



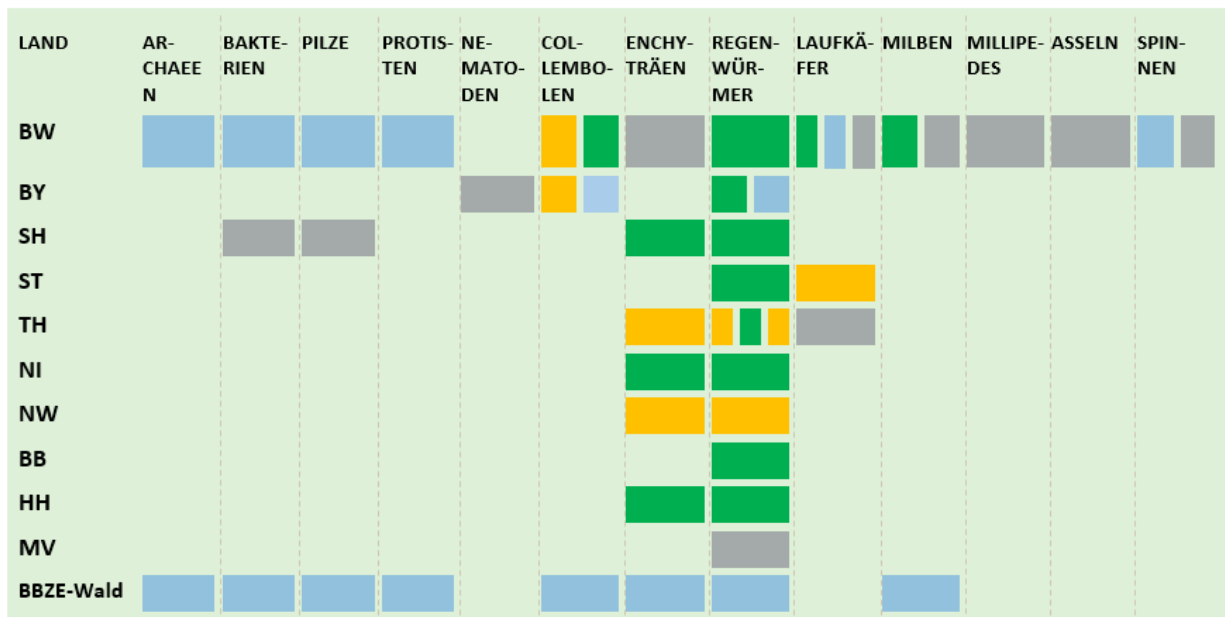
Erfassung von Bodenbiodiversität auf Länderebene

(Stand Januar 2024)

Dieses Dokument stellt ein Arbeitsdokument des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und ihrer Funktionen“ am Nationalen Monitoringzentrum zur Biodiversität dar und soll einen Überblick der bodenbiologischen Erfassungen auf Länderebene geben. Es bezieht neben laufenden Monitoringaktivitäten auch abgeschlossene und in Planung befindliche Programme ein. Ergänzende Informationen können an monitoringzentrum@bfn.de übermittelt werden.

Die Bundesländer erfassen Bodenlebewesen und deren Funktionen unterschiedlich intensiv (Tabelle 1 und Tabelle 2). Im Folgenden werden die Länderprogramme kurz vorgestellt.

Tabelle 1: Tabellarische Übersicht zu laufenden und eingestellten Programmen der Erfassung von Bodenbiodiversität auf Länderebene



■ laufende Erhebungen, ■ geplante Erhebungen, ■ eingestellte wiederholte Erhebungen, ■ einmalige Erhebung, Mehrfacheintragen ergeben sich bei unterschiedlichen Erfassungsaktivitäten mehrerer Fachbehörden in einem Bundesland.

BW – Baden-Württemberg, BY – Bayern, SH – Schleswig-Holstein, ST – Sachsen-Anhalt, TH – Thüringen, NI – Niedersachsen, NW – Nordrhein-Westfalen, BB – Brandenburg, HH – Hamburg, MV – Mecklenburg-Vorpommern, BBZE-Wald – Biologische Bodenzustandserhebung im Wald (bundesweit)



Tabelle 2: Tabellarische Übersicht zu laufenden und eingestellten Programmen der Erfassung von Bodenfunktionen auf Länderebene

LAND	BODEN-AT-MUNG	MIKROBI-ELLE BIO-MASSE	ENZYMAK-TIVITÄTEN	NÄHR-STOFF-KREISLÄUFE	STREUAB-BAU	BIOMASSE ARTHROPO-DEN	BIOMASSE REGEN-WÜRMER
BW	■	■	■	■	■	■	■
BY		■					■
SH	■	■	■				■
ST	■	■	■	■			■
TH	■	■	■	■			■
NI	■	■					■
NW	■	■	■				■
BB	■	■					■
HH	■						■
MV	■	■					■
NWFVA	■	■		■	■		
RP				■			
SN	■	■	■	■	■		
BBZE-Wald							■

■ laufende Erhebungen, ■ geplante Erhebungen, ■ eingestellte wiederholte Erhebungen, ■ einmalige Erhebung
 BW – Baden-Württemberg, BY – Bayern, SH – Schleswig-Holstein, ST – Sachsen-Anhalt, TH – Thüringen, NI – Niedersachsen, NW – Nordrhein-Westfalen, BB – Brandenburg, HH – Hamburg, MV – Mecklenburg-Vorpommern, NWFVA – Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (BDF Waldstandorte in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein), RP – Rheinland-Pfalz, SN – Sachsen, BBZE-Wald – Biologische Bodenzustandserhebung im Wald (bundesweit)

Einige Bundesländer erheben keine bodenbiologischen Daten (Berlin – Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt schriftlich; Bremen – Senat für Umwelt, Klima und Wissenschaft; Hessen – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie; Saarland – Landesamt für Umwelt und Arbeitsschutz und Zentrum für Biodokumentation) oder veröffentlichen hierzu Berichte.

