

LABO

**Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft
Bodenschutz**

**Erarbeitung einer bundesweiten, länder-
übergreifenden, kleinmaßstäbigen Boden-
funktionsbewertung**

**Vorgelegt von der gemeinsamen Arbeitsgruppe „Erarbeitung einer bundesweiten, länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung“ der AG-Boden und des
Ständigen Ausschusses „Vorsorgender Bodenschutz“ (BOVA)
zur 68. LABO-Sitzung**

Impressum

Herausgeber:

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)
unter dem Vorsitz des Landes Brandenburg

E-Mail: LABO@mluk.brandenburg.de

Homepage: www.labodeutschland.de

Bearbeitung:

AG-Boden und BOVA-Arbeitsgruppe „Erarbeitung einer bundesweiten, länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung“

- Dr. Olaf Düwel (MU NI)
- Dr. Edzard Hangen (LfU BY)
- Dr. Klaus-Jörg Hartmann (LAGB ST, ab 2023)
- Dr. Henrik Helbig (LGB ST)
- Arvid Markert (LBGR BB)
- Dr. Walter Martin (LfU BY, bis 07/2023)
- Kirstin Marx (UBA)
- Dr. Dorthe Pflanz (LGBR RLP)
- Dr. Heinz Peter Schrey (GD NW, bis 06/2024)
- Bernd Siemer (LfULG SN)
- Dr. Robin Stadtmann (LBEG NI)
- Dr. Florian Stange (BGR) (Leitung der Arbeitsgruppe)
- Dr. Steffen Werner (GD NW)

Redaktion:

Stand: 27.08.2025

[Veröffentlichungsdatum]

Das Papier wurde durch die 68. LABO am 24. September 2025 in Potsdam beschlossen.

Die UMK hat der Veröffentlichung des Papiers im Umlaufbeschluss ... zugestimmt.

Die Bearbeitung erfolgte auf Basis des Produktdatenblatts BOVA-13.

Lizensierung:

Der Text dieses Werkes wird, wenn nicht anders vermerkt, unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International zur Verfügung gestellt.

CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>)

Quellenangaben siehe jeweilige Abbildung, Abbildungen von der LABO haben keine Angaben

Zitievorschlag:

LABO ([Veröffentlichungsdatum]): Erarbeitung einer bundesweiten, länderübergreifenden, kleinmaßstäbigen Bodenfunktionsbewertung

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Begriffsbestimmungen.....	VII
1. Veranlassung und Ziele	1
2. Aufgabe	3
3. Rahmenbedingungen.....	4
3.1 Datengrundlage	4
3.2 Bewertungsmethoden.....	6
3.3 Zugrundeliegende Eckpunkte für die Bearbeitung.....	6
4. Umsetzung	8
4.1 Funktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	9
4.1.1 Allgemeines	9
4.1.2 Definitionen	9
4.1.3 Kriterien	10
4.1.4 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen	12
Zusammenfassung	12
4.2 Funktionen des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen.....	13
4.2.1 Allgemeines	13
4.2.2 Definition	13
4.2.3 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen	15
Zusammenfassung	15
4.3 Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen	16
4.3.1 Allgemeines	16
4.3.2 Definition	16
4.3.3 Kriterien	17
4.3.4 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen	18
Zusammenfassung	18

4.4	Böden mit bedeutender Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	19
4.4.1	Allgemeines	19
4.4.2	Definition	19
4.4.3	Kriterien	20
4.4.4	Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen	22
	Zusammenfassung	22
4.5	Empfindlichkeit	23
4.5.1	Allgemeines	23
4.5.2	Definition	23
4.5.3	Kriterien	23
4.5.4	Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen	24
	Zusammenfassung	24
4.6	Zusammenfassende Bewertung	25
4.6.1	Allgemeines	25
4.6.2	Methode	26
	Zusammenfassung	27
5.	Fazit und Ausblick	28
6.	Quellenverzeichnis	30
7.	Anhang	34
7.1	Anhang A: Übersichtstabelle zu den Methoden der Bundesländer	34
7.2	Anhang B: Bisher erstellte Karten für Kennwerte und Teilfunktionen nach den beschriebenen Methoden	43
7.3	Anhang C: Erläuterungen zum Höldermittel als Methode zur zusammenfassenden Bewertung	44

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Abbild der blattschnittfreien Bodenübersichtskarte BÜK250 als Grundlage für die mit der bundesweiten, länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung zu erarbeitenden Auswertekarten. Für diese Auswertung steht der Datensatz der BÜK250 zur Verfügung (BGR 2024). 5
- Abbildung 2:** Flussdiagramm des Müncheberger **Soil Quality Ratings (SQR)** nach DWA 2018 (vereinfacht). Aus den aufgelisteten Bodeneigenschaften und Kennwerten ergeben sich Basisindikatoren, die aufsummiert werden. Detailliert ist die vollständige Methode beschrieben in: AG Boden 2010b sowie DWA 2018. 11
- Abbildung A3:** Darstellung des Einflusses von Exponent p auf die Bewertung der Fläche bei der vorgeschlagenen Stufeneinteilung, links $P=1$, mitte $p=4$, rechts $p=\infty$. In den ersten beiden Spalten und den ersten beiden Zeilen stehen die 4 Werte die auf der farblich dargestellten Fläche mittels des Höldermittels gemittelt werden. 44
- Abbildung A4:** Darstellung des Einflusses von Stufengrenzen auf die Bewertung der Fläche bei dem vorgeschlagenen Exponenten $p=4$. In den ersten beiden Spalten und den ersten beiden Zeilen stehen die 4 Werte die auf der farblich dargestellten Fläche mittels des Höldermittels gemittelt werden. Links sind die Bewertungsstufen 0-
 $<1,5; 1,5-2,5; 2,5-3,5; 3,5-4,5; \geq 4,5$; Mitte die oben vorgeschlagenen Stufengrenzen, rechts 0-1 >1-2; >2-3; >3-4; >4. 45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zu den Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG und der Unterteilung in Teilfunktionen, in Anlehnung an AG Boden 2024 (Tab. A1). Farbig hervorgehoben die Teilfunktionen, für die in diesem Bericht Bewertungsverfahren vorgeschlagen werden. Darunter ebenfalls in diesem Bericht behandelte ergänzende Aspekte und die ausgewählten Empfindlichkeiten. Auf die Auswahlkriterien zu den vorgeschlagenen Teilfunktionen wird in den jeweiligen Kapiteln eingegangen.	8
Tabelle 2: Ausgewählte Bewertungskriterien und besonders relevante Kennwerte/Parameter für die Bewertung.	10
Tabelle 3: Bodenteilfunktion zur Beschreibung des Naturhaushalts, insbesondere des Wasserkreislaufs.	13
Tabelle 4: Bewertung der Retentionskapazität für 2 m; 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = hoch, 5 = sehr hoch. Einteilung nach Bug et al. 2022, Tab. 1, Verknüpfungsregel 6.2.55; der Wert RK_{1m} [mm] wurde verdoppelt um die Zielgröße RK_{2m} zu erhalten.	14
Tabelle 5: Bewertung der Infiltrationsleistung; 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = hoch, 5 = sehr hoch. Die kf-Stufe wird in Anlehnung an Bug et al. 2022 nach AG Boden 2024 (Tab. B9) zugeordnet.	14
Tabelle 6: Ausgewählte Bewertungskriterien und die dafür relevanten Kennwerte/Parameter für die Bewertung der Bodenteilfunktionen der Bodenfunktion Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaufunktion.	17
Tabelle 7: Kriterien für die Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte in Anlehnung an LABO (2011).	21
Tabelle 8: Beschreibung von potentiellen Gefährdungen und Empfindlichkeiten. Mit einem * gekennzeichnete Parameter stellen relevante, an dieser Stelle aber noch nicht berücksichtigte Einflussgrößen dar. Diese sollten bei einer Abschätzung einer Erosionsgefährdung unbedingt einbezogen werden.	24
Tabelle A9: Übersichtstabelle zu den Bodenfunktionsbewertungsverfahren der Bundesländer. Stand der Recherche: 2020. Hinweis: In den Leitfäden werden die Begriffe Kriterium und Bodenteilfunktion nicht einheitlich genutzt. In dieser Tabelle wurde die Benennung an die Terminologie der vorliegenden LABO-Leitfäden angeglichen (v.a. LABO 2003).	34

Begriffsbestimmungen

Den Arbeiten zur Bodenbewertung wurden die im Folgenden zusammengestellten, etablierten Begriffsdefinitionen zugrunde gelegt (vgl. LABO 2003, BGR o.J., Bug et al. 2020) (hierarchische Ordnung, nicht alphabetisch):

Bodenfunktionen

... i.S.d. § 2 Abs. 2 Nr. 1 u. 2 BBodSchG sind funktionale Ausprägungen zur Wahrnehmung bestimmter, natürlicher und archivarischer Leistungen des Bodens. Mit Hilfe dieser Bodenfunktionen können in Planungs- und Genehmigungsverfahren grundlegende Teile der Funktions- und Leistungsfähigkeit des Bodens i.S.d. § 1 BBodSchG zum vorsorgenden Bodenschutz charakterisiert werden (Bsp. Regelungsfunktion).

Bodenteilfunktionen

... bilden dabei Teilespekte von Bodenfunktionen ab und ermöglichen eine differenzierte Bewertung der Funktionsfähigkeit von Böden im Hinblick auf eine Zielaussage anhand definierter Prüfmerkmale (Bsp. Funktion des Bodens im Wasserhaushalt).

Kriterien

... sind Prüfmerkmale oder spezifische Eigenschaften eines Bodens und stellen im Allgemeinen keine direkt messbare Größe dar. Damit sollen Boden(teil)funktionen für die Bewertung der Funktionsfähigkeit des Bodens konkret beschrieben werden, um den Erfüllungsgrad einer Boden(teil)funktion prüfen zu können. Zur Beschreibung einer Boden(teil)funktion können gegebenenfalls mehrere Kriterien erforderlich sein. Da ein Kriterium im Allgemeinen keine direkt messbare Größe darstellt, ist eine Beschreibung durch weitere geeignete Parameter, ggf. durch deren Verknüpfung (Verknüpfungsregeln), notwendig (Bsp. Abflussregulierung).

Methoden

... sind eine Folge von Verarbeitungsschritten, in denen aus Eingangsdaten weitere Daten bzw. Kennwerte gewonnen werden. Am Ende einer Methode steht eine Bewertung des finalen Kennwerts.

Verknüpfungsregel (VKR)

... sind die Untereinheiten von Methoden. Die Methoden beruhen i. d. R. auf empirisch ermittelten und in VKR beschriebenen Zusammenhängen.

Kennwert

... ist ein fachliches Datum und wird mittels einer definierten Methode bzw. Verknüpfungsregel aus bestimmten Eingangsdaten abgeleitet, die z. T. auch im Gelände oder im Labor direkt erhoben werden.

Parameter

... sind Bodeneigenschaften oder direkt daraus abgeleitete Werte, die die konkreten Ausprägungen eines Bodens unmittelbar beschreiben bzw. abbilden. Sie stellen im Allgemeinen direkt messbare Größen dar und dienen als Eingangsdaten zur Ableitung von Kennwerten. Parameter werden regelmäßig durch Kartierungen im Gelände bzw.

durch Probennahme und nachfolgende bodenchemische oder bodenphysikalische Untersuchungen aufgenommen.

inhärente Bodeneigenschaften

... sind die Eigenschaften eines Standortes, die nur durch den Boden bestimmt werden.

Potenzielle und aktuelle Funktionserfüllung

Bei der Bewertung von Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten können unterschiedliche Informationstiefen angestrebt werden. Jeder Bewertung zugrunde liegen müssen inhärente Bodeneigenschaften, wie die Bodenart oder der Grobbodenanteil. Diese bestimmen nicht nur wesentlich das Potenzial des Bodens, die Bodenfunktionen zu erfüllen, sondern auch seine Empfindlichkeit gegenüber Einwirkungen. Neben diesen Bodeneigenschaften sind allerdings auch Standortfaktoren wie das Klima oder das Relief von Bedeutung, um diese Potenziale bzw. Gefährdungen möglichst genau abzubilden. Die inhärenten Bodeneigenschaften bilden gemeinsam mit den Standorteigenschaften die Grundlage für die genaue Potenzialbewertung (u.a. Vogel et al. 2019). Über dieses Potenzial hinaus können auch noch stärker veränderliche Bodeneigenschaften (Wirkfaktoren) herangezogen werden, um die aktuelle Funktionserfüllung möglichst realitätsnah zu bewerten (z.B. organischer Kohlenstoffgehalt, pH-Wert oder Bodenfeuchteverhältnisse). Je besser die eingehenden Informationen aufgelöst sind und dem aktuellen Systemzustand entsprechen, desto näher wird die dynamische tatsächliche Funktionserfüllung abgebildet. Viele etablierte Verfahren der Bodenfunktionsbewertung nutzen mehrere der genannten Datenkategorien.

Potenzielle und aktuelle Gefährdung

Von der potenziellen Gefährdung (Empfindlichkeit) muss die aktuelle Gefährdung unterschieden werden. Die aktuelle Gefährdung ist ein Kriterium, das die potentielle Gefährdung um die zum Zeitpunkt der Beurteilung wirkenden Einflussfaktoren/Wirkfaktoren (s.o.) ergänzt. So kann z.B. durch die Einbeziehung von Klimadaten, Hangneigung, Bodenbedeckung und Bewirtschaftung bzw. anderweitige Nutzung die aktuelle Gefährdung durch Bodenerosion abgebildet werden, während eine Beschränkung auf bodeninhärente Eigenschaften lediglich einen Teilespekt abbildet.

1. Veranlassung und Ziele

Der Boden erfüllt umfangreiche Funktionen für Mensch und Umwelt und sichert damit heutiges und zukünftiges Leben. Durch Faktoren, wie die pro Tag um 51 ha (Durchschnitt für die Jahre 2020 bis 2023; Destatis, 2025) in Deutschland wachsende Siedlungs- und Verkehrsfläche, ist diese lebensnotwendige Ressource gefährdet.

Mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) werden ausdrücklich die Funktionen des Bodens geschützt (vgl. §§ 1 & 2 BBodSchG). Die Bewertung der Funktionserfüllung und der Empfindlichkeit von Böden bildet daher eine zentrale Grundlage des vorsorgenden Bodenschutzes und Voraussetzung dafür, dass Böden in Planungsprozessen berücksichtigt und Beeinträchtigungen der natürlichen Bodenfunktionen sowie der Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte weitestgehend vermieden werden.

Um diese gesetzliche Aufgabe erfüllen zu können, wurden auf Länderebene unterschiedliche Verfahren zur Bewertung der Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten entwickelt (Herweg & Helbig 2017, Miller et al. 2020). Durch die Bewertung der Bodenfunktionen und potentieller Gefährdungen (Empfindlichkeit) kann z.B.:

- die Darstellung des aktuellen Zustands der Bodenfunktionen (Funktionserfüllung),
- die Bewertung von Veränderungen durch Einwirkungen (Auswirkungsprognose),
- der Vergleich unterschiedlicher Planungsvarianten, Flächen und Flächennutzungen gegeneinander (Alternativenvergleich),
- die Identifikation von Vermeidungs- und Minderungsmaßnahmen sowie bodenbezogenen Kompensationsbedarfen oder
- die Ausweisung von Flächen mit besonderem Schutzbedarf (z.B. aufgrund besonderer Funktionserfüllung oder Empfindlichkeit)

erreicht werden. Bisher gibt es für länderübergreifende Vorhaben allerdings keine bundesweit abgestimmte Vorgehensweise zur Bewertung der Bodenfunktionen und Empfindlichkeiten (vgl. Kap. 2 und 3).

