

**This is the accepted manuscript version of the contribution published as:**

Ballasus, H., Beylich, A., Bluhm, C., **Buscot, F.**, Cordsen, E., Eisenhauer, N., Fröhlich, J., Glante, F., Grüneberg, E., Hommel, B., Höper, H., Jacob, F., Lachmann, C., Nabel, M., Pieper, S., Puhmann, H., Römbke, J., Roß-Nickoll, M., Russell, D.J., Scheu, S., Tebbe, C.C., Toschki, A., Walter, R., Weiß, L. (2024):

Wege zu einem bundesweit harmonisierten Monitoring: Verbesserung der Erfassung der Bodenbiodiversität und ihrer Funktionen [Towards a monitoring scheme harmonised nationwide: Improving the recording of soil biodiversity and its functions]

*NuL* **99** (9/10), 452 - 458

**The publisher's version is available at:**

<https://doi.org/10.19217/NuL2024-09-04>

# Wege für ein bundesweit harmonisiertes Monitoring: Verbesserung der Erfassung der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen

## Towards a nationwide harmonized monitoring: Improving the assessment of soil biodiversity and its functions

### 1 Einleitung

Eine vielfältige Bodenlebensgemeinschaft bringt eine Vielzahl von Ökosystemleistungen hervor, darunter die Entstehung von Böden und die Aufrechterhaltung der Bodenfruchtbarkeit, die natürliche Schädlingsregulation, die Pufferfunktion gegenüber Klimaeinwirkungen und Schadstoffeinträgen und die Kohlenstoffbindung in Böden (Vogel et al. 2019; Bardgett, van der Putten 2014). Durch intensive Nutzung, zunehmende Flächenversiegelung, Nutzungskonversionen, Schadstoffeinträge sowie durch den Klimawandel bedingte Veränderungen sind Böden im Wandel und hinsichtlich ihrer strukturellen und chemisch-physikalischen sowie biologischen Qualität stark gefährdet (FAO et al. 2020; Montanarella et al. 2016). Infolge dessen gehen zunehmend Lebensräume für Bodenorganismen und damit wichtige Funktionen und Ökosystemleistungen verloren.

Bisher ist aufgrund eines fehlenden bundesweit systematischen Monitorings nur wenig über den Status, die räumliche Verteilung und Trends der Biodiversität in Böden Deutschlands bekannt. Ein bundesweit harmonisiertes Monitoring von Bodenorganismen und -funktionen ist wichtig, um zukünftig wissenschaftlich belastbare Aussagen zum Zustand und zur Entwicklung der Bodenbiodiversität zu ermöglichen. Das Monitoring schafft die Datengrundlage, um Ursachen für Veränderungen zu ermitteln und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Ein bundesweites Monitoring der Bodenbiodiversität ist außerdem eine wesentliche Voraussetzung, um die zu erwartenden Berichtspflichten Deutschlands, u.a. im Rahmen des bevorstehenden European Soil Health Law ([https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-health\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-and-land/soil-health_en)), zu bedienen.

### 2 Das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“

Das Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität (kurz: Monitoringzentrum) hat die Aufgabe, das bundesweite Biodiversitätsmonitoring weiterzuentwickeln und zu verbessern. Ein Schwerpunktthema hierbei ist die Bodenbiodiversität. Seit 2021 befassen sich Experten und Expertinnen der Bodenzologie und Bodenmikrobiologie am Monitoringzentrum mit den wissenschaftlichen und strukturellen Grundlagen für ein bundesweit harmonisiertes Bodenbiodiversitätsmonitoring. Hierfür erarbeiten Vertreter und Vertreterinnen aus der Monitoringpraxis, der Wissenschaft sowie Landesfach- und Bundesbehörden (**siehe Abb. 1**) in einem Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ Leitlinien.

Dabei soll auf den bestehenden Monitoringprogrammen und -konzepten aufgebaut, Synergiemöglichkeiten aufgezeigt und gegebenenfalls zusätzliche Monitoringprogramme vorgeschlagen werden.