Baden-Württemberg (BW)

Im Biomessnetz der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württembergs (LUBW) wird seit 2011 die Biomasse und Abundanz von Regenwürmern auf Waldmessstandorten erfasst und fließt als Indikator in den jährlichen Monitoringbericht zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg ein [1]. Im Zeitraum von 1986–2011 wurden an Waldmessstandorten die Diversität und Abundanz von Springschwänzen erfasst und die resultierenden ökologischen Zeigerwerte der Arten für Temperatur, Säure- und Nährstoffzustand der Böden ausgewertet. In diesem Zeitraum wurde ebenfalls mit Hilfe der Regenwurmart *Lumbricus rubellus* die Toxizität aktueller Schwermetallgehalte im Boden bewertet [2]. 1997–1999 fand beauftragt durch die LUBW eine bodenökologische Inventur der Hornmilben,



Raubmilben, Asseln, Laufkäfer, Hundertfüßer, Tausendfüßer, Enchyträen und Regenwürmer an 11 Waldstandorten statt sowie die Ermittlung des Streuabbaus [3]. Bis 1999 wurden auf den Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) Erhebungen der Basalatmung und der mikrobiellen Biomasse durchgeführt. Im BDF-Programm Baden-Württembergs werden seit 2011 an einer einzigen Intensiv-Messstelle Basalatmung, Art und Abundanz von *Collembolen* und *Lumbriciden* zeitlich hochaufgelöst, jährlich im Frühjahr und Herbst, bestimmt. Von diesem Standort wurden auch Proben für ein UBA-Projekt zur Entwicklung genetischer Verfahren entnommen (LUBW schriftlich).

Es gibt derzeit umfangreiche Konzeptions- und Pilotvorhaben mit dem Ziel, weitere langfristige Monitoringprogramme der Bodenbiodiversität in Baden-Württemberg zu etablieren. Gefördert werden diese mit Mitteln des Sonderprogramms zur Stärkung der biologischen Vielfalt (SPbioIV) in BW, der Waldstrategie BW und dem Waldklimafond. Teilweise konnten diese Programme inzwischen auch über den regulären Haushalt verstetigt werden:

- Insektenmonitoring im Offenland der Normallandschaft, Insektenmonitoring im Wald (SPbioIV, Waldstrategie BW)
- Biodiversität von Waldböden (SPbioIV, Waldstrategie BW)
- Waldbodenmikrobiom (Waldklimafond).

Die LUBW (Referat 25 Artenschutz, Landschaftsplanung) betreibt seit 2018 ein landesweites Insektenmonitoring im Offenland der Normallandschaft. Als Flächenkulisse dienen die bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen (SPF). Diese wurden im Jahr 2004 durch den Dachverband Deutscher Avifaunisten, das Statistische Bundesamt und das Bundesamt für Naturschutz (BfN) ausgewiesen und liegen auch dem bundesweiten Insektenmonitoring zugrunde. Auf Baden-Württemberg entfallen – inklusive des Erweiterungsprogramms auf Landesebene – insgesamt 400 SPF, von denen 80 Ackerland und 81 Grünland repräsentieren. Diese 161 Flächen decken den Großteil des Offenlands der sogenannten „Normallandschaft“ ab und bilden das Stichprobensystem für das landesweite Insektenmonitoring. Zusätzlich werden für Vergleichszwecke mit der geschützten Landschaft 40 Naturschutzgebiete untersucht. Das Insektenmonitoring der LUBW umfasst die folgenden sechs Bausteine: Tagfalter & Widderchen, Heuschrecken, Laufkäfer, Nachtfalter, Biomasse Boden (Biomasse von Boden-Arthropoden) und Biomasse Luft (Biomasse flugaktiver Insekten), (LUBW schriftlich).

Als Indikatoren auf Ebene der Biotope werden auf 80 repräsentativen Acker-SPF Laufkäfer und die Biomasse Boden erfasst, während auf den Grünland-SPF Heuschrecken kartiert werden [4]. Somit decken die beiden erstgenannten Bausteine im Rahmen des Insektenmonitorings die Bodenbiodiversität von Äckern der wesentlichen Naturräume, Bodenarten und Höhenlagen im Land ab. In jedem Jahr werden 40 SPF beprobt. Da die Erfassungen jährlich auf 20 SPF aus dem Vorjahr wiederholt werden, beträgt die Erfassungsfrequenz vier Jahre. Die Erfassung der Laufaktivität der epigäischen Arthropoden wird je SPF auf einem ausgewählten Ackerschlag nach den Standards des BfN-Methodenleitfadens durchgeführt [5, 6]. Die Probenauswertung erfolgt für vier Fraktionen: Laufkäfer (*Coleoptera: Carabidae*), Kurzflügelkäfer (*Coleoptera: Staphylinidae*), Webspinnen (*Arachnida: Araneae*) und restliche Gliederfüßer (*Arthropoda*). Für die ersten drei Gruppen werden die Individuenzahlen ermittelt, die Biomasse wird für alle Fraktionen gewogen. Anschließend werden die Laufkäfer morphologisch bis auf Artniveau bestimmt.