Aktuelle Entwicklungen und damit verbundene Infrastrukturmaßnahmen, wie z.B. Erdkabelvorhaben, zeigen, dass Bewertungen auf länderübergreifender Ebene notwendig sind, um die Inanspruchnahme von Böden bei diesen Vorhaben gezielt zu lenken und Beeinträchtigungen des Schutzwerts Boden zu vermeiden oder zu mindern. Die LABO gab hierzu bereits Empfehlungen für erdverlegte Höchstspannungsleitungen auf Basis des bundesweiten Datenbestands ab (LABO 2018). Auch andere große Infrastrukturprojekte wie Trassenplanungen des Schienen- und Straßenbaus erfordern die möglichst frühzeitige Einbringung der Bodenschutzbelange. Der Bedarf wird in dem Umweltbericht zur Bundesbedarfsermittlung (<https://www.netzausbau.de/umweltbericht>) deutlich. In diesem Planwerk werden auf Bundesebene die Auswirkungen von Vorhaben des Netzausbau betrachtet. Seit 2024 wird für einige Vorhaben bereits auf Bun-

desebene über Präferenzzäume ein schmaler Korridor für den Verlauf von Stromleitungen festgelegt und so der Verlauf in den Bundesländern auf Basis kleinmaßstäbiger Daten vorgegeben. Hier ist eine maßstabsgerechte, möglichst hochauflösende Bewertung der Bodenfunktionen, Empfindlichkeiten und Bauwiderstände erforderlich, um besonders schutzwürdige oder empfindliche Böden und Bauwiderstände umgehen zu können. Um bei Projekten mit aufeinanderfolgenden Planungsstufen, die auf Bodeninformationen unterschiedlicher Maßstäbe basieren, widersprüchliche Aussagen der Bewertungen in den Planungsstufen zu vermeiden, sollten darüber hinaus auch die gewählten Bewertungsmethoden vergleichbar sein.

Darüber hinaus gibt es auch in anderen bodenschutzrelevanten Bereichen auf europäischer oder Bundesebene inhaltliche Weiterentwicklungen. Mit dem Ziel, die Bodengesundheit in der Europäischen Union kontinuierlich zu verbessern und einen gesunden Zustand für alle Böden zu erreichen, hat die europäische Kommission am 5. Juli 2023 einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Bodenüberwachung und -resilienz (Bodenüberwachungsgesetz) vorgelegt. „Bodengesundheit“ wird darin als der physikalische, chemische und biologische Zustand des Bodens und die sich daraus ergebende Fähigkeit des Bodens, als lebenswichtiges Ökosystem zu funktionieren und Ökosystemleistungen zu erbringen, beschrieben. Bodenfunktionen bilden die Grundlage dafür, dass Ökosystemleistungen erbracht werden können (Adhikary & Hartemink 2016). Deshalb ist zu erwarten, dass die Bewertung von Bodenfunktionen ein wichtiger Baustein auch zur Bewertung von Ökosystemleistungen werden wird. Die durch das Bundesumweltministerium geplante Neufassung des BBodSchG zeigt zudem mögliche Entwicklungsbedarfe der vorliegenden Bewertungsverfahren auf. So könnte die zentrale Rolle von Böden im Klimasystem stärker betont werden, die im Kontext des Klimawandels als „Klimafunktion“ bezeichnet wird (Willand et al. 2014, Bodle et al. 2023) und wegen der Funktionen des Bodens als Kohlenstoffspeicher und -senke sowie für die Kühlung der unteren Atmosphäre (Miller et al. 2020) zunehmend relevant wird. Weiter wurde mit der Bundeskompensationsverordnung (BKompV) aus dem Jahr 2020 ein bundesweiter Rahmen zur Vermeidung und Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft bei Vorhaben im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung vorgelegt, welcher auch die Betrachtung der natürlichen Bodenfunktionen und der Archivfunktion enthält (BfN & BMU 2021).

Die genannten Beispiele und Entwicklungen zeigen, dass Bodeninformationen und Bewertungsverfahren auf unterschiedlichen Ebenen benötigt werden. Für länderübergreifende Planungen bestehen hier noch Defizite. Bodenkundliche Datengrundlagen und Bewertungen enden meist an Landesgrenzen und erfordern eine Anpassung der Methoden für vergleichbare Ergebnisse, was insbesondere für überregionale Planungen problematisch ist. Dies stellt u.a. Vorhabensträger und Planungsbüros bei der Erarbeitung von Genehmigungsunterlagen vor Herausforderungen und kann zudem die Position des Bodenschutzes schwächen. Die seit Ende 2024 vorliegende blattschnittsfreie Bodenübersichtskarte 1:250.000 (BÜK250), die die Verbreitung von Böden bzw. Bodengesellschaften bundesweit einheitlich abbildet, bietet nun die Möglichkeit, eine länderübergreifende Auswertung in einem für Planung und Bodenschutz zielführenden Maßstab bereitzustellen.

2. Aufgabe

Um die geschilderten Defizite zu beheben haben LABO (Beschluss zu TOP 16 i.d. 56. Sitzung) und BLA-GEO (Beschluss Umlaufbeschluss vom 13.01.2020) eine Arbeitsgruppe aus Bund und Ländern mit der Erarbeitung von Vorschlägen zu einer kleinmaßstäbigen, länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung beauftragt, die für die obere Planungsebene auf Basis bundesweit vorliegender Kartenwerke, insbesondere der BÜK250¹ umgesetzt werden kann. Die Arbeitsgruppe hat den Arbeitsauftrag erhalten zu prüfen, welche Methoden für eine deutschlandweite Bewertung der Bodenfunktionen bzw. Boden(teil)funktionen einheitlich festzulegen und zu definieren. Auf dieser Basis sollten Bewertungskriterien und die diesen zugrundeliegende Kennwerte bzw. Parameter zusammengetragen werden. Darüber hinaus waren Vorschläge für eine zusammenfassende Bewertung zu erarbeiten.

¹ bei Erteilung des Arbeitsauftrags Vorgängerprodukt BÜK200

3. Rahmenbedingungen

Die Bewertung von Böden setzt eine ausreichende Datengrundlage für die betrachtete Maßstabsebene und geeignete bodenkundliche Auswertungsmethoden voraus.

3.1 Datengrundlage

Zu Beginn der Arbeiten lagen für eine bundesweite Bodenfunktionsbewertung die 55 Bodenübersichtskarten im Maßstab 1:200.000 (BÜK200) mit Flächendatensätzen und eine erste Version der Sachdatenbank vor (BGR 2020). Die Arbeiten an der bundesweit einheitlichen und flächendeckenden Bodeninformationsgrundlage wurde in den letzten Jahren durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und die Staatlichen Geologischen Dienste der Bundesländer kontinuierlich fortgesetzt. So konnte 2024 das Nachfolgewerk, die blattschnittsfreie Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:250.000 ([BÜK250](#)), basierend auf dem Digitalen Landschaftsmodell 1:250.000 (DLM250) des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG) veröffentlicht werden. In der Sachdatenbank der BÜK250 sind die Profilinformationen für die flächenrepräsentativen Leit- und Begleitböden der vom Blattschnitt unabhängigen 2171 Legendeneinheiten gespeichert. Alle Profil- und Horizontdaten sind diesen Legendeneinheiten zugeordnet. „Mit der BÜK250 steht eine detaillierte, bundesweit flächendeckende Informationsgrundlage für länderübergreifende Aussagen zu Bodennutzung und Bodenschutz in Deutschland für die Politikberatung, Forschungseinrichtungen und die breite Fachöffentlichkeit zur Verfügung“ (BGR 2024).

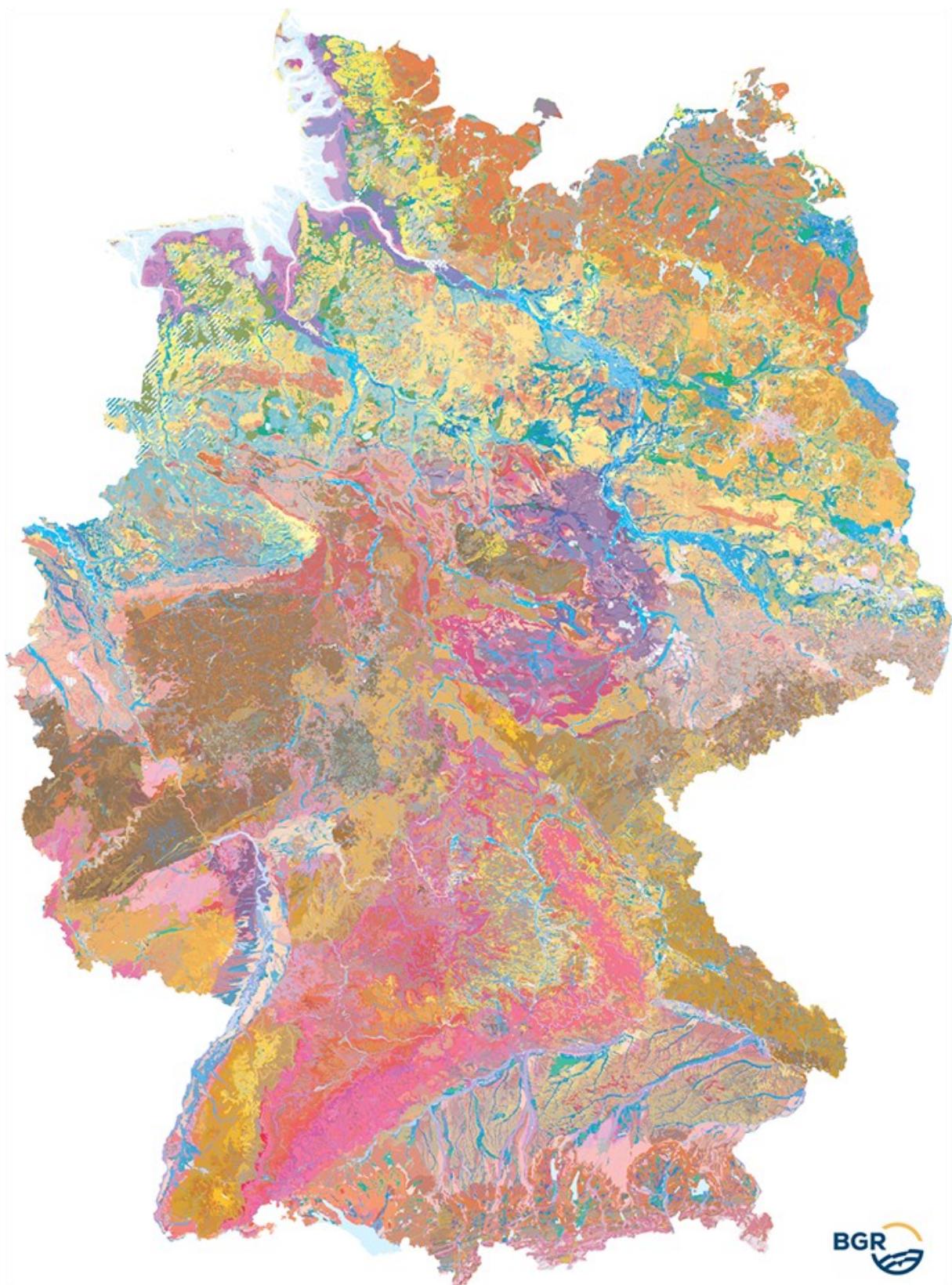


Abbildung 1: Abbild der blattschnittfreien Bodenübersichtskarte BÜK250 als Grundlage für die mit der bundesweiten, länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung zu erarbeitenden Auswertekarten. Für diese Auswertung steht der Datensatz der BÜK250 zur Verfügung (BGR 2024).

3.2 Bewertungsmethoden

In den Bundesländern sind unterschiedliche Verfahren und Bewertungsmethoden entwickelt worden, die den regionalen Gegebenheiten angepasst sind. Durch die LABO wurde 2003 ein Konsortium beauftragt, die verfügbaren Methoden zusammenzufassen, zu strukturieren und Vergleichbarkeit zu schaffen (LABO 2003). Die AG Boden erarbeitete Methodenkataloge, in denen die Bewertungsmethoden der Länder und bundesweit umgesetzte Methoden dokumentiert wurden (z.B. BGR & Ad-hoc-AG Boden 2000, Ad-hoc-AG Boden 2003, Ad-hoc-AG Boden 2007). Die notwendige Aktualisierung dieser Kataloge erfolgt aktuell durch die AG Boden. Darüber hinaus wird die stärkere Berücksichtigung der Rolle des Bodens im Klimasystem, die Auswirkungen des Klimawandels und die Bedeutung für die Klimafolgenanpassung durch eine andere Arbeitsgruppe der AG Boden bearbeitet. Zu Beginn der Arbeiten lagen noch keine auf der BÜK200/250 bundesweit umgesetzten Bewertungsmethoden vor.

3.3 Zugrundeliegende Eckpunkte für die Bearbeitung

In einer Entscheidungsvorlage des BOVA für die 56. Sitzung der LABO wurden folgende Eckpunkte für eine bundesweite, länderübergreifende Bodenfunktionsbewertung (BFB) formuliert:

- Eine bundesweite, länderübergreifende BFB für die obere Planungsebene (1:500.000/ 1:200.000/ 1:100.000) ist erforderlich und machbar.
- Die bundesweite, länderübergreifende BFB ist nicht als Ersatz für bestehende großmaßstäbliche Bodenbewertungsverfahren zu sehen.
- Grundlage soll die Bodenübersichtskarte 1:250.000 (BÜK250) sein (ursprünglich BÜK200).
- Dabei soll auf den Ergebnissen des Endberichtes „Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit“, LFP-Projekt im Auftrag der LABO 2003 (vgl. <http://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/LABO-B-12-02-endbericht.pdf>), aufgebaut werden.
- Relevante Planungstypen sind insbesondere Planungen für lineare Bauvorhaben, z.B. Wasserstraßen, Leitungen und Verkehrsinfrastruktur.
- Die zu bewertenden Bodenfunktionen bzw. Bodenteilfunktionen müssen länderübergreifend einheitlich definiert werden. Auf dieser Basis sind Kriterien und Parameter abzuleiten sowie Vorschläge für eine zusammenfassende Bewertung zu erarbeiten.
- Im ersten Schritt soll lediglich eine länderübergreifende Bodenfunktionsbewertung erstellt werden und erst in einem eventuellen zweiten Schritt die Harmonisierung der Verfahren aller Bundesländer für großmaßstäbige BFB erfolgen.
- Für die Entscheidung, eine bundesweite, länderübergreifende BFB zu entwickeln, und für die Verfahren zur Bewertung der Bodenfunktionen sind die Umweltverwaltungen zuständig, für die Entwicklung von Methoden zur Auswertung

und Erhebung von Daten die Staatlichen Geologischen Dienste. Daher bedarf es eines gemeinsamen und abgestimmten Vorgehens.

- Bei der Erarbeitung eines Vorschlages für eine bundesweite, länderübergreifende BFB soll die Empfindlichkeit von Böden bzw. die Empfindlichkeit der Bodenfunktionen länderübergreifend geprüft werden.

Auf Grundlage des diese Eckpunkte berücksichtigenden Arbeitsauftrags, sowie weitergehenden fachlichen Gesichtspunkten wurden folgende weitere Rahmenbedingungen von der Arbeitsgruppe abgeleitet:

- Die Bewertungen sollen sich auf die natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktion nach BBodSchG fokussieren.
- Es soll auf den Ergebnissen der oben benannten Arbeiten von LABO und AG Boden aufgebaut werden.
- Mit den abgestimmten Methoden werden Bewertungskarten erstellt, die in einem Portal der Öffentlichkeit zugängig gemacht werden sollen.
- In diesem ersten Schritt wird der Schwerpunkt auf die Eigenschaften des Bodens gelegt und es werden Auswertungsmethoden gewählt, die grundsätzlich auf diesen inhärenten Eigenschaften basieren. Welche weiteren Eingangsdaten (insbesondere Klimadaten) die Aussagen dieser Methoden verbessern könnten, müsste in nachfolgenden Arbeiten aufgezeigt werden.
- Die Bewertungstiefe, die eine sehr einflussreiche Größe bei der Funktionsbewertung darstellt, soll abhängig von den zu beschreibenden Teilfunktionen gewählt werden. Die BÜK250 bietet eine bundesweit einheitliche Datengrundlage bis 2 Meter Tiefe und somit die Möglichkeit zur differenzierten Betrachtung.
- Es wird empfohlen, auf eine 5-stufige Klassifizierung bei der Bewertung zurückzugreifen, da diese den meisten Länderbewertungen entspricht.