### 3 Auftrag und Aufgaben des Fachgremiums

In einem ersten Schritt wurde am Monitoringzentrum der Status Quo der Erfassung/des Monitorings von Bodenbiodiversität in Deutschland erarbeitet und darauf aufbauend die wichtigsten Handlungserfordernisse für das Fachgremium abgeleitet. Diese sind in einem Eckpunktepapier dargelegt (NMZB 2022). Hier festgehaltene Problemfelder sind die bestehenden taxonomischen und

funktionellen Wissenslücken sowie das Fehlen von repräsentativen, systematischen und langfristig angelegten Monitoringaktivitäten der Bodenorganismen und deren Ökosystemleistungen auf Bundesebene. Bisher erhobene Daten zur Bodenbiodiversität in einzelnen Bundesländern sind zudem nur eingeschränkt vergleichbar. Eine Bewertung des Zustands und der Veränderung der Bodenbiodiversität auf Bundesebene ist derzeit daher nicht möglich. Folglich lassen sich zielführende Maßnahmen zum Schutz des Lebensraumes Boden inklusive seiner Biodiversität und Funktionen kaum fundiert ableiten.

Basierend auf den Problemfeldern ist der übergeordnete Auftrag des Fachgremiums die Erarbeitung eines Basiskonzepts mit Handlungsempfehlungen für ein bundesweit harmonisiertes Bodenbiodiversitätsmonitoring. Das Fachgremium hat daher zunächst konkrete Zielstellungen für das Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen formuliert (vgl. Kapitel 4) und eine Analyse des Status Quo der bestehenden Programme zur Bodenbiodiversität durchgeführt (vgl. Kapitel 7). Die nächsten Schritte umfassen neben der Auswahl geeigneter Organismen(-gruppen) (vgl. Kapitel 6) und der Festlegung eines Mindestsets für Metadaten (Standortfaktoren, Lebensraumtypen und Einflussgrößen), unter anderem die Erarbeitung von vorhandenen und neu zu etablierenden Methoden für das Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen sowie eine Einschätzung der Notwendigkeit, im Rahmen des Monitorings genommene Boden- und Organismenproben zu archivieren.

## 4 Ziele des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings

Zur Bearbeitung des Themas Bodenbiodiversität wird vom Fachgremium ein ökosystemarer Ansatz angestrebt. Die Betrachtung der Bodenbiodiversität soll hierfür lebensraumbezogen erfolgen und das Zusammenspiel verschiedener Trophieebenen berücksichtigen. Die prioritären Ziele des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings sind in **Tabelle 1** dargelegt.

Die nachgeordneten Ziele (**siehe Tab. 1**) sind nicht weniger relevant, werden jedoch nicht prioritär im Fachgremium bearbeitet, da sie teils intensiver Forschung bedürfen wofür die priorisierten Ziele 1-3 die Grundlagelieferanten sollen. Die zukünftigen Anforderungen werden jedoch bei der Ausarbeitung des Basiskonzeptes berücksichtigt.

Für den Aufbau des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings werden gemeinsam mit den Monitoringakteuren Synergiepotenziale herausgearbeitet. Dies setzt eine transparente Darlegung der Erarbeitungen des Gremiums für einen erweiterten Akteurs- bzw. Expertenkreis voraus. In einer vom Fachgremium veranstalteten Tagung „Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitäts-Monitoring“ (Juni 2023) wurden die Ausarbeitungen und konzeptionellen Ansätze Teilnehmenden aus dem behördlichen Bereich (Bundes- und Landesbehörden, Vertreter und Vertreterinnen bestehender bzw. geplanter Bodenmonitoringprogramme) sowie aus den Bereichen Forschung und Bildung vorgestellt und zur Diskussion gestellt. Im Sinne der aktiven Mitwirkung an der Ausgestaltung des zukünftigen bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings wurden die Themenbereiche Ziele, Basis-Monitoringmodule, Begleitdaten, Synergien und Umsetzung gemeinsam erörtert. Die Fachtagung stellt den Auftakt einer Reihe weiterer Vernetzungs- und Informationsformate dar.

Die Ziele des Monitorings wurden auf der Fachtagung vorgestellt. Die Teilnehmenden befürworteten grundsätzlich die vom Fachgremium erarbeiteten Zielstellungen, regten jedoch an, die Priorisierung stärker auf die Evaluation von bundesweiten Strategien und Maßnahmen sowie Ökosystemleistungen und Bodenfunktionen auszurichten. Im weiteren Prozess werden die Ziele auch auf Grundlage dieser Diskussionen nachgeschärft.

