



Nationales
Monitoringzentrum
zur Biodiversität

TAGUNGSBERICHT

Fachtagung

„Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmo- nitoring“

Villa Ida, Leipzig, 05.06.– 06.06.2023



Nationales
Monitoringzentrum
zur Biodiversität

Impressum

Herausgeber

Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität
im Bundesamt für Naturschutz
Alte Messe 6
04103 Leipzig

E-Mail: monitoringzentrum@bfn.de
Internet: www.monitoringzentrum.de

Autor*innen:

Christina Lachmann, Astrid Bräuer, David Eichenberg, Marina Eschenbacher-Richter, Martin Ludwig, Ursula Nigmann, Diana Pfeiffer, Theresa Warnk, Lina Weiß, Helen Ballasus
Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität
Alte Messe 6
04103 Leipzig

Bildnachweis:

alle Fotos: Felix Schreiner/Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität im Bundesamt für Naturschutz

Zitiervorschlag:

Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität (2024): Tagungsbericht, Fachtagung: Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring am 05.06. bis 06.06.2023, Leipzig, Bundesamt für Naturschutz
Leipzig, 02/2024

Inhaltsverzeichnis

Impressum.....	2
Abkürzungsverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	4
1 Hintergrund.....	6
2 Ziele der Fachtagung.....	6
3 Eröffnung und Begrüßung	7
4 Plenarvorträge	8
5 Posterbeiträge	9
6 Vorstellung der Arbeiten des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“	10
7 Ergebnisse der World Cafés.....	11
7.1 Die Ziele des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings.....	11
7.2 Basismodule eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings	15
7.3 Basismodule eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings	16
7.4 Umsetzung des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings	19
7.5 Synergien in einem bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings.....	22
8 Resümee und Ausblick.....	25
9 Danksagung.....	27
Literaturverzeichnis.....	28
A Anhang.....	29
A.1 Tagesordnung der Fachtagung „Ziele des bundesweiten Biodiversitätsmonitorings.....	29
A.2 Zusammenfassung der Vorträge	31
A.3 Rechercheprojekt	35

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ANK	Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz
BfN	Bundesamt für Naturschutz
Monitoringzentrum	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Eröffnung der Fachtagung	7
Abb. 2:	Einflussfaktorenset für Bodenbiologie aus dem Forschungsvorhaben „Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbands“ (UBA) (Kaufmann-Boll et al. 2022)	17
Abb. 3	Status Quo des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings und Anforderungen an das zukünftige Monitoring der Bodenbiodiversität.	22
Abb. 4:	Tagungsprogramm Tag 1	29
Abb. 5:	Tagungsprogramm Tag 2	30

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vorträge auf der Fachtagung „Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring“	8
Tab. 2:	Posterbeiträge der Teilnehmenden	9
Tab. 3:	Übersicht der vorläufigen 11 Zielformulierungen zum bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring.	12

Zusammenfassung

Eckdaten	
Ort	Mediencampus Villa Ida, Leipzig https://www.mediencampus-villa-ida.de/de/
Zeit	Mo, 05. – Di, 06. Juni 2023, Lunch-to-Lunch
Format	Plenarvorträge mit anschließender Diskussion, Poster-Session, Fachsessions: World-Cafés
Teilnehmende	55 Teilnehmende (VertreterInnen bestehender bzw. geplanter Bodenmonitoring-Programme und relevanter Landesfachbehörden, Akteure aus dem Bereich Forschung/Bildung, Mitglieder des Grundsatzfachgremiums)
Begleitprogramm	Virtual Reality Erlebnis „Abenteuer Bodenleben“ https://vr-bodenleben.senckenberg.de/vr-anwendung/

Die Tagung wurde vom Team des Nationalen Monitoringzentrums zur Biodiversität und den Mitgliedern des dort angesiedelten Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ veranstaltet. Sie diente den Teilnehmenden als Plattform, sich über die Bedeutung des Monitorings der Bodenbiodiversität und dessen aktuellen Stand einschließlich der sich in Überarbeitung befindlichen politischen Rahmenbedingungen zu informieren. Darüber hinaus wurden bestehende Monitoringansätze und -ergebnisse in einer Postersession präsentiert. Die bisherigen Arbeiten des Fachgremiums wurden den Teilnehmenden vor- und in verschiedenen Fachsessions zur Diskussion gestellt. Im Rahmen von World Cafe's haben die Teilnehmenden ihre Expertise für die Ausgestaltung des zukünftigen bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings eingebracht.

Die Teilnehmenden befürworten die Etablierung eines bundesweiten Bodenbiodiversitäts-Monitorings und erkennen die Relevanz und den Anwendungsbezug von Monitoringergebnissen an. Allerdings sind die Bedenken bezüglich der infrastrukturellen, personellen und finanziellen Defizite aus den Blickwinkeln verschiedener Akteursgruppen und die mit der Vielzahl der Baustellen verbundenen Herausforderungen sehr präsent. Durch die aktuell hoch aufgehängte politische Beachtung des Themas Bodenbiodiversität (Aktionsplan Natürlicher Klimaschutz, EU Soil Missions, Soil Monitoring Law) werden dennoch gute Chancen gesehen, das Bodenbiodiversitätsmonitoring auf Bundesebene auszurollen.

Die Ergebnisse der Fachtagung finden Berücksichtigung in der weiteren Fachgremienarbeit sowie in der Konzeptentwicklung für ein bundesweit harmonisiertes Bodenbiodiversitätsmonitoring.

1 Hintergrund

Kontext: Böden sichern die menschliche Ernährungsgrundlage, regulieren über ihre Kohlenstoffspeicherung das Klima, reinigen Wasser, ermöglichen Stoffkreisläufe und sind Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen. Die Funktionalität der Böden wird dabei maßgeblich über die Aktivität der Bodenorganismen realisiert. Durch intensive Nutzung, zunehmende Flächenversiegelung, Nutzungskonversionen, Schadstoffeinträge sowie durch den Klimawandel bedingte Veränderungen sind Böden heute im Wandel und hinsichtlich ihrer strukturellen und chemisch-physikalischen Qualität sowie Funktionen stark gefährdet. Infolge dessen gehen in gestörten Böden zunehmend Lebensräume für Bodenorganismen verloren. Ein bundesweites, standardisiertes Monitoring von Bodenorganismen und Bodenfunktionen soll den Zustand und Veränderungen der Bodenbiodiversität und deren Dynamik dokumentieren. Bisher existieren keine repräsentativen, systematischen, langfristig angelegten Monitoringaktivitäten der Bodenorganismen und deren Ökosystemleistungen auf Bundesebene. Damit ist eine Bewertung des Zustands und der Veränderung der Bodenbiodiversität auf Bundesebene derzeit nicht möglich.

Das Thema Bodenbiodiversität am Monitoringzentrum: Zentrale Aufgabe des Nationalen Monitoringzentrums zur Biodiversität ist es, Stakeholder und Akteure im Biodiversitätsmonitoring zu vernetzen und mit ihnen gemeinsam das bundesweite Biodiversitätsmonitoring weiterzuentwickeln. Hierfür wird auf bestehende Monitoringprogramme aufgebaut. Es wird eine systematische Abstimmung der etablierten und in Entwicklung befindlichen Monitoringprogramme zur Verbesserung bundesweiter Aussagen zum Zustand und Trend der Biodiversität angestrebt. Ziel ist, unter Nutzung von Synergien ein modular aufgebautes und effizientes bundesweites Biodiversitätsmonitoring zu schaffen. Dies erfordert, Praxis und Forschung zusammenzubringen, Methoden weiterzuentwickeln sowie umfassende Informationen zum Biodiversitätsmonitoring bereitzustellen.

Bereits zur Eröffnung des Monitoringzentrums 2021 wurde die Bodenbiodiversität als ein Schwerpunktthema benannt und noch im gleichen Jahr das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“ einberufen. 18 Mitglieder mit breiter Expertise der Bodenzologie und Bodenmikrobiologie aus der Monitoringpraxis, der Wissenschaft sowie Landesfach- und Bundesbehörden erarbeiten Grundlagen für ein bundesweit harmonisiertes Bodenbiodiversitätsmonitoring und Vorschläge für die Etablierung bundesweiter Basis-Monitoringmodule.

2 Ziele der Fachtagung

Die Ziele der Fachtagung waren:

- Die Vermittlung der Bedeutung der Bodenbiodiversität und dessen Monitoring,
- Über den Status Quo des Bodenbiodiversitätsmonitorings in Deutschland zusammenfassend zu informieren und darauf aufbauend Schnittmengen, Vernetzungsmöglichkeiten und mögliche Zusammenarbeit aufzuzeigen,
- Die Arbeit des Fachgremiums transparent darzulegen als Grundlage für die weitere Zusammenarbeit (unter anderem Diskussion der grundsätzlichen Idee der Basis-Monitoringmodule der Bodenbiodiversität),

- Die Vorstellung und Diskussion der Anforderungen und Zielstellungen an ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring, Akteure aktiv in den Prozess der Konzeptentwicklung einbinden
- Die Begleitdaten und Einflussgrößen auf Bodenbiodiversität zu thematisieren
- Einen Austausch mit/zwischen den Monitoringakteuren zu ermöglichen und weitere Vernetzungstreffen zu initiieren.

Die Zielerreichung wurde im Nachgang der Tagung durch einen Feedback-Bogen evaluiert. Die Veranstaltung ist Ausgangspunkt für die Initiierung weiterer Vernetzungstreffen, deren thematische Schwerpunkte auf der Fachtagung erarbeitet wurden. Die Details des Tagungsprogramms sind in Anhang A.1 hinterlegt.

3 Eröffnung und Begrüßung



Abb. 1: Eröffnung der Fachtagung

Die Interim-Leiterin des Monitoringzentrums und Vorsitzende des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ Dr. Christina Lachmann eröffnete als Gastgeberin die Fachtagung. Die Teilnehmenden erhielten Informationen zu Aufgabenbereichen, Arbeitsweise und gremienbasierter Struktur des Monitoringzentrums. Der Auftrag zur Erstellung eines übergreifenden Gesamtkonzeptes für ein bundesweites Biodiversitätsmonitoring und aktuelle Prozesse für die Umsetzung wurden vorgestellt (weitere Informationen zum Monitoringzentrum: <https://www.monitoringzentrum.de/thema/zentrum>).

Betont wurde hierbei, dass das Gesamtkonzept gemeinsam mit den Monitoringakteuren aufbauend auf vorhandenen Prozessen und Expertise entwickelt werden soll. Frau Lachmann

informierte über die Entwicklung der Informations- und Vernetzungsplattform des Monitoringzentrum und die Unterstützungsmöglichkeiten im Monitoring. Dazu zählen neben der Möglichkeit der Kofinanzierung von Monitoringprogrammen, die Weiterentwicklung von Methoden und die Bereitstellung von Informationen. Die Zusammensetzung und die Zielstellungen des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ wurden präsentiert und die Ziele für die Fachveranstaltung dargelegt (Informationen zum Fachgremium: <https://www.monitoringzentrum.de/fachgremium-bodenbiodiversitaet>).

4 Plenarvorträge

Tab. 1: Vorträge auf der Fachtagung „Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring“

Thema	Institution	Referenten
Bodenleben: Biodiversität, Bedeutung, Bedrohung, Bewirtschaftung und Bewertung	Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv)	Prof. Dr. Nico Eisenhauer
Transfer von Bodenbiodiversitätsthemen in die Gesellschaft	Senckenbergmuseum für Naturkunde Görlitz	Prof. Dr. Willi Xylander
Politisch/rechtlicher Hintergrund des Bodenmonitorings in Deutschland und der EU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)	Dr. Ingo Böttcher & Padia Lariu
Ein Boden-Deal für Europa: Die Boden-Mission der EU	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)	Dr. David Butler Manning
Kernpunkte für ein integriertes Monitoring von Boden-Biodiversität	RWTH Aachen University, Forschungsinstitut gaiac	Prof. Dr. Martina Roß-Nickoll, Dr. Andreas Toschki
Erfolgreiche 35 Jahre Regenwurmmonitoring auf landwirtschaftlich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern – Was lässt sich daraus ableiten?	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)	Roswitha Walter
Nationales Monitoring von Bodenmikroben im Agrarland – Was geht und was macht Sinn?	Thünen Institut für Biodiversität	Prof. Dr. Christoph Tebbe
Vorstellung des Rechercheprojektes "Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxistauglichkeit"	Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie	Dr. Markus Simon

Zusammenfassungen der inhaltlichen Schwerpunkte der Vorträge sind in Anhang A 2 zu finden. Die Präsentationen können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. Bitte kontaktieren Sie dafür das Team des Monitoringzentrums unter: monitoringzentrum@bfn.de.