Die Bundeskompensationsverordnung (BKompV) hat eine 6-stufige Klassifizierung. Dabei werden nach BKompV Anlage 1 (zu § 4 Absatz 3 und § 6 Absatz 1 und 2) die natürlichen Bodenfunktionen in 5 Klassen von Stufe 2 „gering“ bis Stufe 6 „hervorragend“ bewertet, während Stufe 1 „sehr gering“ die Bedeutung „Fläche versiegelt oder befestigt“ hat und keine Bewertung nach der Funktionserfüllung stattfindet. Entsprechend stimmt die hier vorgeschlagene Bewertung dann mit der BKompV überein, wenn alle Bewertungsstufen um eine Klasse angehoben werden (d.h. die hier ausgewiesene Bewertungsstufe 5 „sehr hoch“ entspricht BKompV-Stufe 6 „hervorragend“, bzw. die BKompV-Stufe 1 „sehr gering“ würde einer Stufe 0 in unserer Bewertung entsprechen).

4. Umsetzung

Gemäß Kapitel 3 werden die Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG unter primärer Nutzung der bodeninhärenten Eigenschaften bewertet. Darüber hinaus wird die Empfindlichkeit von Böden gegenüber ausgewählten Wirkfaktoren bearbeitet (vgl. jeweils Tab. 1).

Tabelle 1: Übersicht zu den Bodenfunktionen nach § 2 BBodSchG und der Unterteilung in Teilfunktionen, in Anlehnung an AG Boden 2024 (Tab. A1). Farbig hervorgehoben die Teilfunktionen, für die in diesem Bericht Bewertungsverfahren vorgeschlagen werden. Darunter ebenfalls in diesem Bericht behandelte ergänzende Aspekte und die ausgewählten Empfindlichkeiten. Auf die Auswahlkriterien zu den vorgeschlagenen Teilfunktionen wird in den jeweiligen Kapiteln eingegangen.

Natürliche Bodenfunktionen und Archivfunktion (vgl. § 2 BBodSchG)	Bodenteilfunktionen
Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Lebensgrundlage für Menschen Lebensraum für Tiere Lebensraum für Pflanzen Lebensraum für Bodenorganismen
Bestandteil des Naturhaushalts insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen	Funktion des Bodens im Wasserhaushalt Funktion des Bodens Nährstoffhaushalt
Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe Filter und Puffer und Stoffumwandler für organische Schadstoffe Puffervermögen des Bodens für saure Einträge Filter für nicht sorbierbare Stoffe
Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	Archiv der Naturgeschichte Archiv der Kulturgeschichte
Weitere Aspekte mit bodenfunktionalem Bezug	
Naturnähe	
Seltenheit	
Empfindlichkeiten	
Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind	
Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser	
Verdichtungsempfindlichkeit	

Um einen Überblick zu den verfügbaren Methoden zu gewinnen, wurden die in den Bundesländern bewerteten Boden(teil)funktionen und die etablierten Methoden zusammengestellt (siehe Tabelle A1 im Anhang). In der weiteren Umsetzung wurden für die jeweilige Bodenfunktion bzw. Bodenteilfunktion oder Empfindlichkeit Bewertungskriterien ausgewählt. Für das jeweilige Kriterium werden Bewertungsmethoden beschrieben, die auf Basis vorhandener oder ableitbarer Bodendaten (Kennwerte, Parameter) abgebildet werden können.

4.1 Funktion als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen

4.1.1 Allgemeines

Für die Bewertung der Lebensraumfunktion wird der Fokus auf der Bewertung der Teilfunktion „Lebensraum für Pflanzen“ gelegt, welche die anderen Teilfunktionen, insbesondere die als Lebensraum für Tiere, auf dieser Maßstabsebene mit abbilden soll. Als Kriterien werden die „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“ und „Böden mit besonderen Standortbedingungen“ gewählt.

Für die Teilfunktion „Lebensgrundlage für den Menschen“ liegen durch das BBodSchG mit den Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten stoffliche, bundeseinheitliche Bewertungsmaßstäbe vor. Diese können auf dieser übergeordneten Maßstabsebene nicht betrachtet werden. Gleichzeitig werden durch die Teilfunktion „Lebensraum für Pflanzen“ wichtige Aussagen für die Rolle des Bodens als Lebensgrundlage für den Menschen mit abgebildet.

Die große Bedeutung der Funktion des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen sollte auf dieser Maßstabsebene verbal-argumentativ eingebracht werden, da auf Basis der vorliegenden Bodeninformationen (BÜK250) eine zielführende Bewertung nicht möglich ist. Böden sind der artenreichste Lebensraum der Erde (Anthony et al. 2023) und damit ein zentraler Faktor für den Erhalt der Biodiversität. Zudem erbringen Bodenorganismen vielfältige Funktionen und Leistungen im Ökosystem. Das Ziel muss es deshalb sein, die Vielfalt der Bodenorganismen und ihrer Gemeinschaften zu erhalten (Beylich et al. 2005). Bewertungsmethoden zur Einschätzung von zu erwartenden Lebensgemeinschaften oder der potenziellen Verbreitung von Bodenlebewesen liegen grundsätzlich vor (z.B. Beylich et al. 2005) und sind auch Gegenstand der Forschung (z.B. Salako et al. 2023).

4.1.2 Definitionen

Natürliche Bodenfruchtbarkeit:

Natürliche Ertragsfähigkeit des Bodens für höhere Pflanzen.

Böden mit besonderen Standortbedingungen:

Die Bewertung bildet die langfristigen natürlichen Standortbedingungen eines Bodens und dessen Potenzial zur Ausbildung von besonderen Biotopen oder Ökosystemen

ab. Dieses Potenzial gilt unabhängig von der aktuellen Vegetation und anthropogenen Nutzung. Böden mit hoher Funktionserfüllung sind durch häufig extreme Ausprägungen einzelner, den Standort wesentlich bestimmender Eigenschaften gekennzeichnet. Darunter fallen der Bodenwasserhaushalt (Feuchte/Nässe, Trockenheit), Nährstoffspeichervermögen, extreme pH-Werte und erhöhte Salzgehalte.

Tabelle 2: Ausgewählte Bewertungskriterien und besonders relevante Kennwerte/Parameter für die Bewertung.

Bodenteil-funktion		Kriterien	Kennwerte/Parameter
Lebens- raum	Lebensraum für Pflanzen	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum - Grundwasserstufe - Staunässe: Vernässungsgrad/ Vernässungsstufe
	Lebensraum für Pflanzen	Besondere Standortbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum - Grundwasserstufe - Staunässe: Vernässungsgrad/ Vernässungsstufe - KAK_{eff}/KAK_{pot} im effektiven Wurzelraum - Bodentyp (v.a. für Moorböden oder Sonderstandorte wie z.B. salzreiche Böden) - pH-Wert / Pufferbereich

4.1.3 Kriterien

Natürliche Bodenfruchtbarkeit

Als methoden- bzw. bundeslandübergreifend verwendete Kennwerte identifiziert wurden:

- Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe),
- Grund/Stauwassereinfluss.

Häufige, aber nicht einheitliche Verwendung finden zudem die folgenden Parameter:

- Nährstoffangebot im effektiven Wurzelraum,
- Ggf. gesonderte Moorbodenbewertung (z.B. über Bodentyp),
- Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (KWBv),
- Hangneigung (Abschlag beim Bodenwasserhaushalt wg. Oberflächenabfluss).

Böden mit besonderen Standortbedingungen

Die Betrachtung der in den Bundesländern verwendeten Kennwerte ergab folgende wesentliche Schnittmenge bei den eingehenden Parametern:

- nFKWe
- Grund/Stauwassereinfluss
- Nährstoffangebot im effektiven Wurzelraum (z.B. KAK_{eff}/KAK_{pot} im effektiven Wurzelraum)
- Bodentyp (v.a. für Moorböden oder Sonderstandorte wie z.B. salzreiche Böden)
- pH-Wert / Pufferbereich

Zur Bewertung der ausgewählten Kriterien wird das Müncheberger Soil Quality Rating (SQR) empfohlen (vgl. Mueller et al. 2007, DWA 2018). Die Methode liegt in der Methodendokumentation der AG-Boden vor (AG Boden 2010a) und deckt die Tabelle 2 identifizierten Parameter grundsätzlich ab.

Die Bewertung soll vorerst auf die Basisindikatoren 1 bis 7 des SQR beschränkt bleiben. Daher werden die im SQR enthaltenen ertragslimitierenden Gefährdungsindikatoren ausgeklammert, um das Verfahren zu verschlanken und eine allgemeine bzw. ökosystemare anstelle einer landwirtschaftlich fokussierten Aussage zu treffen. Neben der natürlichen Bodenfruchtbarkeit sollen auch die Böden mit besonderen Standortbedingungen über die Basisindikatoren identifiziert werden. Alternativ soll eine Auswertung der in Tabelle 2 aufgeführten Parameter erfolgen, um diese Standorte mit extremen Eigenschaften zu kennzeichnen. Anschließend soll geprüft werden, ob Moorböden durch die Bewertung der besonderen Standortbedingungen als Böden mit sehr hoher Funktionserfüllung hervorgehoben werden.

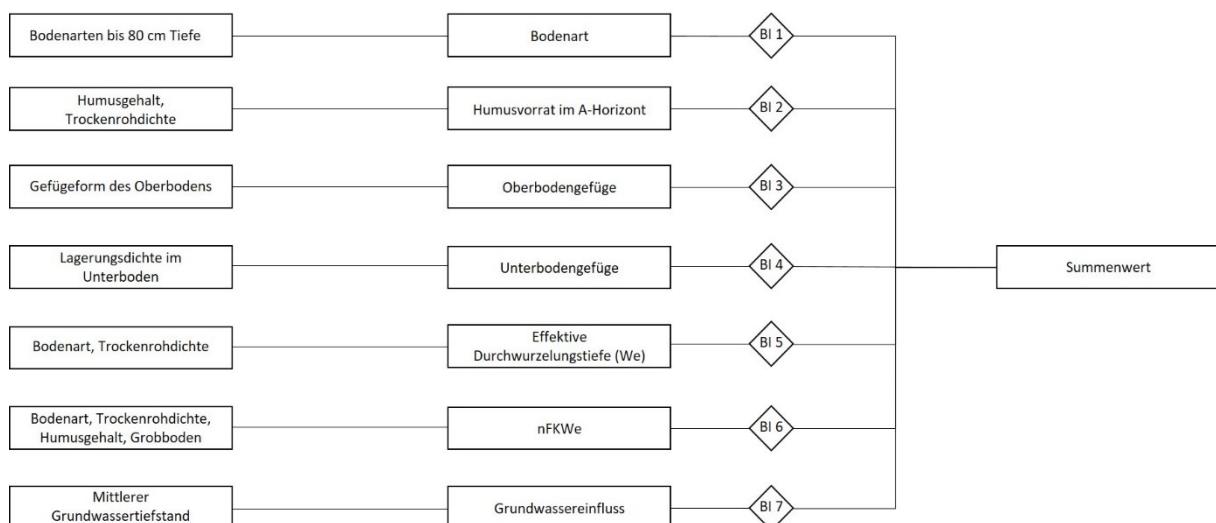


Abbildung 2: Flussdiagramm des Müncheberger Soil Quality Ratings (SQR) nach DWA 2018 (vereinfacht). Aus den aufgelisteten Bodeneigenschaften und Kennwerten ergeben sich Basisindikatoren, die aufsummiert werden. Detailliert ist die vollständige Methode beschrieben in: [AG Boden 2010b](#) sowie DWA 2018.

4.1.4 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen

- Die Bewertung der effektiven Durchwurzelungstiefe kann auf der Maßstabsebene der BÜK250 mit den Standardwerten (Ackernutzung) erfolgen. Auf nachgeordneten Planungsebenen kann entsprechend dem Stand der Technik (KA6, AG Boden 2024) eine weitere nutzungsdifferenzierte Anpassung erfolgen (Wald/Forst, Grünland).
- Es sollte zukünftig eine Differenzierung der Funktionserfüllung durch Klimadaten erfolgen, um zum Beispiel die Wasserversorgung der Vegetation genauer abzubilden.

Zusammenfassung

Für die Bewertung der Lebensraumfunktion wird für den angestrebten Maßstab die Fokussierung auf die Lebensraumfunktion für Pflanzen empfohlen, die durch die Kriterien „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“ und „Besondere Standortbedingungen“ abgebildet wird. Als zu bevorzugende Bewertungsmethode wurde das Müncheberger Soil Quality Rating (SQR) ausgewählt und eine Vereinfachung dieser Methode empfohlen.

4.2 Funktionen des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen

4.2.1 Allgemeines

Die Bodenteilfunktion „Wasserkreislauf“ nimmt eine zentrale Stellung in der Bewertung des Schutzwertes Boden bei raumplanerischen Vorhaben ein (z.B. LUBW 2010; LABO 2018).

Böden haben einen ausgleichenden Effekt auf den Wasserhaushalt. Ist der Boden unversiegelt, kann er Niederschlagswasser aufnehmen, speichern und zeitlich verzögert an die Atmosphäre, an die Vegetation, an die Vorfluter oder an das Grundwasser wieder abgeben (Retention). Damit kann er der Ausbildung von Hochwasserspitzen entgegenwirken. Verdichteter oder versiegelter Boden verhindert die Infiltration und Grundwasserneubildung und führt damit zu vermehrtem oberflächlichem Abfluss des Niederschlages. Daraus resultierende negative Folgen umfassen Erosion, Gewässereutrophierung und insbesondere in gefährdeten Gebieten die Entstehung von Hochwasserspitzen, sowie auch eine Verringerung des grundwasserbezogenen Trinkwasserspeichers (LfU 2003).

Daher ist dafür Sorge zu tragen, dass Böden mit einer hohen Infiltrations- und Wasserspeicherfähigkeit in ihrer Funktion erhalten bleiben.

Die Bodenteilfunktion „Nährstoffhaushalt“ wird hier nicht weiter betrachtet. Komplexere Bewertungsmethoden zur Bewertung der Bodenteilfunktion „Nährstoffhaushalt“ beziehen auch nicht bodeninhärente Einflussgrößen ein. Eine Bewertung allein auf Grundlage bodeninhärenter Einflussgrößen wäre vergleichbar mit der Bewertung der Ausgleichsfunktion (vgl. Kapitel 4.3).

4.2.2 Definition

Die Retentionskapazität beschreibt das Potenzial eines Standortes, Wasser aufzunehmen, in Teilen zu speichern und somit Direktabfluss und Hochwasser zu vermindern (Bug et al. 2022).

Tabelle 3: Bodenteilfunktion zur Beschreibung des Naturhaushalts, insbesondere des Wasserkreislaufs.

	Bodenteilfunktion	Kriterien	Kennwerte/Parameter
Naturhaushalt	Wasserkreislauf	- Retentionskapazität	- nutzbare Feldkapazität (bis 2 m) [mm] - Luftkapazität (bis 2 m) [mm] - Grundwasserstufe
		- Infiltrationsleistung	- gesättigte Wasserleitfähigkeit [cm/d]
	Auenboden	- Auenboden	- Auenboden gemäß Legendeinheit der BÜK250 nach AG Boden 2024, KA6, C83, Klasse A

Die Infiltrationsleistung (IFL) kennzeichnet die Fähigkeit des Bodens, Wasser aufzunehmen und in tiefere Bodenschichten weiterzuleiten (Bug et al. 2022).

Für die Bewertung der Funktion der Böden mit besonderer Bedeutung für den Wasserkreislauf als Bestandteil des Naturhaushaltes wurden als Kriterien herangezogen:

- a) *Retentionskapazität*
- b) *Infiltrationsleistung*
- c) *Auenböden*

Zu a) Die Retentionskapazität beschreibt den verfügbaren Wasserretentionsraum der oberen 2 Meter des Bodens. Dieser Retentionsraum setzt sich aus der Luftkapazität (LK; Grobporen, die Niederschlagswasser maximal 2-3 Tage speichern können) und der nutzbaren Feldkapazität (nFK; Mittelporen) zusammen (Bug et al. 2022). LK und nFK sowie humusbedingte Zu- und Abschläge können der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 6, Tabellen B4 und B6) entnommen werden. LK und nFK der oberen 2 m werden addiert und anhand vorliegender Tabelle (Bug et al. 2022) als Bewertungsstufe ausgedrückt (Tabelle 4). Bei flachgründigen Böden ist die Retentionskapazität vertikal durch das anstehende Festgestein, bei grundwassernahen Böden durch den Grundwasserspiegel begrenzt. Eine Erweiterung des verfügbaren Retentionsraums durch Wasseraufnahme und -verbrauch tief wurzelnder Vegetation wird hier nicht berücksichtigt.

$$RK_{2m} [\text{mm}] = LK_{2m} + nFK_{2m} \quad \text{Gleichung 1}$$

Tabelle 4: Bewertung der Retentionskapazität für 2 m; 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = hoch, 5 = sehr hoch. Einteilung nach Bug et al. 2022, Tab. 1, Verknüpfungsregel 6.2.55; der Wert $RK_{1m} [\text{mm}]$ wurde verdoppelt um die Zielgröße RK_{2m} zu erhalten.