## 5 Mehrwert und Anwendungsbezug eines Bodenbiodiversitätsmonitorings

Ein fundierteres Wissen zum Zustand der Bodenbiodiversität und möglicher Treiber für deren Veränderungen dient sowohl dem vertieften Verständnis von Prozessen der Entstehung und Veränderung von Biodiversität als auch zur Ableitung von Maßnahmen zum Schutz der Bodenbiodiversität.

Im Gegensatz zu kurzfristigen Forschungsprojekten mit sehr spezifischen Forschungsfragen kann und soll das Monitoring langfristige Veränderungen der Bodenlebensgemeinschaften identifizieren und Hinweise auf mögliche multiple Einflussfaktoren geben (z.B. gleichzeitig einwirkende Klimaveränderungen, Pestizidrückstände in Böden, Schwermetallbelastungen, Fruchtfolgen, Düngung, Bodenbearbeitung). Konkrete Ursache-Wirkungs-Beziehungen können dann auf Experimentalflächen unter kontrollierten Rahmenbedingungen gezielt bewiesen werden. Ein Mehrwert des Monitorings ergibt sich somit aus enger Verzahnung mit der Forschung.

Um Auswirkungen von Landnutzungs- und Klimaveränderungen auf Bodenbiodiversität und Ökosystemfunktionen zu diagnostizieren und rechtzeitig Handlungsoptionen zu entwickeln, bedarf es zum einen einer stärkeren Verknüpfung von bisher vorwiegend abiotisch ausgerichteten Bodenmonitoring-Programmen mit Daten zur Bodenbiodiversität (Kaufmann-Boll et al. 2020). Zum anderen müssen funktionelle Verknüpfungen und Wechselwirkungen zwischen ober- und unterirdischer Biodiversität im Biodiversitätsmonitoring zukünftig intensiver Berücksichtigung finden, um die relative Bedeutung der ober- und unterirdischen Biodiversität für Ökosystemfunktionen herauszuarbeiten (Eisenhauer 2024 in dieser Ausgabe).

Das Bodenbiodiversitätsmonitoring soll die Grundlage für die Evaluierung, den Erhalt und wo möglich die Verbesserung der Bodenbiodiversität und Bodengesundheit im Allgemeinen schaffen. Neuere Studien haben gezeigt, dass das lediglich an oberirdischer Biodiversität orientierte Management ausgewiesener Schutzgebiete keine positiven Effekte auf den Schutz der Bodenbiodiversität hat (Cameron et al. 2019, Guerra et al. 2022, Zeiss 2024 in dieser Ausgabe). In der landwirtschaftlichen Praxis sind wirksame Maßnahmen zum Schutz der Bodenorganismen und ihrer Ökosystemleistungen, wie z.B. konservierende Bodenbearbeitung, vielfältige Fruchtfolgen, organische Düngung, Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten in den meisten Betrieben durchaus bekannt, ihre Anwendung aber aus ökonomischen oder arbeitstechnischen Gründen weniger verbreitet. Das Monitoring soll belastbare Daten und Erkenntnisse schaffen, um u.a. landwirtschaftliche Betriebe zu motivieren, stärker in den Schutz der Bodenbiodiversität und damit langfristiger Bodenfruchtbarkeit zu investieren. Förderprogramme können dabei finanzielle Anreize schaffen und die Implementierung somit unterstützen.

## 6 Bundesweit umsetzbare Basismonitoringmodule: Vorgehen zur Bodenorganismenauswahl

Auf Grundlage der Ausarbeitungen des Fachgremiums sollen Projekte zur Erarbeitung von Monitoringmodulen zum Schließen der identifizierten Lücken umgesetzt werden. Diese sollen neben Prioritätsempfehlungen eine Kosten- und Aufwandsabschätzung für die jeweiligen Monitoringmodule enthalten. Es muss dabei gesichert werden, dass die Methoden für das Monitoring der Bodenbiodiversität langfristig und regelmäßig Anwendung finden und dabei Qualitätsansprüchen gerecht werden, die ein bundesweit vergleichbares Ergebnis gewährleisten und kompatibel sind mit den internationalen Anstrengungen, ein weltweites Monitoring der Bodenbiodiversität zu etablieren.

