

LABO

**Bund/Länder-
Arbeitsgemeinschaft
Bodenschutz**



**Fachbeirat
Bodenuntersuchungen**

Eckpunkte zum Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit im Vollzug der BBodSchV

Ständiger Ausschuss „Altlasten“ (ALA)

LABO

**Bund/Länder-
Arbeitsgemeinschaft
Bodenschutz**



**Fachbeirat
Bodenuntersuchungen**

Impressum

Herausgeber:

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO)
unter dem Vorsitz des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz des Landes
Brandenburg

Henning-von-Tresckow-Str. 2-13, Haus S
14467 Potsdam

Tel.: +49 331 866-7378

E-Mail: LABO@mluk.brandenburg.de

Homepage: www.labo-deutschland.de

Bearbeitung und Redaktion:

Gremienübergreifende Arbeitsgruppe Mess- und Ergebnisunsicherheit unter Beteiligung des
Fachbeirats Bodenuntersuchungen (FBU) bestehend aus folgenden Personen:

- Dr. Urs Dippon-Deißler (FBU, Umweltbundesamt)
- Dr. Frank Küchler (FBU, Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH)
- Dr. Ingo Müller (FBU/SN, Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie)
- Johanna Oest* (NI, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie)
- Florian Schaller (HE, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie)
- Stefan Schroers* (NW, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr)
- Peter Spörlein (BY, Landesamt für Umwelt)
- Sabine Stein* (BW, Regierungspräsidium Karlsruhe)
- Reinhard Sudhoff* (HE, Regierungspräsidium Kassel)
- Ireen Werner (BB, Landesamt für Umwelt)
- Sebastian Wolf (NW, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz)
- Dr. Andreas Zeddel (FBU/SH, Landesamt für Umwelt)

* zeitweise

Federführung:

Ständiger Ausschuss "Altlasten" ALA

Unter Mitwirkung von:

Marc Mondwurf (BORA/NI, Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz)

Silvia Strecker (BORA/NW, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr)

Heike Kasten (BORA/MV, Ministerium für Klimaschutz, Landwirtschaft, ländliche Räume und Umwelt)

Stand:

Januar 2024

Das Papier wurde durch den FBU auf der 51. Sitzung am 23./24.10.2023 in Dessau als Empfehlung zur Eignung als Maßnahme zur Qualitätssicherung nach § 25 Abs. 1 Punkt 3 angenommen.

Das Papier wurde durch die 65. LABO am 20.03.2024 in Potsdam beschlossen.

Die UMK hat der Veröffentlichung des Papieres im Umlaufbeschluss am 20.09.2024 zugestimmt.

Die Bearbeitung erfolgte auf Basis des LABO-Arbeitsprogramms ALA-14.

Lizenzierung:

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

Zitiervorschlag:

LABO (2024): Eckpunkte zum Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit im Vollzug der BBodSchV; Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden (LABO).

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	ii
Tabellenverzeichnis.....	ii
Vorwort.....	1
Kurzfassung.....	2
1 Unsicherheitskomponenten bei Bodenuntersuchungen	4
2 Hintergrund und Anwendungsbereich aus der BBodSchV	7
3 Eckpunkte zum Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit.....	9
Literaturverzeichnis.....	14
Abkürzungsverzeichnis	15
Anlage 1 Checklisten zur Qualitäts- und Fehlerprüfung von Bodenuntersuchungen	I
Anlage 2 Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen.....	XI
Anlage 3 Rundungsregeln mit Beispielen	XIII
Anlage 4 Fragen und Antworten zu den Eckpunkten	XV
Anlage 5 Vollzugsorientiertes Praxisbeispiel	XX

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Empfehlungen zum Einbezug der Mess- und Ergebnisunsicherheit bei der Beurteilung von Messergebnissen im Nahbereich von Prüfwerten im Rahmen der Orientierenden Untersuchung.....	10
Anlage 4 Abbildung 2: Vergleich der Messunsicherheit aus Ringversuchen bei angenommener Normalverteilung mit der Indizienkraft (=Aussagesicherheit), wenn der Messwert den Beurteilungswert um die einfache Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) überschreitet.....	XVI
Anlage 5 Abbildung 3: Skizze der Beprobung im Praxisbeispiel.....	XX

Tabellenverzeichnis

Anlage 1 Tabelle 1: Checkliste zur Prüfung der Vollständigkeit von Gutachten und Berichten	III
Anlage 1 Tabelle 2: Erläuterungen zur Checkliste "Vollständigkeit von Gutachten und Berichten"	IV
Anlage 1 Tabelle 3: Checkliste zur Vermeidung häufig anzutreffender Fehlerquellen	VII
Anlage 1 Tabelle 4: Erläuterungen zur Checkliste zur Vermeidung von Fehlerquellen	VIII
Anlage 2 Tabelle 5: Vereinfachte Angabe der einfachen Vergleichsstandardabweichung MU_{VR} aus Ringversuchen (in Prozent) als Maßzahl für die Messunsicherheit (FBU 2024)	XII
Anlage 2 Tabelle 6: Rechenbeispiele zur Rundung auf zwei signifikante Stellen	XIII
Anlage 5 Tabelle 7: Praxisbeispiel - Analysedaten - Wirkungspfad Boden-Mensch	XXI
Anlage 5 Tabelle 8: Praxisbeispiel - Ergebnisse der Nachuntersuchung und Berücksichtigung der laborübergreifenden Messunsicherheit nach Maßgabe des Eckpunktepapiers	XXII

Vorwort

Die hier dargestellten fachlichen Eckpunkte sind das Ergebnis eines Projekts (LABO-Arbeitsprogramm ALA 14) des Ständigen Ausschusses „Altlasten“ (ALA) der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). Das Projekt wurde von einer gremienübergreifenden Arbeitsgruppe unter Beteiligung des Ständigen Ausschusses „Vorsorgender Bodenschutz“ (BOVA), des Ständigen Ausschusses „Recht“ (BORA) und des „Fachbeirats Bodenuntersuchungen“ (FBU) bearbeitet.

Die Eckpunkte wurden unter fachlichen Aspekten erarbeitet und sollen den Vollzugsbehörden lediglich allgemeine Hinweise für den Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit geben. Es handelt sich nicht um eine Arbeitshilfe oder ein sonstiges Dokument mit verbindlichem Charakter, zumal bei Entscheidungen im Einzelfall stets auch alle weiteren relevanten Sachverhalte und Umstände zu berücksichtigen und bei der Ermessensausübung abzuwägen sind.

Kurzfassung

Ergebnisse von Bodenuntersuchungen sind mit Unsicherheiten behaftet, trotz aller Bemühungen um Verfahrensverbesserungen und Qualitätssicherung. Vielfach wird diese Unsicherheit in Form von Messwertschwankungen bei Wiederholungsuntersuchungen sichtbar. Die hier formulierten Eckpunkte zum Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit im Vollzug der BBodSchV geben fachliche Empfehlungen, welche Komponenten der Unsicherheit in welcher Form bei Entscheidungsprozessen bei Messergebnissen im Nahbereich von Beurteilungswerten einbezogen werden können. Der Fokus dieses Eckpunktepapiers liegt dabei auf dem Bereich der Orientierenden Untersuchung (OU). Die Ausführungen lassen sich analog auch auf Bodenuntersuchungen in anderen Schritten der Altlastenbearbeitung sowie mit Einschränkungen auch im Bereich des vorsorgenden Bodenschutzes anwenden.

Die Unsicherheit bei Bodenuntersuchungen lässt sich in zwei Bereiche aufgliedern. Der erste Bereich umfasst Komponenten, die von den Standortbedingungen des Einzelfalls (z. B. der Schadstoffverteilung im Boden) dominiert werden. Diese Unsicherheiten lassen sich im Rahmen von Vollzugsaufgaben kaum quantifizieren, wohl aber identifizieren. Die Belastbarkeit von Ergebnissen hängt hier maßgeblich von der Sachkunde und Sorgfalt bei der Planung und Durchführung im gesamten Untersuchungsablauf ab. Hierfür wurden Checklisten entwickelt, mit der wesentliche Qualitätsmängel und Fehler erkannt werden können. In der Regel lässt sich hierüber ein überwiegender Teil an bewertungsrelevanten Unsicherheiten ausräumen, so dass auf Basis der dann vorliegenden Erkenntnisse belastbare Bewertungen vorgenommen werden können.

Darüber hinaus verbleibt mit der Messunsicherheit der Laboranalytik ein zweiter, einzelfallunabhängiger Unsicherheitsbereich, der über eine Auswertung von Ringvergleichen quantifizierbar ist. Hierzu hat der Fachbeirat Bodenuntersuchungen für die meisten Analyseverfahren der BBodSchV die laborübergreifende, parameterspezifische, einfache Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) veröffentlicht.

Die BBodSchV trifft zur Art und Weise der Berücksichtigung der Mess- und Ergebnisunsicherheit keine Regelungen. Daher greift der allgemeine Untersuchungsgrundsatz nach § 24 VwVfG. Das Verwaltungsverfahrensrecht kennt – anders als der Zivilprozess – nur eine materielle Beweislast. Aus der insoweit grundsätzlich geltenden „Normbegünstigungstheorie“ kann auch die Frage beantwortet werden, zu wessen Lasten die mögliche Unerweislichkeit einer Tatsache geht, nämlich zu Lasten desjenigen, der aus der Tatsache nach dem materiellen Recht eine Rechtsfolge herleiten möchte. Das bedeutet, dass die Seite, die einen Tatbestand gegenüber einem Dritten auf Grundlage von Bodenuntersuchungen im Vollzug der BBodSchV belegen möchte, sich mögliche Unsicherheiten der Untersuchungsergebnisse zurechnen lassen muss. Konkret führt das zu der Auffassung, dass für die Inanspruchnahme eines Störers nach Durchführung einer Orientierenden Untersuchung die mit der Unsicherheit der Bodenuntersuchungen verbundene zusätzliche Aufklärungslast in der Regel bei der Bodenschutzbehörde liegt.

Liefern sach- und fachgerechte Bodenuntersuchungen Messergebnisse unterhalb oder gleich von Werteregulungen der BBodSchV, lässt sich darüber kein Anhaltspunkt

für eine schädliche Bodenveränderung und damit gegenüber Dritten auch kein Handlungserfordernis begründen. Liegen die Messergebnisse sehr weit über den Beurteilungswerten, sind Betrachtungen zur Unsicherheit bei Vollzugsentscheidungen ohne Bedeutung. Bei geringfügigen Überschreitungen wird durch den Einbezug von einfachen Unsicherheitsbetrachtungen bei Messergebnissen im Nahbereich von Prüfwerten ein Toleranzbereich gesehen, in welchem die Überschreitung als nicht hinreichend belastbar eingeschätzt wird.

Als erste Möglichkeit der Berücksichtigung üblicher Schwankungen von Messergebnissen wird vor einem Vergleich mit Prüfwerten eine Rundung vorliegender Messergebnisse auf zwei signifikante Stellen empfohlen. Entspricht das gerundete Ergebnis dem Prüfwert oder liegt darunter, liegt keine Prüfwertüberschreitung vor.

Aus fachlicher Sicht endet im zweiten Schritt ein einzelfallunabhängig begründbarer Toleranzrahmen mit der Berücksichtigung der einfachen, laborübergreifenden Messunsicherheit (MU_{VR}). Wenn ein Messergebnis abzüglich der MU_{VR} (Ergebnis gerundet auf 2 signifikante Stellen) den Prüfwert überschreitet, ist ein weiteres Aufklärungserfordernis seitens der Bodenschutzbehörde nicht mehr zu erkennen und eine nachfolgende Inanspruchnahme von Dritten hinreichend belastbar begründet.

Bei jeder Entscheidungsfindung sind über Betrachtungen zur Messunsicherheit hinaus stets auch alle weiteren relevanten Sachverhalte und Umstände des Einzelfalls zu berücksichtigen und bei der Ermessensausübung abzuwägen. Das gilt für beide Blickrichtungen, sowohl auf die möglichen Gefahren einer Schadstoffbelastung, als auch auf die Entscheidungsfolgen gegenüber Pflichtigen.

1 Unsicherheitskomponenten bei Bodenuntersuchungen

Chemische Bodenuntersuchungen sind und bleiben ein zentraler Bestandteil im Vollzug des Bodenschutzes, insbesondere bei der Bearbeitung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten. Sie bilden die Grundlage für weitreichende Verwaltungsentscheidungen. Anhand von Messergebnissen wird z. B. entschieden, ob Gemüse gefahrlos angebaut werden kann, ob Kinder ohne gesundheitliche Risiken auf Böden spielen können oder ob Gefahrenpotenziale für Grund- oder Oberflächenwasser vorhanden sind. Aufgrund der Konsequenzen (gesundheitlicher wie auch finanzieller Art) sollte sowohl den entscheidenden Behörden als auch den Betroffenen und Pflichtigen die **Aussagesicherheit der Ergebnisse** von Bodenuntersuchungen bewusst sein.