5 Posterbeiträge

Tab. 2: Posterbeiträge der Teilnehmenden

Postertitel	Institution	Autoren
Erfassung von Bodenmikrobiomen für ein nationales Agrar-Monitoring	Thünen Institut für Biodiversität	Prof. Dr. Christoph Tebbe
Erfassung der chemischen Belastung von landwirtschaftlichen Böden in Deutschland	Umweltbundesamt	Pia Kotschik
Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie	Dr. Heinrich Höper
Erste Ergebnisse bodenzoologischer Untersuchungen der niedersächsischen Bodendauerbeobachtung	IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH	Dr. Anneke Beylich
Datenbasierte Referenzwerte für Bodenbiodiversitätsmonitoring	Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz	Dr. David Russell
Edaphobase: Data Warehouse für Bodenbiodiversität	Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz	Dr. David Russell
Moorbodenmonitoring: Updated Map of organic soils	Thünen Institut für Agrarklimaschutz	Dr. Stefan Frank
Die Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald: Hintergrund, Ziele und Methodik	Thünen Institut für Waldökosysteme	Dr. Erik Grüneberg
Die Rolle des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe als Landesbiodiversitätsrepositorium in Baden-Württemberg	Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe	Dr. Hubert Höfer
Das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität	Dr. Christina Lachmann
Einblick in bisherige Ausarbeitungen des Fachgremiums	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität	Dr. Christina Lachmann
Ist-Analyse bestehender/geplanter Monitoringaktivitäten	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität	Dr. Christina Lachmann
Rechercheprojekt „Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxistauglichkeit“	Nationales Monitoringzentrum zur Biodiversität	Dr. Christina Lachmann

Die Posterbeiträge können auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden. Bitte kontaktieren Sie dafür das Team des Monitoringzentrums unter: monitoringzentrum@bfm.de.

6 Vorstellung der Arbeiten des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“

Die Vorsitzende des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ Dr. Christina Lachmann stellte die Arbeiten des Fachgremiums vor. Die präsentierten Inhalte dienten unter anderem als Grundlage für die anschließenden Diskussionen in den World Cafés. Das Fachgremium erarbeitet grundlegende fachliche Inhalte und Empfehlungen für eine kurz- bis mittelfristige Umsetzung von bundesweiten Modulen im Bodenbiodiversitätsmonitoring unter besonderer Berücksichtigung vorhandener Monitoringprogramme und Synergiepotenziale und stellt die Grundlagen zur weiteren umfassenden Konzeptionierung bereit.

Ein wichtiger Meilenstein der Fachgremienarbeit ist die Erstellung einer Ist-Analyse bestehender und in Entwicklung befindlicher Monitoringprogramme zur Bodenbiodiversität auf Länderebene und Bodenmonitoringprogramme auf Bundes- beziehungsweise europäischer Ebene. Fazit der Analyse ist, dass bisher keine repräsentativen, systematischen, langfristig angelegten Monitoringaktivitäten der Bodenorganismen und deren Ökosystemleistungen auf Bundesebene existieren. Darüber hinaus ist die Vergleichbarkeit der bisher erhobenen Daten zur Bodenbiodiversität eingeschränkt. Daher ist eine Bewertung des Zustands und der Veränderung der Bodenbiodiversität auf Bundesebene nicht möglich. Die Ableitung von zielführenden Maßnahmen zum Schutz des Lebensraumes Boden inklusive seiner Bodenbiodiversität und -funktionen auf Bundesebene ist demnach nur bedingt möglich. Das im September 2022 verabschiedete Eckpunktepapier des Fachgremiums liefert einen Überblick über den Status Quo des Bodenbiodiversitätsmonitorings und den Aufgaben und Zielen des Fachgremiums: (https://www.monitoringzentrum.de/sites/default/files/2023-04/NMZB_Eckpunktepapier_Bodenmonitoring_2023.pdf).

Das Fachgremium hat sich auf folgende Definition der Bodenbiodiversität als Grundlage für die gemeinsame Arbeit verständigt:

„Bodenbiodiversität ist die strukturelle und funktionelle Vielfalt von Organismen, Arten und Populationen, die ihren gesamten oder einen Teil ihres Lebenszyklus im Boden verbringen oder deren essentieller Lebensraum die Bodenoberfläche darstellt. Sie umfasst die genetische Variation der Organismen und ihre Lebensgemeinschaften mit ihren ökologischen Zusammenhängen und Prozessen, auf der Ebene von Bodenmikrohabitaten bis hin zu Landschaften.“

Die Mitglieder des Fachgremiums haben Zielformulierungen und Anforderungen für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitorings erarbeitet und priorisiert (vergleiche Kapitel 6.1). Die Organismenauswahl für das Monitoring soll die Praktikabilität des Monitorings einer jeweiligen Organismengruppe berücksichtigen (vergleiche Kapitel 6.2, Kapitel 4: Vortrag von M. Simon): Welche Fragestellungen können durch ein Monitoring bestimmter Bodenorganismengruppen, deren Funktionen oder deren Summenparameter beantwortet werden? Inwiefern sind Methoden hierfür standardisiert und robust und ist eine Erhebung bundesweit realisierbar? Beim Begleitdatenset für das Bodenbiodiversitätsmonitoring orientiert sich das Fachgremium an dem vorgeschlagenen Faktorenkomplex zur Standortcharakterisierung und Einflussgrößen auf Bodenbiozönosen des Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds (Kaufmann-Boll et al. 2022; vergleiche Kapitel 6.3). Das Fachgremium erarbeitet darüber hinaus grundlegende

Kriterien an die Flächenkulisse und diskutiert die Notwendigkeit und die praktischen Anforderungen an die Archivierung von Probenmaterial. Die Protokolle der Sitzungen des Gremiums sind einsehbar auf: <https://www.monitoringzentrum.de/fachgremium-bodenbiodiversitaet#anchor-590>.

Stellvertretend für das BMUV beteiligt sich das Monitoringzentrum an einem Biodiversa+ Projekt "Bodenbiodiversität in geschützten, naturnahen Wäldern" zur Etablierung eines einheitlichen europäischen (oder sogar globalen) Bodenmonitorings. Dafür werden unter Verwendung der Soil-BON-Protokolle in Deutschland 6 Waldstandorte sowohl morphologisch als auch molekularbiologisch untersucht (Mikrobiota, wirbellose Tiere der Mikro-, Meso- und Makrofauna).

7 Ergebnisse der World Cafés

In einem intensiven Austausch mit den Teilnehmenden wurden unter anderem die vorab vorgestellten Erarbeitungen (Vortrag C. Lachmann und M. Simon) des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ thematisiert. Die Bedarfe der Monitoringakteuren und -akteurinnen und Vorstellungen über die Rolle des Monitoringzentrums im Prozess wurden zusammenzutragen sowie Denkanstöße und mögliche Vorgehensweisen zur Erschließung von Synergien gesammelt.

In Word Cafés mit 5 aufeinanderfolgenden Gesprächsrunden wurden 1) die Ziele, 2) Basismodule, 3) Begleitdaten, 4) die Umsetzung und 5) die möglichen Synergien in einem bundesweit harmonisierten Bodenbiodiversitätsmonitoring mit den Teilnehmenden diskutiert. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Diskussionen vorgestellt.

7.1 Die Ziele des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings

Input: „Aktueller Entwicklungsstand der Zielfindung für das Gesamtkonzept zum bundesweiten Biodiversitätsmonitoring sowie für das Bodenbiodiversitätskonzept“ (M. Ludwig, M. Eschenbacher-Richter):

Das Basiskonzept zum bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring wird in das Gesamtkonzept zum bundesweiten Biodiversitätsmonitoring einfließen. Die Fachtagung „Ziele des bundesweiten Biodiversitätsmonitorings“ im Frühjahr 2023 bildete den Auftakt des Zielfindungsprozesses für das Gesamtkonzept. In Workshops diskutierten die Teilnehmenden dort vier übergeordnete Themenfelder zu der Leitfrage „Wozu soll das zukünftige bundesweite Biodiversitätsmonitoring dienen?“. Dabei identifizierten die Teilnehmenden die Themenfelder „Zustand und Entwicklung der Biodiversität“, „Ursachen des Biodiversitätswandels“ und „Erreichung von politischen Zielen zur Biodiversität“ als Kernziele eines zukünftigen Gesamtkonzeptes, während „Folgen des Biodiversitätswandels“ kein integraler Bestandteil sein, aber mitgedacht werden sollen. Die Ergebnisse der Fachtagung bilden die Grundlage für die Diskussion und den Beschluss der Ziele zum bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring durch das Grundsatzfachgremium des Monitoringzentrums.

Das Fachgremium zur Bodenbiodiversität des Monitoringzentrums hatte sich bereits auf eine erste Übersicht von 11 Zielen für das bundesweite Bodenbiodiversitätsmonitoring verständigt und diese in zwei Ebenen gegliedert (Tabelle 3). Dabei priorisierte das Fachgremium die Ziele in erster Linie nach ihrer derzeitigen Umsetzbarkeit. Die „drei Basisziele“ der ersten Ebene

wurden als Grundvoraussetzung für weitere konzeptionelle Überlegungen angesehen und sollen im Rahmen der Entwicklung eines „Basiskonzeptes“ weiterentwickelt werden. Die zweite Ebene der „nachgeordneten Zielen“ wird auf der Datengrundlage der Ziele der ersten Ebene aufbauen und daher nachrangig bearbeitet werden.

Tab. 3: Übersicht der vorläufigen 11 Zielformulierungen zum bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring.

Nummer	Zielformulierung: Grundvoraussetzung Basiskonzept
1	Bestandsaufnahme ausgewählter Bodenorganismen-/gruppen sowie Beschreibung der Lebensgemeinschaften
2	Ermittlung der Bestandsveränderungen ausgewählter Bodenorganismen-/gruppen mit dem Fokus auf die zeitliche Entwicklung
3	Darstellung der Auswirkungen verschiedener Wirkfaktoren auf Bodenorganismen
Nummer	IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH
4	Folgen der zeitlichen Entwicklung von Bodenorganismengruppen für andere Bestandteile der biologischen Vielfalt
5	Bereitstellung von Datengrundlagen für die Aktualisierung Roter Listen
6	Quantifizierung von Ökosystemleistungen
7	Ermittlung der Wirksamkeit von Instrumenten des Naturschutzes, Agrarumweltmaßnahmen etc. auf Bodenorganismen
8	Quantifizierung von Bodenfunktionen
9	Schaffung der Grundlage zur Beantwortung zukünftiger Fragestellungen und stetige Weiterentwicklung des Monitorings
10	Ermittlung und Bewertung von Qualitätsveränderungen im Boden anhand von Bodenbiodiversitäts-Indikatoren
11	Bereitstellen der Datengrundlage für Prognosen über zukünftige Entwicklungen der Bodenbiodiversität und Ausweisung vulnerabler Habitate

Diskutierte Fragen:

Welche Ziele sollten mit einem bundesweiten Monitoring der Bodenbiodiversität erreicht werden?

Das Fachgremium zur Bodenbiodiversität des Monitoringzentrums hat Ziele für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring erarbeitet und priorisiert. Finden diese Zielstellungen Ihren Zuspruch und gibt es weitere Zielstellungen, die sie für das Bodenbiodiversitätsmonitoring a) kurzfristig und b) mittel/langfristig festhalten möchten?

Wie können die (Monitoring-)Ergebnisse Anwendung finden?

Diskussion:

Die Teilnehmenden des World Cafés „Zielstellungen für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring“ standen den elf Zielen grundsätzlich positiv gegenüber. Allerdings wurde es als schwierig erachtet, die Ziele zwei (Ermittlung von Bestandsveränderungen) und drei (Darstellung Wirkfaktoren) auf demselben Satz an Stichprobenflächen zu erreichen, da sie zum Teil widersprechende Anforderungen an die Auswahl der Probeflächen stellten. Zur Ermittlung einer für Deutschland repräsentativen zeitlichen Entwicklung von Bestandsveränderungen ausgewählter Bodenorganismen-/gruppen müsste die Probeflächenkulisse so ausgewählt werden, dass Wirkfaktoren auf Bodenorganismen über die Gesamtkulisse betrachtet in für Deutschland typischer Intensität und Verteilung variieren (in der Regel würde man dafür die Probeflächen zufällig auswählen). Um die Auswirkungen verschiedener Wirkfaktoren auf Bodenorganismen darzustellen, müsste man die Kulisse so auswählen, dass es ausgeprägte von anderen Wirkfaktoren unabhängige Gradienten der Wirkfaktoren gibt.

Die Teilnehmenden sprachen sich mehrheitlich dafür aus, die Priorisierung der Ziele stärker an deren fachlicher Bedeutung auszurichten. Die prioritären Ziele sollten daher sowohl die Evaluation von bundesweiten Strategien und Maßnahmen (Ziele sieben und zehn) sowie Ökosystemleistungen und Bodenfunktionen stärker berücksichtigen (Ziele sechs und acht). Die Hauptargumente waren, dass diese Ziele entscheidend für die Politikberatung durch die zukünftigen Nutzer und Nutzerinnen der Daten sind und daher einen wichtigen Motivator für das Bodenbiodiversitätsmonitoring und somit für den Bodenschutz bildeten. Weiterhin beschränken sich die Basisziele auf Bodenorganismen-/gruppen - allerdings ist die Biodiversität im Boden so umfangreich, dass die Betrachtung von Gemeinschaften und Netzwerken notwendig sei. Bodengemeinschaften und -netzwerke sollten daher in das Basiskonzept integriert werden.