Mit dem Fokus auf eine kurz- bis mittelfristige Umsetzung werden Grundlagen und erste Vorschläge von Modulen für ein bundesweites Monitoring der Bodenbiodiversität erarbeitet. Dafür werden in einem Rechercheprojekt (AZ: Z2-53202-StStG-FA-2022-9) aktuelle Informationen zum Kenntnisstand, zur Aussagekraft und zu praktischen Erfordernissen der Erfassung von Bodenorganismengruppen und

deren Funktionen zusammengetragen und bewertet (vgl. Abb. 2). Dabei werden bestehende Kenntnislücken oder Limitierungen in der Erfassung und Analyse aufgedeckt und somit Forschungs- und Handlungsbedarfe aufgezeigt. Bewertet wird auch die Verwendung von Metabarcoding als Bestimmungsmethode im Vergleich oder in Kombination zu den etablierten morphologisch basierten Bestimmungsansätzen. Mithilfe dieser Informationsgrundlage entwickelt das Fachgremium Monitoringmodule für Bodenorganismen(-gruppen) und Bodenbiodiversitätsfunktionen, die aufgrund des guten Kenntnisstands einen hohen Informationswert haben und deren Erhebung hinsichtlich zeitlichen und finanziellen Aufwands, der Verfügbarkeit von Experten und Expertinnen und dem Vorhandensein methodischer Standards praktikabel sind.

## 7 Erschließen von Synergien

*„Das Monitoringzentrum soll in Zusammenarbeit mit allen Akteuren ein übergreifendes Gesamtkonzept für ein bundesweites Biodiversitätsmonitoring [...] entwickeln [...]. Angestrebt wird, dass sich sämtliche bundesweite Monitoringprogramme ergänzen, wo möglich systematisch aufeinander abgestimmt sind und Synergien genutzt werden, um ein [...] systematisch durchdachtes und effizientes bundesweites Biodiversitätsmonitoring zu schaffen.“*

Diese im Grobkonzept des Monitoringzentrums (Deutscher Bundestag 2021) formulierte Maxime, die die Zusammenarbeit der Akteure hervorhebt, ist ebenfalls Leitgedanke für den Themenbereich des Bodenbiodiversitätsmonitorings. Ein erster Schritt im Prozess der Erschließung von Synergien war ein Zusammentragen des Status Quo der Monitoringaktivitäten mit Boden(biodiversitäts)bezug auf Ebene der Länder, des Bundes und der EU. Zusätzlich wurden die Programme hinsichtlich ihrer Ziele, des (Begleit-)Datenspektrums der Erfassungen, der räumlichen und zeitlichen Dimension sowie den Repräsentanzkriterien der Flächenkulissen charakterisiert. Der Erfassungsturnus, die Methodik, die zu erfassenden Bodenorganismengruppen, erhobene Begleitdaten sowie die Repräsentanzkriterien der Kulissen variieren zwischen den Monitoringprogrammen zum Teil stark. Dennoch bieten die laufenden Monitoringprogramme vielversprechende Synergiepotenziale:

Die langfristig angelegten Bodendauerbeobachtungsprogramme einiger Länder (10 von 16) umfassen bereits bodenbiologische Untersuchungen und sind daher eine gute Grundlage für ein bundesweites Monitoring (Römbke et al. 2012). Ein großer Vorteil ist, dass umfassende bodenchemische und -physikalische Daten sowie Informationen zur Bodennutzung über die letzten Jahrzehnte vorliegen, auch dort, wo bisher keine bodenbiologischen Parameter erfasst wurden. Neben den eigenen Auswertungen der Länder zur Charakterisierung regionaler Besonderheiten, führt das Umweltbundesamt länderübergreifende Analysen durch (UBA 2015). Für die Identifikation lebensraumtypbezogener Referenzgemeinschaften entlang eines Landnutzungsgradienten sind naturnahe ungenutzte und seminaturliche Standorte in der Kulisse der Bodendauerbeobachtung jedoch unterrepräsentiert, da sie überwiegend Nutzflächen betrachten.

Um Zusammenhänge der ober- und unterirdischen Biodiversität erfassen zu können, ist eine Überlappung des Bodenbiodiversitätsmonitorings mit Flächen, auf denen oberirdische Biodiversität gemessen wird, notwendig. Hierfür bietet die Kulisse der bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen, auf denen das Monitoring von Landwirtschaftsflächen mit hohem Naturwert und zukünftig das Ökosystem- und Insektenmonitoring (BfN 2023) stattfindet, Synergiepotenziale. Auf diesen Flächen wurden bisher keine bodenphysikalischen oder -chemischen Parameter erfasst.