Die Archivierung der Proben übernimmt das Staatliche Museum für Naturkunde Karlsruhe. Dort werden die Spinnen außerhalb des Rahmens des Insektenmonitorings weiter ausgewertet. Der Einsatz von Verfahren des Metabarcodings befindet sich in Planung [5, 6], (LUBW schriftlich).

Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA-BW) führt derzeit auf 129 Waldflächen ein Projekt durch (2018–2022), um die Grundlagen für ein Monitoring der Bodenfauna in Waldböden entlang verschiedener Umwelt- und Bewirtschaftungsgradienten zu entwickeln [7]. Es werden Springschwänze, Hornmilben, Regenwürmer und Laufkäfer und in geringerem Umfang weitere bodenlebenden Arthropoden erfasst. Während in der Pilotphase sämtliche Untersuchungsflächen an andere forstliche Monitoringprogramme wie die Bodenzustandserhebung (BZE), dem Intensiven Forstlichen Umweltmonitoring (Level II) oder Langzeitversuchsflächen der FVA-BW angeschlossen wurden, wird mittlerweile an einer konzeptionellen Zusammenlegung der FVA-Biodiversitätsprojekte gearbeitet. Flächenauswahl, zu berücksichtigende Umwelt-/Bewirtschaftungsparameter sowie Aufnahmemethoden werden eng mit dem Waldinsektenmonitoring und dem Fledermausmonitoring im Land abgestimmt. Das Monitoring von Biodiversität mit Tools aus der Fernerkundung (MoBiTools) liefert hierbei Informationen über biodiversitätsrelevante Waldstrukturen auf Bestandes- und Landschaftsebene, die über Luftbild- und Satellitendaten gewonnen werden. Grundlage bildet das vom BfN für das Insektenmonitoring im Wald vorgeschlagene Flächennetz (79 SPF), welches um Sonderstandorte wie Auenwälder (5 SPF), Moorwälder (5 SPF), trockene und feuchte Eichenwälder (10 SPF) sowie unter Prozessschutz stehende Wälder (35 SPF) ergänzt wird. Erste gemeinsame Erhebungen sind für 2024 angesetzt. Aktuell laufen im Land Bestrebungen, diese Monitoringprogramme zu verstetigen.

Ebenso ist die FVA-BW an einem Projekt zur „Relevanz des Waldbodenmikrobioms (WBMB) für Nährstoffkreisläufe und Einflüsse von Baumart und Klima“ beteiligt (2021–2024), aus dem sich Ansätze für die Berücksichtigung der mikrobiellen Eigenschaften im Waldmonitoring ergeben können. Das Projekt wird in 3 Regionen an 4 Baumarten (Unterstichprobe des Bodenfauna-Messnetzes) durchgeführt und Archaeen, Pilze, Bakterien und Protisten untersucht. Es kommen moderne DNA- (Metagenomanalyse) und RNA-basierte (Metatranskriptomanalyse) Methoden zum Einsatz, die nicht nur Artenvielfalt, sondern auch das funktionelle Potential sowie quantitative Analysen ausgewählter Gene der Stoffkreisläufe umfassen [8, 9, 10, persönliche Kommunikation Frau Puhmann, FVA-BW].

Bayern (BY)

Im Boden-Dauerbeobachtungsprogramm der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) erfolgen seit 1985 Bestandserhebungen zu Regenwürmern, die als aggregierende, praxisnahe Indikatoren für Agrarökosysteme eine wichtige Rolle spielen [11, 12]. In das BDF-Programm eingebunden sind 80 konstant als Acker genutzte BDF, 18 durchgehend als Grünland genutzte BDF sowie 12 BDF, die im Untersuchungszeitraum einen Nutzungswechsel zwischen Acker und Grünland erfuhren und 3 Wein-, 3 Hopfen- und 1 Obstanbaufläche. Über eine Laufzeit von 35 Jahre wurden alle Flächen mindestens viermal beprobt. Seit 2021 erfolgt zudem auf zwei Grünlandflächen eine jährliche Bestandsaufnahme des Regenwurmbestandes, um jährliche Populationschwankungen von langfristigen Trends zu differenzieren. Die Messung von mikrobieller Biomasse wurde aufgrund einer hohen Variation bei kurzfristigen Einflüssen aus dem bayerischen BDF-Programm genommen.



Die Erhebungen der Nematoden in Bayern in den Jahren 1992/93 beschränkten sich auf drei pflanzenschädigende Nematodenarten (Rübenzystenälchen, Kartoffelzystenälchen, Getreidezystenälchen), die auf 20 ausgewählten BDF, die einen relativ hohen Anteil von Zuckerrübe und Kartoffel in der Fruchtfolge aufwiesen, erfolgten (LfL schriftlich).

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) führt seit 2010 an vier ausgewählten Bodendauerbeobachtungs-Standorten in Bayern ergänzend zu den üblichen Bodenproben auch Bestandserhebungen zu Regenwürmern durch. Erfasst wird sowohl ihre Abundanz, als auch ihre Biomasse und die Artenvielfalt im jeweils 3-jährigen Turnus. Ausgewählt wurden für den Naturschutz bedeutsame Lebensräume bzw. Standorte, darunter 2 Hutungen, eine Wiese auf Übergangsmoor über Niedermoor, ein Auwald sowie zwei Standorte im Alpenraum [13], (LfU schriftlich).