Der Schutz der Bodenbiodiversität ist im BNatschG verankert und damit grundsätzlich als Naturschutzanliegen zu realisieren. Maßnahmen des Naturschutzes berücksichtigen jedoch in der Regel nicht die Bodenbiodiversität, sodass sich Maßnahmen, die für den Naturschutz positiv sind, mitunter nichtig oder gar negativ auf den Boden und dessen Biodiversität auswirken. Die beteiligten Anwesenden sehen daher in dem bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoringkonzept eine Chance, den Bodenschutz stärker mit dem „oberirdischen“ Naturschutz zu verknüpfen und damit die Grundlage für die Etablierung eines Gesamtökosystemsches zu schaffen. Entsprechend wurde das siebte Ziel stark favorisiert. Die Teilnehmenden forderten aber nicht nur, die Wirksamkeit von Naturschutzinstrumenten auf Bodenorganismen zu ermitteln, sondern auch zu prüfen, wie der Bodenschutz aktiv in den Naturschutz integriert werden kann. Dazu müssen die Verantwortlichkeiten des Naturschutzes für den Boden klar definiert werden, um daraus klare Aufgaben des Natur- und Bodenschutzes abzuleiten.

Insgesamt sollte der ökosystemare Ansatz in den Zielen stärker berücksichtigt werden. Die durch das Monitoring erhobenen Daten sollten dazu dienen, Leitbilder beziehungsweise überprüfbare Zielzustände sowohl unter- als auch oberirdischer Ökosysteme passend zum jeweiligen Nutzungs- und Klimatyp zu entwickeln. Hierzu sollte der in der im EU Soil Monitoring Law (ehemals Soil Health Law) zentrale Begriff der Bodengesundheit durch ein Monitoring überprüfbar definiert werden. Große Einigkeit bestand darüber, dass „reine Artenlisten“ für die Erstellung dieser Leitbilder nicht ausreichend seien. Benötigt würde eine Charakterisierung von „typischen Gemeinschaften“ (Referenzen) der Bodenbiodiversität - auch um die Bedeutung von Wirkfaktoren beurteilen zu können (drittes Ziel). Dabei ist die Frage „Welche

Biodiversität erwarte ich für den jeweiligen Nutzungs- und Klimatyp?“ zentral, sodass die Leitbilder ebenso eine Indikatorfunktion übernehmen (zehntes Ziel). In diesem Zusammenhang wurde das Beispiel einer möglichen Anwendung vom „Atlas Français des bactéries du sol“ (Karimi et al. 2018) genannt, der die landesweite Verteilung bestimmter globaler mikrobieller Indikatoren enthält und damit unter anderem Landwirte befähigen soll eigenständig ihre Bodenfruchtbarkeit zu verbessern. Insgesamt sollten die Artensets für die Indikatoren so ausgewählt werden, dass diese typisch für die Landnutzungsform sind. Andererseits sei es aber wünschenswert, die Erfassung bestimmter Basisinformationen (Kernarten) auch bei Nutzungsänderung der Flächen nicht abbrechen zu lassen. Mitarbeitende der Landesfachbehörden verwiesen auf Stichprobenflächen, die von Acker zu Wald oder von Wald zu Heide umgewandelt wurden und nun nicht mehr für die Auswertung zur Verfügung stehen. Um ein vollständiges Abbrechen der Datenreihen zu verhindern, sei eine Koordination über sektorielle Grenzen beim Bodenbiodiversitätsmonitoring notwendig.

Mithilfe der Bodenbiodiversitätsindikatoren sollen auf Ebene der Länder, des Bundes und Europas nicht nur Maßnahmen, sondern auch Strategien zur Verbesserung der Bodenbiodiversität entwickelt werden. Als Voraussetzung dafür sahen die Teilnehmer die ständige Rückkopplung und Evaluierung zwischen Monitoring, Maßnahmen und Strategien. Die Ergebnisse des Monitorings sollten in die Optimierung von Maßnahmen und Strategien einfließen. Die Teilnehmenden erachteten außerdem eine Verbindung der Wirkfaktoren des dritten Ziels mit dem siebten Ziel für sinnvoll, um wirksame Maßnahmen für eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung zu charakterisieren.

Ein künftiges bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring soll der Beratung von Landnutzern und Landnutzerinnen und politischen Entscheidungsträgern dienen und zu Maßnahmenempfehlungen führen, zum Beispiel in Bezug auf den Klimawandel, den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit sowie der nachhaltigen Bodennutzung. In diesem Zusammenhang sollte das Fachgremium überdenken, wie in Zukunft mit Zielkonflikten umgegangen werden soll. Als Beispiel nannte eine Teilnehmende den Fall, dass durch den Fokus auf verschiedene Artengruppen unterschiedliche Handlungsempfehlungen vorliegen. Hier bestünde ein erhöhter Forschungsbedarf, um die Folgen verschiedener Handlungsoptionen ökosystemar betrachten und gegeneinander abwägen zu können. Als weiteres Ziel ergänzten die Teilnehmenden, dass ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring ein gesellschaftliches „Bewusstsein schaffen“ soll: Der Wert des Bodens und insbesondere der Bodenbiodiversität wird sowohl im Bildungswesen als auch in der breiten Öffentlichkeit nur unzureichend wahrgenommen und sollte daher ein „Mainstreaming“ erfahren. Eine Möglichkeit der Sensibilisierung wäre, Interessierte und insbesondere Landnutzer und Landnutzerinnen aktiv in das Monitoring einzubinden und damit den Bereich des Ehrenamtes/Citizen Science gezielt zu fördern.

Neben der Nutzung von Synergien zu anderen Monitoringprogrammen ist die Sicherstellung der Langfristigkeit des Monitorings eine weitere Anforderung. In diesem Zusammenhang wurde eine permanente Implementierung des Bodenfachgremiums als sinnvoll erachtet, um den sich ständig ändernden Herausforderungen eines Monitorings wirksam begegnen zu können.

Ein mögliches kurzfristiges Ziel für das Fachgremium sahen die Teilnehmenden unter anderem in der Erarbeitung von Best Practice Beispielen für ein Bodenbiodiversitätsmonitoring. Das schließt die unbedingt notwendige Entwicklung einer standardisierten Erfassungsmethodik ein, um von Beginn an harmonisierte Daten zu erheben.

7.2 Basismodule eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings

Input: „Herangehensweise der Ausarbeitung erster bundesweiter Basismodule“ (C. Lachmann):

Das Bodenleben ist sehr divers und benötigt je nach Organismengruppe verschiedene Erhebungs- und Auswertungsmethoden. Der Erkenntnisgewinn ist ebenso unterschiedlich. Bisher existieren keine bundesweit harmonisierten Erfassungen der Bodenbiodiversität. Das Fachgremium hat das prioritäre Ziel, zunächst kurzfristig umsetzbare Module (Basismodule) zur Erfassung einzelner Bodenorganismengruppen zu entwickeln. Die Basismodule sollten mit einer konkret beantwortbaren Fragestellung hinterlegt sein (für einen hohen Erkenntnisgewinn) und praktikabel in Bezug auf die Robustheit und Standardisierung der Methoden und logistische Aspekte (Kosten, Verfügbarkeit von Expert*innen, Zeitfenster der Erhebung und so weiter) sein. Dafür werden in einem Rechercheprojekt aktuelle Informationen zum Kenntnisstand, zur Aussagekraft und zu praktischen Erfordernissen der Erfassung von Bodenorganismengruppen und deren Funktionen zusammengetragen und bewertet. Die Recherche- und Bewertungskriterien sind auf dem Poster „Rechercheprojekt: Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxistauglichkeit“ des Monitoringzentrums ausführlich dargelegt.

Diskutierte Fragen:

Welche Ziele sollten mit einem bundesweiten Monitoring der Bodenbiodiversität erreicht werden?

Stimmen Sie der Herangehensweise zur Ausarbeitung der Basismodule aufgrund der vorgestellten Kategorien & Kriterien zu? Welche sind Ihnen besonders wichtig?

Was können Sie hierzu mit einbringen oder ergänzen?

Diskussion:

Die Teilnehmenden waren sich einig, dass ein **Mehrwert** des Monitorings vor allem durch konkrete informative Produkte für verschiedene Nutzergruppen und den Vollzug geschaffen werden kann. Als Beispiele für klar kommunizierbare Produkte wurden Kartendarstellungen oder ein Warnsystem in intuitiven Ampelfarben zur qualitativen Darstellung der Bodengesundheit genannt. Ein mögliches Warnsystem sollte die Reaktionsgeschwindigkeit der Organismen und ihre Sensitivität gegenüber bestimmten Einflussgrößen berücksichtigen. Darüber hinaus könnten Ökosystemleistungen von Bodenorganismen durch ein „Ecosystem Accounting“ greifbar monetarisiert werden. Solche Produkte aufbauend auf einer standortspezifischen Interpretation der vorhandenen Bodenbiodiversität seien entscheidend für die Kommunikation von Handlungserfordernissen und die Entwicklung wirksamer Maßnahmen. Sie können in Ergänzung mit finanziellen Anreizen Richtschnur für Landwirt*innen und andere Flächennutzer*innen sein. Die Teilnehmenden forderten mehrfach, dass das Monitoring auf Grundlage klarer Fragestellungen, Hypothesen und Auswertungskonzepte entwickelt werden sollte.

Zur vorgestellten Herangehensweise und Entwicklung von Monitoringmodulen für ein bundesweit harmonisiertes Bodenbiodiversitätsmonitoring begrüßen die Teilnehmenden ein „Zwiebelprinzip“ aus Basis- und Ergänzungsmodulen. Die Grundlage der **Basismodule** soll/en eine oder mehrere beziehungsweise komplexer Fragestellung/en mit konkreter Konzeption für die Auswertung sein. Die Kulisse der Erhebungen soll flächen- und nutzungsrepräsentativ

sein und die Gesamtlandschaft abbilden. Ein Anspruch an das Basismonitoring ist, dass über Gradienten der Nutzungsintensität Kipppunkte zu ermitteln sein sollten, an denen Kennarten verschwinden. Das Basismonitoring sollte Stressoren wie Klimawandel, Landnutzung, und Pestizide auf verschiedene trophische Ebenen und Größenklassen des Bodenlebens berücksichtigen. Insbesondere für das Basisprogramm sollten in hohem Maße Synergien mit anderen bestehenden Monitoringprogrammen genutzt werden, vorwiegend in Hinblick auf abiotische Begleitdaten und logistische Gegebenheiten (zum Beispiel Frequenz der Beprobung). Einige der Teilnehmenden argumentierten, dass für einen ökosystemaren Monitoringansatz Verknüpfungen mit oberirdischen Biodiversitätsinformationen Priorität haben sollten (Wirkungsgefüge mit beispielsweise Insekten und Ökosystemen). Die Teilnehmenden bekräftigten weiterhin, dass Rückstellproben für die Auswertung mit genetischen Methoden vorgehalten werden sollten. Die stetige Weiterentwicklung genetischer Verfahren und Ausbau der Datenbanken bietet große Potenziale für zukünftige Analysen (funktionelle Gene, Organismengruppen, Nährstoffkreisläufe/Abbauwege). Die Teilnehmenden halten eine Kombination von klassischen quantitativen Methoden mit genetischen Methoden für sinnvoll. Die Verknüpfung verschiedener Methoden bietet das Potenzial nicht nur etablierte, bekannte Arten zu beobachten, sondern zusätzlich auch solche, deren Kenntnisstand limitiert ist. Das Basismonitoring kann die erste Datengrundlage für invasive Arten auf Mikrobiomebene im Boden liefern.

Ergänzungsmodule des Monitorings sollten der Klärung weiterer relevanter und konkreter Fragestellungen dienen. Die Teilnehmenden merkten an, dass diese Module von Beginn an mitgedacht und kommuniziert werden sollten (inklusive des Kostenrahmens), um zu vermeiden, dass das Programm langfristig auf die Basismodule reduziert bleibt. Ergänzungsmodule sollten zum Beispiel auf die Überprüfung der Effizienz von Maßnahmen abzielen. Dabei sollte die ökosystemare Auswirkung der Maßnahmen im Fokus stehen und nicht die Förderung einer bestimmten Organismengruppe. Lebensraumspezifische Module (Ebene: Acker, Wald, Grünland, urban) im Bodenbiodiversitätsmonitoring sind aufgrund unterschiedlicher Indikation der zahlreichen Bodenorganismengruppen denkbar.