Chemische und physikalische Messungen können grundsätzlich nur mit einer naturwissenschaftlich begründet begrenzten Genauigkeit vorgenommen werden. Daher sind auch Ergebnisse von Schadstoffanalysen des Bodens stets mit (zumindest geringen) Messunsicherheiten behaftet, die bei der Bewertung mit berücksichtigt werden sollten.

Mit der der BBodSchV vom 16. Juli 2021 wird in diesem Zusammenhang der Begriff der **Ergebnisunsicherheit** eingeführt. Die Ergebnisunsicherheit ist ein fachlicher Oberbegriff und umfasst mehrere **Unsicherheitskomponenten** (Uhlig et al. 2020a):

- 1. Räumliche Heterogenität** auf der Fläche – sie bedeutet, dass die Schadstoffbelastung innerhalb einer Fläche aufgrund unterschiedlicher Entstehungs- und Eintragsprozesse nicht überall gleich ist;
- 2. Fundamentalvariabilität** – sie ergibt sich daraus, dass der Schadstoffgehalt auf der Partikelskala mehr oder weniger stark variiert und somit auch der Schadstoffgehalt der entnommenen Probe selbst bei perfekter Durchmischung des Bodenmaterials zufälligen Schwankungen unterliegt (Uhlig et.al. 2020b). Umsomehr der Schadstoffgehalt zwischen den Partikeln schwankt, desto höher wird die Fundamentalvariabilität. Ein anschauliches Beispiel für hohe Fundamentalvariabilität liefert Bleischrot in der Bodenprobe von einem Wurfscheibenschießplatz;
- 3. Unsicherheit der Probennahme** (systematisch und zufällig) in enger Verbindung mit Punkt 1 und 2 – diese Komponente ist stark abhängig vom Einzelfall und kann allenfalls einzelfallbezogen auf der Basis einer sachkundigen Beurteilung geschätzt werden;
- 4. Messunsicherheit** – diese ergibt sich aus Abweichungen des Analyseverfahrens (systematisch und zufällig) im Labor und ist über Auswertungen von Ringvergleichen gut ermittelbar (Uhlig et al. 2020c).

Die Unsicherheitskomponenten zur räumlichen und partikelbezogenen **Heterogenität von Flächen** (Punkt 1 und 2) und der **Probennahme** (Punkt 3) sind vom Einzelfall abhängig und erfordern eine möglichst realitätsnahe Einschätzung über die Höhe und Verteilung der Schadstoffe im Boden. Diese Einschätzung obliegt den Sachverständi-

gen und ist Gegenstand der **Kontaminationshypothese** sowie der darauf basierenden Probennahmeplanung. Die Kontaminationshypothese umfasst die Beschreibung des Kontaminationsverdachts an einem Standort bezüglich Art, Entstehung und zunehmender Verteilung der relevanten Schadstoffe und bildet die Grundlage für alle nachfolgenden Untersuchungen.

Die (hinreichende) Repräsentativität einer entnommenen Probe ist auch das Ergebnis der Vorerkundung sowie der Strategie und Planung der Probennahme. Diese Komponenten sind daher in erheblichem Maße von der Sachkunde und Sorgfalt der Durchführenden der Untersuchung und Begutachtung abhängig. Ihre Beiträge zur Ergebnisunsicherheit lassen sich somit nicht über allgemeine Maßzahlen beschreiben und sind selbst im konkreten Einzelfall kaum zu quantifizieren (Horchler 2022). Eine rein verfahrensbezogene Ermittlung von Unsicherheitsbeiträgen der Probennahme ist ohne Kenntnis der Bedingungen des Einzelfalls aufgrund der gegenseitigen Beeinflussung nicht sachgerecht.

Es erscheint im Rahmen von Vollzugsaufgaben der BBodSchV daher vorrangig, eine sach- und fachgerechte Bearbeitung sicherzustellen, um offensichtliche, von anerkannten Regeln der Wissenschaft und Technik abweichende Handlungen und Fehler auszuschließen und verbleibende Unsicherheiten zu begrenzen. Dem dienen zum einen die formalen bodenschutzrechtlichen Anforderungen an Qualifikation, Sach- und Fachkunde im gesamten Ablauf der Bodenuntersuchungen, sowie die Verfahren der Akkreditierung und Notifizierung. Darüber hinaus wird mit diesen Eckpunkten empfohlen, mögliche Schwachstellen von Bodenuntersuchungen mit Hilfe von einfachen Checklisten (s. Anlage 1) aufzudecken und diese nachfolgend zu überwinden.

Die **Fundamentalvariabilität** (s.o. Punkt 2) hängt ebenfalls in erheblichem Maße vom vorliegenden Einzelfall ab. Zum Ausmaß der partikelbezogenen Heterogenität der Schadstoffverteilung liegen wenige Beispiele vor, die zumeist extreme Situationen beleuchten (z. B. Bleischrote im Boden – LANUV 2004). Spezielle Untersuchungen zur Quantifizierung der Fundamentalvariabilität sind aufwändig und werden zumeist Sonderfällen vorbehalten bleiben. Ob einzelne Partikel mit sehr hoher Belastung bereits für sich genommen beurteilungsrelevant sein können, z. B. bei oraler Aufnahme durch spielende Kinder, oder ob Mittelwerte von ggf. größeren Probenmengen, nach einer spezifischen Probenaufbereitung (z. B. Zerkleinerung) und sorgfältigen Homogenisierung im Labor eine Gefahrensituation besser beschreiben, kann nur im Einzelfall geklärt werden. Die Untersuchungen sind dementsprechend auf die Fragestellung des Einzelfalls hin abzustellen. Auch Mehrfachuntersuchungen im Labor können Hinweise auf eine durch Partikel verursachte Streuung von Messergebnissen geben.

Neben der **Vorerkundung** gemäß § 18 BBodSchV kann eine versierte und detaillierte Beschreibung der entnommenen Proben wichtige Hinweise auf das Vorkommen von Partikeln mit hohem Schadstoffpotential liefern. Daher wurden diese Punkte ebenfalls in die Checkliste zur Prüfung der Qualität und Vollständigkeit (s. Anlage 1) aufgenommen.

Von den Komponenten der Ergebnisunsicherheit ist nur die **analytische Messunsicherheit** (Punkt 4) nicht von der Situation des Einzelfalls abhängig, sondern lässt sich anhand von Maßzahlen aus Ringvergleichen für zahlreiche Verfahren und Parameter der BBodSchV konkret beschreiben. Hierzu liegen aktuelle Daten und Auswertungen

durch den Fachbeirat Bodenuntersuchungen (FBU 2024) vor. Aus fachlicher Sicht stellt die aus Ringvergleichen abgeleitete laborübergreifende Vergleichsstandardabweichung – bei allen qualitätssichernden Bemühungen – eine in der Bearbeitung des Einzelfalls nicht abwendbare Unsicherheitskomponente dar. Als konkrete Maßzahl für diese Unsicherheitskomponente wird die **parameterspezifische, laborübergreifende, einfache Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR})** als fachlich geeignet und vollzugstauglich angesehen (Anlage 2).

Bei Bodenuntersuchungen im Vollzug der BBodSchV wird empfohlen, den Unsicherheiten aus der räumlichen Heterogenität des Standorts, der Probennahme sowie der Fundamentalvariabilität in den entnommenen Bodenproben nur in qualitativer Hinsicht zu begegnen und dazu die Checklisten der Anlage 1 zu verwenden.

Lassen sich darüber Qualitätsmängel und Fehler weitgehend ausschließen, verbleibt mit der analytischen Messunsicherheit ein Toleranzbereich von Messergebnissen, der sich unabhängig von den Umständen des Einzelfalls beschreiben und über Maßzahlen beim Vergleich mit Beurteilungswerten der BBodSchV im Zuge der Ermessensausübung im Vollzug verwenden lässt.

2 Hintergrund und Anwendungsbereich aus der BBodSchV

In der BBodSchV finden sich keine expliziten Regelungen zum Umgang mit der Mess- oder Ergebnisunsicherheit. Der Begründungstext zur BBodSchV¹ führt zwar aus, dass die Berücksichtigung der Unsicherheiten zweckmäßigerweise bei der Beurteilung des Einzelfalles vorzunehmen sei, ergänzt dazu jedoch keine vollzugsleitenden Hinweise. Die Eckpunkte lassen sich daher von folgendem allgemeinen Rechtsgrundsatz leiten: Wer auf Grundlage von Untersuchungsergebnissen einen Tatbestand gegenüber einem Dritten belegen möchte, muss sich mögliche Unsicherheiten, hier der Untersuchungsergebnisse, zurechnen lassen und diese letztlich überwinden. Damit obliegt die mit der Unsicherheit der Bodenuntersuchungen verbundene zusätzliche Aufklärungslast im Rahmen der Orientierenden Untersuchung in der Regel der Bodenschutzbehörde.

Überschreitungen von Prüfwerten sind wichtige Indizien für eine Entscheidung über weitere Gefahrenerkundungen oder ggf. Gefahrenabwehrmaßnahmen. Die Stärke dieser Indizien hängt von der Sicherheit einer solchen Überschreitung ab (Uhlig et al. 2020a) und ist darüber hinaus mit anderen Faktoren wie z. B. der Belastbarkeit einer Kontaminationshypothese bei der Bewertung zu kombinieren. Sehr oft treten bei Bodenuntersuchungen in der Altlastenbearbeitung Messergebnisse auf, welche die Prüfwerte sehr deutlich, oft um Größenordnungen überschreiten. In diesen Fällen sind Unsicherheitsbetrachtungen in der Regel ohne Vollzugrelevanz und daher entbehrlich.

Die mit diesen Eckpunkten dargelegte Berücksichtigung von Unsicherheiten ist nur bei einer geringfügigen Überschreitung von Prüfwerten bedeutsam. Der Umgang mit Unsicherheiten im Vollzug der BBodSchV muss rechtlich wie fachlich am Anlass und Ziel ausgerichtet werden. Dabei müssen bei der Ermessensausübung und Prüfung der Verhältnismäßigkeit neben den Grundlagen zur Ableitung der Beurteilungswerte (d. h. toxikologische Konventionen und die Annahmen zu den Wirkungs- und Expositionsszenarien gemäß BMU 1999) auch die fachlichen Grundannahmen des Einzelfalles und seine Begleitumstände im Blick behalten werden, ebenso wie die Folgen einer Entscheidung.

Die folgenden Eckpunkte orientieren sich in erster Linie an der **Orientierenden Untersuchung (OU)**, da für den Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit die Frage der Über- oder Unterschreitung von Prüfwerten und die damit verbundenen Rechtsfolgen für den Vollzug von besonderer Bedeutung sind. Die Ausführungen lassen sich analog auch auf Bodenuntersuchungen in anderen Schritten der Altlastenbearbeitung übertragen. Für Hinweise zu Möglichkeiten und Grenzen einer Anwendung der Eckpunkte im Bereich des vorsorgenden Bodenschutzes wird auf Anlage 4 verwiesen.

Die folgenden Eckpunkte beziehen sich auf Messergebnisse aus Bodenuntersuchungen, vorrangig für die Bewertungen der **Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze** anhand der Prüf- und Maßnahmenwerte.

¹ Deutscher Bundestag, [Drucksache 19/29636](#), Begründung zu § 15 (Bewertung)
LABO (2024)

Für Bodenuntersuchungen im Bereich des Wirkungspfades Boden-Grundwasser kann bei der Beurteilung von Eluatkonzentrationen am Ort der Probennahme gemäß § 12 Abs. 3 BBodSchV vergleichbar vorgegangen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die abschließende Beurteilung einer Gefährdung des Grundwassers von zahlreichen Annahmen und Modellvorstellungen geprägt und die Herangehensweise hierbei nicht direkt übertragbar ist (z. B. bei der Bewertung von integralen Sickerwasser- und Grundwasserproben). Für Untersuchungen und die Beurteilung von Untersuchungsergebnissen wird konkret auf die derzeit in Überarbeitung befindliche LABO-Arbeitshilfe Sickerwasserprognose verwiesen (LABO 2003).

3 Eckpunkte zum Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit

Für den Einbezug der Mess- und Ergebnisunsicherheit im Vollzug der BBodSchV bei Messergebnissen im Nahbereich der Prüfwerte wird ein schrittweiser Ablauf empfohlen. Abbildung 1 beschreibt den vorgeschlagenen Entscheidungsprozess im Rahmen der Orientierenden Untersuchung.