Von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forsten (LWF) wurden 1996 beziehungsweise 1997 auf 5 Wald-Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern bodenzoologische Ersterhebungen zu Regenwürmern und Springschwänze durchgeführt [14]. Diese umfassen 2 Nadelmischwälder (ein Kiefern-Fichten-Tannen Wald und ein Fichten-Kiefern Wald), zwei ältere Laubmischwälder (ein Schwarzerle-Eschen-Bergahorn Wald und ein Buchen-Eichen Wald) sowie ein Nadel-Laubwaldbestand mit Fichten, Kiefern und Buchen. In einem aktuell laufenden Projekt der LWF werden auf diesen 5 Standorten die Bestandserhebungen für beide Artengruppen wiederholt. Zudem ist geplant das Untersuchungsprogramm auf weitere Wald-BDF auszudehnen, (LWF schriftlich).

Schleswig-Holstein (SH)

Das Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein (LfU), vormals Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) beauftragt das Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH Hamburg (IFAB) für die Durchführung der bodenzoologischen Grundinventur [15]. Seit 1992 werden in Schleswig-Holstein alle sechs Jahre Abundanz, Artenzahl, Artenzusammensetzung, Dominanz und Frequenz der *Enchyträen* und Regenwürmer auf 37 BDFs aufgenommen und daraus die Zersetzergesellschaft klassifiziert und mit Erwartungswerten der Standorte verglichen. Für Regenwürmer wird zudem die Biomasse erhoben [16]. Seit 1995 werden bodenmikrobiologische Untersuchungen durchgeführt, die seit 2010 das Institut für Bodenkunde an der Universität Hamburg alle 3 Jahre durchführt und die Umsetzungsaktivität des Bodens untersucht (mikrobielle Biomasse, Basalatmung, potentielle Stickstoffmineralisierung) [17, 18, 32].

Neben der regelmäßigen und langfristigen Erfassung von Bodenorganismen auf den BDFs wurde durch die Stiftung Schleswig-Holsteinische Landschaft von 2017–2020 das Projekt „Landesweite Untersuchung des Bodenmikrobioms landwirtschaftlicher Anbausysteme und deren Einfluss auf die pflanzliche Produktivität“ gefördert und durch die Christian-Albert-Universität zu Kiel ausgeführt. „Das Hauptziel des Projekts besteht vor allem darin, solche Schlüsselfaktoren, die das Bodenmikrobiom stark beeinflussen, aufzuschlüsseln und zugleich die Leitmikroorganismen im Boden, die sich auf Pflanzenentwicklung, -wachstum und Pflanzenschutz auswirken, als Marker zu identifizieren [...] Im Rahmen des Projekts werden Bodenmikrobiome landesweit in Schleswig-Holstein mit Hilfe der NGS-Genomsequenzierung untersucht und nach landwirtschaftlichen Anbausystemen und Bewirtschaftungsformen charakterisiert.“ [19]. Unter anderem soll das Projekt eine Übersichtskarte erstellen aus der das Bodenmikrobiom landesweit ersichtlich wird.



Derzeit wird ein neues 3-jähriges Forschungsprojekt auf den BDFs in Schleswig-Holstein implementiert, um Analysen zur Prognose des Bodenmikrobioms durchzuführen (persönliche Kommunikation Herr Cordsen). Projektnehmer ist ebenso das Institut für Bodenkunde an der Universität Hamburg.

Dem Ziel einer themenübergreifenden Datenauswertung wird zukünftig verstärkt Rechnung getragen [15]. Langfristig erhobene mikrobielle Parameter sollen zukünftig in Kombination mit weiteren Daten, zum Beispiel aus bodenzoologischen und vegetationskundlichen Untersuchungen, zu einem ganzheitlichen ökologischen Bewertungssystem integriert werden, um den ökologischen Zustand eines Standortes zu erfassen und einzuordnen und die Standorte entsprechend des vorsorgenden Bodenschutzes standortgerecht zu nutzen [20, 21].

Der Überblick zu den bodenbiologischen Erfassungen des Landes Schleswig-Holstein ist in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt Schleswig-Holstein (LFU) und dem Landesamt für Landwirtschaft und nachhaltige Landesentwicklung (LLNL) entstanden.

Sachsen-Anhalt (ST)

Durch das Landesamt für Umweltschutz (LAU) werden in Sachsen-Anhalt seit 1994 auf allen BDFs die Regenwurmpopulationen (*Lumbriciden*) in einem Turnus von 5–6 Jahren erfasst. Diese bodenzoologischen Untersuchungen dienen dem Ziel, mithilfe der Abundanz, dem Artenspektrum und der Dominanzstrukturen Rückschlüsse auf veränderte Umwelt- und Bewirtschaftungseinflüsse wie Immissionen, Pflanzenschutzmittel und Bodenbearbeitung auf Böden zu ziehen [22]. Ebenso seit 1994 werden in Intervallen von 3–5 Jahren mikrobiologischen Daten (Basalatmung und die mikrobielle Biomasse) erhoben, sodass pro Jahr durchschnittlich 20 BDFs beprobt werden. Für dieses Jahr ist die Messung von Enzymaktivitäten vom Landesamt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) zunächst in kleinerem Umfang geplant.

Von 1993–1997 wurde auf einer BDF auch die Anzahl und Diversität der Laufkäfer erfasst und von 2013–2017 wurden fünf BDF jährlich beprobt, beide Untersuchungen wurden jedoch aus Kostengründen wiedereingestellt [23], (LAU schriftlich).

Der Überblick zu den bodenbiologischen Erfassungen des Landes Sachsen-Anhalts ist in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umweltschutz (LAU), dem Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) und dem Landesamt für Landwirtschaft und Gartenbau (LLG) entstanden.