7.3 Basismodule eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings

Input „Begleitdaten für ein bundeweites Bodenbiodiversitätsmonitoring – empfohlene Einflussfaktoren und relevante Größen aus der Konzeption eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds (UBA)“ (H. Ballasus, A. Bräuer):

Neben dem Fachgremium zum „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“ wurde am Monitoringzentrum 2021 das Fachgremium zur „Verbesserung der Verfügbarkeit von Daten zu Einflussgrößen“ eingerichtet. Dieses bezeichnet mit „Einflussgrößen“ auf oberster Abstraktionsebene die direkten Treiber des Biodiversitätswandels. Direkte Treiber, die sich unmittelbar auf die biologische Vielfalt auswirken sind hauptsächlich anthropogen verursachte Prozesse und Faktoren, die sich nach folgenden Hauptkategorien unterscheiden lassen: Land- und Meeresnutzungsänderungen, Ausbeutung natürlicher Ressourcen, Klimawandel, Umweltverschmutzung und invasive (gebietsfremde) Arten. Eine Quantifizierung beispielsweise Bewertung direkter Treiber ist nur dann möglich und sinnvoll, wenn ebenfalls relevante Standortfaktoren erfasst/ermittelt werden. Für den Bodenbereich können hier beispielhaft physikochemische Eigenschaften wie Körnung, Gefüge, Humusform und Substrat genannt werden. Die Begrifflichkeit „Begleitdaten“ wurde als umfassende Bezeichnung für Treiber/Einflussgrößen und Standortfaktoren zum Titel des World Cafés gewählt.

Das von BMUV und UBA initiierte Forschungsvorhaben „Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds“ bearbeitet neben den Schwerpunkten Bodenerosion, Bodenwasserhaushalt und organische Bodensubstanz den Themenkomplex Bodenbiologie. Hierfür wurde ein Set an relevanten Einflussfaktoren empfohlen, welches sowohl Standortfaktoren und Einflussgrößen/Treiber beinhaltet. Dieses im Folgenden aufgeführte Faktorensatz ist Diskussionsgrundlage für die Frage, welche Begleitdaten im bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring berücksichtigt werden sollten.

Tabelle 4: Einflussfaktoren und relevante Größen für das Thema Bodenbiologie

Einflussfaktoren	Lufttemperatur, Bodentemperatur, Niederschlag Bodenfeuchte Vegetation (Mikroklima, Nahrungsgrundlage) Biotoptyp Bewirtschaftung generell (Fruchtfolgen, Düngung, Kalkung, Pflanzenschutz, Bodenbearbeitung, Bewirtschaftungsintensität) sowie deren Veränderung (indirekte Auswirkungen der Klimaänderungen) Höhenlage, Hangneigung, Exposition Ausgangsgestein, Bodentyp, Bodenart, Humusform Grundwasserstand Bodenphysikalische Parameter (Korngrößenverteilung, Porenvolumen, Trockenrohdichte) Bodenchemische Parameter (Carbonatgehalt, Boden-pH-Wert, Gesamtkohlenstoffgehalt, Gesamtstickstoffgehalt, Gehalt des organischen Kohlenstoffs, Gehalt des organischen Stickstoffs, C/N-Verhältnis)
-------------------------	---

Abb. 2: Einflussfaktorensatz für Bodenbiologie aus dem Forschungsvorhaben „Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds“ (UBA) (Kaufmann-Boll et al. 2022)

Diskussion:

Unter den Teilnehmenden traf das empfohlene Einflussfaktoren-Set des Projektes „Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds“ grundsätzlich auf Zuspruch, wurde jedoch um einige weitere Begleitgrößen ergänzt:

Stoffliche Belastung. In allen Diskussionsrunden wurde die Bedeutung der stofflichen Belastung des Bodens als Treiber für Bodenbiodiversitätsänderungen angeführt. Explizit wurden hier die Parameter Schwermetalle, Phosphor/Verfügbarkeit von Schwefel, Mikroplastik und Pestizide im Boden benannt. Allerdings sei die systematische Erfassung stofflicher Belastungen in der Umsetzung einerseits sehr kostenintensiv und könnte andererseits auf wenig Akzeptanz bei Flächeneigentümern etablierter Stichprobenkulissen stoßen.

Einflussfaktoren für Waldökosysteme. Am diskutierten Einflussfaktoren-Set haben die Teilnehmenden bemängelt, dass es vornehmlich auf Flächen unter Acker- beziehungsweise Grünlandnutzung zugeschnitten sei. Für ein Bodenbiodiversitätsmonitoring in Waldökosystemen sollten Parameter wie Waldstruktur, Totholz, Überschirmung und Besitzart begleitend erhoben werden.

Standorthistorie. Eine Vielzahl der Teilnehmenden betonte die Relevanz der (Nutzungs-) Historie eines Untersuchungsstandortes für die Zusammensetzung der Boden-Biozönose. Da

Erfassung und Auswertung der Standorthistorie nicht automatisierbar sind, sei damit allerdings ein hoher Personalaufwand verbunden. Im Sinne der Standortbeschreibung sollte die Standorthistorie jedoch unbedingt einbezogen werden.

Landschaftsstruktur. Auf Landschaftsebene wurden die Stichworte Landschaftselemente, Fragmentierung, Nachbarschaft, als zu berücksichtigende Einflussfaktoren genannt. Teilnehmende aus der Monitoringpraxis bemerkten hierzu, dass im Sinne einer repräsentativen Stichprobenstandortauswahl bereits bei der Einrichtung von Untersuchungsflächen nachbarschaftliche Effekte ausgeschlossen beziehungsweise vermieden werden sollten.

Bodenfeuchte. Der Faktor Bodenfeuchte löste als ein wesentlicher Treiber der Bodenbiodiversität aufgrund der hohen räumlichen, aber vor allem zeitlichen Variabilität einen angeregten Gedankenaustausch aus. Die Bodenfeuchte zum Zeitpunkt der bodenbiologischen Erhebung stellt lediglich eine Momentaufnahme dar und repräsentiert nicht den mittel- bis längerfristigen Feuchtezustand, der stimulierend beziehungsweise limitierend auf die Bodenzönose wirkt. Hierzu wurden neben der Möglichkeit des Einsatzes von Datenerfassungs-Systemen (verschiedene Sensoren und Datalogger) auch Vor- und Nachteile von Indikatoren wie Wasserhaltekapazität oder Zeigerwerte nach Ellenberg diskutiert.

Die Teilnehmenden bekräftigten die Wichtigkeit, prinzipiell eine **große Bandbreite** von Einflussfaktoren zu erheben, als Voraussetzung dafür, Veränderungen der Biozönose gezielt mit den dafür verantwortlichen Treibern in Verbindung zu bringen und daraus sinnvolle Maßnahmen zum Schutz und Erhalt der Bodenbiodiversität ableiten zu können.

Angesichts der großen Fülle und des zum Teil erheblichen Aufwands, den die Erfassung all dieser Begleitdaten erfordert, wurde eine Kategorisierung und Priorisierung umfassend diskutiert. Ziel sollte es sein, ein Mindestdatenset für ein Basismonitoring festzulegen und in weiterer Abstufung hinsichtlich der Praktikabilität Begleitdaten für weitere mögliche Monitoringmodule festzulegen.

Zunächst wurden bezüglich einer **Kategorisierung** der Einflussfaktoren folgende Aspekte benannt:

- Zeitliche Variabilität: Stetigkeit/Dynamik der Variable und daraus abgeleitet die nötige Messhäufigkeit (einige Faktoren müssten lediglich einmalig erfasst werden und dienen der Standortbeschreibung)
- räumliche Variabilität und Ableitung der Notwendigkeit der Erhebung am Untersuchungsstandort (in-situ) oder Möglichkeit der Erfassung über externe Datenquellen (zum Beispiel über Fernerkundung, wie beispielsweise Wetterdaten über den DWD)
- Zuordnung des Parameters als natürlichen Standortfaktor beziehungsweise anthropogene Einflussgröße

Im nächsten Schritt wäre der **finanzielle und personelle Aufwand** für die Erhebung jeder Begleitgröße abzuschätzen, als Grundlage für eine anschließende **Priorisierung beziehungsweise Hierarchisierung** der Begleitgrößen. Einige Teilnehmende plädierten dafür, dass für eine Priorisierung berücksichtigt werden sollte, bei welchen Einflussgrößen die größten Lenkungs- und Regulierungsoptionen für Entscheidungsträger*innen bestehen.

In Bezug auf die Möglichkeiten der Umsetzung in bestehenden Monitoringprogrammen, meldeten die programmverantwortlichen Teilnehmenden zurück, dass ein Großteil der Einflussgrößen aus dem vorgeschlagenen Set bereits erhoben wird (zum Beispiel BZE Wald und BDF).

Zu beachten sei hier allerdings, dass die Methoden der Erhebung sehr heterogen sind und damit die Harmonisierung der Methoden/Daten eine Herausforderung darstellt.

Im Sinne der optimalen Erschließung von Synergien könnte zusätzlich **eine Analyse bestehender Programme** hinsichtlich ihres Begleitdatenspektrums (inklusive methodische, räumliche, zeitliche Aspekte) durchgeführt werden. Erste Schritte hierfür sind bereits im UBA (Kaufmann-Boll et al. 2020) und im Monitoringzentrum erfolgt (unveröffentlicht).

Aus dem Teilnehmendenkreis kam darüber hinaus die Anregung, unter anderem im Sinne der internationalen Passfähigkeit **andere europäische Monitoringaktivitäten beziehungsweise Programme anderer Staaten** zu sichten. Welche Begleitdaten des bodenbiologischen Monitorings werden dort erhoben und welche Standards kommen zum Einsatz?

Einige der Teilnehmenden bekräftigten das hohe Potential **neuer Methoden** zur kosteneffizienten und automatisierten Vervollständigung des Begleitdatensets. Hierbei wurde vorrangig auf hochauflösende Fernerkundungsprodukte verwiesen.

7.4 Umsetzung des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings

Input „Status Quo und Herausforderungen des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings“ (D. Pfeiffer):

Zur Einführung in die Diskussion wurde der Status Quo des Monitorings der Bodenbiodiversität in Deutschland kurz zusammengefasst. Bundesweit sind zahlreiche fortlaufende Erfassungsprogramme von Bundes- und Landesbehörden mit dem Thema Bodenzustand befasst (beispielsweise Bodendauerbeobachtung, BZE Wald und BZE Landwirtschaft, Umweltprobenbank, wissenschaftliche Forschungsplattformen, wie landwirtschaftliche Dauerfeldversuche, Biodiversitätsexploratorien). Zudem gibt es weitere in Entwicklung befindliche Erfassungsprogramme zur (Boden-)Biodiversität, wie das bundesweite Insektenmonitoring, das Monitoring der Biodiversität in Agrarlandschaften (MonVIA) oder die Biologische Bodenzustandsbeobachtung Deutscher Wälder (BBZE-Wald). Für die Entwicklung eines bundesweit harmonisierten Bodenbiodiversitätsmonitorings soll auf den bestehenden Monitoringaktivitäten aufgebaut werden. Die Vergleichbarkeit der bisher erhobenen Daten zur Bodenbiodiversität ist durch die Heterogenität der Methoden und der räumlichen und zeitlichen Dimension der vielfältigen Programme derzeit eingeschränkt. Zudem existieren bisher keine repräsentativen, systematischen, langfristig angelegten Monitoringaktivitäten der Bodenorganismen und deren Ökosystemleistungen auf Bundesebene. Eine Bewertung des Zustands und der Veränderung der Bodenbiodiversität auf Bundesebene ist somit nicht möglich. Diesen Herausforderungen gemeinsam mit den Akteuren und Akteurinnen zu begegnen, ist eine Aufgabe des Monitoringzentrums, im Speziellen des Fachgremiums zur Bodenbiodiversität.

Wie kann die Umsetzung eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings aufbauend auf bestehenden Programmen

Sollen unter Moderation des Monitoringzentrums (inklusive dessen Gremien) bundesweite Standards festgelegt werden?

Welche infrastrukturellen, finanziellen und personellen Bedarfe sehen Sie für eine erfolgreiche Etablierung und was sind dabei Ihre Wünsche an das Monitoringzentrum?

Diskussion:

Die Teilnehmenden waren sich mehrheitlich einig, dass bundesweite Standards für das Bodenbiodiversitätsmonitoring wichtig sind. Das Monitoringzentrum sollte dabei eine federführende Rolle für die Moderation der Prozesse zur Festlegung bundesweiter Standards (Daten/Metadaten/Begleitdaten, Methoden, Flächenkulissen, Intervalle, Standorte und so weiter) einnehmen.

Folgende Voraussetzungen wurden für die Moderation des Prozesses diskutiert:

Akteure und Akteurinnen, insbesondere aus der Monitoring-Praxis (Monitoringprogramme, -erfassungen und -projekte) sind eng in den Prozess zur Standardfestlegung einzubinden. Hierfür böten sich das bereits bestehende Fachgremium zur Bodenbiodiversität in Abstimmung mit dem Fachgremium zu Einflussgrößen, sowie die geplanten ad hoc Gruppen zum Datenmanagement an. Die Fachgremien und -gruppen vereinen in ihrer Zusammensetzung Mitglieder unterschiedlicher Zielgruppen in Politik, Praxis und Forschung, einschließlich Vertreter und Vertreterinnen eines Großteils der bestehenden Monitoringprogramme, -erfassungen und -projekte. Bei Bedarf und spezifischen Fragestellungen sollten weitere Experten und Expertinnen eingebunden werden. Zudem wird eine enge Abstimmung mit dem im Aufbau befindlichen Bodenmonitoringzentrum erwartet. Internationale Prozesse und Agierende seien ebenfalls zu berücksichtigen.