Aus fachlicher und juristischer Sicht erscheint die vorgeschlagene Berücksichtigung der Mess- und Ergebnisunsicherheit bei Entscheidungen im Vollzug grundsätzlich hinreichend begründet und tragfähig. Dabei liegt es im Ermessen der Vollzugsbehörde, unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalls dem hier dargelegten Vorschlag zu folgen, die Unsicherheitsbetrachtungen in anderer Form einzubeziehen, oder diese nicht in den Entscheidungsprozess aufzunehmen.

Nachfolgend sind die in Abbildung 1 dargestellten Schritte im vorgeschlagenen Entscheidungsablauf im Einzelnen beschrieben. Vertiefende Hinweise und Erläuterungen finden sich in Form von Fragen und Antworten (FAQ) in der Anlage 4.

Prüfung der Belastbarkeit und Plausibilität der Bodenuntersuchungen

Im ersten Schritt erfolgt die Berücksichtigung der Unsicherheitskomponenten, die sich im Vollzug in der Regel nicht mit Hilfe von Maßzahlen fassen lassen. Diese umfassen die Heterogenität der Untersuchungsfläche und in der entnommenen Probe (Fundamentalvariabilität) sowie Unsicherheiten der Probennahme, beschrieben unter den Punkten 1 bis 3 im Kapitel 1.

Diesen Unsicherheiten kann bei Vollzugsaufgaben in erster Linie durch eine sach- und fachgerechte Bearbeitung entgegengewirkt werden.

Um Defizite und offensichtliche, grobe Fehler bei Bodenuntersuchungen weitgehend auszuschließen und verbleibende Unsicherheiten zu begrenzen, wurden Kriterien in Form von einfachen Checklisten entwickelt (Anlage 1). Es ist dringend anzuraten, weitere Schritte zur Beurteilung von Messergebnissen erst dann vorzunehmen, wenn die zugrundeliegenden Bodenuntersuchungen hinreichend nachvollziehbar und belastbar erscheinen.

Vorliegende Anzahl an Messergebnissen

Liegt zur Beurteilung der Schadstoffbelastung einer Fläche nur ein einzelnes Messergebnis vor, sollte im Einzelfall geprüft werden, ob dieses Messergebnis die Situation der Fläche für eine Beurteilung im Rahmen der Orientierenden Untersuchung hinreichend charakterisieren kann. Es liegt im Aufklärungsermessen der Vollzugsbehörde zu entscheiden, ob den Umständen des Einzelfalls mit nur einem Messergebnis hinreichend Rechnung getragen ist, oder die Untersuchung weiterer Proben besser geeignet erscheint.

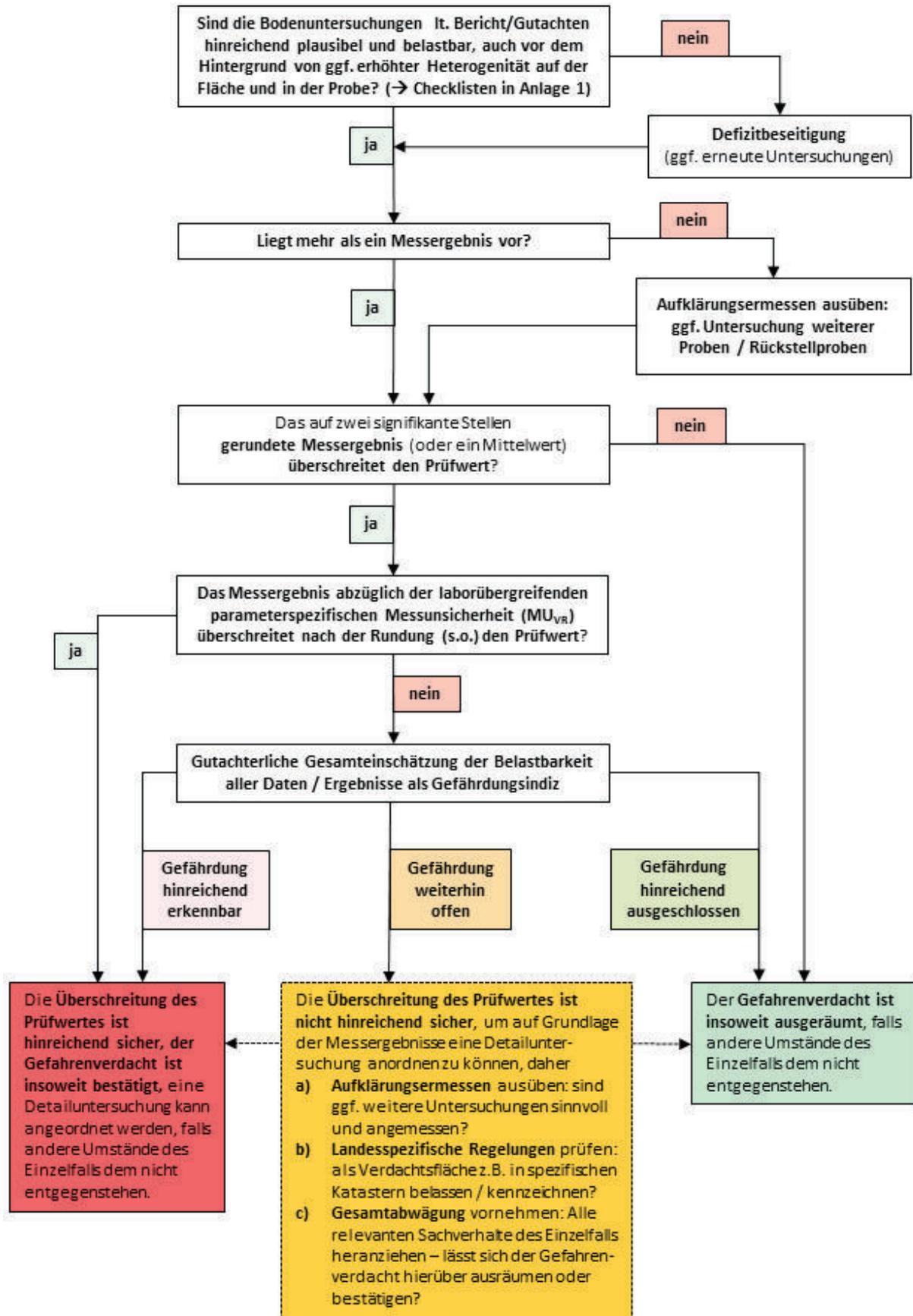


Abbildung 1: Empfehlungen zum Einbezug der Mess- und Ergebnisunsicherheit bei der Beurteilung von Messergebnissen im Nahbereich von Prüfwerten im Rahmen der Orientierenden Untersuchung.

Liegen mehrere Messergebnisse vor, ist vor dem Hintergrund der Kontaminationshypothese im Einzelfall zu entscheiden, ob die Beurteilung einer mittleren Bodenbelastung in Form eines Mittelwerts sachgerecht ist, oder eine Beurteilung anhand der höchsten gemessenen Konzentration besser geeignet erscheint. Sehr weit auseinanderliegende Messergebnisse deuten zumeist darauf hin, dass die Proben nicht einer homogenen Grundgesamtheit entstammen; hieraufhin wäre die Kontaminationshypothese zu überprüfen und gemäß § 19 (4) BBodSchV ggf. eine teilflächenspezifische Untersuchung und Beurteilung vorzunehmen. Bei Hinweisen auf hoch schadstoffbelastete Einzelpartikel (siehe Fundamentalvariabilität) können ggf. Untersuchungen spezifischer Korngrößenfraktionen hilfreich sein. Insbesondere im Nahbereich der Prüfwerte wird empfohlen, den Einbezug von Überlegungen zur Messunsicherheit und darauf aufbauende Entscheidungen auf mehrere Messergebnisse, zumindest eine Doppelbestimmung der entnommenen Probe zu stützen.

Berücksichtigung der Messunsicherheit durch einfache Rundung

Liegen das Messergebnis, je nach Einzelfall z. B. der Mittelwert oder der Maximalwert, deutlich oberhalb des Prüfwertes, ist der Einbezug von Überlegungen zur Messunsicherheit bei der Entscheidungsfindung im Vollzug ohne Relevanz. Im Nahbereich des Prüfwertes eröffnet sich im Rahmen der Ermessensausübung durch einen Einbezug der Messunsicherheit ein Toleranzbereich, weil Messergebnisse in diesem Bereich in Verbindung mit der Messunsicherheit bei Aussagen zur Überschreitung eines Prüfwertes nur eine geringe Aussage- oder Indizienkraft (vgl. Uhlig et al. 2020b) besitzen und einen Gefahrenverdacht in der Regel nicht sicher belegen oder erhärten können.

Prüfberichte der Untersuchungsstellen geben das Messergebnis mit der im Analyseverfahren vorgegebenen Genauigkeit an; hierauf sollte keinesfalls verzichtet werden. Ringvergleiche zeigen jedoch auf, dass kein Parameter der BBodSchV mit einer laborübergreifenden Messunsicherheit von weniger als 5 % behaftet ist. Daher wird als erster Schritt zur Berücksichtigung der Messunsicherheit für alle Parameter oder Messverfahren der BBodSchV eine einfache Rundung des Messergebnisses auf zwei signifikante Stellen empfohlen, unabhängig von der Stellenanzahl des jeweiligen Prüfwertes, jedoch in der gleichen Maßeinheit, in welcher der Prüfwert in der BBodSchV angegeben ist. Die Prüfung und Übernahme von Messergebnissen aus Prüfberichten und deren Rundung ist keine laboranalytische, sondern eine gutachterliche Aufgabe.

Ein Messergebnis von beispielsweise 10,4 mg/kg würde somit auf 10 mg/kg abgerundet und beim Vergleich mit einem Prüfwert von 10 mg/kg wäre dieser demnach nicht als überschritten zu bezeichnen und der Gefahrenverdacht unter Berücksichtigung der vorhandenen Messunsicherheit im Allgemeinen insoweit ausgeräumt. Bei Überschreitung schließen sich für den Einbezug der Messunsicherheit weitere Ablaufschritte an. Die genaue Vorgehensweise zur vorgeschlagenen Rundung mit weiteren Beispielen ist in Anlage 3 beschrieben.

Mit einer Rundung auf zwei signifikante Stellen werden bei Abrundung von Messergebnissen leichte Überschreitungen eines Prüfwertes bis maximal 5 % toleriert, was den untersten Bereich üblicher Schwankungen von Messergebnissen in Ringvergleichen widerspiegelt.

Berücksichtigung der parameterspezifischen laborübergreifenden Messunsicherheit

Überschreitet auch das auf zwei signifikante Stellen gerundete Messergebnis den Prüfwert, ist ein darüber hinaus gehender Einbezug von Unsicherheitsüberlegungen nur parameter- und verfahrensspezifisch möglich, weil sich die Messunsicherheit zwischen den einzelnen Parametern und Analyseverfahren erheblich unterscheidet. Hierzu hat der FBU umfassende Auswertungen aus Ringvergleichen vorgelegt und für zahlreiche Verfahren und Parameter der BBodSchV die labor-übergreifende einfache Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) als Maßzahl für die Messunsicherheit veröffentlicht (FBU 2024). Erläuterungen zu den Maßzahlen der MU_{VR} sind als Anlage 2 beigefügt. Für diesen Schritt zur Berücksichtigung der Messunsicherheit wird empfohlen, vom vorliegenden ungerundeten Messergebnis die MU_{VR} abzuziehen, danach das Ergebnis auf zwei signifikante Stellen zu runden und dann den Prüfwertvergleich vorzunehmen.

Überschreitet auch das Messergebnis abzüglich der MU_{VR} und auf zwei signifikante Stellen gerundet den Prüfwert, ist diese Überschreitung als hinreichend sicher zu bezeichnen und der Gefahrenverdacht insoweit bestätigt. Bezüglich des überschrittenen Prüfwertes ist ein weiteres Aufklärungserfordernis seitens der Bodenschutzbehörde dann nicht mehr zu erkennen und eine nachfolgende Inanspruchnahme von Dritten hinreichend belastbar begründet.

Mit dem Abzug der MU_{VR} vom Messergebnis und der nachgeordneten Rundung auf zwei signifikante Stellen ist aus fachlicher Sicht die Grenze eines einzelfallunabhängigen Toleranzrahmens erreicht. Eine Begründung hierzu findet sich in Anlage 4.