Bewertung der Retentionskapazität					
RK _{2m} [mm]	≤ 320	> 320 - 480	> 480 - 640	> 640 - 800	> 800
Bewertungsstufe	1	2	3	4	5

Zu b) Als Infiltrationsleistung wird die Fähigkeit des Bodens bezeichnet, Wasser aufzunehmen und in tiefere Bodenschichten weiterzuleiten. Die Infiltration in die Bodenoberfläche wird durch die gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) des obersten Bodenhorizonts definiert (Tabelle 5).

Tabelle 5: Bewertung der Infiltrationsleistung; 1 = sehr gering, 2 = gering, 3 = mittel, 4 = hoch, 5 = sehr hoch. Die kf-Stufe wird in Anlehnung an Bug et al. 2022 nach AG Boden 2024 (Tab. B9) zugeordnet.

kf-Stufe des obersten Horizonts	Bewertungsstufe der Infiltrationsleistung				
	geringste kf-Stufe in den oberen 2 Bodenmetern				
5	4	3	2	1	
5	5	5	4	3	2
4	-	4	3	2	2
3	-	-	3	2	1
2	-	-	-	2	1
1	-	-	-	-	1

Etwaige Staueffekte, die sich negativ auf das Versickerungsvermögen des Bodenkörpers auswirken, werden durch den minimalen kf-Wert innerhalb der oberen 2 m berücksichtigt. Über eine Kreuztabelle zwischen der kf-Stufe an der Bodenoberfläche und

der minimalen kf-Stufe der oberen 2 m wird die Infiltrationsleistung als Wertstufe ausgedrückt (Tab. 5) (Bug et al. 2022).

Die Bewertung der Retentionskapazität und der Infiltrationsleistung erfolgt flächendeckend für alle Böden der BÜK250. Böden mit einer geringen Aufnahmekapazität haben bei langanhaltenden Niederschlägen oder Starkregen einen erhöhten Oberflächen- und Zwischenabfluss und steuern damit das Hochwassergeschehen in den Flüssen entscheidend mit. Durch die Kombination von a) und b) kann eine Aussage darüber getroffen werden, welche Böden zur Minderung erhöhten Oberflächen- und Zwischenabflusses von besonderer Bedeutung sind. Böden mit einer hohen Infiltrationsleistung sind zudem wichtige Grundwasserneubildungsgebiete und spielen daher für die Trinkwasserversorgung eine bedeutende Rolle.

Zu c) Eine weitere qualitative Bewertung bietet die Auswahl bestimmter Legendeneinheiten der BÜK250 („Auenböden“). Der Aspekt der Hochwasserretention in Flussauen wird durch die Kriterien unter a) und b) nicht mit abgedeckt. Die Böden in Flussauen erlangen dadurch besondere Bedeutung, dass sich das Flusswasser bei Hochwasser sowohl oberirdisch durch Überflutung als auch unterirdisch über den Auenkörper als ansteigendes Grundwasser in der Aue ausbreitet, was die Höhe des Flusspegels verringert.

4.2.3 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen

Die Eingangsgrößen für die Bewertung der Infiltrationsleistung und der Retentionskapazität sind hier auf bodenkundliche Parameter beschränkt. Unter Zuhilfenahme der Hangneigung kann die Retentionskapazität weiter verfeinert werden. So kann bei Überschreiten einer Hangneigung von z.B. 9% (Vogel et al. 2019) die Retentionskapazität um den Wert der Luftkapazität (LK) verringert und damit dem Wert der nFK gleichgesetzt werden. Grund hierfür ist die hangabwärts gerichtete Mobilisierung des Grobporenwassers, d.h. des Porenraums der LK, und damit Verringerung des im Boden gespeicherten Wasservolumens.

Die kombinierte Bewertung der Retentionskapazität und Infiltrationsleistung kann unter Einbeziehung von Niederschlagsdaten als „Retentionsleistung“ umgesetzt werden (Bug et al. 2022).

Zusammenfassung

Die Bodenteilfunktion „Wasserkreislauf“ wird über die Kriterien „Retentionskapazität“, „Infiltrationsleistung“ und „Auenböden“ abgebildet. Die Retentionskapazität beschreibt das Speichervermögen des Bodens und ist bei der Kappung von Hochwasserspitzen von Bedeutung. Die Infiltrationsleistung charakterisiert den Grad der möglichen Grundwasserneubildung und ist beispielsweise für die Trinkwasserversorgung von besonderem Interesse. Diese beiden Kriterien werden anhand einer 5-stufigen Skala zwischen „sehr gering“ bis „sehr hoch“ bewertet. Das Kriterium „Auenböden“ ist eine qualitative Eigenschaft, die flussnah eine unterirdische Verzögerung von Hochwasserwellen im Gerinne selbst bewirkt.

4.3 Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen

4.3.1 Allgemeines

Die Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaufunktion der Böden beruht auf ihren natürlichen Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften. Dies sind die gleichen Mechanismen wie sie bei der Nährstoffspeicherung, -freisetzung und -festlegung zum Tragen kommen. In welchem Maße Filterung, Pufferung und Stoffumwandlung vorkommen, hängt von den Eigenschaften der Böden und den Eigenschaften der betrachteten Stoffe ab. Aufgrund der teilweise konträren physikochemischen Eigenschaften der zu betrachtenden organischen und anorganischen Stoffe ist nur eine generalisierte Bewertung möglich. Das Verhalten einzelner (Schad)stoffe kann stark von dieser Bewertung abweichen. Grundsätzlich ist jedoch zu beobachten, dass fruchtbare und biotisch aktive Böden ausgeprägtere Fähigkeiten haben, Schadstoffe mechanisch zu filtern, durch Absorption und Fällung chemisch zu puffern und mittels mikrobieller und biochemischer Um- und Abbauvorgänge zu transformieren. Dies ist insbesondere auch im Hinblick auf den Grundwasserschutz und die Reinhaltung von Oberflächengewässern bedeutend.

Methoden- bzw. bundeslandübergreifend verwendete Kennwerte:

Bei den vorhandenen Bewertungen auf Länderebene wird das Rückhaltevermögen eines Bodens für Schadstoffe vor allem in Abhängigkeit vom pH-Wert, sowie vom Ton- und Humusgehalt beschrieben. Die meisten anorganischen Schadstoffe werden verstärkt im sauren Bodenmilieu freigesetzt. In manche Bewertungen geht auch die Humusform ein, dies ist aber auf dieser Maßstabsebene nicht zielführend.

4.3.2 Definition

Filter und Puffer

Böden besitzen die Fähigkeit im Wasser gelöste oder suspendierte Schadstoffe zu filtern. Dies kann durch physikochemische Wechselwirkungen an den aktiven Oberflächen oder durch rein mechanische Mechanismen geschehen. Die Pufferung beruht darauf, dass Schadstoffe durch Adsorption gebunden werden, durch Reaktion mit bodeneigenen Substanzen chemisch gefällt werden oder dass Laugen und Säuren neutralisiert werden.

Aufgrund des stark unterschiedlichen Verhaltens werden separate Kriterien für organische und sorbierbare anorganische Stoffe verwendet.

Umwandlungsraum

Die meisten organischen Stoffe unterliegen im Boden einer biologischen (meist mikrobiellen) Zersetzung. Viele dieser Stoffe können aber auch chemisch oder fotochemisch umgewandelt werden. In ihrem Vermögen, diese Umwandlungen zu gewährleisten, unterscheiden sich Böden aufgrund ihrer Eigenschaften.

4.3.3 Kriterien

Die Bewertung der Bodenfunktion wird auf vier Teilstufen unterteilt, die im Folgenden benannt und denen Bewertungskriterien zugeordnet werden (vgl. Tab. 2). Zur Bewertung der ausgewählten Kriterien wird das Hamburger Verfahren (BUG Hamburg, 2003) mit leichten Anpassungen vorgeschlagen. Die Methode deckt die zuvor aufgelisteten Kennwerte/Parameter grundsätzlich ab.

1. Filter und Puffer für anorganische, sorbierbare Stoffe

Als Kriterien gehen für diese Bodenteilfunktion der A-, B- und C-Wert ein. Diese ergeben sich jeweils aus einem Parameter: dem pH-Wert, dem C_{org} -Wert und dem Ton- und Schluffgehalt. Die Verlagerung und die toxische Wirkung von Schwermetallen wird überwiegend durch die Konzentration in der Bodenlösung bestimmt, für die neben dem Gesamtgehalt des Schwermetalls der pH-Wert maßgeblich ist. Auch wenn die pH-Wert-Abhängigkeit für einzelne Schwermetalle unterschiedlich ist, steigt die Verfügbarkeit der kationischen Schwermetalle mit sinkendem pH-Wert. Durch die Bindung der Schwermetalle vermindern Böden ihre toxische Wirkung auf Lebewesen. Die Lage des Gleichgewichtes zwischen den Gehalten in der Bodenmatrix und den Konzentrationen in der Lösung wird darüber hinaus vor allem vom Humusgehalt und den Sorptionsoberflächen (Ton- und Schluffgehalt) bestimmt. Die Mineralogie des Bodens (z.B. Sesquioxide) kann standortspezifisch zu großen Unterschieden führen, wird hier jedoch nicht weiter betrachtet.

Tabelle 6: Ausgewählte Bewertungskriterien und die dafür relevanten Kennwerte/Parameter für die Bewertung der Bodenteilfunktionen der Bodenfunktion Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaufunktion.

	Bodenteilfunktion	Kriterien	Kennwerte/Parameter
Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaufunktion	Filter & Puffer Schwermetalle	A-Wert B-Wert C- Wert	pH-Wert C_{org} Ton & Schluff
	Filter & Puffer org. Schadstoffe	Humus-Wert Textur-Wert	C_{org} Ton & Schluff
	Stoffumwandlung org. Schadstoffe	mikrobielle Aktivität	C_{org}
	Pufferung Säuren	Säureneutralisationskapazität	Ton, C_{org} , Carbonate pH-Wert

2. Filter und Puffer für organische (Schad)stoffe

Die Verlagerung von organischen Schadstoffen im Boden wird neben den physikochemischen Eigenschaften des Stoffes besonders durch die Sorptionskapazität des Bodens gesteuert. Daher wurden im Hamburger Verfahren die Kriterien Humus-Wert (berechnet aus dem Parameter C_{org}) und Textur-Wert (berechnet aus dem Ton- und Schluffgehalt) definiert.

3. Umwandlungsraum für organische (Schad)stoffe

Die Stoffumwandlung im Boden ist nur zu einem geringen Anteil und häufig nur unter besonderen Bedingungen (z.B. niedriger pH-Wert) chemischer Natur, weitaus häufiger sind mikrobielle Umwandlungen. Daher ist für diese Bodenteilfunktion eine enge Koppelung an die mikrobielle Aktivität sinnvoll. Auf der kleinmaßstäblichen Ebene, für welche

diese Bewertung vorgesehen ist, liegen keine Daten vor, die eine Anwendung des originären Ansatzes des Hamburger Verfahrens ermöglichen. Daher wird vorgeschlagen den stark vereinfachten, aber sehr robusten Ansatz des C_{org} -Gehaltes als Kennwert für die mikrobielle Aktivität zu wählen.

4. Puffervermögen des Bodens gegenüber sauren Einträgen

Böden besitzen verschiedene Puffersysteme gegenüber dem Eintrag von Säuren, die je nach dem im Boden herrschenden pH-Wert aktiv werden. Da der Boden im schwach alkalischen bis schwach sauren Bereich die günstigste Ausprägung der meisten Boden(teil)funktionen besitzt, sollte der Carbonat- bzw. Silikatpufferbereich nicht verlassen werden. Im Hamburger Verfahren wird die Säureneutralisationskapazität (SNK) aus den Bodenparametern Tongehalt, Humusgehalt, Carbonatgehalt und pH-Wert nach der Formel:

$$SNK = 1.232 * \text{Tongehalt [\%]} + 10.116 * \text{Humusgehalt [\%]} + 100 * \text{Carbonatgehalt [\%]} + 29.482 * \text{pH} - 72$$

Gleichung 2

berechnet. Dabei wird zur Bewertung nur die Feinbodenmenge ohne den Skelettanteil des Bodens berücksichtigt. Unsicher ist die Methode allerdings für Torfe, da bisher nur Mineralböden bewertet wurden. Der sehr hohe Gehalt an organischer Substanz wird bei Torfen wahrscheinlich zu einer Überbewertung führen.

4.3.4 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen

Die Vielzahl der in dieser Bodenfunktion bedeutenden Bodenprozesse und Bodeneigenschaften sowie deren Abhängigkeiten untereinander lassen nur eine summarische und generalisierende Betrachtung und Bewertung zu. Hierbei wurde besondere Wichtigkeit dem Schutzaspekt gegenüber solchen Stoffen gegeben, die auf den Boden einwirken und die eine Gefährdung der Schutzwerte Boden und Wasser darstellen. Die Bodenfunktion hat sehr starke Bezüge zum Wasserhaushalt des Bodens, die bei der vorgeschlagenen Bewertung hier unberücksichtigt bleiben, da entsprechende Kriterien bzw. Parameter schon bei der Bodenteilfunktion als Bestandteil des Wasserkreislaufs eingehen. Die stark vereinfachende Beschreibung des Umwandlungsraums für organische Schadstoffe mit dem Parameter C_{org} ist der Datenlage auf der Maßstabsebene 1:250.000 geschuldet. Die aktuellen Arbeiten zur Bodenmikrobiologie und insbesondere auch zur Bodenbiodiversität (u.a. BfN 2021; BfN 2022, Salako et al. 2023) sollten Anlass geben, in Zukunft einen zielgenaueren Kennwert zu entwickeln.

Zusammenfassung

Für die Bewertung der Funktion als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium wird aufgrund der Vielzahl der in dieser Bodenfunktion einfließenden Bodenprozesse und Bodeneigenschaften sowie deren Abhängigkeiten untereinander empfohlen alle 4 Bodenteilfunktionen (Filter und Puffer für anorganische, sorbierbare Stoffe, Filter und Puffer für organische Stoffe, Umwandlungsraum für organische (Schad)stoffe, Puffervermögen des Bodens gegenüber sauren Einträgen) zu bewerten. Dafür wird das Hamburger Verfahren (BUG Hamburg, 2003) ausgewählt, das für den angestrebten Maßstab leicht angepasst wurde.

4.4 Böden mit bedeutender Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

4.4.1 Allgemeines

Alle Böden sind Zeugen der naturräumlichen und der kulturgeschichtlichen Entwicklung der Landschaft. Ausgangsgestein, Klima, Relief, Dauer und Intensität der Bodenentwicklung sowie die Nutzung durch den Menschen wirken auf die Bodeneigenschaften und die Bodenmerkmale ein. Die Spuren dieser Einwirkungen sind oft bis in die Gegenwart zu erkennen, auch wenn ihre Entstehungen lange zurückliegen. Daher liefern Böden durch ihre Ausprägung und ihren Aufbau Hinweise auf die Umwelt- und Klimabedingungen während ihrer Entwicklung und ermöglichen auch Rückschlüsse auf die ehemalige Nutzung durch den Menschen. Somit sind sie Archive der Natur- und Kulturgeschichte einer Landschaft. Die Schutzwürdigkeit von Archivböden basiert nicht auf festen Grenzwerten, sondern auf der Ausprägung bodenbildender Prozesse und ihrem Informationsgehalt über die Landschafts- und Nutzungsgeschichte. Der Schutz zielt auf die Erhaltung der einzigartigen, nicht vollständig extrahierbaren Informationen, die im Boden gespeichert sind – ähnlich wie bei historischen Dokumenten. Damit bilden Böden mit besonderer Erfüllung der Archivfunktion häufig auch Schnittstellen zur Archäologie. Aber auch aus naturschutzfachlicher Sicht können diese Böden mit kulturhistorischer oder geowissenschaftlicher Bedeutung besonders schützenswert sein.