Standardisierung soll als kontinuierliche Aufgabe verstanden werden. Bei der Festlegung von Rahmenbedingungen sei zu beachten, dass Standards auch dynamisch sein können. Entsprechend seien Maßnahmen zu ergreifen, die die Vergleichbarkeit zu bisherigen, zum Teil langjährigen Erfassungsreihen und bereits bestehenden Standards gewährleisten. Es wurde vorgeschlagen, neue Standards zunächst parallel zu bisherigen Standards in die Umsetzung zu bringen und entsprechend zu evaluieren. Für die Begleitparameter sollten bestehende Standards (beispielsweise DIN/ISO OECD) berücksichtigt und beschrieben werden, ob diese fakultativ oder obligatorisch für bestimmte Zielbereiche erhoben werden sollten.

Modifikationen von Standards können nicht ausgeschlossen werden (beispielsweise Anpassung an Landnutzungstypen und standörtliche Bedingungen). Der Ermessensraum für zulässige Modifikationen sollte geprüft und eventuell festgelegt werden. Zudem sollten Standards für die Dokumentation von Modifikationen festgelegt werden. Der standardisierte Einsatz von KI ist hierbei sowie generell bei der Datenerfassung zu berücksichtigen.

Folgende Bedarfe wurden für die erfolgreiche Umsetzung eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring aufbauend auf bestehenden Monitoringprogrammen genannt:

Ein primärer Bedarf ist die Bereitstellung von zentralen Diensten und Infrastrukturen, beispielsweise zentrale (Meta-)Dateninfrastrukturen beziehungsweise spezifische Schnittstellen zu bestehenden Dateninfrastrukturen/-modulen und Repositorien, die zielgerichtete Abfragen für das Bodenbiodiversitätsmonitoring ermöglichen. Dazu zählt auch der Ausbau der Datenbanken/Repositorien hinsichtlich genomischen Informationen der Bodenbiodiversität sowie ein Angebot an Schulungen und Fortbildungen, beispielsweise in den Bereichen Artenkenntnis, Methodenkompetenz und Datenauswertung. Auch eine Übersicht und eine Vermittlung von Artenkennern und Artenkennerinnen, Auswertungsfachleuten, Datenstewards wurde in diesem Zusammenhang genannt, ebenso der Vorschlag eine Plattform (Webseite) mit zentralen Informationen zu Methoden/-handbüchern, Protokollen und Veröffentlichungen

bereitzustellen. Darüber hinaus wurde der Bedarf für zentrale (Analytik-)Labore (im Speziellen auch für Metabarcoding) geäußert.

Für die erfolgreiche Umsetzung eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings ist die Vernetzung und kontinuierliche Zusammenarbeit der betreffenden Akteurinnen und Akteure in den relevanten Gremien essentiell, ebenso wie ein verstärkter Austausch mit den Universitäten und Forschungseinrichtungen bezüglich neuer Methoden und Auswertungsmöglichkeiten.

Personalbedarf besteht vor allem im Bereich der Artenkenntnis, Datenpflege/-kuratierung und Datenanalyse/-auswertung. Der Bedarf ist je nach Akteursgruppe unterschiedlich. So ist beispielsweise in den Landesfachbehörden das Personal für Datenauswertung stark limitiert. Hervorgehoben wurde, dass für ein kontinuierliches und qualitativ gutes Bodenbiodiversitätsmonitoring auch Kontinuität und Verstetigung im Bereich des Personalstamms essentiell ist.

Für die Umsetzung der genannten Bedarfe werden finanzielle Anreize benötigt. Insbesondere wurden hier Mittel für Personal und Ausbildung von Artenkennern/Artenkennerinnen und Analysten/Analystinnen genannt. Kontinuität und Planungssicherheit müsse geschaffen werden, damit entsprechendes Personal ausgebildet und langfristig eingestellt werden kann.

Für die praktische Umsetzung des Monitorings, sowie eine bessere Transparenz und Akzeptanz bei den Akteuren und Akteurinnen wird ein klares Mandat und eine institutionelle Verankerung der Aufgabe zur Standardfestlegung erwartet. Es sollte klar kommuniziert werden, welche Institutionen, vor allem im Bereich der Landesbehörden für welche Aufgaben und mit welchem Mandat zuständig sind. Wo notwendig sollten rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden. Hinsichtlich der genannten Bedarfe wünschten sich die Teilnehmenden vom Monitoringzentrum vor allem die Umsetzung folgender Aufgaben beziehungsweise Rollen:

1. Zentrale Schnittstelle (Hub) zur Bereitstellung der oben genannten Dienste (Vermittlungsrolle)
2. Qualitätssicherung und begleitende Fachexpertise (Fachausschuss): Bereitstellung von Informationen und Einschätzungen zur Qualitätssicherung und Praktikabilität der (neuen) Methoden unter Einbeziehung von Fachleuten.
3. Zentrales Synthesezentrum: Angebot der Unterstützung bei Auswertungen, insbesondere komplexen Auswertungen (zum Beispiel Trendanalysen, Multivariate Statistik)
4. Herausstellen von Bedarfen und Lücken und Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen, beispielsweise in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Methoden und Notwendigkeit von Artenkenntnis im Bereich spezifischer Organismengruppen; Finanzierung von entsprechenden Projekten (Monitoringzentrum als Projektträger)
5. Kommunikation:
 - 5.1. Bedeutung und Bedarfe der Bodenbiodiversität und des Monitorings verstärkt in externe Gremien, Fachkreise und auf politischer Ebene einbringen, sowie an die Öffentlichkeit kommunizieren und in gesellschaftliche Debatten einbringen.
 - 5.2. Transparenz über die verschiedenen übergeordneten Gremien und entsprechenden Zuständigkeiten schaffen; Abgrenzungen und Synergien der Zuständigkeiten und Aufgaben klar kommunizieren, insbesondere hinsichtlich des in Gründung befindlichen Bodenmonitoringzentrums.

Eine Vielzahl der Teilnehmenden äußerte den Wunsch, das politische Momentum (Aufmerksamkeit für das Thema im Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz, EU Soil Monitoring Law und die Einrichtung des Bodenmonitoringzentrums) zu nutzen, um die Prozesse für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring schnell und pragmatisch umzusetzen.

7.5 Synergien in einem bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings

Input „Wie können Synergien hin zu einem bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring erschlossen werden“ (D. Eichenberg, T. Warnk):

Noch ist das Bodenbiodiversitätsmonitoring nicht optimal aufgestellt. Der Erfassungsturnus, die Methodik, die zu erfassenden Bodenorganismengruppen, erhobene Begleitdaten sowie die Repräsentanzkriterien der Kulissen variieren zwischen den Monitoringprogrammen zum Teil stark. Eine wissenschaftlich belastbare Beurteilung des Zustandes und der Entwicklung der Bodenbiodiversität sowie deren Funktionen auf Bundesebene gestaltet sich somit schwierig. Um ein umfassendes Bild vom Zustand der Bodenbiodiversität zu erhalten, empfiehlt das Fachgremium zur Bodenbiodiversität einen ökosystemaren Monitoringansatz – Erhebungen der Biodiversität müssen sowohl ober- als auch unterirdisch stattfinden. Des Weiteren muss das Monitoring standardisiert werden, langfristig angelegt sein und bundesweit erfolgen. Dieser Prozess steht noch ganz am Anfang und bedarf einer umfassenden Beteiligung der Akteure und Akteurinnen. Das bundesweite Bodenbiodiversitätsmonitoring soll auf bereits existierenden Monitoringprogrammen aufbauen beziehungsweise Daten aus diesen gewinnbringend verschneiden.

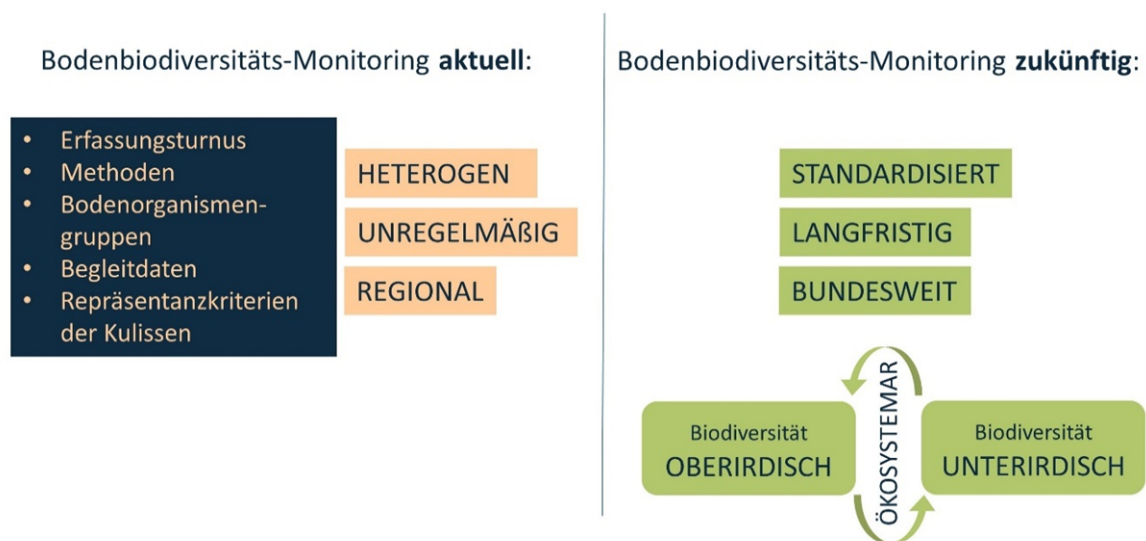


Abb. 3 Status Quo des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings und Anforderungen an das zukünftige Monitoring der Bodenbiodiversität.

Wie können Synergien hin zu einem bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring erschlossen werden?

Wie soll sich der Prozess aus Ihrer Sicht gestalten? Was braucht es dazu? Welche Rolle könnte dabei das Fachgremium bzw. das NMZB übernehmen?

Sind Sie grundsätzlich bereit, sich in diesen Prozess einzubringen?

Diskussion:

Im World-Café haben die Teilnehmenden diskutiert, auf welchen Ebenen Synergien zwischen den etablierten Monitoringprogrammen mit einem Fokus auf Boden möglich sind, wie diese erkannt und erschlossen werden können.

Grundlage zur Nutzung möglicher Synergien im Bodenbiodiversitätsmonitoring ist **ein gesetzlicher Auftrag**. Vor allem im behördlichen Bereich sei dies nötig, um Ressourcen beispielsweise für die projektübergreifende Zusammenarbeit zur Verfügung zu stellen. Zum Zeitpunkt der Fachtagung gab es über die weitgefasste Formulierung des Bundesnaturschutzgesetzes (§6) zur Beobachtung der Natur keine konkrete und verbindlichere Regelung zum Monitoring der Bodenbiodiversität und ihrer Funktionen. Verschiedene Richtlinien und Gesetzgebungsprozesse hierzu sind jedoch derzeit in Bearbeitung. Hierzu zählt das Proposal zum Soil Monitoring Law (ursprünglich: Soil Health Law), der Entwurf der Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt 2030 (Mai 2023), sowie die Novellierung des Bundesbodenschutzgesetzes, zu dem zum Jahresende 2023 ein erster Entwurf erwartet wird. Darüber hinaus werden über das Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz für den Zeitraum 2023-2026 umfangreiche Geldmittel unter anderem für den Aufbau eines Bodenmonitoringzentrums sowie der Durchführung einer bundesweiten Ersterhebung von Bodenorganismen zur Ableitung von Indikatoren für einen guten ökologischen Bodenzustand zur Verfügung gestellt, auch um die Grundlagen für ein langfristiges Bodenbiodiversitätsmonitoring zu schaffen.

Daten müssen sowohl im oberirdischen als auch im unterirdischen Bereich in einem räumlichen und zeitlichen Zusammenhang, der eine gemeinsame Auswertung zulässt, erhoben werden. Nur so können die Ergebnisse von bodenbiologischen Untersuchungen in einen ganzheitlichen Kontext gesetzt und dementsprechend interpretiert werden und lebensraumtypische Gemeinschaften charakterisiert werden (**ökosystemarer Ansatz**). Zur Darstellung des ganzheitlichen Kontexts sind existierende langjährige Zeitreihen sehr wertvoll und es sei somit für die Erhebung weiterer Daten sinnvoll, auf solchen Zeitreihen aufzubauen.

Die Vielzahl an **existierenden Stichprobenflächen** verschiedener Überwachungsprogramme zum Boden (beispielsweise Bodendauerbeobachtungsflächen, Bodenzustandserhebung Wald und Landwirtschaft, Erhebung von Bodenarthropoden im Insektenmonitoring der Bundesweit repräsentativen Stichprobenflächen) bergen großes Potential zur Nutzung von Synergien, da die Programme bereits einen repräsentativen Blick auf die Verhältnisse der bundesweiten Gesamtlandschaft aufspannen. Hierfür sollten die existierenden Programme zum Beispiel hinsichtlich der Auswahlkriterien ihrer Stichprobenkulissen, aber auch nach deren Fokus zum Beispiel auf Artengruppen charakterisiert werden. Im Rahmen einer Ist-Analyse hat das Monitoringzentrum bereits erste Schritte hin zu einer Charakterisierung der bestehenden Programme zum Zwecke der Synergieerschließung unternommen (unveröffentlicht).