Thüringen (TH)

Das Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLLR, ehemals TLL) unterhält 14 BDF (10 Acker- und 4 Grünlandstandorte). Es erfasste von 1993–2013 alle zwei Jahre die Regenwurmgemeinschaften [25] sowie einmalig deren Schwermetallgehalte [24]. Die Regenwurmverkommen wurden anhand der Abundanz, Biomasse, Lebensform und Artidentität nach unterschiedlichen Bewertungsschemata und vordefinierten Erwartungswerten ausgewertet (beispielsweise Zersetzergemeinschaften, Abundanzklassen, Bodenlebensgemeinschaften und weitere) [24]. Ebenso wurden alle zwei Jahre (1993–2013) die Gesamtaktivitäten im Boden mittels Köderstreifen-Fresstests gemessen. Die Mikrobiologische Aktivität im Boden wird seit 1993 jährlich durch die mikrobiellen Kennzahlen mikrobielle Biomasse, Bodenatmung und Katalasezahl erhoben [25]. Neben der Bodendauerbeobachtung unterhält die TLLLR seit 2008 einen Bodenbearbeitungsversuch bei dem der Einfluss der Bodenbearbeitung und des Strohmanagements auf



verschiedene Parameter untersucht werden. Von 2009–2012 und wieder seit 2020 werden die Regenwurmabundanzen und -biomasse untersucht. Das TLLR gibt an, dass seit 2012 aufgrund fehlender personeller Kapazitäten selbst keine Berichte veröffentlicht werden konnten. Jedoch wurden im Jahr 2023 sämtliche bodenbiologische Daten zusammen mit den Bewirtschaftungs-, Nährstoff- und Schadstoffdaten des Bodens dem iDiv in Leipzig zur Auswertung zur Verfügung gestellt, (TLLR schriftlich).

Das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN, ehemals TLUG) betreibt 18 BDF. An allen Standorten wurden bereits in der dritten Wiederholung die Abundanz, Artenzahl und -zusammensetzung, -biomasse und -dominanz von *Lumbriciden* untersucht. Aus den gewonnenen Daten wurden qualitative und aggregierte Parameter wie: Lebensformtypen- und Strategietypen-Spektren, Zeigerwert-Spektren und mittlere Zeigerwerte, Zersetzergesellschaftstyp abgeleitet. 2010 wurde zusätzlich die Schwermetallbelastung der *Lumbriciden* ermittelt [35, 36, 37]. Im Rahmen der letzten Wiederholungsbeprobung (von 2013–2015) wurden parallel zu den *Lumbriciden* die *Enchyträen* bestimmt [38, 39]. Für die *Enchyträen* wurden ebenfalls Gesamtabundanz und -biomasse, Artenzahl, Abundanz, Dominanz und Frequenz der Arten sowie ihre Vertikalverteilung im Boden erfasst und identisch zu den *Lumbriciden* qualitative und aggregierte Parameter abgeleitet.

Die Mikrobiologische Aktivität der BDF-Böden wurde bis 2012 regelmäßig erhoben. Mittels substrat-induzierter Respiration nach DIN/ISO-14 240-1 wurden die Biomasse, Basalatmung sowie der metabolische Quotient erfasst. Die Untersuchungen der Bodenmikrobiologie sollen ab 2024 wiederaufgenommen werden. Das TLUBN hat die erhobene Bodenbiodiversitätsdaten bisher nicht in Berichtsform veröffentlicht. Die erhobenen Daten werden aber auf Anfrage zur Verfügung gestellt (Datenbank EDAPHOBASE der Senckenberg Gesellschaft), (TLUBN schriftlich).

2014 und 2017 wurden Untersuchungen der Laufkäfergemeinschaften von Naturwaldparzellen in zwei Naturschutzgebieten durch den Thüringer Landesforst in Auftrag gegeben und mit denen bewirtschafteter Waldparzellen verglichen [27].

Der Überblick zu den bodenbiologischen Erfassungen des Landes Thüringens ist in Zusammenarbeit mit dem Thüringer Forst, dem Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) und dem Thüringer Landesamt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum (TLLR) entstanden.

Niedersachsen (NI)

Das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie hat 2019 erstmalig bodenzoologische Untersuchungen der BDFs in Auftrag gegeben, umgesetzt durch die IFAB GmbH [34]. In 3-jährigem Rhythmus werden auf 21 BDFs (Gesamtzahl 90 BDFs) Regenwürmer und Kleinringelwürmer erfasst, wobei schwerpunktmäßig BDFs auf sandigen Ackerstandorten untersucht werden (persönliche Kommunikation Herrn Höper). Jährliche Erhebungen der mikrobiellen Basalatmung und Biomasse fanden im Zeitraum von 1991–2016 auf 70 BDFs statt und wurden aufgrund schlecht reproduzierbarer Ergebnisse eingestellt (Abfrage im Juli 2021 durch Herrn Cordsen, LLUR SH).



Nordrhein-Westfalen (NW)

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) hat zeitlich befristet von 1995–2013 bodenzoologische (IFAB GmbH, [15]) und zwischen 1995 und 2007 bodenmikrobielle Erhebungen auf den BDFs durchführen lassen. Es wurden unter anderem mikrobielle Biomasse, Basalatmung und Enzymaktivitäten erhoben. Die Bestandsaufnahme von Regenwürmern und Kleinringelwürmern erfolgte alle 5 Jahre bis zum Erreichen von zunächst 3 Wiederholungen je Fläche.“ [28, 29] Bodenbiologische Untersuchungen wurden grundsätzlich als eine sinnvolle Ergänzung zu den sonstigen Untersuchungen auf den BDF in NRW betrachtet [29].