Vorgehensweise bei nicht eindeutiger Sachlage

Überschreitet zwar das Original-Messergebnis den Prüfwert, das um die MU_{VR} verminderte und auf zwei signifikante Stellen gerundete Messergebnis jedoch nicht, werden vor einer Entscheidung weitere Schritte zur Prüfung der Belastbarkeit der Ergebnisse der Bodenuntersuchung empfohlen. Zunächst wird eine nochmalige Gesamteinschätzung aller vorhandenen Daten und Messergebnisse und der ihnen zugrundeliegenden Bodenuntersuchungen inklusive der Kontaminationshypothese, der Vorerkundung und der Probennahme sowie der Sensibilität der betroffenen Schutzgüter angeregt. Ergeben sich aus dieser Gesamtsicht hinreichende Anhaltspunkte für eine Gefährdung durch die Schadstoffbelastung, lässt sich darüber ebenfalls das Erfordernis einer Detailuntersuchung begründen. Treten in der Gesamtsicht hingegen weitere Erkenntnisse zu Tage, die eine Gefährdung hinreichend ausschließen, dann ließe sich darüber der Gefahrenverdacht insoweit abschließend ausräumen.

Lässt sich im Einzelfall auch über die Gesamteinschätzung der Bodenuntersuchungen und ihrer Ergebnisse keine eindeutige Entscheidung begründen, können nachstehende Überlegungen hilfreich sein.

Im Rahmen des Aufklärungsermessens kann z. B. von der Vollzugsbehörde geprüft werden, ob es im konkreten Einzelfall sinnvoll und angemessen ist, zur genaueren

Klärung des Sachverhalts ergänzende Untersuchungen vorzunehmen. Dieses erscheint insbesondere dann von Vorteil, wenn die vorliegenden Untersuchungen und Ergebnisse eher wenig plausibel erscheinen, weil eine deutlich höhere Belastung zu erwarten war, beispielsweise aufgrund der konkreten früheren Nutzung der untersuchten Fläche. Erscheinen hingegen die Untersuchungen sach- und fachgerecht und auch die Ergebnisse der Höhe nach plausibel, weil die Kontaminationshypothese eine Belastung im Nahbereich des Prüfwertes erwarten lässt, so dürfte der zu erwartende Erkenntnisgewinn durch weitere Untersuchungen oftmals in keinem angemessenen Verhältnis zu dem zusätzlichen Aufwand stehen. Weitere Untersuchungen wären dann in der Regel entbehrlich.

Einige Bundesländer empfehlen in Fällen, in denen der Gefahrenverdacht durch die Messergebnisse weder sicher ausgeräumt, noch bestätigt werden konnte, über eine abschließende Gesamtabwägung aller Sachverhalte und Umstände des Einzelfalls eine Ermessensentscheidung herbeizuführen.

Wenn die Orientierende Untersuchung den Gefahrenverdacht nicht sicher ausschließen kann, kann es – je nach Messergebnis und Sachlage – auch begründet sein, weiterhin von einem Gefahrenverdacht auszugehen und diesem Verdacht im Rahmen einer (ggf. abgestuften) Detailuntersuchung weiter nachzugehen. Einzelne Bundesländer sehen hier auch die Möglichkeit, erste weiterführende Untersuchungen (z. B. zur Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen) im begründeten Einzelfall durch die Behörde im Rahmen einer „erweiterten orientierenden Untersuchung“ vorzunehmen.

Einige Bundesländer haben spezifische Regelungen für den Umgang mit Fällen, in denen zwar ein Verdacht aufgrund der Kontaminationshypothese besteht, der Gefahrenverdacht durch Bodenuntersuchungen jedoch bislang weder ausgeräumt oder sicher bestätigt werden konnte, und sehen hierfür besondere Kennzeichnungen oder Katastereinträge vor.

Am Ende des Entscheidungsprozesses sind die zu treffenden Entscheidungen stets unter Würdigung aller Umstände und Sachverhalte abzuwägen und auf ihre Verhältnismäßigkeit zu prüfen. Bei allen Abwägungen können Überlegungen zur Unsicherheit von Bodenuntersuchungsergebnissen stets nur einen Teilaspekt darstellen. Die Folgen von Entscheidungen sind dabei in beide Blickrichtungen zu prüfen, sowohl im Hinblick auf (wirtschaftliche) Konsequenzen für den Pflichtigen, als auch im Hinblick auf eine Gefährdung des Schutzgutes.

Literaturverzeichnis

Es liegen für das Themenfeld der Bodenuntersuchungen im Vollzug der BBodSchV zahlreiche Arbeitshilfen vor; diese sind zumeist über das bundesweite Informationssystem zur Qualitätssicherung in der Altlastenbearbeitung ([ISQAB](#)) verfügbar. Nachstehend werden nur die in diesem Dokument zitierten Literaturverweise aufgelistet:

BMU (1999): Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV); Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999; verfügbar z. B. unter https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/iab/dateien/ableitung_der_pr_f-_und_ma_nahmenwerte.pdf.

FBU (2024): Angabe der Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung - Angaben zur analytischen Unsicherheit als Komponente der Ergebnisunsicherheit; Fachbeirat Bodenuntersuchungen (Hrsg.); verfügbar unter [Fachbeirat Bodenuntersuchungen \(FBU\) | Umweltbundesamt](#)

Horchler, D. (2022): Ergebnisunsicherheit bei Feststoffuntersuchungen – Gedanken zur Probennahmeunsicherheit; Altlasten-Spektrum Heft 2/2022, S. 47-55.

LABO (2003): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen; https://www.labo-deutschland.de/documents/SiWaPrognose-120903_91f.pdf.

LANUV (2004): Hinweise zur Untersuchung von betriebenen Wurfscheiben-Schießständen in NRW; https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/bodenschutz_nrw/pdf/Hinweise_zur_Untersuchung.pdf.

Uhlig, S.; Baldauf, H.; Hettwer, K.; Simon, K.; Küchler, F. (2020a): Umgang mit der Messunsicherheit bei der Überschreitung von Prüf- und Maßnahmenwerten für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; Umweltbundesamt (Hrsg.) UBA Texte 84/2000, 87 S.

Uhlig, S.; Baldauf, H.; Frost, K.; Hettwer, K.; Simon, K. (2020b): Handlungsanleitung zum Umgang mit der Ergebnisunsicherheit bei der Über- und Unterschreitung von Prüf- und Maßnahmenwerten für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; Umweltbundesamt (Hrsg.), UBA-Texte 85/2000, 73 S.

Uhlig, S.; Hettwer, K.; Simon, K.; Terytze, K. (2020c): Ermittlung der analytischen Unsicherheit für chemische Bodenuntersuchungen – Empfehlungen für den Vollzug der BBodSchV; Altlasten-Spektrum, Heft 4/2020, S. 141-144.

Abkürzungsverzeichnis

ALA	Ständiger Ausschuss 3 "Altlasten" der LABO
B(a)P	Benzo(a)pyren
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BTEX	Schadstoffgruppe aus Benzol, Toluol, Ethylbenzol und der Xylole
DDT	Dichlordiphenyltrichlorethan
dI-PCB	dioxin-like (dioxin-ähnliche) PCB
DU	Detailuntersuchung
FBU	Fachbeirat Bodenuntersuchung
FAQ	Frequently Asked Questions
ISQAB	Informationssystem zur Qualitätssicherung bei der Altlastenbearbeitung
KA5	Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage
LABO	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LAGA	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
MU _{VR}	laborübergreifende, parameterspezifische einfache Vergleichs- standardabweichung aus Ringvergleichen
OB	Oberbodenmischproben
OU	Orientierende Untersuchung
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und -furane
PCP	Pentachlorphenol
TEQ	Toxizitätsequivalent
TM	Trockenmasse
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)

Anlage 1 Checklisten zur Qualitäts- und Fehlerprüfung von Bodenuntersuchungen

Abweichungen von den Vorgaben des Regeluntersuchungsablaufs der BBodSchV, ausgehend von der Vorerkundung, über die Planung und Durchführung der Probenahme bis hin zur Untersuchung der entnommenen Proben können zusätzlich zur weitgehend bekannten analytischen Messunsicherheit (FBU 2024) weitere und weit größere Fehler verursachen. Die nachstehenden Checklisten bieten im Vorfeld von Einzelfallentscheidungen die Möglichkeit, anhand einfacher Kriterien zu prüfen, ob es Anhaltspunkte gibt, dass die vorliegenden Ergebnisse von Bodenuntersuchungen möglicherweise nicht hinreichend belastbar sind:

- Checkliste zur Prüfung der Vollständigkeit von Gutachten und Berichten,
- Checkliste zur Vermeidung häufig anzutreffender Fehlerquellen.

Treten über diese Checklisten Zweifel zutage, wird eine tiefergehende Prüfung dringend empfohlen, um zu entscheiden, ob und in welchem Umfang vorliegende Bodenuntersuchungen die Grundlage für Vollzugsentscheidungen bilden können. Für eine solche detaillierte Prüfung liegen zahlreiche Arbeitshilfen vor; diese sind zumeist über das bundesweite Informationssystem zur Qualitätssicherung in der Altlastenbearbeitung ([ISQAB](#)) verfügbar. Einige Beispiele sind nachstehend aufgeführt:

- STMUV Bayern: Merkblattreihe 3.8 Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen; insbesondere: Merkblatt 3.8/4 LfU Bayern, Probennahme von Boden und Bodenluft bei Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Gewässer, Stand 15.11.2017.
- LfU (2018): Prüfschema zur Plausibilitätsprüfung von Gutachten; Bayerisches Landesamt für Umwelt, Stand 10/2018.
- LfU (2022): Schurf-Probennahme-Ringversuch 2021 -Durchführung eines Ringversuchs für Untersuchungsstellen, die durch Bayern für Feststoff-Probennahmen gemäß § 18 BBodSchG zugelassen sind; Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Stand Mai 2022.
- HMUKLV (2022): Verfahrenshandbuch zum Vollzug des Bodenschutzrechts – Bewertung von Untersuchungsberichten. Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Stand 27.06.2022 (derzeit nur für hessische Behörden verfügbar).
- LUBW (2023): Mustergliederung für Gutachten zu Altlastenuntersuchungen, Stand 11/2023.
- MKUEM Rheinland-Pfalz: ALEX Informationsblätter; insbesondere ALEX-Informationsblatt Nr. 33 - Mindestanforderungen an den Umfang von Gutachten im Rahmen von orientierenden Untersuchungen und Detailuntersuchungen, Landesamt für Umwelt, Stand 10/2018.
- LABO (2012): Fachmodul Boden, Altlasten - Notifizierung und Kompetenznachweis von Untersuchungsstellen im bodenschutzrechtlich geregelten Umweltbereich, Stand 16.08.2012.

- FBU (2021): Methodensammlung Feststoffuntersuchung, Version 2.0, Stand 15.06.2021; Fachbeirat Bodenuntersuchungen (FBU) und LAGA Forum Abfalluntersuchung, Anlage 2: Feststellung von geeigneten Verfahren im Bereich Bodenschutzrecht durch den FBU.
- FBU (2016): Position des FBU zu Grundsätzen der Boden-Probennahme im bodenschutzrechtlich geregelten Bereich; Fachbeirat Bodenuntersuchungen, Arbeitsgruppe Probennahme.

Die Kriterien in den nachfolgenden Checklisten wurden bewusst knapp und einfach formuliert. Unterhalb der Checklisten finden sich jeweils Tabellen mit erläuternden Hinweisen, die eine Einschätzung erleichtern sollen. Die Zuordnung der Hinweise zu den einzelnen Kriterien erfolgte mit Hilfe der fortlaufenden Nummerierung in der ersten Spalte der Checklisten.