Die existierenden Stichprobenkulissen sollten auf ihre Eignung geprüft werden, das Ableiten von Referenzdaten für die Beurteilung eines **guten ökologischen Bodenzustandes** zu

ermöglichen. Hierbei böte es sich an, die Charakterisierung einer für den entsprechenden Ökosystemtyp typischen Artengemeinschaft im Boden zu erschließen. Für ein bundesweites Monitoringprogramm müssten sehr große geographische, klimatische und damit auch ökologische Gradienten aufgespannt werden. Es sei daher eher unwahrscheinlich, dass für den bundesweiten Kontext eine für alle Ökosysteme typische Artengemeinschaft identifiziert werden kann. Daher sollte auf eine entsprechende Regionalisierung bei der Identifikation geeigneter Referenzgemeinschaften geachtet werden.

Als wichtig wurde auch erachtet, sich bundesweit auf ein **(Mindest-)Set an Artengruppen** zu einigen, die über die gesamte Flächenkulisse erfasst werden. Hierbei sollten möglichst Artengruppen genutzt werden, für die bereits langjährige Zeitreihen existieren und deren ökologische Funktionen gut bekannt sind. Insbesondere schließt dies die Erfassung von Regenwürmern und Collembolen ein. Das Spektrum sollte um Arten erweitert werden, die eine gute Aussagekraft für ökologische Zusammenhänge aufweisen. Das Rechercheprojekt „Bewertung der Eignung von Bodenorganismengruppen und deren Funktionen für ein bundesweites Monitoring aufgrund ihres Informationswertes und der Praktikabilität der Erfassung und Bestimmung“ (Kapitel 4, Vortrag Markus Simon) soll eine Grundlage für die Organismenauswahl zur kurz- bis mittelfristigen Umsetzung von Basismonitoring-Modulen sein.

Um in Zukunft Synergien zwischen existierenden Programmen noch weiter festigen zu können, wird die Entwicklung **gemeinsam genutzter Methodenstandards** als sehr wichtig angesehen. Innerhalb der existierenden Arbeitsgremien auf Bundes- und Länderebene gibt es auch im Bereich der Bodenbiodiversitätserfassung bereits langjährige Erfahrungen. Für die Bodendauerbeobachtungsflächen gibt es einen Methodenleitfaden, der 2022 aktualisiert und von der LABO veröffentlicht wurde (Barth et al. 2022). Gewünscht wird eine, in Zusammenarbeit mit den Ländern, dem Bund und auch der akademischen Forschung, gemeinsam erarbeitete Methodengrundlage zur Datenerhebung (Co-Creation). Einige Teilnehmende verwiesen hierzu auf Strukturen wie zum Beispiel der BOVA (Bodenvorsorgeausschuss) sowie die LABO (Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden) im Austausch mit der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Naturschutz (LANA).

Als weitere Möglichkeit, Synergien zwischen existierenden Monitoringprogrammen nutzen zu können, nannten die Teilnehmenden die Etablierung einer Institution zur gemeinsamen Analyse der erhobenen Proben. Durch eine zentrale Einrichtung **könnten qualitätsgesicherte, vergleichbare Daten** erzeugt werden. Auch könnte so auf Seiten der Länder Gelder gespart werden, indem der Bund unterstützend in die Finanzierung des Bodenbiodiversitätsmonitorings eingreift. Die Länder können somit ihre hoheitlichen Aufgaben (Probennahme) erfüllen, bei der Analyse kostenmäßig aber entlastet werden, indem der Bund dieses Zentrum sowie die Analysen finanziert beziehungsweise bezuschusst. Dies könnte eine Win-Win-Situation erzeugen und auch die Länder motivieren, bereits etablierte Programme anzupassen. Bisher gibt es eine solch zentrale Einrichtung nicht. Bundesweite Monitoringprogramme wie die Bodenzustandserhebung Wald nutzen ein validiertes Qualitätsmanagementsystem (Ringproben, Stichproben, Zertifizierungen und so weiter), das gleichwertige Analyseergebnisse über verschiedene Einrichtungen sicherstellt.

Großes Potential ergibt sich aus der **Zusammenführung und Analyse bereits existierender Daten**. So böten zum Beispiel die seit vielen Jahrzehnten in vielen Bundesländern durchgeführten Bodendauerbeobachtungen vielversprechende Möglichkeiten zur Beurteilung der Entwicklung der Bodenbiodiversität in den letzten Jahrzehnten. In einigen Ländern wurden

zum Beispiel Bodenorganismen, aber auch damit in Verbindung stehende Größen, wie zum Beispiel die Konzentration organischen Kohlenstoffs erhoben. Eine übergreifende Auswertung stellt sich derzeit jedoch auf Grund unterschiedlicher Erhebungsmethodik sowie Versatz im Aufnahmeturnus noch als schwierig dar. Moderne Methoden der statistischen Auswertung stellen hier einen vielversprechenden Ansatz dar. Auch Daten aus den in jüngster Zeit durchgeführten (bodenbiologischen) Bodenzustandserhebungen im Agrarland sowie im Wald könnten in diese Analysen mit einfließen, um den Informationsgehalt solcher Beurteilungen zu erhöhen.

Im Bereich des Bodenbiodiversitätsmonitorings wird derzeit politisches Neuland betreten. Es existieren mehrere Gremien, die sich auf Bundes- und Länderebene mit dem Zustand des Bodens befassen. Obwohl der Zustand und die Entwicklung der Bodenbiodiversität nicht im Fokus der meisten laufenden Programme steht, werden dort bereits Daten zur Bodenbiologie erhoben. Derzeit herrscht Unklarheit über die Zuständigkeit der hoheitlichen Aufgabe der Biodiversität im Boden. Neben der LABO, dem BoVA, deren Aufgabenfeld sich in der Entwicklung des Bodenschutzes und des Bodenschutzrechts, ist die LANA für Natur- und Biodiversitätsschutz zuständig. Ein Austausch zwischen den genannten Gremien findet derzeit nur in eingeschränktem Maße statt. Hier sollte ein Austausch angestoßen werden, um klar zu regeln, wer mit welchen Pflichten, Rechten und Mandaten ausgestattet ist. Hier sollte das Monitoringzentrum über die Einbindung des BMUV einen Dialog anstoßen. Als wichtig im Zusammenhang mit einem Austausch zwischen den Akteuren wurde auch genannt, dass es in den **bestehenden Gremien** bereits viele Erfahrungen gibt, welche Vorgehensweisen (zum Beispiel bei der Anpassung von Methoden) bisher bereits erfolgreich angewendet wurden, beziehungsweise welche Ansätze erfahrungsgemäß weniger erfolgversprechend sind. Hier könne das Monitoringzentrum den geeigneten Rahmen für regelmäßige Beratungsgespräche oder Austauschtreffen schaffen.

8 Resümee und Ausblick

Resümee

Das Nationale Monitoringzentrum zur Biodiversität hat die Aufgabe, das bundesweite Biodiversitätsmonitoring weiterzuentwickeln und zu verbessern. Ein wichtiger Baustein ist das Monitoring der Bodenbiodiversität, welches durch das Fachgremium am Monitoringzentrum konzipiert wird. Auf der Tagung wurden erste Grundlagen für ein zukünftiges Konzept eines bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings sowie Vorschläge für die Etablierung bundesweiter Basis-Monitoringmodule vorgestellt und mit einem breiten Expert*innenkreis diskutiert. Die teilnehmenden Akteure haben ihre Expertise für die Ausgestaltung des zukünftigen bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitoring aktiv eingebracht und zeigten eine hohe Bereitschaft und Zustimmung für die Umsetzung. 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.

C. Lachmann, Leiterin des Fachgremiums: „Es war eine sehr spannende Fachtagung. Gemeinsam konnten verschiedene Punkte für ein bundesweites Bodenbiodiversitätsmonitoring aufbauend auf den vorhandenen und in Entwicklung befindlichen Monitoringaktivitäten diskutiert und erarbeitet werden.“

Schlussfolgerungen für die Konzipierung des Bodenbiodiversitätsmonitorings

Der ökosystemare Ansatz sollte in der **Zielstellung** für das bundesweite Bodenbiodiversitätsmonitoring stärker berücksichtigt und die Priorisierung der Ziele überdacht werden. Die Beratung von Entscheidungsträgern und Landnutzenden durch die Ableitung von wirkungsvollen Maßnahmen und Strategien zum Schutz der Bodenbiodiversität werden als besonders starke Motivatoren für das Bodenbiodiversitätsmonitoring und den Bodenschutz gesehen. Mit dem Ziel einer Sensibilisierung für den Wert der Bodenbiodiversität werden Möglichkeiten, Interessierte und Landnutzende aktiv in das Monitoring einzubeziehen, für die Zielformulierungen und das Konzept berücksichtigt.

Die **Monitoringmodule** werden mit einer klaren Fragestellung mit Auswertekonzept hinterlegt sein. Insbesondere für das Basisprogramm werden Synergien mit bestehen Monitoringaktivitäten genutzt. Im Basisprogramm werden verschiedene Stressoren auf verschiedene trophische Ebenen und Größenklassen des Bodenlebens berücksichtigt. Ergänzungsmodule adressieren spezifische Fragestellungen und zielen zum Beispiel auf die Überprüfung der Effizienz von Maßnahmen ab.

Relevante modulspezifische **Begleitdatensets** werden unter Berücksichtigung der genannten Ergänzungen zum vorgestellten Mindestbegleitdatenset erarbeitet. Das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ wird dabei eng mit dem Fachgremium „Verbesserung der Verfügbarkeit von Daten zu Einflussgrößen“ zusammenarbeiten, insbesondere hinsichtlich der vorgeschlagenen Kategorisierung der Parameter (räumliche und zeitliche Variabilität und daraus abgeleitete Messhäufigkeiten und Abschätzung der Notwendigkeit einer In-situ-Erhebung).

Die genannten Voraussetzungen für eine gelungene **Umsetzung** des Bodenbiodiversitätsmonitoring betreffen unter anderem auch übergreifend das bundesweite Biodiversitätsmonitoring. Das Portal des Monitoringzentrums (ehemals „Informations- und Vernetzungsplattform“), das sich derzeit in der Konzeptionierungsphase befindet, soll zukünftig unter anderem Schnittstellen zu bestehenden Dateninfrastrukturen herstellen sowie Informationen zu Methoden(-handbüchern), Protokollen, Publikationen und Schulungs- und Fortbildungsangeboten gebündelt zur Verfügung zu stellen.

Das Monitoringzentrum und das Bodenmonitoringzentrum am UBA (das ebenfalls im Fachgremium vertreten ist) stehen in engem Austausch und kooperieren in Bezug auf die ANK-Maßnahme 6.4., die eine bundesweite Basiserfassung der Bodenbiodiversität vorsieht.

Im Zuge der Erstellung des Eckpunktepapiers und der Ist-Analyse zu den Monitoringprogrammen mit Boden(biodiversitäts)bezug konnten bereits vielversprechende **Synergiepotentiale** identifiziert werden. Die existierenden Stichprobenkulissen werden auf ihre Eignung zum Ableiten von lebensraumtypbezogene Referenzdaten für die Beurteilung eines guten ökologischen Bodenzustandes geprüft (klimatische, geographische und ökologische Gradienten). Um Synergien zwischen existierenden Programmen weiter festigen zu können, wird die

Entwicklung gemeinsam genutzter Methodenstandards mit den Ländern, dem Bund und der Forschung vorangebracht.

9 Danksagung

Das Team des Monitoringzentrums und die Mitglieder des Fachgremiums „Monitoring der Bodenbiodiversität und seiner Funktionen“ danken allen Teilnehmenden für die vielfältigen Beiträge und engagierten Beteiligungen an den Diskussionen und Gesprächen! Ein besonderer Dank gilt allen Referenten und Referentinnen, die mit informativen Beiträgen in Form von Vorträgen oder Postern die Fachtagung bereichert haben. Das Team des Monitoringzentrums bedankt sich außerdem ganz herzlich beim Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz und Willi Xylander für die Bereitstellung der VR-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“ als Begleitprogramm für die Tagung. Für die gelungene technische Umsetzung der Veranstaltung danken wir dem Team des Mediencampus Villa Ida.

Ihre Unterstützung hat zum Gelingen und zum Erfolg der Veranstaltung in großem Maße beigetragen!