Der Überblick zu den bodenbiologischen Erfassungen des Landes Nordrhein-Westfalens ist in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV) und dem Geologischen Dienst NRW entstanden.

Brandenburg (BB)

Das Landesamt für Umwelt (LfU) Brandenburg erhebt auf 32 BDFs Daten zu Regenwurmpopulationen (Biomasse, Individuenzahl, Artspektrum, Dominanz), welche als Bodenindikator in den Bericht zum Klimawandelmonitoring des Landes eingehen [30]. Die Untersuchungen der mikrobiellen Basalatmung und Biomasse [31] wurden hingegen eingestellt (Abfrage im Juli 2021 durch Herrn Cordsen, LLUR SH).

Der Überblick zu den bodenbiologischen Erfassungen des Landes Brandenburgs ist in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Umwelt (LfU) und der Zentrale des ökologischen Labors der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde entstanden.

Hamburg (HH)

In Hamburg werden alle 10 Jahre auf 3 BDFs die Abundanz und Biomasse der Regenwürmer, die Abundanz der *Enchyträen*, die mikrobielle Basalatmung und der mikrobielle Stickstoffgehalt ermittelt (Abfrage im Juli 2021 durch Herrn Cordsen, LLUR SH). Öffentliche Berichte hierzu liegen derzeit nicht vor.

Mecklenburg-Vorpommern (MV)

In Mecklenburg-Vorpommern wurde 1998 durch die Firma Agrar- und Umweltanalytik GmbH Jena auf BDFs die Abundanz der Regenwürmer ermittelt sowie die mikrobielle Basalatmung und Biomasse erhoben.

Der Überblick zu den bodenbiologischen Erfassungen des Landes Mecklenburg-Vorpommerns ist in Zusammenarbeit mit der Landesforstanstalt Mecklenburg-Vorpommern (LFoA) und dem Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) entstanden.

Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NWFVA)

Die NW-FVA erhebt im Bundesland Niedersachsen auf 22 Waldstandorten der BDFs im Zeitraum seit 1994 in ungefähr 10-jährigen Zeitabständen die mikrobielle Basalatmung und die mikrobielle Biomasse. Auf 19 Level II-Flächen (zum Teil identisch mit BDF) in Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein werden Nährstoffkreisläufe erfasst (NW-FVA schriftlich).



Außerdem erfolgten im Rahmen des Projekts TeaComposition einmalige Erhebungen zum Streuabbau, deren Daten auf der Internetseite des Projekts [40] verfügbar sind.

Es gibt zahlreiche Veröffentlichungen zur Bodenbiodiversität aus verschiedenen Erhebungen an Monitoringflächen der NW-FVA: [41–45].

Rheinland-Pfalz (RP)

In Rheinland-Pfalz sind bodenbiologischen Erhebungen nicht Gegenstand eines standardisierten Monitoringprogramms. Lediglich im Rahmen von Forschungsprojekten finden und fanden bodenbiologische Untersuchungen auf Flächen der Bodendauerbeobachtung statt. Die Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) kann die Nährstoffkreisläufe auf einem Großteil der BDF durch das Level II Programm des forstlichen Umweltmonitorings und durch Bodenuntersuchungen auf den BDF gut abdecken (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie und Mobilität [MKUEM] und FAWF schriftlich).

Sachsen (SN)

In Sachsen wurden im Rahmen der Bodendauerbeobachtung (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie) auf 6 BDF zwischen 1997 und 2008 jährlich die mikrobielle Biomasse, die Bodenatmung und die Dehydrogenase-Aktivität bestimmt [46]. In den Jahren 2013 und 2014 wurden diese drei Parameter an insgesamt 54 BDF erhoben (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie schriftlich).

Nährstoffkreisläufe werden permanent auf den Level II-Flächen von Sachsenforst untersucht. Im Gegensatz dazu wurden die Auswirkungen von Kalkung auf den Regenwurm und seine Biomasse auf Level II Flächen im Erzgebirge und Vogtland einmalig untersucht (Sachsenforst mündlich).

Biologische Bodenzustandserhebung im Wald (BBZE-Wald)

Der Staatsbetrieb Sachsenforst und die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt meldeten zurück, dass in Kooperation mit dem Thünen Institut für Waldökosysteme Erhebungen im Rahmen Biologische Bodenzustandserhebung im Wald (BBZE-Wald) durchgeführt werden, wobei das Thünen Institut die Projektleitung innehat [47]. Die Untersuchungen der BBZE finden bundesweit statt und umfassen 432 Level I- und 68 Level II-Flächen des forstlichen Umweltmonitorings. Dort sind in 2024 Erfassungen von Regenwürmern und Vertretern der Mesofauna (Springschwänze, Hornmilben, Enchyträen) (auf einer Unterstichprobe von 100 Flächen) sowie Mikroorganismen (Pilze, Bakterien, Archaeen und andere Einzeller) vorgesehen. Mögliche weitere Erhebungen werden nach den Auswertungen geplant (Thünen-Institut für Waldökosysteme schriftlich).