Anlage 1 Tabelle 1: Checkliste zur Prüfung der Vollständigkeit von Gutachten und Berichten

V	Bestandteil von Gutachten/Berichten	Ja	Nein	Einzelfallentscheidung zur Relevanz
1	Ziel, Aufgabenstellung und Rechtsbezug sind benannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Die Ausgangslage mit Vorerkundung gem. § 18 BBodSchV ist dokumentiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	Eine Kontaminationshypothese mit den betroffenen Wirkungspfaden ist begründet dargelegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Die Probennahmestrategie ist nachvollziehbar aus Vorerkundung und Kontaminationshypothese abgeleitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Ein Probennahmeplan liegt vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Probennahmedokumentation mit Probennahmeprotokoll liegt vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	Dokumentation zum Transfer der Probe zum Labor mit Protokoll und Probenbegleitschein liegt vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	Der Analysenumfang für das Labor ist auf Basis der Kontaminationshypothese hergeleitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	Hinweise zur Probenaufbereitung im Labor sind benannt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	Analysenverfahren der BBodSchV bzw. gleichwertige Verfahren aus der Methoden-sammlung Feststoffuntersuchung (FBU) wurden verwendet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	Durchführung von vollständigen Mehrfachbestimmungen, insbesondere im Nahbereich des Beurteilungswertes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	Es finden sich im Prüfbericht neben den Messergebnissen Angaben zur matrixspezifischen Messunsicherheit und Bestimmungsgrenze.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	Abweichungen zu den normativen und gesetzlichen Anforderungen sind deutlich benannt und begründet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	Gutachterliche Auswertung der Untersuchungsergebnisse liegt vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anlage 1 Tabelle 2: Erläuterungen zur Checkliste "Vollständigkeit von Gutachten und Berichten"

Zeile	Erläuterungen
V1	Es sollte stets erkennbar sein, auf welcher gesetzlichen Grundlage die Bodenuntersuchungen beruhen und welchem konkreten Zweck die Ergebnisse dienen sollen. Das wird insbesondere dann relevant, wenn Ergebnisse von Bodenuntersuchungen für Entscheidungen anderer Rechtsbereiche herangezogen werden sollen oder für inhaltlich andere Zwecke, als eigentlich geplant. Einer solchen Übertragbarkeit sind zumeist enge Grenzen gesetzt, weil Anforderungen an Verfahren und Methoden hier erheblich abweichen können.
V2	Im Vorfeld von Bodenuntersuchungen hat gemäß § 18 BBodSchV eine Vorerkundung zu erfolgen. Sie dient der Einschätzung der Bodenbeschaffenheit, der Ermittlung des Untersuchungs- und Analytikumfangs, der Entwicklung einer repräsentativen Probennahme und der späteren Übertragbarkeit von Untersuchungsergebnissen. Die Vorerkundung umfasst u.a. eine historische Recherche, die Inaugenscheinnahme vor Ort, die Erhebung von Bodenbeschaffenheit nach DIN 19731 und eine bodenkundliche Kartierung nach „Kurz-KA5“, soweit für die jeweilige Fragestellung erforderlich. Die Vorerkundung bildet somit die Basis für alle nachfolgenden Planungs- und Untersuchungsschritte, die sich umgekehrt stets auf Erkenntnisse der Vorerkundung beziehen müssen, um den Gegebenheiten des Einzelfalls gerecht zu werden.
V3	Ausgehend von den Erkenntnissen der Vorerkundung brauchen alle Planungen zu Bodenuntersuchungen eine deutlich formulierte Kontaminationshypothese. Hier ist u.a. zu beschreiben, mit welchen Stoffen auf der Fläche umgegangen wurde, wie und wo diese in den Boden gelangt sein können (z. B. Betriebs- und Tropfverluste vs. Havarien), wie Boden und Untergrund mit Blick auf diese Stoffe beschaffen sind. Es sind Hypothesen aufzustellen, wie homogen oder heterogen die Schadstoffe vertikal und horizontal auf der Fläche und auch kleinskalig in einer Probe verteilt sind und mit welchem Belastungsniveau zu rechnen ist, welche Wirkungspfade und Flächennutzungen betroffen sind und welche Hinweise sich daraus auf eine Teilflächengliederung, die Messpunktauswahl und die Schadstoffparameter ergeben. Hinweise finden sich in der DIN ISO 18400-203.
V4	Aus den Erkenntnissen der Vorerkundung und der Kontaminationshypothese ist die Probennahmestrategie zu entwickeln. Diese dient der Konkretisierung der Untersuchungsziele, z. B. einer Hot-Spot-Suche mit Einzelproben, dem Aufzeigen von Belastungsgradienten, einer flächenrepräsentativen Mischprobennahme oder einer Teilflächenbildung aufgrund unterschiedlicher Belastungs-, Nutzungs- und Wirkungsszenarien. Es ergeben sich daraus ggf. weitere Hinweise z. B. auf vermutete oder sichtbare Schadstoffanreicherungen (separate Beprobung), zur wirkungspfadspezifischen Ausrichtung der Untersuchungen, oder zu relevanten Korngrößenfraktionen. In Berichten oder Gutachten können Ausführungen zur Probennahmestrategie und zum Probennahmeplan (V6) ineinander übergehen. Hinweise zur Entwicklung einer Probennahmestrategie finden sich in DIN ISO 18400-203 und DIN ISO 18400-104.

Zeile	Erläuterungen
V5	<p>Der einzelfallspezifische Probennahmeplan entwickelt aus der Probenahme-strategie (V5) quasi eine konkrete Arbeitsanweisung für den durch-führenden Probennehmer vor Ort. Er berücksichtigt die Vorgaben der BBodSchV bezüglich Wirkungspfad und Bodennutzung und enthält auch kartographische Darstellungen sowie Hinweise zum Probennahmegerät, zu parameter-spezifischen Anforderungen an die Probennahme, zur Dokumentation und insbesondere zum Umgang mit zutage tretenden Abweichungen im Feld (vgl. auch Q3). Der Plan enthält zudem Vorgaben zur Probenanzahl, zur Proben-teilung im Feld, zu Probenmengen und -gefäßen und zu Maßnahmen zur Vermeidung von Querkontaminationen. Fehlen klar hergeleitete Vorgaben, ist die praktische Umsetzung zahlreichen Unwägbarkeiten unterlegen. Probennahme-plan und Probennahmeprotokoll sind daher untrennbare Bestandteile eines Gut-achtens zu Bodenuntersuchungen. Hinweise zur Erstellung eines Probennahme-plans finden sich in DIN ISO 18400-100, DIN ISO 18400-102 und DIN ISO 18400-101.</p>
V6	<p>Ohne eine eindeutige und nachvollziehbare Dokumentation der Probennahme ist nicht erkennbar, ob diese den Vorgaben der Planung folgen konnte, oder ggf. gut begründet Abweichungen vorgenommen werden mussten. Bestandteile der Dokumentation sind Probennahmeprotokolle, Feldkarten und Fotoaufnahmen. Diese sollten auch Angaben zur Herstellung der Feldprobe/Mischprobe und zum Teilungsvorgang im Feld bis zur Laborprobe umfassen. Die entnommenen Proben sind dabei umfassend zu beschreiben, insbesondere mit Blick auf schad-stoffhaltige Partikel. Hinweise zur Dokumentation der Probennahme finden sich in DIN ISO 18400-107.</p>
V7	<p>Die BBodSchV macht in § 23 normative Vorgaben zu Konservierung, Transport, Aufbewahrung, Vorbehandlung, Vorbereitung und Aufarbeitung von Boden-proben. Wichtig ist, bei der Übergabe der Proben ins Labor darüber hinaus weitere relevante Informationen zu übergeben, z. B. Hinweise zu im Feld erkannten Kontaminanten, Extrembelastungen, zu Feldkonservierung, Lagerung und Transport incl. Angaben zu Temperaturen, Kühlung und Dokumentation der Übergabezeitpunkte. Hinweise dazu finden sich in DIN ISO 18400-105, DIN ISO 18400-107.</p>
V8	<p>Bodenuntersuchungen auf Grundlage der BBodSchV sollten keine Listenanalytik abarbeiten, sondern sich klar auf die Kontaminationshypothese beziehen, d. h. der Analysenumfang und die Untersuchungsmethoden z. B. über Branchenblätter und Vorerkundung und Wirkungspfade hergeleitet sein. Wenn sich aus der Kontaminationshypothese und Beobachtungen bei der Probennahme Anforderungen an die Analytik (z. B. Bestimmungsgrenzen, zu untersuchende Kornfraktionen) und Rückstellproben ergeben, sollten diese dem Labor klar übermittelt werden. Neben den Regelungen der BBodSchV finden sich weitere Hinweise in der DIN ISO 18400-203.</p>
V9	<p>Wenn sich aus der Kontaminationshypothese ergänzend zu den normativen Vorgaben aus § 23 BBodSchV Hinweise auf die Probenvor- und -aufbereitung, zur Teilprobenbildung, zu Lagerungsbedingungen und -zeiten ergeben, sind diese konkret zu benennen.</p>

Zeile	Erläuterungen
V10	Für Bodenuntersuchungen sind zunächst die normativen Regelungen der BBodSchV bindend. Den analytischen Fortschritt dokumentiert der Fachbeirat Bodenuntersuchungen nach Maßgabe von § 25 BBodSchV; er stellt die praktische Eignung und Gleichwertigkeit von Methoden allgemein fest; dieses wird auf den Internetseiten des Umweltbundesamtes sowie im Bundesanzeiger veröffentlicht. Wenn davon abweichende Methoden zur Anwendung kommen, sind hierzu umfassende Begründungen und Dokumentationen erforderlich. Weitere Hinweise finden sich in DIN ISO 18400-107.
V11	Vollständige Doppel- oder Mehrfachbestimmungen aus der Laborprobe können gerade im Nahbereich des Beurteilungswertes wertvolle Hinweise für die Entscheidung liefern. Diese Hinweise umfassen nicht nur die analytischen Schwankungen im selben Labor, sondern können ggf. auch eine Inhomogenität der Schadstoffverteilung in der Laborprobe aufdecken. Es empfiehlt sich daher Entscheidungen nicht nur auf ein einzelnes Messergebnis zu stützen.
V12	Angaben zur labor- und matrixspezifischen Messunsicherheit sowie Bestimmungsgrenze ergänzen ein Messergebnis um wertvolle Interpretationshilfen. Sie sollten daher in keinem Prüfbericht fehlen.
V13	Wenn mit Blick auf Zeile V10 Abweichungen vorgenommen werden, sind diese konkret über die Kontaminationshypothese herzuleiten und umfassend zu begründen. In Zweifelsfällen sollten stets zu Vergleichszwecken zusätzlich auch die in der BBodSchV bzw. vom FBU als gleichwertig empfohlenen Methoden und Verfahren verwendet werden. Weitere Hinweise hierzu finden sich in DIN ISO 18400-107.
V14	Eine gutachterliche Auswertung geht über einen rein tabellarisch-mathematischen Wertevergleich hinaus. Neben der Verwendung der rechtlich und fachlich korrekten Bewertungsmaßstäbe belegt eine gutachterliche Auswertung ein Verständnis bzgl. der Annahmen der nutzungs- und schutzgutbezogenen Werteableitung, der (ggf. auch akuten) Wirkungen von Schadstoffen, der Wirkungspfade und Schutzziele/-güter. Sie berücksichtigt die Hintergrundbelastung, Hinweise zu weiteren Unsicherheiten (z. B. zur Heterogenität der Fläche und der Probe und zur parameterspezifischen Messunsicherheit) und reflektiert diese Aspekte vor dem Hintergrund weiterer, einzelfallspezifischer Sachverhalte.

Anlage 1 Tabelle 3: Checkliste zur Vermeidung häufig anzutreffender Fehlerquellen

F	Fehlerquelle	Fehler erkannt	Einzelfallentscheidung zur Relevanz
1	Keine oder unplausible Kontaminationshypothese bzw. keine Anpassung aufgrund abweichender Erkenntnisse	<input type="checkbox"/>	
2	Ungenügende Aufnahme und Berücksichtigung der möglichen Wirkungspfade, der Expositionsbedingungen, der Nutzung, der offen zugänglichen Bodenbereiche	<input type="checkbox"/>	
3	Fehlender Probennahmeplan	<input type="checkbox"/>	
4	Ungenaueres Einmessen von Punkten und Flächen	<input type="checkbox"/>	
5	Datum, Zeitpunkt, Abfolge der Probenahme nicht dokumentiert; Querkontamination nicht auszuschließen	<input type="checkbox"/>	
6	Ungeeignetes Probennahmegerät	<input type="checkbox"/>	
7	Ungenügende Homogenisierung des Probenmaterials im Feld	<input type="checkbox"/>	
8	Ungenauere oder fehlende Beschreibung angetroffener Fremdbestandteile in der Probe, im Horizont bzw. beprobter Schicht	<input type="checkbox"/>	
9	Probenidentifikation bzgl. Lage / Ergebnis nicht eindeutig (unklare Bezeichnungen)	<input type="checkbox"/>	
10	Parameterumfang weicht vom Schadstoffverdacht ab.	<input type="checkbox"/>	
11	Überschreitung normativ begrenzter Lagerzeit der Proben, z. B. bei leichtflüchtigen oder anderen organischen Schadstoffen	<input type="checkbox"/>	
12	Fehlende Angabe zu Größe, Menge und Art nicht analysierter Bestandteile	<input type="checkbox"/>	
13	Unzureichende Homogenisierung und Teilung der Laborprobe	<input type="checkbox"/>	
14	Fehlerhafte Bildung von Summenparametern aus Einzelwerten	<input type="checkbox"/>	
15	Unplausible Anwendung der wirkungspfad- und nutzungsspezifischen Prüf-/Maßnahmenwerte oder der bodenartspezifischen Vorsorgewerte	<input type="checkbox"/>	
16	Verwendung ungeeigneter Bewertungsmaßstäbe, z. B. LAGA TR Boden, ErsatzbaustoffV, AbfKlärV oder Werte der alten BBodSchV	<input type="checkbox"/>	