Die Bewertung eines Bodens als Archivboden basiert auf einer detaillierten Beschreibung nach der genetischen Bodenklassifikation.

Archivfunktionen können nicht gleichwertig ersetzt werden, daher sind Eingriffe zu vermeiden. Bei unvermeidbaren Eingriffen können folgende Maßnahmen sinnvoll sein:

- Detaillierte Dokumentation der betroffenen Böden.
- Sicherung von Proben und Anschauungsmaterial bei seltenen Standorten.
- Einrichtung von Ersatzstandorten für Referenzböden.
- Rechtliche Sicherung gleichwertiger Böden im gleichen Planungsraum.

4.4.2 Definition

Böden als Archive der Naturgeschichte:

Nach LABO (2011) werden Archive der Naturgeschichte wie folgt definiert: „Böden, bei denen die rezenten physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften insbesondere Besonderheiten, Eigenarten oder typische Merkmale einer natürlichen Pedogenese dokumentieren (vor allem aufgrund des hohen wissenschaftlichen Informationswertes, ggf. in Kombination mit Seltenheit) und damit gesellschaftlich bedeutsam sind.“

Böden als Archive der Kulturgeschichte

„Archiv der Kulturgeschichte: Böden, bei denen die rezenten physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften insbesondere Besonderheiten, Eigenarten oder typische Merkmale einer anthropogenen geprägten, kulturgeschichtlich bedeutsamen Pedogenese dokumentieren (vor allem aufgrund seines hohen wissenschaftlichen Informationswertes; ggf. in Kombination mit Seltenheit) und damit gesellschaftlich bedeutsam sind“ (LABO 2011).

4.4.3 Kriterien

Zur Ausweisung von Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte wurden folgende Kriterien aus den Vorschlägen von Bosch (1994), Schraps & Schrey (1997), Blossey & Lehle (1998), MUNR (1998), BVB (1999), LABO (2011), GD NRW (2018) LBEG (2019) und LfULG 2022 abgeleitet. Dies erfolgte unter der Anforderung, dass die Kriterien reproduzierbar, allgemeingültig, transparent sowie praktikabel sind und fachliche Differenzierungen zulassen, indem sie auf verfügbaren fachlichen Parametern aufbauen.

Böden mit außergewöhnlichen Faktorenkonstellationen dokumentieren hierbei einzigartige lokale Gegebenheiten (auch außergewöhnliche Ausgangsgesteine), frühere klimatische Bedingungen oder historische Bearbeitungen und sind besonders schützenswert. Kleinräumige Böden, die großflächige Verhältnisse widerspiegeln, sind entscheidend für Langzeitbeobachtungen. Dauerbeobachtungsflächen, Intensivmessstellen und langfristig genutzte Versuchsfelder dienen als unersetzliche Referenzsysteme für die Wissenschaft und damit folglich auch als Grundlage für die Ableitung von Empfehlungen zum Schutz der Böden und zur nachhaltigen Bodennutzung. Böden, deren Archiv bereits durch Forschung erschlossen wurde, sind besonders wertvoll und bedürfen eines strikten Schutzes vor anthropogenen Eingriffen.

Seltene Böden bilden besondere Faktorenkonstellationen ab und können im Bodenschutz eine höhere Priorität haben als großflächig verbreitete Böden. Als selten werden Böden gekennzeichnet, die in Landschaften selten auftreten und/oder infolge ungewöhnlicher Kombinationen der Standortbedingungen (Ausgangsgestein, Klima, Relief) seltene Eigenschaften oder Ausprägungen aufweisen bzw. lokale oder regionale Besonderheiten darstellen (LBEG 2024). Seltenheit ist maßstabsabhängig und basiert auf flächendeckenden und systematischen Kartierungen. Sie variiert je nach Erfassungsmaßstab, wobei großmaßstäbige Karten differenziertere Analysen ermöglichen. Naturnahe Böden können als Referenzen für naturnahe Zustände dienen und zeigen durch den Erhaltungszustand auch erhöhte Wertigkeit als Archive der Natur- und Kulturgeschichte. Naturnahe Böden sind durch den Menschen nicht bzw. nicht wesentlich in ihren natürlichen Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen beeinflusst. Der Natürlichkeitsgrad richtet sich dabei nach dem Grad der Beeinträchtigungen durch Substrat- und Prozessveränderungen infolge von Einwirkungen durch den Menschen. Hierzu gehören beispielsweise die Wirkfaktoren „Versiegelung“, „Verdichtung“, „Vermischung“, „Abtrag/Erosion“, „Auftrag“, „Entwässerung“ und „Schadstoffeinträge“ (LANUV NRW 2010). Naturnahe Böden bieten damit wichtige Referenzpunkte für die Charakterisierung naturnaher Bodenzustände. Solche Böden sind unerlässlich, um natürliche Bodenprozesse und ihre Funktionen zu verstehen und zu erhalten. Die Naturnähe wird über den Einfluss des Menschen auf die Bodenentwicklung bewertet, entweder mittelbar über historische und aktuelle Nutzungsanalysen oder unmittelbar anhand der bodentypologischen Ausprägung. Anthropogene Eingriffe reduzieren die Naturnähe, während natürliche Entwicklungsprozesse diese fördern.

Tabelle 7: Kriterien für die Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte in Anlehnung an LABO (2011).

	Kriterium	Eigenschaften und Beispiele
Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	Repräsentativität	<ul style="list-style-type: none"> • regionaltypische Bodenbildungsprozesse in beispielhafter Ausprägung • Repräsentation vergangener Klimabedingungen (z.B. Tschernoseme oder <i>Terrae Fuscae</i>)
	Wissenschaftliche Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenbildungsprozesse oder spezifische Substrate sind wissenschaftlich dokumentiert • Die Bedeutung eines Archivbodens steigt mit seinem Informationsgehalt und den bereits erhobenen Daten.
	Altersbestimmung	<ul style="list-style-type: none"> • Böden, die durch Methoden wie Pollenanalyse, C14-Datierung oder geochemische Analysen datierbar sind, besitzen hohen wissenschaftlichen und kulturellen Wert. • Hoch- und Niedermoore sind wertvolle Archive lokaler Klima-, Ackerbau- und Nährstoffgeschichte, da sie zuverlässig datierbar sind. • Datierbare Böden dienen sowohl der Natur- als auch der Kulturgeschichtsforschung.
	Naturnähe	<ul style="list-style-type: none"> • Die Naturnähe eines Bodens wird durch seine Nutzungsgeschichte und den Einfluss des Menschen auf seine Entwicklung bewertet. • Naturnahe Böden sind i.d.R. selten und umfassen u.a. intakte Moore, Böden unter naturnahem Wald oder sehr lange extensiv genutztem Grünland. • Anthropogene Überprägungen (z. B. Abgrabung, Versiegelung, Erosion) beeinflussen die Bodenentwicklung und mindern die Natürlichkeit. • Naturnähe ist ein wichtiges, aber meist nicht ausreichendes Kriterium für die Bewertung der Schutzwürdigkeit. Es bedarf historischer Referenzpunkte und detaillierter Analysen, um menschliche Einflüsse von natürlichen Prozessen zu unterscheiden. Starke anthropogene Beeinträchtigungen, wie z.B. durch die Inanspruchnahme von Böden für Siedlungs- und Verkehrsflächen, können jedoch auch im Übersichtsmaßstab festgestellt werden.
	Seltenheit	<ul style="list-style-type: none"> • Seltenheit wird maßstabsabhängig und auf Basis vergleichbarer kartographischer Daten beurteilt. • Seltene Böden sind stärker durch vollständige Zerstörung gefährdet und daher prioritär zu schützen. • Einschränkungen bei der Bewertung entstehen durch Generalisierung in Bodenkarten, die Detailinformationen reduzieren.

Die Berücksichtigung dieser Aspekte trägt maßgeblich dazu bei, sowohl die ökologische als auch die wissenschaftliche Bedeutung von Böden im Rahmen von Schutzmaßnahmen zu unterstreichen. Durch gezielte Maßnahmen kann ihr Erhalt langfristig gesichert werden, was nicht nur aus bodenschutzfachlicher Sicht bedeutsam ist, sondern auch der Erhaltung sensibler Ökosysteme und ihrer Funktionen zugutekommt.

4.4.4 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen

Ein nachhaltiger Schutz von Archivböden erfordert ein professionelles Informationsmanagement, um bestehende Erkenntnisse zu bewahren und eine sachgerechte, funktionserhaltende Nutzung der Böden zu erreichen (LABO 2011). Hierzu müssen, neben Karten im Übersichtsmaßstab, immer auch lokale Informationen und Bedingungen berücksichtigt werden. In den Bodeninformationssystemen der Länder liegen vielfach Informationen zur Verbreitung von Archivböden vor. Daher ist eine Ausweisung dieser Böden immer nur in mittleren oder großen Maßstäben aussagekräftig. Übersichtsmaßstäbe wie die BÜK250 können jedoch zur Ausweisung von Suchräumen genutzt werden, um diese frühzeitig in Planungsvorhaben einzubringen. Sofern mit der Datengrundlage BÜK250 möglich, sollen deshalb Suchräume für Archivböden ermittelt und dargestellt werden.

Zusammenfassung

Archivböden sind wertvolle Speicher natürlicher und kultureller Informationen, da sie die Einflüsse von Ausgangsmaterial, Klima, Relief, Bodenbildungsprozessen und menschlicher Nutzung widerspiegeln. Sie liefern wichtige Hinweise auf Umwelt- und Klimabedingungen sowie die Nutzungsgeschichte einer Landschaft und sind daher essenziell für die Forschung zur Natur- und Kulturgeschichte. Ihre Schutzwürdigkeit beruht nicht auf festen Grenzwerten, sondern auf ihrem Informationsgehalt, der die einzigartige und nicht vollständig extrahierbare Entwicklungsgeschichte dokumentiert. Besonders schützenswert sind typische, charakteristische oder regionale Böden, die repräsentative Umweltbedingungen oder historische Nutzungen widerspiegeln. Eingriffe in Archivböden sollten vermieden werden, da ihre Funktion nicht gleichwertig ersetzt werden kann. Zur Identifikation schutzwürdiger Archivböden dienen die Kriterien Repräsentativität, wissenschaftliche Dokumentation, Naturnähe, Seltenheit und Altersbestimmung. Ein professionelles Informationsmanagement und der Schutz bestehender Forschungsflächen sind unerlässlich, um das Wissen um diese Ressource zu bewahren und für die langfristige Nutzung zu sichern. Die Kriterien Seltenheit und Naturnähe sind entscheidend für den Schutz wertvoller Böden sowie zur Erhaltung sensibler Ökosysteme.

4.5 Empfindlichkeit

4.5.1 Allgemeines

Die Empfindlichkeit ist ein Maß für die Reaktion des Bodens auf externe Einflüsse und umfasst die Fähigkeit des Bodens, seine Funktionen und Eigenschaften unter Belastung mehr oder weniger gut aufrechterhalten zu können. Die Bewertung der Empfindlichkeit eines Bodens soll die Einflussfaktoren/Wirkfaktoren aufzeigen, gegenüber denen die Böden empfindlich reagieren und das Potenzial der Gefährdung bestimmen. Schädliche Einwirkungen sind dabei Einflussfaktoren/Wirkfaktoren, die von außen auf den Boden wirken (z.B. Landnutzung, Immissionen, Be- und Entwässerungen, Auf- und Abträge von (Boden-)Materialien) und durch ihre Wirkung eine Gefährdung der Bodenfunktionen bedeuten können. Obwohl die Empfindlichkeit nicht mit einer Bodenfunktion gleich zu setzen ist, so ist sie doch eng mit Bodenfunktionen verknüpft. Die Kenntnis der Bodenempfindlichkeit ist entscheidend für eine nachhaltige Bodennutzung und den Schutz vor Degradation.

4.5.2 Definition

Bodenempfindlichkeit (Gefährdungspotenzial)

Die Empfindlichkeit eines Bodens beschreibt das potenzielle Ausmaß von schädlichen Einwirkungen auf den Boden und seine Funktionen über das Maß seiner Widerstandsfähigkeit hinaus. Die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) eines Bodens gegen schädliche Einwirkungen hängt von seinen inhärenten Bodeneigenschaften ab. Die Empfindlichkeit eines Bodens ist somit gleichzusetzen mit „Anfälligkeit gegenüber schädlichen Bodenveränderungen“ bzw. „Gefährdungspotenzial“.

4.5.3 Kriterien

Die Widerstandsfähigkeit eines Bodens gegen schädliche Einwirkungen hängt wesentlich von seinen inhärenten Bodeneigenschaften ab. Somit kann eine Bodenempfindlichkeitsbewertung auf Grundlage der BÜK250 mit ihren Legendeneinheiten vorgenommen werden. Für die Erosionsgefährdung sehr wichtige Einflussgrößen, wie die Bodenbedeckung oder die Hangneigung, sind an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt.

Tabelle 8: Beschreibung von potentiellen Gefährdungen und Empfindlichkeiten. Mit einem * gekennzeichnete Parameter stellen relevante, an dieser Stelle aber noch nicht berücksichtigte Einflussgrößen dar. Diese sollten bei einer Abschätzung einer Erosionsgefährdung unbedingt einbezogen werden.

Kriterien		Kennwerte/Parameter
Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser oder Wind	- Bodenspezifische Erosionsgefährdung durch Wasser oder Wind (BGR & Ad-hoc-AG Boden, 2000)	- Bodenart - Skelettgehalt - (Relief)* - (Bodenutzung)* - (Niederschlag)*
Verdichtungsempfindlichkeit / Befahrbarkeit	- Empfindlichkeit gegenüber Schadverdichtung (BGR & Ad-hoc-AG Boden, 2000)	- Bodentyp - Horizontsymbol - Bodenart - Humusgehalt - Carbonatgehalt - Skelettanteil

4.5.4 Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen

Die Empfindlichkeit eines Bodens ist abgeleitet aus dessen Gefährdung durch z.B. Wasser, Wind oder Verdichtung und bezieht die mehr oder weniger große Widerstandsfähigkeit (Resilienz) mit ein. Unterschieden werden muss zwischen der potenziellen und der aktuellen Gefährdung, wobei die aktuelle Gefährdung einen Zustand des Bodens zum Zeitpunkt X widerspiegelt. Letztere erlaubt eine Aussage über die Eintrittswahrscheinlichkeit einer schädlichen Bodenveränderung. Die Auswertungskarten auf Basis der BÜK250 sollten daher ebenfalls erstellt werden. Aufgrund der Unterschiede der Empfindlichkeit gegenüber den Bewertungen von Bodenfunktionen wird empfohlen, diese zwar grundsätzlich bei Fragen des Bodenschutzes ebenfalls hinzuzuziehen, sie aber bei einer zusammenfassenden Bewertung der Bodenfunktionen nicht zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Empfindlichkeiten des Bodens gegenüber schädlichen Einwirkungen sind keine Bodenfunktionen und daher nicht als solche zu bewerten. Schädliche Einwirkungen können jedoch Bodenfunktionen, insbesondere die natürlichen Bodenfunktionen sowie die Funktion als Archiv und Kulturgeschichte, empfindlich beeinträchtigen. Geschieht dies über das Maß der natürlichen Widerstandsfähigkeit der Böden hinaus, entstehen sog. schädliche Bodenveränderungen (vgl. § 2 Absatz 3 BBodSchG bzw. § 3 Absatz 1, Satz 3 BBodSchV).

Eine Darstellung der Empfindlichkeiten ist daher untrennbar mit einer Bodenfunktionsbewertung verbunden und unbedingte Voraussetzung für die Berücksichtigung der Lebensgrundlage „Boden“ in Planungsprozessen auf allen Ebenen.

