Nützlinge: Neue Wege der biologischen Schädlingsbekämpfung." Franckh-Kosmos Verlag.
- [34] Kiesewetter B. (2020): "Lumbricidae Regenwürmer." Verfügbar unter: [<https://www.kindernetz.de/wissen/tierlexikon/steckbrief-regenwurm-100.html>] (Zugriffsdatum: 24.10.2023).
- [35] Aviron, S., Burel, F., Baudry, J., Schermann, N. (2005): "Carabid assemblages in agricultural landscapes: impacts of habitat features, landscape context at different spatial scales and farming intensity." *Agric. Ecosyst. Environ.*, 108, 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.02.004>.
- [36] Bianchi, F.J.J., Booij, C.J., Tschamtker, T. (2006): "Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control." *Proceedings of royal society*. doi:10.1098/rspb.2006.3530
- [37] Garratt, M.P.D., Senapathi, D., Coston, D.J., Mortimer, S.R., Potts, S.G. (2017): "The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context." *Agric. Ecosyst. Environ.*, 247, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.048>.
- [38] Burel, F., Butet, A., Delettre, Y.R., De La Peña, N.M. (2004): "Differential response of selected taxa to landscape context and agricultural intensification." *Landsc. Urban Plan.*, 67, 195–204. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(03\)00039-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(03)00039-2).
- [39] Fournier, E., Loreau, M. (1999): "Effects of newly planted hedges on ground-beetle diversity (Coleoptera, Carabidae) in an agricultural landscape." *Ecography (Cop.)*, 22, 87–97. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1999.tb00457.x>.
- [40] Pardon, P., Reheul, D., Mertens, J., Reubens, B., Frenne, P. de, Smedt, P. de, Proesmans, W., van Vooren, L., Verheyen, K. (2019): "Gradients in abundance and diversity of ground dwelling arthropods as a function of distance to tree rows in temperate arable agroforestry systems." *Agric. Ecosyst. Environ.*, 270–271, 114–128. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.017>.
- [41] Vaupel, A., Bednar, Z., Herwig, N. et al. (2023): "Tree-distance and tree-species effects on soil biota in a temperate agroforestry system." *Plant Soil*, 487, 355–372. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05932-9>.
- [42] Pfiffner, L. (2013): "Dossier Regenwurm - Die Plattform Schweizer Biobäuerinnen und Biobauern." Hrsg. v. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL).
- [43] FiBL (2022): "Regenwürmer – Baumeister fruchtbarer Böden." Merkblatt 2022 Nr. 1610. Verfügbar unter: [<https://www.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1610-regenwuermer.pdf>] (Zugriffsdatum: 20.10.2023)
- [44] Bauchhenß J. (2004): "Bodenfruchtbarkeit erhalten - Das Bodenleben schonen" Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Verfügbar unter: [https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/merkblaetter/p_20077.pdf] (Zugriffsdatum 20.10.2023)

Der Deutsche Fachverband für Agroforstwirtschaft (DeFAF e.V.)

Sie interessieren sich für die Agroforstwirtschaft, haben aber noch Fragen dazu?

Sprechen Sie uns gerne an!

Der DeFAF e.V. steht als zentraler Ansprechpartner zu allen Themen rund um die Agroforstwirtschaft in Deutschland zur Verfügung und setzt sich dafür ein, dass die Agroforstwirtschaft als nachhaltiges Landbausystem verstärkt umgesetzt wird. Ziel ist es, die verschiedenen Akteure aus Land- und Ernährungswirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung, Naturschutz und andere

Interessierte zum Thema Agroforstwirtschaft besser zu vernetzen. Nur so können gemeinsam praktikable und nachhaltige Lösungen für die zukünftige Agrarwirtschaft gefunden werden.

Der gemeinnützige Verein wirkt in mehreren Fachbereichen, die sich u.a. mit Themen wie Beratung, Aus- und Weiterbildung, Forschung, sowie mit ökonomischen, ökologischen und rechtlichen Fragen beschäftigen. Bei Fragen oder Anregungen kommen Sie gerne auf uns zu!

Erfahren Sie mehr über den DeFAF unter www.agroforst-info.de