Anlage 1 Tabelle 4: Erläuterungen zur Checkliste zur Vermeidung von Fehlerquellen

Zeile	Erläuterungen
F1	Ohne eine plausibel hergeleitete Kontaminationshypothese bleibt jede Probenahme-strategie und Probennahmeplanung unbegründet. Es ist ebenso problematisch, wenn im Zuge der Vorerkundung oder bei nachfolgenden Vor-Ort-Begehungen Sachverhalte zu Tage treten, die Änderungen der Kontaminations-hypothesen erfordern, wenn diese Änderungen dann nicht umgesetzt wurden. Nachfolgende Bodenuntersuchungsergebnisse sind fachlich wie juristisch kaum belastbar; insofern lassen sich mit Blick auf die erforderliche fachliche Richtigkeit und Repräsentativität Vollzugsentscheidungen in aller Regel nicht auf solche Ergebnisse stützen.
F2	Fehlen hierzu Angaben, können diese weder bei der Planung und Durchführung der Probennahme, noch bei der Auswertung und Bewertung der Bodenunter-suchungsergebnisse berücksichtigt werden. Für die Probennahme führt das Fehlen zu erheblichen Fehlerquellen, bei der Bewertung kann es zu Fehlinter-pretationen führen.
F3	Der Probennahmeplan ist als konkrete Arbeitsanweisung für den Probennehmer zu verstehen. Fehlen klare Vorgaben zur Probennahme, stellt dies eine erheb-liche Fehlerquelle dar.
F4	Fehlt der klare Ortsbezug, können Ergebnisse von Bodenuntersuchungen nicht eindeutig zugeordnet werden, ebenso wie auch nachfolgende Untersuchungen oder auch Maßnahmen. Hier braucht es eine Exaktheit von Lageplänen und Feldkarten, Nutzung von GPS und eine klare Dokumentation zur Wiederauffind-barkeit.
F5	Es kommt vor, dass Extremkontaminationen, die bei der Probennahme nicht er-kenubar waren, z. B. über Gerätschaften oder Arbeitsschritte der Probenteilung und -abfüllung auf nachfolgende Probennahmepunkte oder Probennahmetiefen verschleppt werden. Um solche Effekte nachvollziehen oder ausschließen zu können, muss eindeutig erkennbar sein, wann und in welcher Reihung die Proben entnommen wurden.
F6	Nicht alle Probennahmegeräte eignen sich für alle Arten der Probennahme gleichermaßen. Das betrifft Durchmesser von Bohr- und Stechgerätschaften bis hin zum Material von Sammelgefäßen. Daher sollten sich stets Angaben finden, welche Geräte zum Einsatz kamen.
F7	Es sollten stets Angaben zu finden sein, ob und wie im Feld das entnommene Bodenmaterial gesammelt, homogenisiert, geteilt und abgefüllt wurde, um von der Feldprobe zur Laborprobe zu gelangen, die letztendlich dem Labor zur Unter-suchung übergeben wird.
F8	Fremdbestandteile können Hinweise auf Schadstoffbelastungen liefern. Daher sollten diese stets so konkret wie möglich beschrieben werden, sowohl in der entnommenen Probe, als auch in dem Bodenhorizont bzw. der Schicht, aus welcher die Probe entnommen wurde. Dabei sind stets Art, Größe und Anteil sowie ein erkennbarer Schadstoffverdacht zu dokumentieren.

Zeile	Erläuterungen
F9	Alle entnommenen Proben sind stets eindeutig zu kennzeichnen, sowohl auf der Probe selbst und bei einer Zusammenführung von Einzelproben zu einer Mischprobe, als auch in allen Karten und Dokumenten wie auch im späteren Prüfbericht.
F10	Die Kontaminationshypothese sowie Erkenntnisse aus der Probennahme bilden die Grundlage für die Auswahl der Analysemethoden und -parameter. Ein unbegründetes Streichen oder Hinzufügen von Methoden und Parametern erzeugt Unsicherheit bis Ratlosigkeit bei der späteren Aus- und Bewertung.
F11	Bestimmte Schadstoffe sind flüchtig oder können in Böden um- oder abgebaut werden. Werden Bodenproben lange gelagert, ohne dass derartige Veränderungen z. B. durch Trocknung oder Kühlung unterbunden werden, sind nachfolgende Untersuchungsergebnisse nicht mehr repräsentativ für die Situation der Fläche, von der sie stammen. Für Untersuchungen auf leicht flüchtige Schadstoffe sind Mischproben und aufbereitete Proben ungeeignet; hier sind mehrere Einzelproben, sofortige Konservierung (z. B. Überschichten mit Methanol) und das Verhindern von Ausgasungsverlusten (z. B. gasdichte Probengefäße) unabdingbar und nach DIN ISO 18512 können diese in verschlossenen Flaschen mit Methanolvorlage bis zu 10 Tage bei Raumtemperatur gelagert werden, Proben mittels Kernbohrung bis zu 4 Tage bei 2 bis 8°C. Bei Proben zur Untersuchung auf nichtflüchtige organische Parameter wird eine Untersuchung binnen 10 Tagen empfohlen; nur bei Tiefkühlung ist hier auch eine Langzeitlagerung möglich. Die DIN ISO 18512 führt die maximale Lagerungsdauer für zahlreiche Parameter bzw. Schadstoffgruppen einzeln auf.
F12	Böden werden nicht in ihrer Gesamtheit untersucht. Schon bei der Probennahme findet eine Selektion statt, welche Bestandteile in die Laborprobe gelangen und welche nicht (z. B. anhand der Korngröße). Im Labor werden Bodenproben in der Regel bei der Aufbereitung gesiebt und nur die Fraktion kleiner 2 mm gelangt zur Untersuchung. Wichtig ist die Dokumentation zu den Teilmengen, die nicht untersucht werden, da ggf. auch in der Fraktion über 2 mm relevante Schadstoffmengen enthalten sein können, ebenso wie nicht beprobte, zumeist grobe Bestandteile (z. B. Batterien, Teerklumpen).
F13	Abgesehen von Untersuchungen auf leicht flüchtige Schadstoffe sollten Bodenproben im Labor vollständig aus dem Probennahmegefäß entnommen und als Gesamtheit aufbereitet, gesiebt und anschließend repräsentativ geteilt werden, um eine weitest gehende Homogenisierung zu erreichen. Häufig anzutreffen ist eine falsche Entnahme nur von der Gefäßoberfläche. Wiederholungsuntersuchungen oder Analysen aus der Rückstellprobe können dann erheblichen Schwankungen unterworfen sein.
F14	Der Einzelparameterumfang bei Summenparametern wird teils unterschiedlich dargestellt; die Definitionen der Summenparameter in den entsprechenden Regelungen sind zu beachten (z. B. Fußnoten zu den Prüfwerten in der BBodSchV). Beispiele: PAK _{15/16} (mit oder ohne Naphthaline); Umfang BTEX/LHKW; PCB ₆ mit oder ohne Faktor 5 und mit oder ohne PCB 118; korrekte TEF bei PCDD/F und Einbezug (Maßnahmenwerte Boden-Mensch) bzw. Nichteinbezug (Prüfwert Grünland) der dl-PCB.

Zeile	Erläuterungen
F15	<p>Mit der Kontaminationshypothese sind auch alle relevanten Wirkungspfade und Flächennutzungen in Form eines Belastungs- und Wirkungsszenarios verknüpft. Die Prüf- und Maßnahmenwerte sowie die Vorsorgewerte der BBodSchV gelten über ihre Ableitungsmaßstäbe für spezifische Szenarien und stellen Anforderungen an Verfahren und Methoden sowie einzuhaltende Randbedingungen. Es muss nachvollziehbar sein, dass die entnommenen Proben und daran vorgenommene Analysen zu diesen Szenarien passen und die Anforderungen und Randbedingungen einhalten, um einen gutachterlichen Wertevergleich überhaupt begründen zu können.</p>
F16	<p>In der Praxis ist leider auch anzutreffen, dass veraltete Regelungen oder Regelungen anderer Rechtsbereiche für eine Aus- und Bewertung von Bodenuntersuchungsergebnissen herangezogen werden. In wenigen begründeten Fällen kann ein solches Vorgehen hilfsweise sinnvoll sein, z. B. bei neuartigen Schadstoffverbindungen, für welche aktuell keine bodenschutzbezogenen Regelungen oder Empfehlungen vorliegen.</p>

Anlage 2 Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen

Bereits 2008 hatte der Fachbeirat Bodenuntersuchung (FBU) Angaben zur Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der BBodSchV veröffentlicht. Diese beruhten auf Auswertungen von Ringversuchen der Jahre 1998 bis 2007. Aufgrund technischer Weiterentwicklungen der Analysemethoden, mit der Novelle der BBodSchV in 2021 neu hinzugekommener Parameter und weiterentwickelter statistischer Auswertemethoden erfolgte durch den FBU in 2024 eine Aktualisierung auf Basis eines vom Umweltbundesamt geförderten wissenschaftlichen Vorhabens (Uhlig et al. 2021). Um den Vollzugsbehörden eine vereinfachte Schätzung der analytischen Unsicherheit als eine Teilkomponente der Ergebnisunsicherheit an die Hand zu geben, wurden die umfangreichen und detaillierten Ergebnisse des Gutachtens von Uhlig et al. (2021) durch den FBU vereinfacht (FBU 2024) und in diesem Dokument nur die mittlere Vergleichsstandardabweichung in Tabelle Anlage 2_1 zusammengefasst dargestellt.

Die mittlere Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) aus Ringvergleichen spiegelt die Unsicherheit wider, die sich aus zufälligen und systematischen Abweichungen des Analyseverfahrens bei Durchführung in mehreren Laboreinrichtungen ergibt. Die Angaben zur Größe der Unsicherheit beziehen sich auf vermahlene, gut homogenisiertes Probenmaterial, das zuvor durch den Ringversuchsausrichter mehrfach auf Homogenität geprüft wurde. Sie stellen daher für die Untersuchung von realen Praxisproben den unteren, minimalen Bereich der Unsicherheit dar.

Da über den FBU ggf. künftig für weitere Parameter Angaben veröffentlicht werden, oder durch Einbezug weiterer, aktueller Ringvergleiche Überarbeitungen erfolgen, ist darauf hinzuweisen, dass die in diesem Dokument dargestellten Angaben der Tabelle Anlage 2_1 nur den aktuellen inhaltlichen Stand Ende 2023 widerspiegeln. Um darüber hinaus stets den aktuellen Stand zu verwenden, sollte auf den Internetseiten des FBU ([Fachbeirat Bodenuntersuchungen \(FBU\) | Umweltbundesamt](#)) geprüft werden, ob ggf. bereits eine aktualisierte Fassung verfügbar ist.

Literatur:

FBU (2008): Angabe der Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, FBU-Arbeitsgruppe „Qualitätssicherung und Ergebnisunsicherheit für Bodenuntersuchungsverfahren“, Umweltbundesamt Dessau-Roßlau, März 2008.

Uhlig, S.; Hettwer, K.; Simon, K.; Terytze, K. (2021): Weiterentwicklung und Aktualisierung der Methodik zur Ermittlung der Ergebnisunsicherheit auf der Grundlage der durchgeführten Ringuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Umweltbundesamt Texte 56/2021, April 2021, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-aktualisierung-der-methodik-zur>.

FBU (2024): Angabe der Messunsicherheit bei chemischen Bodenuntersuchungen für den Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung - Angaben zur analytischen Unsicherheit als Komponente der Ergebnisunsicherheit; online abrufbar unter: [Fachbeirat Bodenuntersuchungen \(FBU\) | Umweltbundesamt](#).