Ebenfalls vielversprechende Synergiepotenziale bietet die Bodenzustandserhebung Wald des Thünen Instituts, da dieses Programm bereits umfangreiche bundesweit harmonisierte Daten zu Bodenchemie, Bodenphysik und Waldernährung/-zustand bereitstellen kann. Im 2023 gestarteten Projekt Biologische Bodenzustandserhebung Deutscher Wälder (Projektfördernummer: 2220WK94A4) werden auf 500 Flächen zusätzlich mikrobiologische Analysen und auf 100 Flächen Untersuchungen

der Makro- und Mesofauna durchgeführt. Hiermit besteht erstmals die Möglichkeit, vorhandene Daten harmonisiert und systematisch landesweit auszuwerten und Aussagen zur Biodiversität und über Ökosystemfunktionen hinsichtlich der Bodenbiodiversität zu treffen.

Im Rahmen der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft des Thünen Instituts wurden bundesweit rasterbasiert Bodenproben von landwirtschaftlich genutzten Flächen gewonnen und vor allem in Hinblick auf Parameter des Bodenkohlenstoffhaushaltes analysiert. Derzeit steht die zweite bundesweite Beprobungskampagne an, bei der Untersuchungen zu den Bodenmikrobiomen vorgesehen sind.

Im Europäischen Projekt LUCAS Soil werden in Deutschland auf 2.000 Probestellen Daten zum abiotischen Zustand des Oberbodens erfasst. Im Jahr 2018 wurden europaweit an insgesamt 881 dieser Probestellen mittels Metabarcoding auch Informationen zu Bakterien, Archaeen, Pilzen, weiteren Eukaryoten, Fadenwürmern, Gliederfüßern und Regenwürmern aufgenommen sowie Enzymaktivitäten, mikrobielle Biomasse und Respiration analysiert (Orgiazzi et al. 2018, Smith et al. 2021). Das Projekt bietet hinsichtlich der internationalen Anschlussfähigkeit Synergiepotentiale, vor allem wenn die Vernetzung mit nationalen Programmen weiter ausgebaut wird.

Die Frage nach Synergiepotentialen auf dem Weg zu einem bundesweit standardisierten und langfristigen Bodenbiodiversitätsmonitoring wurde auf der o.g. Fachtagung diskutiert. Die Teilnehmenden identifizierten folgende Handlungsfelder:

1. Die existierenden Stichprobenkulissen sollten auf ihre Eignung geprüft werden, inwieweit sich von ihnen lebensraumtypbezogene Referenzdaten für die Beurteilung eines guten ökologischen Bodenzustandes ableiten lassen. Für ein bundesweites Monitoringprogramm müssten sehr große geographische, klimatische und damit auch ökologische Gradienten abgedeckt werden.
2. Um Synergien zwischen existierenden Programmen weiter festigen zu können, ist die Entwicklung gemeinsam genutzter Methodenstandards wichtig. Gemeinsam mit den Ländern, dem Bund und der Forschung soll eine Methodengrundlage zur Datenerhebung erarbeitet werden.
3. Eine weitere Möglichkeit, Synergien zwischen existierenden Monitoringprogrammen zu nutzen, ist die Etablierung einer Institution zur gemeinsamen Analyse der erhobenen Proben. Durch eine solch zentrale Einrichtung könnten qualitätsgesicherte, vergleichbare Daten erzeugt werden.

Bezugnehmend auf die Notwendigkeit, bundesweit vergleichbare Ergebnisse zu erzeugen, bietet das Monitoringprogramm Bodenzustandserhebung Wald mögliche Lösungsansätze und auch ein Beispiel für die Synergiepotentiale. Koordiniert durch den Bund, wurde hier ein validiertes Qualitätsmanagementsystem für bodenphysikalische und -chemische Feldarbeiten und Laboranalysen etabliert, das gleichwertige Analyseergebnisse länderübergreifend und über verschiedene Einrichtungen sicherstellt. Der Bund speichert die Daten zentral in einer Datenbank und ist für die bundesweite Auswertung zuständig. Die Bundesländer erheben die Daten, führen die Laboranalysen durch und werten die Daten für ihre Region aus.