Literaturverzeichnis

- Barth, N.; Borho, W.; Cordsen, E.; Heller, C.; Höper, H.; Ludwig, B.; Marx, M.; Meesenburg, H.; Spörlein, P.; Weller, M. (2022): Einrichtung, Betrieb und Auswertung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen; LABO-Redaktionsgruppe „Boden-Dauerbeobachtung“.
- Kaufmann-Boll, C.; Kern, M.; Niederschmidt, S. (2020): Bodendaten in Deutschland. Übersicht über die wichtigsten Mess- und Erhebungsaktivitäten für Böden. 3. Auflage.
- Kaufmann-Boll, C.; Kern, M.; Kastler, M.; Niederschmidt, S.; Kappler, W.; Müller, F.; Oellers, J.; Toschki, A.; Steffens, M.; Wiesmeier, M.; Mathews, J. (2022): Konzeption und Umsetzung eines Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds für Bodenbiologie und organische Bodensubstanz. Teil A: Abschlussbericht zum bodenfachlichen Teil und Teil B: Konzept für den Start des Klimafolgen-Bodenmonitoring-Verbunds. Umweltbundesamt.
- Liu B., Arlotti D., Huyghebaert B., Tebbe C.C. (2022) Disentangling the impact of contrasting agricultural management practices on soil microbial communities – Importance of rare bacterial community members. *Soil Biol Biochem* 166. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.10857>.
- Liu, B.; Schroeder, J.; Ahnemann, H.; Poeplau, C.; Tebbe, C. C. (2023): Crop diversification improves the diversity and network structure of the prokaryotic soil microbiome at conventional nitrogen fertilization. *Plant Soil* 489:259–276.
- Monitoringzentrum (unveröffentlicht): Ist-Analyse bundesweit repräsentativer Monitoringprogramme.

A Anhang

A.1 Tagesordnung der Fachtagung „Ziele des bundesweiten Biodiversitätsmonitorings“

Montag, 05. Juni 2023 1. TAG			
Ab 11:00	Einlass • Registrierung • Aufbau Posterausstellung	 	Foyer
12:00–13:00	Mittagsimbiss	 	Wintergarten
13:00–13:20	Moderation: <i>Michael Pütsch, NMZB, BfN</i> Begrüßung und Vorstellung der bisherigen Arbeiten des NMZB • <i>Dr. Christina Lachmann, stellvertretende Leitung des NMZB</i>		Schillersaal 1
13:20–14:30	Session 1: Plenarvorträge mit anschließender Diskussion Bodenleben: Biodiversität, Bedeutung, Bedrohung, Bewirtschaftung und Bewertung • <i>Prof. Dr. Nico Eisenhauer, Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv)</i> Transfer von Bodenbiodiversitätsthemen in die Gesellschaft • <i>Prof. Dr. Willi Xylander, Direktor des Senckenberg Museums für Naturkunde Görlitz</i> Politisch/rechtlicher Hintergrund des Bodenmonitorings in Deutschland und der EU • <i>Dr. Ingo Böttcher & Padia Lariu, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)</i> Ein Boden-Deal für Europa: Die Boden-Mission der EU • <i>Dr. David Butler Manning, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)</i>		Schillersaal 1
14:30–15:00	Nachmittagspause		Schillersaal 2 / Wintergarten
15:00–15:30	Poster-Pitch		Schillersaal 1
15:30–17:30	Session 2: Plenarvorträge mit anschließender Diskussion Kernpunkte für ein integriertes Monitoring von Boden-Biodiversität • <i>Prof. Dr. Martina Roß-Nickoll, RWTH Aachen University, Dr. Andreas Toschki, Forschungsinstitut gaiac</i> Erfolgreiche 35 Jahre Regenwurmmonitoring auf landwirtschaftlich genutzter Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Bayern – was lässt sich daraus ableiten? • <i>Roswitha Walter, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)</i> Nationales Monitoring von Bodenmikrobiomen im Agrarland – Was geht und was macht Sinn? • <i>Prof. Dr. Christoph Tebbe, Thünen-Institut für Biodiversität</i> Vorstellung des Rechercheprojektes "Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxistauglichkeit" • <i>Dr. Markus Simon, Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie</i>		Schillersaal 1
Ab 18:00	Get-Together im Restaurant La Che		Restaurant

Abb. 4: Tagungsprogramm Tag 1

Dienstag, 06. Juni 2023 2. TAG			
Ab 08:00	Einlass	 	Foyer
08:30–9:00	Vorstellung der Arbeit des Fachgremiums zum Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen • Dr. Christina Lachmann, Vorsitz Fachgremium, stellvertretende Leitung NMZB Moderation: Michael Pütsch, NMZB, BfN		Schillersaal 1
09:10–10:00	Fachsession 1: Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitäts-Monitoring Fünf parallele World Cafés mit kurzem Input • Moderation durch Mitarbeitende des NMZB		Seminarräume (OG) + Schillersaal (EG) Außenbereich (EG)
10:00–11:00	Poster-Session • Kaffeepause	 	Schillersaal 2 / Wintergarten
11:00–12:30	Fachsession 2: Wege für ein bundesweites Bodenbiodiversitäts-Monitoring Fünf parallele World Cafés mit kurzem Input • Moderation durch Mitarbeitende des NMZB		Seminarräume (OG) + Schillersaal (EG) Außenbereich (EG)
12:30–13:30	Mittagsimbiss	 	Wintergarten
13:30–14:30	Vorstellung der Ergebnisse der Fachsessions und Plenardiskussion Moderation: Michael Pütsch, NMZB, BfN		Schillersaal 1
14:30–16:00	Verabschiedung und Ausklang	 	
Virtual Reality Erlebnis „Abenteuer Bodenleben“			
Mittels der Virtual-Reality-Anwendung „Abenteuer Bodenleben“ aus dem Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz können die Teilnehmenden in die Rolle einer Landassell schlüpfen und das Bodenleben auf Augenhöhe erkunden. Erleben Sie eine 10-min Expedition in die Welt unter unseren Füßen. Link: https://vr-bodenleben.senckenberg.de/vr-anwendung/			
Poster-Ausstellung			
1. Erfassung von Bodenmikrobiomen für ein nationales Agrar-Monitoring • <i>Thünen Institut für Biodiversität</i> 2. Erfassung der chemischen Belastung von landwirtschaftlichen Böden in Deutschland • <i>Umweltbundesamt</i> 3. Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen • <i>Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie</i> 4. Erste Ergebnisse bodenzoologischer Untersuchungen der niedersächsischen Boden-Dauerbeobachtung • <i>IFAB Institut für Angewandte Bodenbiologie GmbH</i> 5. Datenbasierte Referenzwerte für Bodenbiodiversitätsmonitoring • <i>Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz</i> 6. Moorbodenmonitoring: Updated Map of organic soils • <i>Thünen Institut</i> 7. Die Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald: Hintergrund, Ziele und Methodik • <i>Thünen-Institut für Waldökosysteme</i> 8. Die Rolle des Staatlichen Museums für Naturkunde Karlsruhe als Landesbiodiversitätsrepositorium in Baden-Württemberg. Proben- und Datenmanagement, Taxonkompetenz und Forschung • <i>Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe</i> 9. Das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“ • <i>NMZB</i> 10. Einblick in bisherige Ausarbeitungen des Fachgremiums • <i>NMZB</i> 11. Ist-Analyse bestehender/geplanter Monitoringaktivitäten • <i>NMZB</i> 12. Rechercheprojekt „Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxisstauglichkeit“ • <i>NMZB</i>			

Abb. 5: Tagungsprogramm Tag 2

A.2 Zusammenfassung der Vorträge

Bodenleben: Biodiversität, Bedeutung, Bedrohung, Bewirtschaftung und Bewertung

- Prof. Dr. Nico Eisenhauer, Deutsches Zentrum für integrative Biodiversitätsforschung (iDiv)

Das Leben im Boden ist bunt, vielfältig und von besonderer Wichtigkeit für das Funktionieren unserer Ökosysteme. In diesem Einführungsvortrag stelle ich die Vielfalt des Bodenlebens vor, bespreche ihre Bedeutung für essentielle Ökosystemleistungen und gehe auf Gefährdungspotenziale ein. Da einige der bisherigen Naturschutzvorhaben die biologische Vielfalt im Boden und deren Funktionsweise kaum fördern, müssen gezielte Maßnahmen ergriffen werden, um Ökosysteme nachhaltig zu bewirtschaften und resilient gegenüber Klimaextremereignissen zu machen. Ein zukünftiges Monitoringprogramm der Bodenbiodiversität sollte deshalb solche Maßnahmen über breite Umweltgradienten hinweg begleiten. Indikatoren gesunden Bodenlebens sollten die taxonomische und funktionelle Vielfalt berücksichtigen (Zusammenfassung von N. Eisenhauer).

Transfer von Bodenbiodiversitätsthemen in die Gesellschaft

- Prof. Dr. Willi Xylander, Senckenbergmuseum für Naturkunde Görlitz

Boden und dessen Bewohner haben in der täglichen Wahrnehmung durch Bürger und Medien ein schlechtes Image. Dies liegt nicht zuletzt an mangelndem Wissen auf allen Ebenen. Das Senckenberg Museum für Naturkunde als Forschungseinrichtung mit einem Schwerpunkt auf Bodenbiodiversitätsforschung hat es sich zur Aufgabe gestellt, dem Wissensdefizit und der negativen Wahrnehmung entgegenzuwirken. Seit 1995 entstanden 3 internationale Wanderausstellungen zum Thema Boden, die an über 30 Standorten im In- und Ausland mehr als 1,2 Millionen Besucher verzeichneten. Die aktuelle Ausstellung „Die dünne Haut der Erde – Unsere Böden“ zeigt mit hochwertigen Modellen, interaktiven Medien, zahlreichen hands-on-Stationen und einer weltweit einmaligen virtual-reality-Animation die Vielfalt des Bodenlebens und dessen ökosystemaren Leistungen, aber auch Bodenzerstörung und ihre Ursachen. Museumspädagogische Angebote für Schulklassen und unterschiedliche Bildungsträger vermitteln die verschiedenen Bodentiergruppen am Museum in Görlitz; eine umfangreiche Lehrerhandreichung hilft bei der Vor- und Nachbereitung des Stoffs und innovativen Unterrichtsformen zum Thema Boden. Eine kostenfreie App zur Determination von Vertretern der Boden-Makrofauna ermöglicht Laien, die (meisten) Tiere zu bestimmen und die Funddaten an das open-source-Senckenberg-Datawarehouse „Edaphobase“ zu übermitteln. Populärwissenschaftliche Publikationen, digitale und analoge Spiele und Kinderbücher zu Bodentieren ermöglichen einen niederschweligen Zugang zum Thema und helfen, Vorbehalte abzubauen und Bodenbiodiversität als wichtigen und wertvollen Teil des ökologischen Miteinanders wahrzunehmen (Zusammenfassung von W. Xylander).

Politisch/rechtlicher Hintergrund des Bodenmonitorings in Deutschland und Europa

- Padia Lariu & Dr. Ingo Böttcher, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV)
 - Rechtliche Grundlagen des Bodenschutzes: Vorstellung BBodSchG und BBodschV
 - Aktuelle Entwicklungen in der EU: EU-Bodenstrategie für 2030, Soil Health Law (jetzt Soil Monitoring Law), EU Soil Observatory – EUSO, EU-Bodenmission

- Aktueller Stand in Deutschland: Eckpunkte der Novellierung des BBodSchG, Aktionsprogramm Natürlicher Klimaschutz, Nationale Moorstrategie
- Nationales Bodenmonitoringzentrum: Einrichtung beim UBA; enge Abstimmung und Kooperation mit Daten erhebenden Stellen geplant; derzeit Erarbeitung des Konzepts

(Zusammenfassung vom Monitoringzentrum erstellt)

Ein Boden-Deal für Europa: Die Boden-Mission der EU

- Dr. David Butler Manning, Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
 - Vorstellung der Ziele (100 Living Labs und Leuchttürme, um den Weg zu gesunden Böden bis 2030 zu bereiten) und Bausteine (Wissen, Daten, Technologien und Infrastrukturen; Netzwerk von echten Standorten; Bodengesundheitsmonitoring und -berichterstattung; Zielgerichtet Kommunikation, Training und Beratung) der Boden-Mission
 - „Soil biodiversity including the microbiome“ ist einer von vier „Innovation Hotspots“, die Teil des Soil Mission Implementation Plan sind. Aktivitäten hierzu sollen zu einem besseren Verständnis führen, wie Bodenbiodiversität Bodenfunktionen und -leistungen reguliert und mit Pflanzen interagiert (hinsichtlich Resilienz gegenüber Schädlingen oder Krankheit).
 - Kurze Vorstellung einiger geförderter Projektbeispiele: SoildiverAgro, SOILGUARD, HoliSoils, NOVASOIL, Biodiversity Genomics Europe, Biomonitor4CAP, SIEUSOIL

(Zusammenfassung vom Monitoringzentrum erstellt)

Kernpunkte für ein integriertes Monitoring von Bodenbiodiversität

- Prof. Dr. Martina Roß-Nickoll, Institut für Umweltforschung, RWTH Aachen University und Dr. Andreas Toschki, Forschungsinstitut gaiac
 - Anpassung der Taxa im Konkurrenzgefüge der Biozönose an den jeweiligen Lebensraum -> taxonübergreifende Musterausbildung der Lebensgemeinschaft
 - Verknüpfung oberirdischer und unterirdischer Taxa werden in Netzwerkanalysen sichtbar
 - Lebensraumtypische Referenzwerte für Bodenbiodiversität als ökologische Bewertungsgrundlage (naturnahe Biotoptypen als Referenz, Abbildung ökologisch wirksamer Gradienten, Messung von wesentlichen Einflussgrößen)
 - Auswahl der Bodenorganismen anhand von Größenklassen, Ernährungstypen, Lebensform, Informationsgehalt und Praktikabilität
 - Vorstellen von Standardmethoden, Anforderungen an Datenmanagement und dem Konzept für ein „Integriertes Monitoring“

(Zusammenfassung vom Monitoringzentrum erstellt)

Erfolgreiche 35 Jahre Regenwurmmonitoring auf landwirtschaftlich genutzten Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern – Was lässt sich daraus ableiten?