Literatur

- [1] **Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020).** Monitoringbericht 2020 zur Anpassungsstrategie an den Klimawandel in Baden-Württemberg
- [2] **LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2013).** Signale aus der Natur: Von der Biologischen zur Medienübergreifenden Umweltbeobachtung in Baden-Württemberg. <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638>
- [3] **Beck, L., Römbke, J., Paulus, R., Ruf, A.; Scheurig, M., Spelda, J., Woas; S. (2001).** Bodenfauna und Umwelt – Bodenökologische Inventur und Beurteilung von ausgewählten Standorten in Baden-Württemberg [Projektbericht – Abschlussbericht]. Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg. <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/15027>
- [4] **Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2021, 3. Dezember).** Indikatoren Laufkäfer und Biomasse-Boden. <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/natur-und-landschaft/indikatoren-laufkaefer-und-biomasse-boden>
- [5] **Oellers, J., Fürste, A., Hannig, K., Koslowski, S., Miller, S., Peeters, S., Theves, F. & Toschki, A. (2022).** Standardisierte Erfassung der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) und der Biomasse der Bodenarthropoden auf Ackerflächen – ein Beitrag aus dem landesweiten Insektenmonitoring in Baden-Württemberg. Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg, Band 81, 59 S. <https://pd.lubw.de/10364>
- [6] **Toschki, A., Hannig, K., Oellers, J. & Theves, F. (2024).** Erste Ergebnisse zu Laufkäfern und der Biomasse von Boden-Arthropoden aus dem landesweiten Insektenmonitoring Baden-Württembergs. Natur und Landschaft – Sonderband „Bodenleben“ (eingereicht).
- [7] **Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Bodenbiodiversität und ihre Bedeutung für das Ökosystem (2021, 8. Dezember).** <https://www.fva-bw.de/top-meta-navigation/fach-abteilungen/boden-umwelt/bodenfauna>
- [8] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021, 8. Dezember).** Waldklimafonds Projektdatenbank, Verbundvorhaben: Relevanz des Waldbodenmikrobioms (WBMB) für Nährstoffkreisläufe und Einflüsse von Baumart und Klima, Teilvorhaben 1. <https://www.waldklimafonds.de/index.php?id=13913&fkz=2218WK54A4>
- [9] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021, 8. Dezember).** Waldklimafonds Projektdatenbank, Verbundvorhaben: Relevanz des Waldbodenmikrobioms (WBMB) für Nährstoffkreisläufe und Einflüsse von Baumart und Klima, Teilvorhaben 2. <https://www.waldklimafonds.de/index.php?id=13913&fkz=2218WK54B4>
- [10] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2021, 8. Dezember).** Waldklimafonds Projektdatenbank, Verbundvorhaben: Relevanz des Waldbodenmikrobioms (WBMB) für Nährstoffkreisläufe und Einflüsse von Baumart und Klima, Teilvorhaben 3. <https://www.waldklimafonds.de/index.php?id=13913&fkz=2218WK54C4>
- [11] **Bayerisches Landesamt für Umwelt (2011).** Den Boden fest im Blick – 25 Jahre Bodendauerbeobachtung in Bayern, Gemeinsame Fachtagung des LfU und der Landesanstalten für Landwirtschaft (LfL) sowie für Wald und Forstwirtschaft (LWF) am 13.10.2011.
- [12] **Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2021, 8. Dezember).** Regenwürmer in bayerischen Ackerböden: Ihre Vielfalt und Leistungen nutzen. <https://www.lfl.bayern.de/iab/boden/100745/index.php>
- [13] **Bayerisches Landesamt für Umwelt.** Bodenbiologische Untersuchungen im Rahmen der Bodendauerbeobachtung. https://www.lfu.bayern.de/boden/bodendauerbeobachtung/bodenbiologische_untersuchungen/index.htm



- [14] Mellert, K.-H., Schöpke, K., Schubert, A. (1998). Bodenzologische Untersuchungen auf bayerischen Waldboden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) als Bestandteil eines vorsorgenden Bodenschutzes [Berichte ANL 22: 131–151].
- [15] IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH (2021, 8. Dezember). Bodenbiologische Untersuchungen auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen. <https://www.ifab-hamburg.de/>
- [16] IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH (2020). Bodenzologische Untersuchungen an 6 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Schleswig-Holstein im Jahr 2018.
- [17] Universität Hamburg, Institut für Bodenkunde (2019). Bodenmikrobiologische Untersuchungen an 12 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) in Schleswig-Holstein im Jahr 2019 (Wald- und vorwiegend extensive Grünland- und Sonderstandorte).
- [18] Universität Hamburg (2021, 8. Dezember). Bodenmikrobiologische Untersuchungen an Boden-Dauerbeobachtungsflächen. <https://www.geo.uni-hamburg.de/bodenkunde/arbeitsgruppen/ag-dynamik-bodenprozesse/projekte/bdf-sh-mikrobio-2021.html>
- [19] Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2018). Landesweite Untersuchung des Bodenmikrobioms landwirtschaftlicher Anbausysteme und deren Einfluss auf die pflanzliche Produktivität. <https://www.molecular-phytopathology.uni-kiel.de/de/current-research/plant-microbiome-interactions/landesweite-untersuchung-des-bodenmikrobioms-landwirtschaftlicher-anbausysteme-und-deren-einfluss-auf-die-pflanzliche-produktivitaet>
- [20] Woloszczyk, P. (2019). Integrierte Verfahren zur ökologischen Bewertung schleswig-holsteinischer Boden-Dauerbeobachtungsflächen unter besonderer Berücksichtigung mikrobiologischer Größen. Schriftenreihe Hamburger Bodenkundlicher Arbeiten, 146 S. <https://www.geo.uni-hamburg.de/bodenkunde/ueber-das-institut/hba.html#1934723>
- [21] Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (2020). Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein Boden – lebendig, unverzichtbar und stark unter Druck.
- [22] Neubert, E. (2015). Biologische Feldarbeiten auf Boden- Dauerbeobachtungsflächen – BDF in Sachsen-Anhalt - Erfassung der Regenwurmpopulation (Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt). Tagung Schwarzerde & Co. – Die Böden Sachsen-Anhalts unter Beobachtung, 25./26. November 2015. [Präsentationsfolien].
- [23] Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2000). Bodendauerbeobachtung im Land Sachsen-Anhalt (Heft 35).
- [24] Tischer, S. (2010). Lumbricidenuntersuchungen an Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Thüringen. [Abschlussbericht]. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft.
- [25] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2006). Bodendauerbeobachtung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen Monitoring zur Erfassung von Veränderungen wesentlicher Bodenfunktionen [Abschlussbericht].
- [26] Kaufmann-Boll, C., Niederschmidt, S., Kern, M. (2020). Bodendaten Deutschland. Umweltbundesamt. Texte 52/2020.
- [27] Wenzel, A., Stürtz, M., Weigel, A. (2017). Die Käferfauna (*Insecta: Coleoptera*) der Naturwaldparzelle „Vessertal“ und zweier bewirtschafteter Vergleichsflächen bei Vesser (Thüringen). Thüringenforst.
- [28] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (2021, 9. Dezember). Boden-Dauerbeobachtungs-Flächen. <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/bodenschutz-und-altlasten/bodenschutz/boden-dauerbeobachtungs-flaechen>
- [29] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (korrigierte Fassung 2015). Bodenbiologische Untersuchungen auf Bodendauerbeobachtungsflächen in Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1995–2007.