## 8 Wie kann die Umsetzung gelingen?

Das Fachgremium widmete sich dieser Frage im Austausch mit einem erweiterten Expertenkreis inklusive weiterer Vertreter und Vertreterinnen der Daten erhebenden Stellen im Rahmen der o.g. Fachtagung. Die Teilnehmenden waren sich mehrheitlich einig, dass bundesweite Standards für das Bodenbiodiversitätsmonitoring essenziell sind. Das Monitoringzentrum sollte eine federführende Rolle für die Moderation der Prozesse zur Festlegung bundesweiter Standards (Daten/Metadaten, Methoden, Flächenkulissen, Standorte usw.) einnehmen. Als ein primärer Bedarf für die erfolgreiche Umsetzung wurde die Bereitstellung von zentralen Diensten und Infrastruktur genannt. Hierzu zählen z.B. die zentrale (Meta-)Dateninfrastruktur, der Ausbau der Datenbanken/Repositorien hinsichtlich

genomischen Informationen sowie ein Angebot an Schulungen und Fortbildungen, beispielsweise in den Bereichen Artenkenntnis, Methodenkompetenz und Datenauswertung. Für die Umsetzung werden finanzielle Anreize benötigt. Kontinuität und Planungssicherheit müssen geschaffen werden, damit entsprechendes Personal (Artenkenner und Artenkennerinnen, Analysten und Analytinnen) ausgebildet und langfristig eingestellt werden kann. Das politische Momentum (geplante Maßnahme eines Bodenbiodiversitätsmonitorings im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz, das neue EU Soil Monitoring Law und die Einrichtung des Bodenmonitoringzentrums am Umweltbundesamt) sollte genutzt werden, um die Prozesse für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring schnell und pragmatisch umzusetzen.

Im Rahmen des Aktionsprogramms Natürlicher Klimaschutz (BMUV 2023) soll erstmals eine bundesweite Basiserhebung der Bodenbiodiversität für verschiedene Landnutzungsarten umgesetzt werden, mit dem Ziel bis 2026 lebensraumtypbezogene Referenzdaten für einen guten ökologischen Bodenzustand festzusetzen. Daraus sollen geeignete Klimaschutz- und -anpassungsmaßnahmen sowie quantifizierbare Indikatoren zur Erfolgs-, Wirksamkeits- und Effizienzkontrolle abgeleitet werden. Die Etablierung eines bundesweiten Messnetzes wird in enger Zusammenarbeit zwischen dem Umweltbundesamt, dem Bundesamt für Naturschutz, dem Monitoringzentrum, dem Julius-Kühn-Institut und dem Thünen-Institut, sowie dem im Aufbau befindlichen Nationalen Bodenmonitoringzentrum erfolgen. Mit der Neuauflage der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt werden erstmalig Zielvorgaben für den guten biologischen Zustand von Boden-Ökosystemen in einem verbindlichen Instrument zum Schutz der Biodiversität in Deutschland festgehalten. Die Evaluation der Zielerreichung soll hierfür mittels quantifizierbarer bodenbiologischer Indikatoren erfolgen.

Diese aktuellen politischen Rahmenbedingungen sind ein wichtiger Motor für den Aufbau eines bundesweit harmonisierten Bodenbiodiversitätsmonitorings. Am Monitoringzentrum werden die Leitplanken für eine erfolgreiche Etablierung entwickelt, indem Synergien geschaffen, bestehende Monitoringaktivitäten ausgebaut, innovative Methoden etabliert und eine länderübergreifende Vernetzung und Standardisierung angestrebt werden. Das Fachgremium möchte damit die Grundlage für die Evaluierung, den Erhalt und die Verbesserung gesunder Böden schaffen.

**Der Arbeitsstand des Fachgremiums und weiterführende Informationen werden regelmäßig auf der Webseite <https://www.monitoringzentrum.de/fachgremium-bodenbiodiversitaet> aktualisiert.** Zur besseren Nachvollziehbarkeit der Prozesse, Diskussionen und Entscheidungen sind die Protokolle der Fachgremiumssitzungen und der Überblick der bodenbiologischen Erfassungen (Status Quo) der Länder einsehbar sowie der Bericht der Fachtagung im Juni 2023.