- Roswitha Walter, LfL Bayern, Institut für Agrarökologie und Biologischen Landbau

Auf 80 Acker- und 18 Grünland-Bodendauerbeobachtungsflächen in Bayern erfolgt seit 35 Jahren ein Regenwurmmonitoring über eine Austreibungsmethode. Ergebnisse der Trendanalyse über die Diversität der Regenwürmer (Shannon Index) und die Abundanz der tiefgrabenden Zeigerart *Lumbricus terrestris* werden vorgestellt.

Auf den Acker-BDF war eine signifikant positive Trendentwicklung in der Diversität der Regenwürmer und in der Abundanz von *Lumbricus terrestris* feststellbar. Als erklärender Einflussfaktor dafür wurde in einer Modellanalyse die Bodenbearbeitung als Schlüsselfaktor identifiziert, vor allem wenn über eine längere Zeit nicht gepflügt wurde, nahm die Zeigerart zu. Der Anstieg der jährlich pfluglos bewirtschafteten Acker-BDF von unter 20 % im Jahr 1985 auf knapp 40 % im Jahr 2018 trug zur positiven Entwicklung von *Lumbricus terrestris* bei. Auf den 18 Grünland-BDF war seit 1985 für keine der beiden Indikatoren ein signifikanter Trend feststellbar. Dennoch war zunächst ein Bestandsanstieg von *Lumbricus terrestris* bis zur dritten Probenahmeserie zu beobachten, der in der letzten und vierten Serie (2011 bis 2018) auf das Ausgangsniveau zurückfiel. Die Anzahl der Grünland-BDF ist allerdings zu gering für repräsentative Aussagen. In der letzten Probenahmeserie wurde, um den Erfassungsgrad der Regenwürmer zu verbessern, die Austreibungsmethode auf allen Bodendauerbeobachtungsflächen um eine Handauslese erweitert. Basierend auf diesen fundierten Daten war es möglich Kennwerte zur Abundanz, Biomasse und Artenvielfalt der Regenwürmer für die Nutzungen Acker und Grünland zu ermitteln. Zudem wurde mit Hilfe von Korrelationsanalysen und explorativen Modellanalysen, die den Regenwurmbestand steuernden Bewirtschaftungs- und Klimafaktoren identifiziert. Daraus lassen sich Empfehlungen zur gezielten Förderung von Regenwürmern ableiten (Zusammenfassung von R. Walter).

Nationales Monitoring von Bodenmikrobiomen im Agrarland – Was geht und was macht Sinn?

- Prof. Dr. Christoph Tebbe, Thünen Institut für Biodiversität, Braunschweig

Bodenmikrobiome sind komplexe, hoch diverse Lebensgemeinschaften aus Bakterien, Archaeen, Pilzen, Protisten und Viren. Ihre positiven Ökosystemleistungen können nicht überschätzt werden: Sie bauen organische Substrate ab und Bodensubstanz auf, sie stabilisieren die Bodenstruktur, sie treiben biogeo-chemische Stoffkreisläufe an, bauen Pestizide ab, und sie fungieren als Nährstoffspeicher und Förderer des Pflanzenwachstums. Aber sie können auch Treibhausgase produzieren und Pflanzenkrankheiten verursachen. Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass die Stabilität der positiven Ökosystemleistungen mit der Diversität von Mikrobiomen korreliert.

Die Biodiversität der Mikrobiome reagiert auf Landnutzungswechsel, Agrarmanagement und Klimawandel – und es ist bis heute kaum möglich, die Konsequenzen mikrobieller Veränderungen für ihre Ökosystemleistungen vorauszusagen. Eigene Untersuchungen auf Feldskala belegen, dass auf Agrarflächen diversifizierte Anbausysteme die mikrobielle Biomasse und Vielfalt von Bodenmikrobiomen fördern können (Liu et al., 2022) und zu hohe Stickstoffgaben sich eher negativ auf Netzwerkstrukturen von Mikrobiomen auswirken (Liu et al., 2023).

Um die Auswirkungen von Agrarmaßnahmen besser zu verstehen und auch langfristige Veränderungen vorauszusagen ist jedoch ein Monitoring auf größerer Skala notwendig. Dies könnte zum Beispiel mit einer Integration von Mikrobiom-Monitoring in Bodenzustandserhebungen erfolgen. Dabei sollte der Fokus auf direkten Analysen von Bodennukleinsäuren liegen, da nur so die Biodiversität von Mikrobien realistisch abgebildet werden kann.

Bisher existieren jedoch weder Standards zur Beprobung noch zur Analyse von Mikrobiomen. Sollte ein Monitoring auf DNA- oder RNA-Ebene erfolgen? Welchen Einfluss hat die räumliche und zeitliche Variabilität im saisonalen Verlauf auf die Ergebnisse von Mikrobiom-Analysen? Welche Indikatorpotentiale besitzen dominante und/oder seltene Taxa, wie ähnlich oder unterschiedlich reagieren Pilze, Bakterien, Archaeen und Protisten. Sollte die strukturelle oder die funktionelle Diversität erfasst werden? Sollte die relative oder absolute Abundanz gemessen werden? Welche neuen Perspektiven eröffnen sich durch Big Data?

Im Rahmen des MonViA Projekts werden am Thünen Institut Arbeiten durchgeführt, diese oben genannten Fragen zu beantworten und Vorschläge für ein nationales Monitoring zu erarbeiten. Beispielhaft werden Ergebnisse hieraus vorgestellt. Auf Grundlage der Boden-Charakteristika aus der Bodenzustandserhebung BZE-LW, die von 2011 bis 2017 stattfand, wurden bereits 192 aus 2.234 Agrar-Standorten ausgewählt, die im Zuge der aktuellen Bodenzustandserhebung für ein Bodenmikrobiom-Monitoring zur Evaluierung der Methodik genutzt werden sollen (Zusammenfassung von C. Tebbe).

Vorstellung des Rechercheprojektes "Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxistauglichkeit"

- Dr. Markus Simon, Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie

Die Bodenbiodiversität und ihre Funktionen wurden bereits zur Eröffnung des Monitoring-zentrums 2021 als ein Schwerpunktthema identifiziert. Dieses Thema wird durch ein Fachgremium bearbeitet, das in einem Basiskonzept essentielle Grundlagen und erste Vorschläge von Modulen für ein bundesweites Monitoring der Bodenbiodiversität erarbeitet, mit dem Fokus auf eine kurz- bis mittelfristige Umsetzung. Die Entwicklung eines konzeptionellen Ansatzes zur Auswahl von Bodenorganismen und deren Funktionen auf Grundlage des aktuellen Wissensstands ist eine essentielle Komponente des Basiskonzepts. Ziel des Vorhabens ist es, eine aktuelle Informationsgrundlage zum Kenntnisstand, zur Aussagekraft und praktischen Erfordernissen (Praktikabilität) der Erfassung von Bodenorganismengruppen und deren Funktionen zusammenzutragen. Des Weiteren werden bestehende Lücken im Kenntnisstand oder Limitierungen in der Erfassung und Analyse aufgedeckt und somit Forschungs- und Handlungsbedarfe aufgezeigt. Ebenso wird ein Bewertungsansatz zur Verwendung von Metabarcoding als Bestimmungsmethode im Vergleich oder in Kombination zu den etablierten morphologisch basierten Bestimmungsansätzen angefertigt. Details zu den entwickelten Recherche- und Bewertungskategorien sind dem Poster im Anhang A.3 zu entnehmen. Die Ergebnisse dieser Analyse werden anschließend in den Gremien des Monitoringzentrums ausgewertet und weiterentwickelt bevor sie in das Basiskonzept einfließen.

(Zusammenfassung vom Monitoringzentrum erstellt)

A.3 Rechercheprojekt

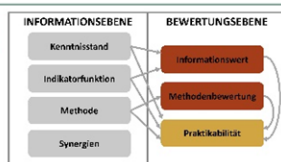
Rechercheprojekt: „Erfassung von Bodenorganismen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitätsmonitoring: Kenntnisstand und Praxistauglichkeit“



ÜBERBLICK ZUM RECHERCHEPROJEKT:

- ZIEL:** strukturierte Informationszusammenstellung zur Beurteilung der Eignung von Bodenorganismengruppen und deren Funktionen in einem bundesweiten Biodiversitäts-Monitoring als Grundlage für die Organismenauswahl
- UMFANG:**
 - Zusammentragen und Dokumentieren (Literaturdatenbank) der Informationen Entwicklung und Umsetzung eines Bewertungsschemas zur Beurteilung des Informationswertes, der Methoden und der Praktikabilität
 - Potentiale des Metabarcodings zur Erfassung der Bodenfauna herausarbeiten
 - Abschlussbericht: Aufarbeitung der Bewertung der Eignung

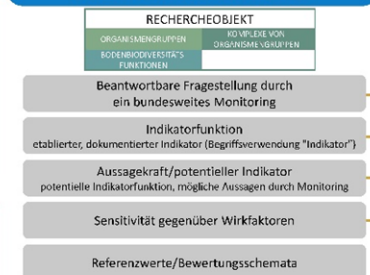
LEGENDE



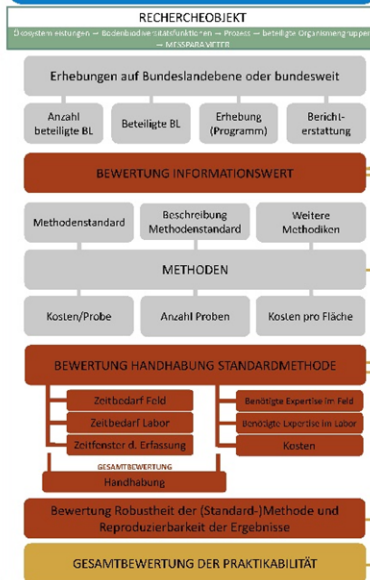
RECHERCHE- OBJEKTE



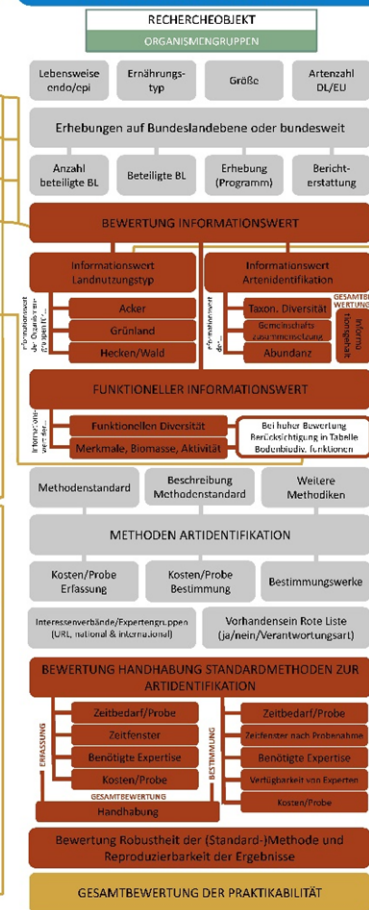
INDIKATORFUNKTION



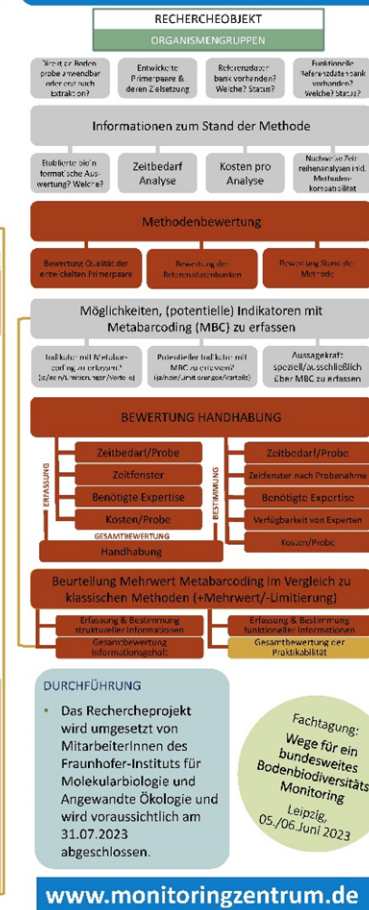
BODENBIODIV.-FUNKTIONEN



BODENORGANISMEN



METABARCODING



www.monitoringzentrum.de