4.6 Zusammenfassende Bewertung

4.6.1 Allgemeines

Damit das Schutzgut Boden in Planungsprozessen angemessen berücksichtigt wird, ist es hilfreich die einzeln bewerteten Bodenfunktionen in einer Gesamtbewertung zusammenzufassen. Eine solche Gesamtbetrachtung ermöglicht es qualitative und quantitative Aspekte in den Planungsprozessen zu verknüpfen. Sie berücksichtigt die Komplexität und Multifunktionalität des Bodens und ergänzt die Bewertungen der einzelnen Funktionen, ohne diese zu ersetzen. Ziele der Zusammenführung im Hinblick auf die Funktionserfüllung sind:

- Böden relativ zueinander zu ordnen
- Besondere Böden hervorzuheben
- Böden gemäß ihrer gesamtheitlichen Funktionserfüllung einzustufen
- Ausmaß von Eingriffen und daraus notwendigen Umfang von Kompensationsmaßnahmen zu ermitteln

Innerfachliche Zielkonflikte des Bodenschutzes können auch zu gegenläufigen Bewertungen führen, daher ist ein möglichst einheitliches und transparentes Verfahren notwendig. Dafür wurde als Grundlage der LABO-Bericht (LABO 2006a) genutzt, der einen Überblick und Empfehlungen für eine zusammenfassende Bodenbewertung, die einzelne Boden(teil)funktionsbewertungen zielgerichtet zusammenführt, d. h. aggregiert bzw. priorisiert, gibt. Der Bericht teilt die seinerzeit angewandten Methoden in die folgenden Bewertungstypen ein:

- Priorisierung einzelner Bodenfunktionen anhand von Leitbildern oder Umweltqualitätszielen
- Maximalwertprinzip
- Mittelwert- bzw. Summenwertprinzip

Da eine generelle Priorisierung oder Hervorhebung einzelner Funktionen dem deutschen Bodenschutzrecht nicht zu entnehmen ist, werden im Folgenden die beiden letzten Kategorien betrachtet. Dabei sollte die vorgeschlagene Gesamtbewertung den in den einzelnen Bundesländern angewendeten Bewertungsmethoden im Ergebnis möglichst nahekommen. Die meisten der in den Bundesländern angewandten Methoden stellen jedoch Mischformen der oben aufgeführten Bewertungstypen dar und werden über Entscheidungsbäume definiert.

Den berücksichtigten Ländermethoden zur Zusammenfassung ist gemein, dass sie Böden mit besonders hohen Funktionserfüllungen in einer oder mehreren Teilstufen besonders schützen. Dafür ist die geläufige Mittelwertbildung (arithmetisches Mittel) nicht geeignet und wird daher selten angewendet. Auch das Maximalwertprinzip wird nur selten verwendet, so dass hier eine starke Abweichung zu vielen Länderverfahren entstehen würde.

Mit dem sogenannten Höldermittel, das in Anhang C erläutert ist, steht ein mathematisches Verfahren zur Verfügung, das das Mittelwert- und das Maximalwertprinzip zusammenfasst. Das Höldermittel ist eine Mittelwertbildung bei dem die Berechnung des arithmetischen Mittels durch einen Exponenten p erweitert wird. Der Parameter p (p -Wert) und die Bewertungsstufengrenzen waren im Höldermittel so zu wählen, dass möglichst geringe Abstände zu den bestehenden Länderverfahren entstehen.

4.6.2 Methode

Bei Vergleichen mit Länderbewertungen hat das Höldermittel bei einem p -Wert von 4 gute Übereinstimmungen erzielt. Bei einem p -Wert von 4 und einer Gleichverteilung der Bewertungsstufen 1-5 bei den Einzelbewertungen der Teilstufen würden die hohen Stufen (4 und 5) der zusammenfassenden Bewertung überproportional vorkommen. Um zu vermeiden, dass ein sehr hoher Flächenanteil als besonders schutzwürdig ausgewiesen wird, wird folgender Vorschlag für eine entsprechend angepasste Stufeneinteilung gemacht:

Bewertungsstufe 1:	<1,5
Bewertungsstufe 2:	1,5 bis <2,3
Bewertungsstufe 3:	2,3 bis <3,1
Bewertungsstufe 4:	3,1 bis <3,9
Bewertungsstufe 5:	$\geq 3,9$

Da die bisher angewandten Verfahren in manchen Fällen allerdings zu stark unterschiedlichen Bewertungen kommen (s. LABO 2006b, S. 25) sind auch bei diesem Vorschlag Unterschiede zu einzelnen existierenden Verfahren unvermeidlich.

Mögliche Weiterentwicklungen und Empfehlungen:

- Die Bewertung der einzelnen Teilstufen stellt eine wichtige Entscheidungshilfe dar und sollte daher immer auch zusätzlich zu einer zusammenfassenden Bewertung ausgewiesen werden.
- Das Höldermittel erscheint grundsätzlich geeignet, und mit den in diesem Bericht vorgeschlagenen Parametern steht ein Verfahren zur Verfügung, das den auf Entscheidungsbäumen basierenden zusammenfassenden Bewertungen einzelner Bundesländer nahekommt.

Zusammenfassung

Die zusammenfassende Bewertung berücksichtigt die Komplexität und Multifunktionalität des Bodens und ergänzt die Bewertungen der einzelnen Funktionen, ohne diese zu ersetzen. Dabei werden die bisher angewandten Methoden in drei grobe Kategorien eingeteilt: Priorisierung, Maximalwertprinzip oder Mittelwert- bzw. Summenwertprinzip. Viele der angewandten Methoden stellen jedoch Mischformen dieser Kategorien dar und werden über Entscheidungsbäume definiert.

Mit dem hier vorgeschlagenen Höldermittel und der vorgeschlagenen Parametrisierung steht ein transparentes Verfahren zur Verfügung, das den vielfach in den Bundesländern verwendeten Entscheidungsbäumen nahekommt. Als Rechenvorschrift lässt es sich sehr einfach in Programmcodes implementieren und ist zudem als Mittelwert einfach zu erweitern, falls neue Boden(teil)funktionen zukünftig in die zusammenfassende Bewertung aufgenommen werden sollten. Der Vorzug des Höldermittels ist seine mathematische Unbestechlichkeit.

5. Fazit und Ausblick

Ausgehend von den in Kapitel 1 beschriebenen Entwicklungen (v.a. überregionale Infrastrukturvorhaben) und den daraus resultierenden Aktivitäten von LABO (Beschluss zu TOP 16 i.d. 56. Sitzung) und BLA-GEO (Beschluss Umlaufbeschluss vom 13.01.2020) sowie den daran anknüpfenden Arbeiten von Miller et al. (2020) ergab sich der Bedarf nach einer länderübergreifenden, bundesweiten Bodenfunktionsbewertung.

Hierfür bestehende Rahmenbedingungen und Herausforderungen waren:

- Unterschiedliche Methoden und Herangehensweisen bei der Methodenentwicklung in den Ländern.
- Angelehnt an die landesweiten Bewertungen liegen auf regionaler und kommunaler Ebene Verfahren vor, die im Vollzug etabliert sind. Auch wenn es hier um die Entwicklung eines bundesweiten Verfahrens für den kleinen Maßstab geht, sind die anderen Ebenen mitzudenken.
- Unterschiedliche Datenbestände und verwendete Zusatzdaten (z.B. Klimadaten, Reliefdaten) in den Ländern.

Bezüglich dieser Herausforderungen wurden mit dem vorliegenden Bericht zu einer bundesweiten länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung sowie weiteren laufenden Arbeiten in mehrerer Hinsicht Fortschritte erzielt:

- Datengrundlagen: Mit der BÜK250 liegt nun eine einheitliche und durch den Maßstab dem Bedarf in der Planungspraxis im Vergleich zur BÜK1000 mehr entsprechende Datengrundlage vor.
- Methodenverfügbarkeit und Validierung: Hierzu finden aktuell Arbeiten statt. Gleichzeitig liegen bei der BGR auch erste Ergebnisse zu Auswertungsmethoden auf Basis der BÜK250 vor. Es erscheint zielführend, dass die Auswertungsmethoden bei der BGR umgesetzt und von ihr veröffentlicht werden.
- Zusammenfassende Bewertung: Es liegt nun ein Vorschlag für eine zusammenfassende Bewertungsmethodik vor, welche um weitere Kriterien erweitert werden oder an neue Fragestellungen angepasst werden kann.

Das in diesem Bericht zusammengeführte Vorgehen soll die Basis für ein länderübergreifendes bundesweites kleinmaßstäbiges Bewertungsverfahren der Bodenfunktionen bilden und eine weiter entwickelbare Grundlage bilden. Es sind Aspekte verblieben, die eine weitere Beschäftigung mit dem Thema rechtfertigen. Dies kann z.B. die stärkere Berücksichtigung von Klimadaten, Geländemodellen und Nutzungsdaten oder eine Erweiterung der bislang bewerteten Bodenfunktionen um die Klimafunktion beinhalten. Auch die stärkere Berücksichtigung der Funktion des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere und Bodenorganismen ist ein wichtiger Aspekt. Auch zu diesen zusätzlichen Boden(teil)funktionen bestehen inhaltliche und organisatorische Herausforderungen, z.B.:

- Bezuglich Bodenbiologie und insbesondere Bodenbiodiversität wird die Herausforderung zukünftig sein, wie diese Informationen auf den hier bearbeiteten Maßstabsebenen mit einbezogen werden können.

- Die Berücksichtigung des Bodens bei Klimaschutz und Klimaanpassung ist in den Bundesländern unterschiedlich ausgeprägt, sodass gemeinsame Schwerpunktsetzungen und Abstimmungen notwendig sind.

Eine Fortsetzung der Arbeiten an einer bundesweiten, länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung, bedarf eines weiteren Arbeitsauftrags durch LABO und BLA-GEO sowie eines neu zu konstituierenden Bearbeiterkreises.

6. Quellenverzeichnis

Adhikari, K. & A.E. Hartemink (2016): Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma* 262 (2016) 101–111. Elsevier B.V.

Ad-hoc-AG Boden (Hrsg.) (2003): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion "Rohstofflagerstätte" nach BBodSchG; in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). – *Arbeitshefte Boden* 2003/3. Hannover: BGR & NLfB.

Ad-hoc-AG Boden (2007): Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung. – 2. überarb. und erg. Aufl.; in Zusammenarbeit mit der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO).

AG Boden (2010a): Ackerbauliches Ertragspotential nach dem Müncheberger Soil Quality Rating (SQR). https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/AGBoden/Downloads/Methode_6_3.pdf

AG Boden (2010b): Methode 6.3. Ackerbauliches Ertragspotential eines Standorts, bemessen nach dem Müncheberger Soil Quality Rating (SQR). https://www.methoden-wiki-bodenkunde.de/MethodenWiki/AGBoden:Methode_6.3

AG Boden (2024): Bodenkundliche Kartieranleitung, 6. Aufl. – Band 1: Grundlagen, Kennwerte und Methoden; Band 2: Geländeaufnahme und Systematik. - 552 S., 76 Abb., 160. Tab.; Hannover.

Anthony, M. A., Bender, S. F., v. d. Heijden, M. G. A. (2023): Enumerating soil biodiversity. – *PNAS* 120 (33) <https://doi.org/10.1073/pnas.2304663120>

Beylich, A., Broll, G., Graefe, U., Höper, H., Römbke, J., Ruf, A. & Wilke, B.-M. (2005): Biologische Charakterisierung von Böden. Ansatz zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. BVB-Materialien, Band 13. ISBN 978-3-503-09083-9.

BfN - Bundesamt für Naturschutz (2021): BfN Bodenreport: Vielfältiges Bodenleben - Grundlage für Naturschutz und nachhaltige Landwirtschaft. https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-04/210108_BodenBioDiv-Report.pdf. Aufgerufen am 25.02.2025.

BfN - Bundesamt für Naturschutz (2022): Eckpunktepapier zur Weiterentwicklung des bundesweiten Bodenbiodiversitätsmonitorings durch das Fachgremium „Monitoring der Bodenbiodiversität und -funktionen“. https://www.monitoringzentrum.de/sites/default/files/2023-04/NMZB_Eckpunktepapier_Bodenmonitoring_2023.pdf. Aufgerufen am 25.02.2025.

BfN & BMU – Bundesamt für Naturschutz & Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (Hrsg.) (2021): Handreichung zum Vollzug der Bundeskompensationsverordnung, November 2021. <https://www.bfn.de/sites/default/files/2021-11/Handreichung%20zur%20BKompV.pdf>. Aufgerufen am 15.01.2025.

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (o.J.): Bodenfunktionen. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/Datenauswertung/Methodenbank/bodenfunktionen_mehr.html. Aufgerufen am 14.03.2025.

BGR & Ad-hoc-AG Boden (Hrsg.) (2000): Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Hannover: BGR.

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2020): Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200). <https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Informationsgrundlagen-laufend/BUEK200/BUEK200.html?nn=19680146>. Aufgerufen am 15.01.2025.

BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2024): Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK200). <https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Informationsgrundlagen-laufend/BUEK250/BUEK250.html;jsessionid=4B38522988522A4F1F0D2C8CE7CEC21B.internet992?nn=19680146>. Aufgerufen am 15.01.2025.

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2024): Bodenübersichtskarte 1:250.000 (BÜK250). <https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Projekte/Informationsgrundlagen-laufend/BUEK250/BUEK250.html;jsessionid=1937CC5CDF1D7EA76EEFDC3EC064A300.internet002?nn=19680146>. Aufgerufen am 09.01.2025.

BKompV – Bundeskompensationsverordnung (2020): Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung vom 14. Mai 2020 (BGBl. I: 1088). – <https://www.gesetze-im-internet.de/bkompv/BJNR108800020.html>.

Blossey, S. & M. Lehle (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Bodenschutz 2/4, S. 131-137.

Bodle, R.; Dück, L.-M.; Hermann, A.; Miller, R., Stockhaus, H., von Vittorelli, L. (2023): Überarbeitung des Bodenschutzrechts - Diskussionspapier. Ergebnisse zu ausgewählten Rechtsfragen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.ecologic.eu/de/19345>

Bosch, Ch. (1994): Versuch einer „Roten Liste natürlicher Böden“ zum Schutz von Seltenheit und Naturnähe von Böden. In: Handbuch Bodenschutz, 17. Lfg., 1 – 8 Berlin.

Bug, J., Heumann, S., Müller, U., Waldeck, A. (2020): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – unter Mitarbeit von Harders, D., Mattner, T., Meyer, K., Stadtmann, R., Scharun, C. & Yuan, F.; GeoBerichte 19: 9. Aufl., 383 S., 36 Abb., 384 Tab.; Hannover (LBEG).

Bug, J., Stadtmann, R., Harders, D., Scharun, C. (2022): Der Wasserhaushalt der Böden in Niedersachsen – Neue methodische Ansätze zur bodenfunktionalen Bewertung. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Geofakten 36, 17 S.

BUG Hamburg - Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden - Verfahrensbeschreibung und Begründung. <https://www.hamburg.de/re-source/blob/165446/7cbf99c227e101d7bf497b372dc1df78/d-bodenfunktion-broschuere-pdf-data.pdf> Aufgerufen am 25.02.2025.

BVB – Bundesverband Boden (1999): Bodenschutz in der Bauleitplanung. Vorsorge-orientierte Bewertung. Fachausschuß 3.1 des BVB, 72 S.

Destatis - Statistisches Bundesamt: [Siedlungs- und Verkehrsfläche wächst jeden Tag um 51 Hektar - Statistisches Bundesamt](https://www.destatis.de/DE/Themen/Land-und-Umwelt/Boden-und-Geologie/Siedlungs-und-Verkehrsflaeche-waechst-jeden-Tag-um-51-Hektar.html) . Aufgerufen am 27.08.2025.

DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V (2018): Merkblatt DWA-M 920-4. Bodenfunktionsansprache - Teil 4: Ableitung von Kennwerten des landwirtschaftlichen Ertragspotenzials nach dem Müncheberger Soil Quality Rating. Hennef: DWA.

GD NRW - Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (2018): Informationssystem Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen, Bearbeitungsmaßstab 1: 50 000; Themenkarte „Schutzwürdig Böden in Nordrhein-Westfalen (3. Auflage).“, online.

Herweg, U., & Helbig, H. (2017): Bewertung des Schutzwürdig Böden in der Umweltprüfung. Ergebnis einer Auswertung von 20 Bewertungsverfahren in Deutschland. – Bodenschutz 2017/4, 112-119.

LABO - Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifizierung und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. – Endbericht zum Forschungsvorhaben der LABO, Bearbeitung durch Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH, 87 S.