Anlage 2 Tabelle 5: Vereinfachte Angabe der einfachen Vergleichsstandardabweichung MU_{VR} aus Ringversuchen (in Prozent) als Maßzahl für die Messunsicherheit (FBU 2024)

Parameter der BBodSchV	MU_{VR} (s_R , mean) in (%)	Gehaltsbereich
As - Königswasserextrakt	10	> 5 mg/kg
Pb, Cr, Zn - Königswasserextrakt	10	> 20 mg/kg
Cd - Königswasserextrakt	15 12,5	0,2 – 1,5 mg/kg > 1,5 mg/kg
Cu, Ni - Königswasserextrakt	10	> 10 mg/kg
Hg - Königswasserextrakt	20 12,5 10	0,05 – 0,5 mg/kg 0,5 – 10 mg/kg > 10 mg/kg
Tl - Königswasserextrakt	40 25	0,5 – 2 mg/kg > 2 mg/kg
As, Cd, Cu, Ni, Zn - Ammoniumnitratextrakt	20	As: > 0,2 mg/kg Cd: > 0,02 mg/kg Cu, Ni, Zn: > 0,5 mg/kg Zn: > 1 mg/kg
Tl, Ammoniumnitratextrakt	25	> 0,05 mg/kg
Pb, Ammoniumnitratextrakt	37,5	> 0,05 mg/kg
Cyanide	15	> 20 mg/kg
PAK ₁₆	20	> 2 mg/kg
Benzo(a)pyren	25	> 0,2 mg/kg
Organochlorpestizide (DDT, Hexachlorcyclohexan, Hexachlorbenzol)	30	Prüfwertebereich
Pentachlorphenol	35	> 30 mg/kg
PCB ₆ (gilt auch für PCB ₆ + PCB 118) a	30	> 0,2 mg/kg
Dioxine und Furane, dl-PCB (Summe der Toxizitätsäquivalente nach WHO 2005)	(20) 15	10-50 ng TEQ/kg TM > 50 ng TEQ/kg TM

(): Angaben in Klammern basieren auf einer Expertenschätzung

Anlage 3 Rundungsregeln mit Beispielen

Zunächst sind alle Ergebnisse von Bodenuntersuchungen mit Bezug zur BBodSchV auf die Größeneinheit umzurechnen, in welcher auch der zum Vergleich dienende Prüfwert angegeben ist (in der Regel mg/kg TM). Analog zu den Vorschriften zur Ergebnisangabe in diversen Normverfahren wird dann eine Rundung des Analysenwertes auf zwei signifikante Stellen empfohlen, bevor ein Vergleich mit Beurteilungswerten erfolgt. Die Stellen einer Zahl werden dann als signifikant bezeichnet, wenn sie aussagekräftig sind. Dies trifft in der Regel auf alle Ziffern einer Zahl mit dem Wert 1 bis 9 zu. Führende Nullen sind nicht signifikant; die Signifikanz von endenden Nullen ist nicht immer klar ersichtlich (z. B. kann die Zahl 1000 theoretisch eine bis vier signifikante Stellen besitzen).

Für die hier relevanten Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Pflanze kann aufgrund deren Ableitung und den dabei praktizierten Rundungen angenommen werden, dass mehr als eine endende Null nicht signifikant ist. Somit ergeben sich auch für die Prüf- und Maßnahmenwerte jeweils zwei signifikante Stellen. Eine Ausnahme stellt der Prüfwert für Arsen für Park- und Freizeitanlagen dar. Dieser hat mit 125 mg/kg TM drei signifikante Stellen. Aufgrund des im Vergleich zur Messunsicherheit relativ geringen Einflusses der Rundung wird die Rundung auf zwei signifikante Stellen als erster Schritt jedoch auch in diesem Fall empfohlen.

Anlage 2 Tabelle 6: Rechenbeispiele zur Rundung auf zwei signifikante Stellen

Analysenwert (Ausgangswert) in mg/kg	Anzahl signifikanter Stellen	Stellenwert der Rundestelle (auf 2 sign. Stellen)	Addition halber Stellenwert der Rundestelle	Rundung auf 2 sign. Stellen (mg/kg)	Abweichung vom Ausgangswert in %
1 135	4	100	$1\ 135 + 50 = 1\ 185$	1 100	3,1 %
142,03	5	10	$142,03 + 5 = 147,03$	140	1,4 %
10,49	4	1	$10,49 + 0,5 = 10,99$	10	4,9 %
10,5001	6	1	$10,5001 + 0,5 = 11,0001$	11	4,8 %
4,855	4	0,1	$4,855 + 0,05 = 4,905$	4,9	0,9 %
0,0375	3	0,001	$0,0375 + 0,0005 = 0,0380$	0,038	1,3 %

Dabei gelten vereinfacht folgende Rundungsregeln für die 3. Stelle ohne weitere Berücksichtigung der 4. oder weiterer Stellen: die Zahlen 1,2,3,4 sind abzurunden; die Zahlen 5,6,7,8,9 sind aufzurunden. Dies entspricht der Rundung des Analysenwertes

nach Verfahren der DIN 1333 „Zahlenangaben“, indem zum Analysenwert der halbe Stellenwert der Rundestelle addiert wird und in dem Ergebnis die Ziffern hinter der Rundestelle weggelassen werden (Anlage 2 Tabelle 6).

Erläuterung am Beispiel 5 (4,855 mg/kg):

Die Rundestelle (für die Rundung auf 2 signifikante Stellen) ist die erste Nachkommastelle (Stellenwert 0,1). Der halbe Stellenwert beträgt 0,05 – dieser wird zum Analysenwert addiert: $4,855 + 0,05 = 4,905$. Die Ziffern hinter der Rundestelle werden dann weggelassen, somit ergibt sich der gerundete Wert von 4,9.

Anlage 4 Fragen und Antworten zu den Eckpunkten

Ist die Anwendung der Eckpunkte bei Vollzugsaufgaben verpflichtend?

Diese Eckpunkte sind keine Verwaltungsvorschrift und enthalten damit keine unmittelbar verbindlichen Vorgaben, sondern Empfehlungen eines sach- und fachkundigen Gremiums. Falls in den Ländern die Anwendung dieser Eckpunkte durch Erlass eingeführt wird, entfalten sie jedoch Verbindlichkeit für die Behörden. Darüber hinaus entfalten sie in diesen Fällen auch eine mittelbare Drittwirkung für die Adressaten außerhalb der Verwaltung über den verfassungsmäßigen Grundsatz der Gleichbehandlung (Art. 3 Abs. 1 GG) in Verbindung mit einer Selbstbindung der Verwaltung. Sofern keine verbindlichen Vorgaben zur Anwendung dieser Eckpunkte erlassen wurden, können sie als Erkenntnisquelle herangezogen werden. In jedem Einzelfall sind stets auch alle weiteren relevanten Sachverhalte und Umstände zu berücksichtigen und bei der Ermessensausübung abzuwägen.

Warum erfolgt in den Eckpunkten nur eine einseitige Betrachtung zur Absicherung von Überschreitungen von Prüfwerten in der Orientierenden Untersuchung?

Rein mathematisch-naturwissenschaftlich betrachtet, wirken die Unsicherheitskomponenten auf Messgrößen (hier gemessene Schadstoffkonzentrationen im Boden) in beide Richtungen. Richtigerweise geben daher Prüfprotokolle aus Laboren ihre Messunsicherheit mit dem Zeichen \pm an, um darzustellen, dass das theoretisch wahre Messergebnis mit einer statistisch begründeten Sicherheit in dem angegebenen Bereich ober- oder unterhalb des ermittelten Messergebnisses liegt. Die Anwendung der Unsicherheitsmaße im Vollzug der BBodSchV hängt jedoch von juristischen Wertedefinitionen mit den darauf basierenden Rechtsfolgen ab. Daran orientiert sich auch der behördliche Untersuchungsauftrag.

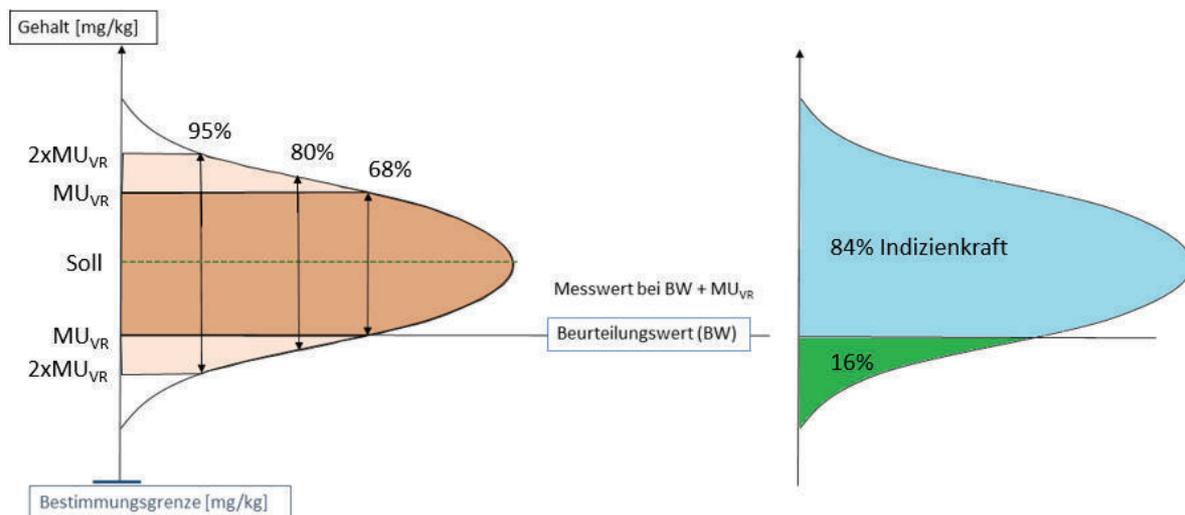
Es ist Aufgabe der Bodenschutzbehörden, einem Verdacht auf das Vorliegen einer Altlast oder schädlichen Bodenveränderung nachzugehen und dabei im Zuge der Orientierenden Untersuchung den Sachverhalt dahingehend zu aufzuklären, ob sich dieser Verdacht durch weitere konkrete Anhaltspunkte (in der Regel durch Ergebnisse von Bodenuntersuchungen) hinreichend erhärten lässt. Die Beweislast wird bei demjenigen gesehen, der aus einer Tatsache (= Ergebnisse von Bodenuntersuchungen) eine Rechtsfolge herleiten möchte. Die Rechtsfolgen stützen sich aufgrund der Definition nach § 8 BBodSchG auf ein Überschreiten von Wertemaßstäben („Werte, bei deren Überschreiten...“) und nicht auf ein Unterschreiten. Dem entsprechend bildet der Prüfwert einen Bewertungsmaßstab, ab welchem unter ungünstigen Umständen Gefahren für das Schutzgut vorliegen können. Diesem Grundsatz tragen auch die veröffentlichten Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung Rechnung.

Im Rahmen der Orientierenden Untersuchung sach- und fachgerecht entnommene und analysierte Bodenproben mit Messergebnissen unterhalb des Prüfwertes lassen insoweit keinen konkreten Anhaltspunkt für einen hinreichenden Gefahrenverdacht

nach § 10 Abs. 4 BBodSchV erkennen und können daher keinen Eintritt in eine Detailuntersuchung rechtfertigen. Deutet die Kontaminationshypothese auf erhebliche Schadstoffbelastungen hin, was Messergebnisse unterhalb von Prüfwerten wenig plausibel erscheinen lässt, dann liegt es im Aufgabenbereich und Ermessen der Vollzugsbehörde, im Einzelfall eine solche Diskrepanz aufzuklären.

Wie groß ist die statistische Aussagesicherheit einer Überschreitung bei Anwendung der Eckpunkte?

Die Wahrscheinlichkeit mit der ein oder mehrere Messergebnisse einen wahren Wert abbilden, folgt einer statistischen Verteilung. Eine solche Verteilung ist bei der Darstellung von Messergebnissen verschiedener Labore bei Teilnahme an einem Ringversuch erkennbar, weil diese um den Sollwert verteilt schwanken. Die Wahrscheinlichkeit für sehr hohe oder sehr niedrige wahre Werte im Vergleich zum Messergebnis ist gering: ohne weitere Erkenntnisse muss davon ausgegangen werden, dass das Messergebnis selbst den wahren Wert mit der höchsten Wahrscheinlichkeit abbildet. Diese Annahme kann auch durch die Überlegung ausgedrückt werden, dass die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass ein Zweitlabor ein Messergebnis im Nahbereich des ersten Ergebnisses ermitteln würde und die Wahrscheinlichkeit großer Messdifferenzen eher gering ist. Dieser Tatbestand wird in der folgenden Abbildung 2 veranschaulicht, in dem eine als Normalverteilung angenommene Streuung von Untersuchungsergebnissen auf Grundlage von Ringversuchen mit der zugehörigen laborübergreifenden Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) dem dargestellten Messwert gegenübergestellt ist.



Anlage 4 Abbildung 2: Vergleich der Messunsicherheit aus Ringversuchen bei angenommener Normalverteilung mit der Indizienkraft (=Aussagesicherheit), wenn der Messwert den Beurteilungswert um die einfache Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) überschreitet

Die blaue Fläche im rechten Teil der Abbildung 2 entspricht der Wahrscheinlichkeit, mit der ein Zweitlabor bei einer Nachmessung des gleichen Probenmaterials eine Überschreitung eines Beurteilungswertes bestätigen würde. Wenn also die Erstmes-

sung den Beurteilungswert um die Größe der einfachen, parameter- und verfahrensabhängigen Messunsicherheit (MU_{VR}) überschreitet, ist zu erwarten, dass bei einer erneuten Messung der entnommenen Bodenprobe auch in einem anderen Labor mit einer Wahrscheinlichkeit von 84 % ein Messergebnis oberhalb des Beurteilungswertes ermittelt wird.