- [30] **Landesamt für Umwelt, Fachbeiträge (2018).** Klimawandelmonitoring im Land Brandenburg – Basisbericht (Heft 154).
- [31] **Landesamt für Umwelt Brandenburg (2021, 9. Dezember).** Bodendauerbeobachtung. <https://lfu.brandenburg.de/lfu/de/aufgaben/boden/bodenschutz/spezielle-bodenschutzthemen/bodendauerbeobachtung/>
- [32] **LLUR Schleswig-Holstein (2021).** Boden-Dauerbeobachtung in Schleswig-Holstein Bodenmikrobiologische Untersuchungsmethoden.
- [33] **Höper, H., Meesenburg, H. (Hrsg.) (2021).** 30 Jahre Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG). GeoBerichte 39, 272 S.
- [35] **Höser N. (2001).** Probenahme sowie anschließende bodenzoologische Bestimmung der Lumbriciden an 9 Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) unter Wald im Freistaat Thüringen [unveröffentl. Ergebnisbericht für die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG)].
- [36] **Tischer, S. (2010).** Lumbricidenuntersuchungen an Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Thüringen – Bericht 2010. [Ergebnisbericht TLUG Jena]. https://tlubn.thueringen.de/fileadmin/000_TLUBN/Geologie_und_Bergbau/Boden/abschlussbericht_lumbriciden_thueringen_2010.pdf
- [37] **Tischer, S. (2010).** Regenwürmer als Akkumulations-Indikatoren für Schwermetalle. Berichte der DBG. <http://eprints.dbges.de/499/>
- [38] **Graefe, U., Beylich, A., Egberts, B. (2012).** Bodenzoologische Untersuchungen (Lumbriciden und Enchyträen) auf Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Thüringen Untersuchungsjahr 2012. [unveröffentl. Ergebnisbericht]. TLUG Jena.
- [39] **Jänsch, S., Scheffczyk, A., Schmelz, R., Bauer, J., Graf, N., Waszak, K., Weisbrod, B., Römbke, J. (2016).** Bodenzoologische Beprobung, Bestimmung und Bewertung von Lumbriciden und Enchytraeen auf 12 Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Thüringen. [unveröffentl. Endbericht]. TLUG Jena.
- [40] **A global litter decomposition initiative 2021. (2024, 07. Februar).** TeaComposition. <https://www.teacomposition.org/>
- [41] **Djukic, I., Kepfer-Rojas, S., Kappel Schmidt, I. et al. (2018).** Early stage litter decomposition across biomes. *Sci. Total Environ.* 628-629, 1369-1394. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.012>.
- [42] **Van der Linde, S., Suz, L.M., Orme, C.D.L. et al. (2018).** Environment and host as large-scale controls of ectomycorrhizal fungi. *Nature* 558, 243–248. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0189-9>
- [43] **Kwon, T., Shibata, H., Kepfer-Rojas, S. et al. (2021).** Effects of climate and atmospheric nitrogen deposition on early to mid-term stage litter decomposition across biomes. *Frontiers in Forests and Global Change* 4: 678480. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.678480>
- [44] **Anthony, M.A., Crowther, T.W., van der Linde, S. et al. (2022).** Forest tree growth is linked to mycorrhizal fungal composition and function across Europe. *ISME J.* <https://doi.org/10.1038/s41396-021-01159-7>.
- [45] **Jänsch, S., Scheffczyk, A., Römbke, J. et al. (2023).** Bewertung der Biologischen Vielfalt mittels DNA-Extraktion aus Bodenproben von Dauerbeobachtungsflächen (BDF). *Texte 142/2023 Umweltbundesamt*, 374 S.
- [46] **Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen.** Bodenmikrobiologische Untersuchungen an landwirtschaftlich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen in Sachsen 1997–2007 (unveröffentl.)
- [47] **Thünen-Institut (2024, 7. Februar).** Biologische Bodenzustandserhebung deutscher Wälder. www.thuenen.de/de/fachinstitute/waldoekosysteme/projekte/bodenschutz-und-waldzustand/projekte-bodenzustandserhebung/entwicklung-einer-methodik-zur-stichprobengestuetzten-erfassung-ravesa-i-1