LABO - Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2006a): Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen. – Endbericht zum Forschungsvorhaben der LABO, Bearbeitung durch Ingenieurbüro Feldwisch und Bosch & Partner GmbH, 97 S. <https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/LABO-B-3-05-gesamtbericht.pdf>

LABO - Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2006b): Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen. – Leitfaden der LABO, Bearbeitung durch Ingenieurbüro Feldwisch und Bosch & Partner GmbH, 35 S. <https://www.laenderfinanzierungsprogramm.de/static/LFP/Dateien/LABO/LABO-B-3-05-leitfaden.pdf>

LABO - Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2011): Archivböden – Empfehlungen zur Bewertung und zum Schutz von Böden mit besonderer Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. 160 S. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, München.

LABO - Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2018): Bodenschutz beim Netzausbau. Empfehlungen zur Berücksichtigung des Schutzwürdig Böden für erdverlegte Höchstspannungsleitungen. Stand 24. Juli 2018

LANUV NRW [Hrsg.] (2010): Feldwisch & Düntgen, Berücksichtigung der Naturnähe von Böden bei der Bewertung ihrer Schutzwürdigkeit LANUV-Arbeitsblatt 15, 45 S.

LBEG (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen – Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – Geobericthe 8. https://www.lbeg.niedersachsen.de/karten_daten_publikationen/publikationen/geoberichte/geoberichte_8-823.html

LBEG (2024): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen – Hinweise zur Umsetzung der Archivfunktion im Bodenschutz. – Geofakten 11.

https://nibis.lbeg.de/doi/DOI.aspx?doi=10.48476/geofakt_11_2_2024

LfU - Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2003: Das Schutzgut Boden in der Planung - Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren, ISBN 3-936385-44-0, 66 S.

LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2010: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit -Leitfaden für Planungen und Gestaltungsverfahren. 978-3-88251-349-3, 36 S.

LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2022: Bodenbewertungsinstrument Sachsen, 83 S.

Miller, R., Herweg, U., Helbig, H., Kastler, M., Mühlen, S.z. & Sperl, D. (2020): Eckpunkte-Papier zur länderübergreifenden Bodenfunktionsbewertung. – Bodenschutz 2020/3, 130-134.

Mueller, L., Schindler, U., Behrendt, A., Eulenstein, F. & Dannowski, R. (2007): The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR): Field Manual for Detecting and Assessing Properties and Limitations of Soils for Cropping and Grazing. Müncheberg: ZALF.

MUNR – Ministerium für Umwelt, Natur und Raumordnung des Landes Brandenburg [Hrsg.] (1998): Landschaftsprogramm Brandenburg – Materialien, 136 S. Anlagen (Karten).

Salako, G., Russell, D.J., Stucke, A., Eberhardt, E. (2023): Assessment of multiple model algorithms to predict earthworm geographic distribution range and biodiversity in Germany: implications for soil-monitoring and species-conservation needs. *Biodivers Conserv* 32, 2365–2394 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02608-9>

Schraps, G. & H. P. Schrey (1997): Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen. Bodenkundliche Kriterien für eine flächendeckende Karte zum Bodenschutz. Z. Pflanzernährung und Bodenkunde 160, S. 407-412.

Vogel, H.-J., Eberhardt, E., Franko, U., Lang, B., Ließ, M., Weller, U., Wiesmeier, M., Wollschläger, U. (2019): Quantitative Evaluation of Soil Functions: Potential and State. *Front. Environ. Sci.* 7, 164. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00164>

Willand, A., Buchsteiner, D., Höke, S. & Kaufmann-Boll, C. (2014): Erarbeitung fachlicher, rechtlicher und organisatorischer Grundlagen zur Anpassung an den Klimawandel aus Sicht des Bodenschutzes. Teilvorhaben 1: Erarbeitung der fachlichen und rechtlichen Grundlagen zur Integration von Klimaschutzaspekten ins Bodenschutzrecht. – Umweltbundesamt (Hrsg.): Texte 57/2014.

7. Anhang

7.1 Anhang A: Übersichtstabelle zu den Methoden der Bundesländer

Tabelle A9: Übersichtstabelle zu den Bodenfunktionsbewertungsverfahren der Bundesländer. Stand der Recherche: 2020. Hinweis: In den Leitfäden werden die Begriffe Kriterium und Bodenteilfunktion nicht einheitlich genutzt. In dieser Tabelle wurde die Benennung an die Terminologie der vorliegenden LABO-Leitfäden angeglichen (v.a. LABO 2003).

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
Baden Württemberg (BW)	Lebensraumfunktion	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	nFK, Staunässe, Grundwassereinfluss	LUBW (2010): Leitfaden "Bewertung der Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit" Hier nur dargestellt: Bewertung auf BK50. Leitfaden beinhaltet auch Methodik nach Bodenschätzungsdaten
	Lebensraumfunktion	Sonderstandort für naturnahe Vegetation	Festgestein/Skelettgehalt (mechanische Gründigkeit), Bodenkundliche Feuchtestufe, bodenkundliche Besonderheiten (Bodentypen)	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Ausgleichskörper im Wasserkreislauf	Matrix aus kf und Wasserspeichervermögen (nFK+LK), Stauwassereinfluss	
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Filter und Puffer für Schadstoffe.	Humus- und Tongehalt, pH-Wert	
Bayern (BY)	Lebensraumfunktion	Standortpotenzial für natürliche Vegetation	Bodenkundliche Standorttypen basierend auf: Bodentyp, nFKWe, Carbonatgehalt, Grundwassereinfluss, Überflutungsdynamik	LFU Bayern (2003): Das Schutzgut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung m Planungs- und Genehmigungsverfahren. Hier dargestellt: Methodik für die regionale Planungsebene
	Bestandteil des Naturhaushalts	Retentionsvermögen des Bodens bei Niederschlagsereignissen		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Rückhaltevermögen für wasserlösliche Stoffe (Nitrat)		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Rückhaltevermögen für Schwermetalle		

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium	Puffervermögen für versauernd wirkende Einträge		
	Nutzungsfunktion	Standorte für land- und forstwirtschaftliche Nutzung: - natürliche Ertragsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden und - Beurteilung Erosionsgefährdung.		
Berlin (B)	Lebensraumfunktion	Lebensraumfunktion für naturnahe und seltene Pflanzengesellschaften	Naturnähe und berlintypisch besondere Extremstandorte, KAKeff (Oberboden), nFK (Oberboden), Bodentyp (Standortfeuchte, Seltenheit)	Digitaler Umweltatlas Berlin, Boden, Bodenfunktionen (2018): https://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/id112.htm
	Lebensraumfunktion	Ertragsfunktion für Kulturpflanzen	1) Wasserversorgung (nFK (Oberboden), Grundwasserflurabstand) 2) Nährstoffversorgung Oberboden (KAKeff, weitere Kennwerte)	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Regelungsfunktion für den Wasserhaushalt		
	Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium	Puffer- und Filterfunktion		
	Archivfunktion	Archivfunktion für die Naturgeschichte.		
Brandenburg (BB)	Lebensraumfunktion	Natürliche Bodenfruchtbarkeit		Anzuwenden ist Stand der Technik (Landesamt Brandenburg, 2011): Verweis auf Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen der AD HOC AG (2007), Planungsgruppe Ökologie (2003), Faenzen-Thiebes et al. (2006), für die Bundesländer wird auf Lichey (2007) verwiesen, LUA Brandenburg (2005): Böden als Archive der
	Lebensraumfunktion	Biotopentwicklungspotenzial		
	Bestandteil des Naturhaushalts	Maximale Wasserspeicherfähigkeit und Durchlässigkeit		

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Bindung organischer Schadstoffe		Natur- und Kulturgeschichte - Ein Beitrag zur Darstellung der Archivfunktionen von Böden in Brandenburg.
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Bindung anorganischer Schadstoffe		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Säurepuffer		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	potenzieller Nährstoffvorrat		
	Archivfunktion	Archive der Natur-/ Kulturgeschichte und Referenzböden, Kriterien Flächengröße, Naturnähe, Seltenheit, Repräsentanz, Alter sowie zwei Prioritäten, Archivbodenliste.		
Bremen (HB)		Kein einheitliches Verfahren, z.T. auf MeMaS Methoden		
Hamburg (HH)	Lebensraumfunktion	Lebensgrundlage für Menschen	Schadstofffreiheit des Oberbodens (z.B. nach BBodSchV)	Hamburger Verfahren nach HOCHFELD et al. (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden ($\geq 1:1.000$). Verfahrensbeschreibung und Begründung Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg.
	Lebensraumfunktion	Lebensgrundlage für Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	1) Seltenheit der standortrelevanten Bodeneigenschaften und 2) Naturnähe: KAKpot & pH-Wert des Oberbodens, Nutzung, Substratabfolge, Horizontabfolge, besondere Merkmale	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs		
	Bestandteil des Naturhaushalts	Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs		

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen (Schwermetalle)		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen (organische Schadstoffe)		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Ausgleichsmedium aufgrund der Puffereigenschaften (Säureeinträge)		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Ausgleichsmedium zum Schutz des Grundwassers		
	Archivfunktion	Archiv der Naturgeschichte		
	Archivfunktion	Archiv der Kulturgeschichte.		
	Nutzungsfunktion	Standort für landwirtschaftliche Nutzung (Produktivität), Standort für landwirtschaftliche Nutzung (Schadstofffreiheit), Standort für forstwirtschaftliche Nutzung,		
Hessen (HE)	Lebensraumfunktion	Ertragspotenzial der Böden	Klassenzeichen Bodenschätzung, nFK	HLUG/LGB RP (2012): Bodenfunktionsbewertung für die Raum- und Bauleitplanung in Hessen und Rheinland-Pfalz. Methoden zur Klassifizierung und Bewertung von Bodenfunktionen auf Basis der Bodenflächendaten 1 :5.000 landwirtschaftliche Nutzfläche (BFD5L)
	Lebensraumfunktion	Standorttypisierung für die Biotoptentwicklung	Klassenzeichen Bodenschätzung, nFK	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Funktion des Bodens im Wasserhaushalt		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Nitratrückhaltevermögen des Bodens		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Nitrataustragsgefährdung des Bodens		
Mecklenburg-Vorpommern (MV)	Lebensraumfunktion	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	nFKWe	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie MV: Konzeptionelles Bodenfunktionsbewertungsverfahren M-V (2015)

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Lebensraumfunktion	Extreme Standortbedingung	Bodenkundliche Feuchtestufe, KAKeffWe, pH	
	Naturnähe	Naturgemäßer Bodenzustand	Nutzung	
Niedersachsen (NI)	Lebensraumfunktion	Lebensraum für Pflanzen: Natürliche Bodenfruchtbarkeit	Standortspezifisches Nährstoffpotenzial im effektiven Wurzelraum (SWe) nFKWe Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) Bodentyp bei Moorböden regional / lokal: Für landw. Nutzflächen Bodenschätzung.	Landesweit: LBEG (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzwertes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Geobereiche 8. https://nibis.lbeg.de/doi/DOI.aspx?doi=10.48476/geober_8_2019
	Lebensraumfunktion	Lebensraum für Pflanzen: Böden mit besonderen Standorteigenschaften (Extremstandorte)	Landesweit: Bodenkundliche Feuchtestufe, Salzböden, aktuell sulfatsaure Böden, Böden an Steinhängen; regional/lokal: Ökogramm zum Biotopentwicklungspotenzial aus BKF, KAKeffWe und Pufferbereich	Regional / kommunal: LBEG (2020): Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene. Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung. Geobereiche 26. https://nibis.lbeg.de/doi/DOI.aspx?doi=10.48476/geober_26_2020
	Naturnähe	Nur regional/kommunal: Funktionsübergreifend Profilveränderung, Versiegelung, Nutzung	Nur regional/kommunal: Profilveränderung, Versiegelung, Nutzung, Biototypen	
	Bestandteil des Naturhaushalts	[Böden als Regulator im Wasserkreislauf]	Landesweit: nFKWe; regional/kommunal: nFKWe und kf-Werte	Auswertungsmethoden: LBEG (2020): Auswertungsmethoden im Boden-

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	[Böden als Filter und Puffer]	Abh. v. Fragestellung (Bindung von Schwermetallen, Bindung organischer Schadstoffe, standörtliches Verlagerungspotenzial von nicht sorbierbaren Stoffen)	schutz Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). Geoerichte 19. https://nibis.lbeg.de/doi/DOI.aspx?doi=10.48476/geoer_19_2020
	Archivfunktion	Archiv der Naturgeschichte	Diverse Kriterien (Geoerichte 8)	
	Archivfunktion	Archiv der Kulturgeschichte	Diverse Kriterien (Geoerichte 8)	
	Archivfunktion	Seltenheit, Repräsentative Böden	Statistische und expertenbasierte Auswertung der BK50, BDF	
	Klimafunktion (2020)	Kühlpotenzial	Nur regional/kommunal: nFKWe und KA, Versiegelung	
	Klimafunktion (2020)	Kohlenstoffspeicherfunktion	Nur regional/kommunal: Auswertung Kohlenstoffreiche Böden	
Nordrhein-Westfalen (NRW)	Lebensraumfunktion	Biotopentwicklungspotenzial (Extremstandorte) (hohes und sehr hohes)	Bodentyp & Grundwasserstufe & Staunässegrade & nutzbare Feldkapazität & Lockergesteinsmächtigkeit	Verfahren des GD NRW ist das Referenzverfahren zur Ermittlung der schutzwürdigen Böden. Daraus liegt flächendeckend die Karte der schutzwürdigen Böden im Maßstab 1:50.000 vor, die per Erlass als Abwägungskriterium in der Regionalplanung festgesetzt ist. Die Verfahren sind übertragbar auf die Bodenkarte 1:5.000, deren Einsatz ggf. empfohlen wird.
	Lebensraumfunktion	Natürliche Bodenfruchtbarkeit (hohe und sehr hohe)	nutzbare Feldkapazität & Feldkapazität & Luftkapazität & Grundwasserstufe & Staunässegrade	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Regelungs- und Pufferfunktion (hohe und sehr hohe)	gilt mit Bodenfruchtbarkeit abgedeckt	
	Archivfunktion	Archive der Natur- und Kulturgeschichte (hohe und sehr hohe Funktionserfüllung)	Bodentyp & Geogenese & Geologisches Ausgangsgestein	
	Bestandteil des Naturhaushalts	[Wasserspeichervermögen] (hohes)	nutzbare Feldkapazität im 2-Meter-Raum	
	Klimafunktion	Kühlpotenzial	gilt mit Wasserspeichervermögen im 2-Meter-Raum abgedeckt	