## 9 Literaturverzeichnis

Bardgett R.D., van der Putten W.H. (2014): Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515(7528): 505-511. DOI: 10.1038/nature13855

BfN/Bundesamt für Naturschutz (2023): Einheitlicher Methodenleitfaden „Insektenmonitoring“. ([https://www.bfn.de/sites/default/files/2023-02/Methodenleitfaden\\_Insektenmonitoring\\_barrierefrei\\_2023.pdf](https://www.bfn.de/sites/default/files/2023-02/Methodenleitfaden_Insektenmonitoring_barrierefrei_2023.pdf))

BMUV/Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (2023): Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz. ([https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Naturschutz/aktionsprogramm\\_natuerlicher\\_klimaschutz\\_2023\\_bf.pdf](https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/aktionsprogramm_natuerlicher_klimaschutz_2023_bf.pdf))

Cameron E.K., Martins I.S. et al. (2019): Global mismatches in aboveground and belowground biodiversity. *Conservation Biology* 33(5): 1187-1192. DOI: 10.1111/cobi.13311

Deutscher Bundestag (2021): Grobkonzept für das nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität. Drucksache 19/26454, 28.01.2021. (<https://dserver.bundestag.de/btd/19/264/1926454.pdf>)

Eisenhauer N. (2024): Warum das Bodenleben für den Naturschutz so wichtig ist: Zusammenhänge von oberirdischer und unterirdischer Biodiversität – Einblicke aus 20 Jahren Forschung im Jena Experiment. *Natur und Landschaft* [Heftnr](#), [Seitenzahl](#), [DOI](#)

FAO, ITPS et al. (2020): State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, summary for policy makers. Rome, FAO. DOI: 10.4060/cb1929en

Guerra C.A., Berdugo M. et al. (2022): Global hotspots for soil nature conservation. *Nature* 610(7933): 693–698. DOI: 10.1038/s41586-022-05292-x

Kaufmann-Boll C., Niederschmidt S. et al. (2020): Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds. UBA-Texte 41/2020. (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimafolgen-bodenmonitoring-verbund>)

Montanarella L., Pennock D.J. et al. (2016): World's soils are under threat. *SOIL* 2(1): 79-82. DOI: 10.5194/soil-2-79-2016

Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität (Hrsg.) (2022): Eckpunktepapier zur Weiterentwicklung des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings durch das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“ ([https://www.monitoringzentrum.de/sites/default/files/2023-01/Eckpunktepapier\\_FG\\_Bodenmonitoring\\_GFG\\_barrrierefrei\\_3\\_0.pdf](https://www.monitoringzentrum.de/sites/default/files/2023-01/Eckpunktepapier_FG_Bodenmonitoring_GFG_barrrierefrei_3_0.pdf))

Orgiazzi A., Ballabio C. et al. (2018): LUCAS Soil, the largest expandable soil dataset for Europe: a review. *European Journal of Soil Science* 69(1): 140-153. DOI: 10.1111/ejss.12499

Römbke J., Jänsch S. et al. (2012): Erfassung und Analyse des Bodenzustands im Hinblick auf die Umsetzung und Weiterentwicklung der Nationalen Biodiversitätsstrategie. UBA-Texte 33/2012 (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erfassung-analyse-des-bodenzustands-im-hinblick-auf>)

Smith L.C., Orgiazzi A. et al. (2021): Large-scale drivers of relationships between soil microbial properties and organic carbon across Europe. *Global Ecology and Biogeography* 30(10): 2070-2082. DOI: 10.1111/geb.13371

UBA/Umweltbundesamt (2015): Bodenzustand in Deutschland zum "Internationalen Jahr des Bodens" ([www.umweltbundesamt.de/publikationen/bodenzustand-in-deutschland](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bodenzustand-in-deutschland))

Vogel H.-J., Eberhardt E. et al. (2019): Quantitative Evaluation of Soil Functions: Potential and State. *Frontiers in Environmental Science* 7(164), DOI: 10.3389/fenvs.2019.00164

Zeiss R. (2024): Ist Bodenschutz gleichzeitig Naturschutz? Welche Rolle können Schutzgebiete spielen? *Natur und Landschaft* [Heftnr](#), [Seitenzahl](#), [DOI](#)