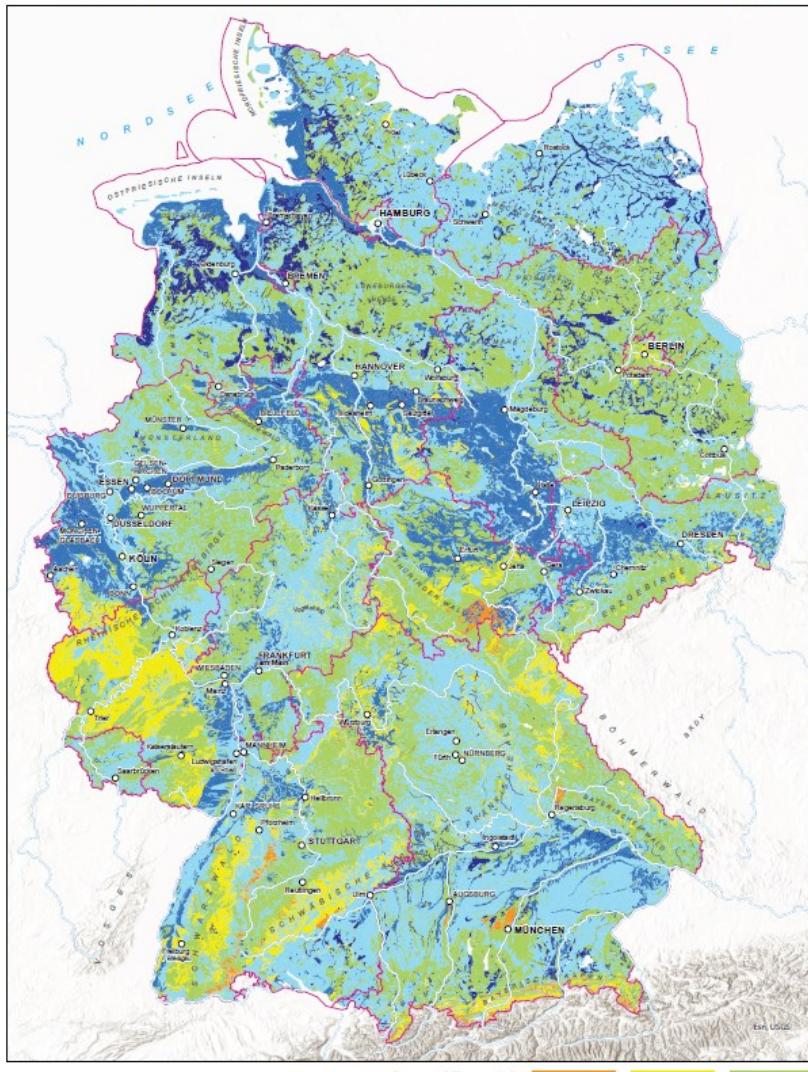
Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Klimafunktion	Kohlenstoffsenke	Grundwasserstufe & Staunässesgrad, fällt mit einigen Böden aus dem Biotopentwicklungs потенциал zusammen	
	Klimafunktion	Kohlenstoffspeicher	Böden mit über 8 % organischer Substanz / Torfanteil, nicht mehr naturnah, unter mineralischem Abbau.	
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	[Städte: Filter- und Pufferkapazität für anorganische Schadstoffe]		
Rheinland-Pfalz (RP)	Lebensraumfunktion	Ertragspotenzial der Böden	Klassenzeichen Bodenschätzung, nFK	HLUG/LGB RP (2012): Bodenfunktionsbewertung für die Raum- und Bauleitplanung in Hessen und Rheinland-Pfalz. Methoden zur Klassifizierung und Bewertung von Bodenfunktionen auf Basis der Bodenflächendaten 1 :5.000 landwirtschaftliche Nutzfläche (BFD5L)
	Lebensraumfunktion	Standorttypisierung für die Biotopentwicklung	Klassenzeichen Bodenschätzung, nFK	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Funktion des Bodens im Wasserhaushalt		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Nitratrückhaltevermögen		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Nitrataustragsgefährdung		
Saarland (SL)	Lebensraumfunktion	Karte des natürlichen Ertragspotenzials		Verfügbare Bodenkarten (Stand 2012) keine Leitfadenangabe, weitere Erläuterung in BOSTRA Veröffentlichung
	Lebensraumfunktion	Karte der Standorttypisierung und des Biotopentwicklungs потенциалs der Böden		
	Bestandteil des Naturhaushalts	Karte der Feldkapazität der Böden		
	Bestandteil des Naturhaushalts	Karte der Luftkapazität der Böden		
	Bestandteil des Naturhaushalts	Karte der Pufferbereiche von Oberböden bei forstwirtschaftlicher Nutzung		
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Karte des Nitratrückhaltevermögens		

Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
Sachsen (SN)	Lebensraumfunktion	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	nFKWe, Hangneigung, KR, Grundwassereinfluss/-böden	LfULG (2010): Bodenbewertungsinstrument Sachsen https://www.boden.sachsen.de/download/boden/Bodenbewertungsinstrument_Sachsen_092014(1).pdf
	Lebensraumfunktion	Extreme Standorteigenschaften / Böden mit hohem Biotopentwicklungs potenzial	nFKWe, KAKpot, KR, Grundwasserböden, Moorböden	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Bestandteil des Wasserkreislaufs		
	Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium	Filter und Puffer für Schadstoffe		
	Archivfunktion	Archiv		
	Vorbelastung	SALKA (Altlasten), Bodenversiegelung, Bodenverdichtung.		
	Empfindlichkeit	Erosion durch Wasser, Änderung Wasserverhältnisse, Stoffeinträge, besonders seltene und naturnahe Böden.		
Sachsen-Anhalt (ST)	Lebensraumfunktion	Extremböden	Ökogramm zum Biotopentwicklungs potenzial aus BKF, KAKeffWe, Pufferbereich	LAGB (2015): Bodenkundliche Themenkarten im Maßstab 1:50.000. LAU (2013): Bodenfunktionsbewertungsverfahren des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (BFBV-LAU). Vorläufige Handlungsempfehlung zur Anwendung des Bodenfunktionsbewertungsverfahrens.
	Lebensraumfunktion	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften	Aus Bodenschätzung abgeleitete Naturnähebewertung	
	Lebensraumfunktion	Natürliche Bodenfruchtbarkeit/ Ertragsfähigkeit	MSQR Aus Bodenschätzung abgeleitete Einstufung der Ertragsfähigkeit	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Regelung im Wasserhaushalt (Wasserhaushaltspotenzial)		

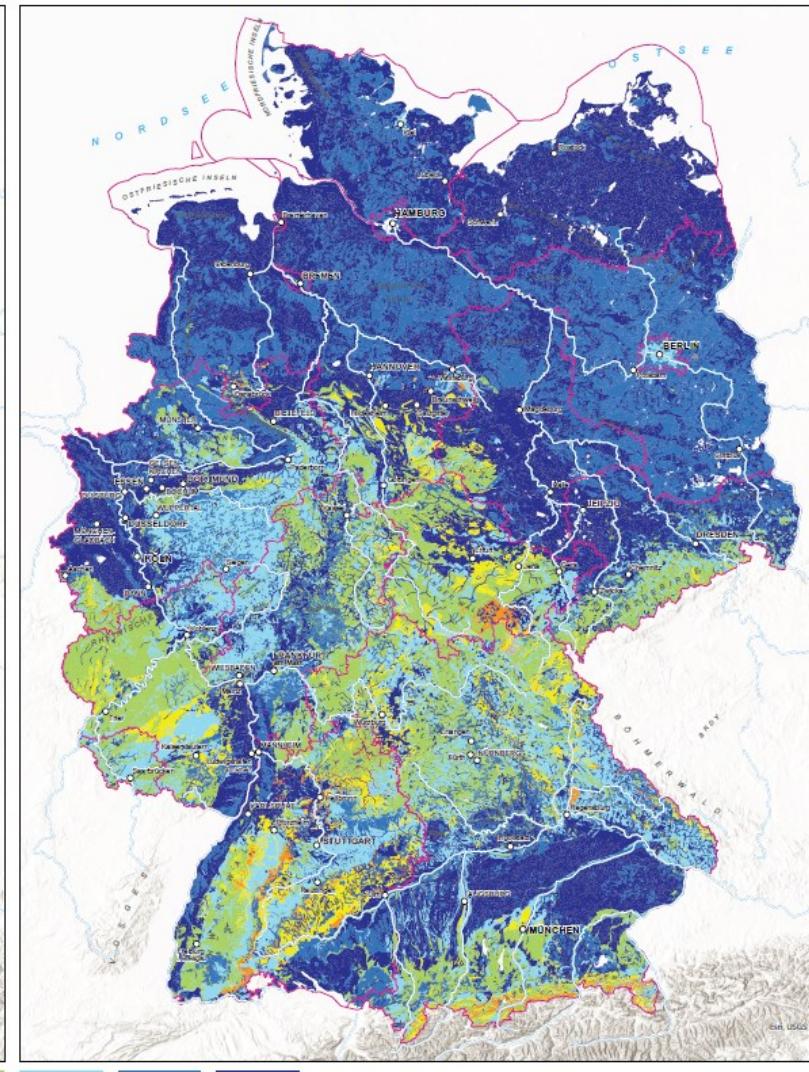
Bundesland	Bodenfunktion/Bodenteilfunktion (in grau: Weitere Inhalte)	Kriterium [in eckigen Klammern = Bewertung in Einzelfällen, abh. v. Fragestellung]	Parameter und Kennwerte	Leitfaden
	Archivfunktion	Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (Archivfunktion)		
Schleswig-Holstein (SH)	Lebensraumfunktion	Lebensraum für natürliche Pflanzen	BKF	Berechnung der Parameter nach MeMaS vom LBEG Niedersachsen und landesspezifischen Ergänzungen entsprechend der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Ad-hoc-AG Boden 2005). Bewertungsverfahren LLUR im Landwirtschafts- und Umweltatlas des Landes Schleswig-Holstein (http://www.umweltatlas-sh.de/Boden/Bodenbewertung). PDF Datei: Bodenbewertung in Schleswig Holstein, Begleittext zu den Bodenbewertungskarten im Landwirtschafts- und Umweltatlas
	Bestandteil des Naturhaushalts	Bestandteil des Wasserhaushaltes	FKWe	
	Bestandteil des Naturhaushalts	Bestandteil des Nährstoffhaushaltes	Swe	
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Filter für nicht sorbierbare Stoffe	Rückhaltevermögen für nicht sorbierbare Stoffe	
	Abbau-,Ausgleichs- und Aufbaumedium	Filter für sorbierbare Stoffe		
	Archivfunktion	Archiv der Naturgeschichte		
	Archivfunktion	Archiv der Kulturgeschichte		
Thüringen (TH)		(WuF =Wert- und Funktionselemente= besonders schutzwürdige Böden mit hoher Funktionserfüllung)		https://tlubn.thueringen.de/geologie-bergbau/boden/bodenfunktionsbewertung

7.2 Anhang B: Bisher erstellte Karten für Kennwerte und Teilfunktionen nach den beschriebenen Methoden

Gewichtetes Mittel der nutzbaren Feldkapazität bis 1 Meter Tiefe über alle Bodenformen



Nutzbare Feldkapazität der Leitböden bis 2 Meter Tiefe



7.3 Anhang C: Erläuterungen zum Höldermittel als Methode zur zusammenfassenden Bewertung

Das Höldermittel (M_p) ist eine Verallgemeinerung der Mittelwertbildung aus n Werten (x_1, \dots, x_n), in dem die Formel zur Berechnung des arithmetischen Mittels durch den Exponenten p erweitert wird. Die Formel lautet:

$$M_p(x_1, \dots, x_n) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^p \right)^{1/p} \quad \text{Gleichung 3}$$

Beim arithmetischen Mittels ist $p = 1$ und kann daher wegfallen. Je nachdem, welchen Wert man für den Parameter p wählt, ergibt sich eine andere Art von Mittelwert. Wichtige Beispiele sind:

- $p=1$: Das ist das normale **arithmetische Mittel** (also der klassische Durchschnitt).
- $p=0$: Das ergibt das **geometrische Mittel**, das bei lognormal verteilten Werten genutzt werden muss und daher besonders in der Statistik und Finanzmathematik genutzt wird.
- $p=-1$: Das ist das **harmonische Mittel**, das oft bei Geschwindigkeiten oder Widerständen verwendet wird.
- $p=\infty$: Das ist das **Maximum**, das auch im Rahmen der zusammenfassenden Bewertung Verwendung findet.

Je nachdem ob $p>1$ oder $p<1$ ist, werden größere oder kleinere Werte, die gemittelt werden, durch die Berechnung stärker gewichtet. Im Falle des geometrischen Mittels $p=0$ gehen also die großen Werte (Ausreißer) nicht so stark ein, sodass das geometrische Mittel immer kleiner-gleich dem arithmetischen Mittel ist. Für die Zusammenfassung der Bewertungen der Boden(teil)funktionen sollen jedoch besonders hohe Funktionserfüllungen besonders stark gewichtet werden, sodass ein p -Wert von 4 vorschlagen wird. Der Wert bildet also wie im Bericht erwähnt die Brücke zwischen den beiden Kategorien Mittelwertprinzip ($p=1$) und Maximalwertprinzip ($p=\infty$).

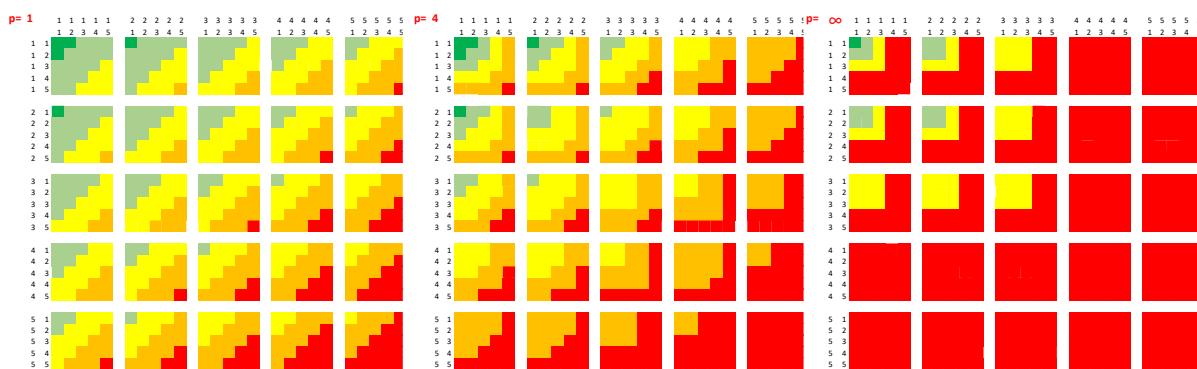


Abbildung A3: Darstellung des Einflusses von Exponent p auf die Bewertung der Fläche bei der vorgeschlagenen Stufeneinteilung, links $P=1$, mitte $p=4$, rechts $p=\infty$. In den ersten beiden Spalten und den ersten beiden Zeilen stehen die 4 Werte die auf der farblich dargestellten Fläche mittels des Höldermittels gemittelt werden.

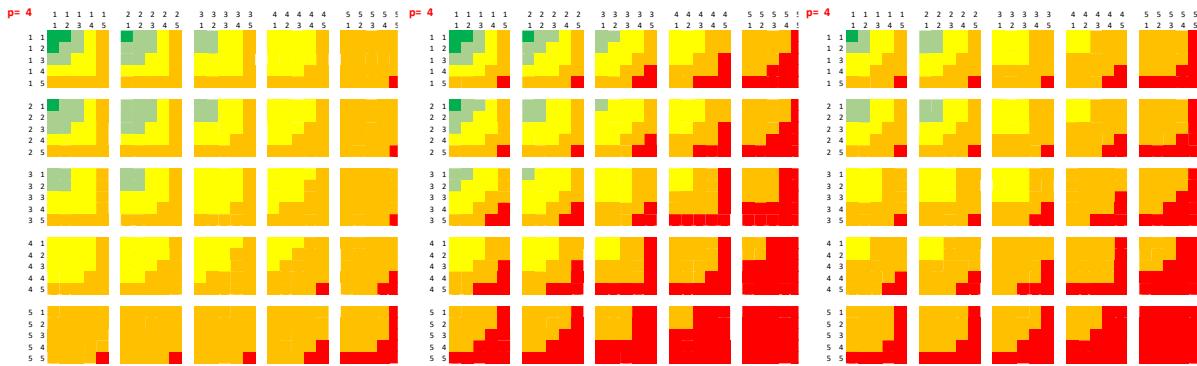


Abbildung A4: Darstellung des Einflusses von Stufengrenzen auf die Bewertung der Fläche bei dem vorgeschlagenen Exponenten $p=4$. In den ersten beiden Spalten und den ersten beiden Zeilen stehen die 4 Werte die auf der farblich dargestellten Fläche mittels des Höldermittels gemittelt werden. Links sind die Bewertungsstufen $0 < 1,5; 1,5 < 2,5; 2,5 < 3,5; 3,5 < 4,5; >= 4,5$; Mitte die oben vorgeschlagenen Stufengrenzen, rechts $0-1 > 1-2; > 2-3; > 3-4; > 4$.

Das Hölder-Verfahren ist transparent, weil es eine ganz klare Rechenvorschrift, wie die arithmetische Mittelwertbildung ist. Im Ergebnis kommt es den vielfach in den Ländern verwendeten Entscheidungsbäumen nahe, jedoch ist es als Rechenvorschrift deutlich einfacher als die Entscheidungsbäume in Programmcodes zu implementieren. Als Mittelwertbildung ist es ohne Verschiebung der bisherigen Bewertungsgrenzen durch zusätzliche Teilfunktionsbewertungen (z.B. Klimafunktion des Bodens) erweiterbar. Zudem ist das Höldermitte im mathematischen Sinne homogen, das bedeutet, wenn die einzelnen Faktoren mit einem Faktor multipliziert werden, erhöht sich auch das Mittel um den entsprechenden Faktor. Das vereinfacht die Übertragbarkeit auf vorhandene Bodenfunktionsbewertungen, da es skalierbar ist und z.B. auch für einen Bewertungsrahmen von 0 bis 1 genutzt werden kann.