Bei Bodenuntersuchungen auf Schadstoffe zeigt sich die Werteverteilung von Wiederholungsmessungen oft nicht symmetrisch normalverteilt, sondern eher rechtsschief. Grund dafür ist die analytische Bestimmungsgrenze, die den Wertebereich nach unten abschneidet, während z. B. aufgrund unterschiedlicher Partikel-Schadstoffverteilung in einer Probe höhere Werte stets messbar sind. Auch wenn die konkrete schiefe Verteilungsform nicht bekannt ist, so wird die statistische Wahrscheinlichkeit, dass ein zweites Labor ebenfalls ein Messergebnis oberhalb des Beurteilungswertes ermittelt, auch unter dieser Annahme stets größer sein als 84 %.

Warum wird nur die einfache Messunsicherheit (MU_{VR}) berücksichtigt – wäre es nicht sicherer, z. B. die doppelte Messunsicherheit heranzuziehen?

Versucht man mit dem Wunsch nach einer größeren Aussagesicherheit im Hinblick auf eine festzustellende Überschreitung statistisch falsch positive Entscheidungen weitgehend auszuschließen, ergeben sich damit stets einhergehend statistisch sehr viel größere Wahrscheinlichkeiten einer falsch negativen Entscheidung. Das würde konkret bedeuten, dass hierbei zahlreiche schadstoffbelastete Flächen fälschlicherweise aus dem Gefahrenverdacht entlassen würden. Zudem bedarf es für den Eintritt in die Detailuntersuchung nur eines hinreichenden Verdachts (§ 10 Abs. 5 und § 12 Abs. 1 BBodSchV) und nicht einer konkret definierten statistischen Signifikanz. Ein größerer Toleranzrahmen als die einfache Vergleichsstandardabweichung (MU_{VR}) beim einseitigen Vergleich mit den Beurteilungswerten der BBodSchV kann daher aus fachlichen Gründen nicht empfohlen werden.

Ist die Berücksichtigung der Messunsicherheit nur beim Vergleich mit Prüfwerten möglich, oder auch beim Vergleich mit Maßnahmenwerten?

Während die Überschreitung von Prüfwerten in der Regel zunächst eine weitergehende Sachverhaltsermittlung in Form der Detailuntersuchung auslöst, ist die Überschreitung von Maßnahmenwerten in der Regel mit dem Erfordernis verknüpft, dass Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu ergreifen sind. Die Unterschiede in den Rechtsfolgen der Überschreitung sind begründet und zwar durch die bei der Ableitung von Maßnahmenwerten höhere Wahrscheinlichkeit des Schadenseintritts am Schutzgut. Im Hinblick auf den Bezug zu Bodenuntersuchungen und die Definition der Werte im BBodSchG (Werte, bei deren Überschreitung...), sowie im Hinblick auf unvermeidbare Messunsicherheiten ergeben sich jedoch keine Unterschiede. Insofern können die Eckpunkte zur Berücksichtigung von Unsicherheitsaspekten auch beim Vergleich mit Maßnahmenwerten Anwendung finden. Im Hinblick auf den Untersuchungsumfang bei der Orientierenden Untersuchung ist zu berücksichtigen, dass es bei Parametern mit Maßnahmenwerten keine Prüfwerte gibt, die bei einer Überschreitung zunächst eine

weitere Sachverhaltsermittlung auslösen würden – und bei einer Unterschreitung in der Regel den Gefahrenverdacht ausräumen.

Können die Eckpunkte auch im Vorsorgebereich der BBodSchV angewendet werden?

Grundsätzlich sind Vorsorgewerte vom Ansatz her im BBodSchG vergleichbar angelegt, wie die Prüf- oder Maßnahmenwerte („Werte, bei deren Überschreiten...“). Insofern sind die Ausführungen zum Umgang mit der Mess- und Ergebnisunsicherheit dieses Eckpunktepapiers analog auf Bodenuntersuchungen im Bereich der Vorsorge beim Vergleich mit Vorsorgewerteanforderungen der BBodSchV anwendbar.

Bei der Anwendung ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Toleranzrahmen aufgrund der unvermeidbaren Messunsicherheit im Vorsorgebereich der BBodSchV, z. B. beim Ein- und Aufbringen von Materialien auf oder in den Boden, nicht dazu führen darf, dass nachfolgend der Bereich des gefahrenbezogenen, nachsorgenden Bodenschutzes eröffnet wird. Die Wertemaßstäbe des Vorsorge- und des Nachsorgebereichs der BBodSchV liegen für einige Parameter sehr eng beieinander (z. B. für Arsen) oder sind identisch (z. B. Benzo(a)pyren für humusreiche Böden). Daher sind bei Entscheidungen im Einzelfall neben der Prüfung auf eine mögliche Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung (Vorsorgewerte) auch die Maßstäbe des Gefahrenverdachts mit zu berücksichtigen.

Warum kann die Unsicherheit der Probennahme nicht ermittelt und ebenfalls über Zahlenwerte einbezogen werden?

Die Qualitätssicherungsnorm DIN EN ISO/IEC 17025 von März 2018 verlangt eigentlich die Einbeziehung der Schwankung der Probennahme in die zu ermittelnde und anzugebende (Gesamt-) Ergebnisunsicherheit von Bodenuntersuchungen. Zahlreiche Vorhaben haben gezeigt, dass der Einfluss der Materialgewinnungs- und -präparationsschritte hauptsächlich für den überwiegenden Teil der Ergebnisunsicherheit verantwortlich ist. Ursächlich dafür ist jedoch die höchst unterschiedliche Homogenität bzw. Heterogenität der zu beprobenden Grundgesamtheit (z. B. einer Bodenschicht) im Hinblick auf das Prüfmerkmal (z. B. Schadstoffkonzentration). Daher lässt sich der auf dieser Heterogenität beruhende Anteil an der Ergebnisunsicherheit in der Vollzugs- und Umsetzungspraxis nicht quantifizieren, sondern allenfalls in Form einer gutachterlichen Beschreibung angeben – und darüber letztlich bei der Planung der Probennahme berücksichtigen.

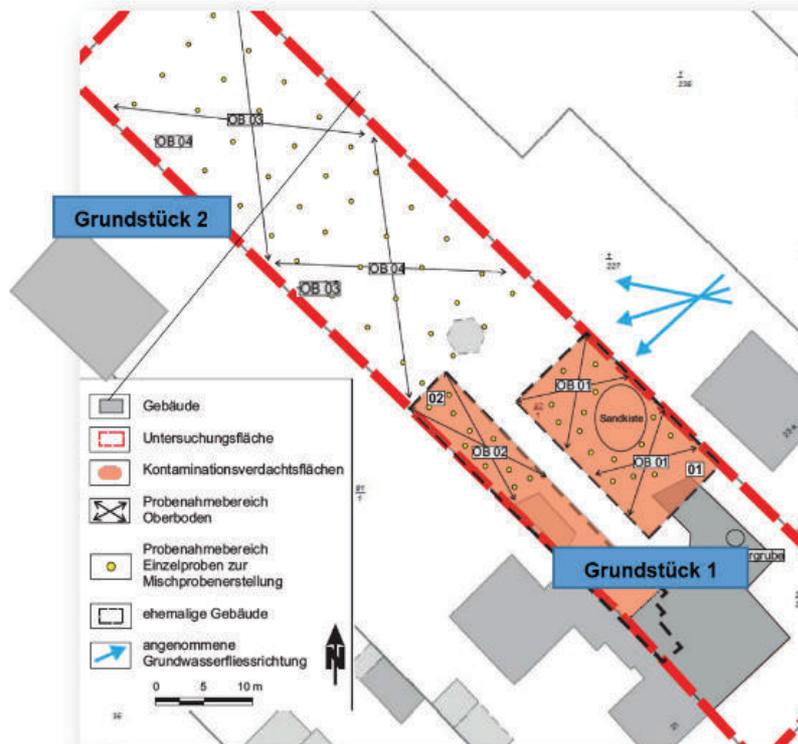
Lediglich aus Forschungsvorhaben liegen für einzelne Flächen so umfangreiche Untersuchungen vor, aus denen sich die Komponenten der Ergebnisunsicherheit für diese konkreten Fallbeispiele ermitteln ließen. Einer Übertragbarkeit auf ähnliche Fallgestaltungen sind dabei enge Grenzen gesetzt; eine übergreifende Verallgemeinerung ist nicht möglich. Daher wird im Rahmen der hier dargestellten Eckpunkte empfohlen, die Unsicherheiten, die sich aus der Heterogenität der Fläche und der Probennahme ergeben, anhand von Checklisten zu identifizieren und wenn möglich zu vermindern.

Wie könnte eine Anwendung der Eckpunkte im Rahmen von Planungsprozessen außerhalb der BBodSchV aussehen?

Sofern im betreffenden Rechtsbereich außerhalb der BBodSchV auch das Verwaltungsverfahrenrecht zum Tragen kommt, lassen sich die in diesem Eckpunktepapier Ausführungen zur materiellen Beweislast analog darstellen: Wer auf Grundlage von Bodenuntersuchungen einen Tatbestand gegenüber einem Dritten belegen möchte, muss sich mögliche Unsicherheiten der Untersuchungsergebnisse zurechnen lassen. Dabei ist zu prüfen, ob abweichend von der Wertedefinition des BBodSchG („Werte, bei deren Überschreiten...“) bei Planungsprozessen außerhalb des Anwendungsbereichs der BBodSchV, z. B. im Baurecht, eine Unterschreitung von Wertemaßstäben als Beleg für die Rechtsfolgen maßgeblich ist. Ist z. B. ein sicheres Wohn- und Arbeitsumfeld bei der Ausweisung von Baugebieten durch die Behörde zu belegen, deutet vieles darauf hin, dass dies mit einer hinreichend sicheren Unterschreitung von Wertemaßstäben für eine Schadstoffbelastung im Boden verknüpft werden kann. Die Checklisten in der Anlage dieses Eckpunktepapiers können dabei unverändert der Einschätzung der Güte und Belastbarkeit der Untersuchungsergebnisse auch in anderen Rechtsbereichen dienen. Ebenso können die Maßzahlen zur unvermeidbaren analytischen Messunsicherheit (MU_{VR}) von ihrer Größe her bei der Beurteilung von Untersuchungsergebnissen herangezogen werden, sofern sich die Untersuchungen auf Analyseverfahren der BBodSchV stützen. Wenn jedoch eine Werteunterschreitung hinreichend sicher zu belegen ist, sollte im Sinne der o. g. Beweislast dafür das Messergebnis zuzüglich der Messunsicherheit (MU_{VR}) den Beurteilungswert unterschreiten.

Anlage 5 Vollzugsorientiertes Praxisbeispiel

Das Außengelände einer ehemaligen Zimmerei wurde in zwei Grundstücke geteilt und wird nunmehr als Garten genutzt; hierbei ist der Wirkungspfad Boden-Mensch relevant. Hinweise auf Lackier- und Imprägnierarbeiten am Standort lagen vor – gemäß alter Luftbilder wurden auf den Freiflächen verschiedentlich Hölzer gelagert. Auf Grund des Verdachts von Bodenverunreinigungen wegen der möglichen (aber nicht näher ausgewiesenen) Abbindeplätze (Abtropfflächen) wurde von der Behörde eine orientierende Untersuchung veranlasst.



Anlage 5 Abbildung 3: Skizze der Beprobung im Praxisbeispiel

Dazu wurde der Boden im Außengelände auf verschiedene Zimmerei-typische Schadstoffe hin untersucht. Im Betriebszeitraum ab 1950 wurden insbesondere Teeröle und Schwermetallsalze eingesetzt, aber auch auf die bis in die 1980er Jahre verwendeten Holzschutzmittel mit DDT, PCP und PCB wurde untersucht.

In dem als Wohnhaus umgebauten Gebäude der Zimmerei leben derzeit zwei Familien, deren (Klein-) Kinder erkennbar die Flächen hinter dem Haus nutzen: die Umgebung eines Sandkastens wie auch die Freiflächen im hinteren Gartenbereich werden zum Spielen verwendet. Eine besonders intensive Nutzung findet erkennbar im Bereich um die Sandkiste statt. Die Freifläche des zweiten Grundstücks besteht aus Rasen und Zierbeeten.

Es wurden im Rahmen der Orientierenden Untersuchung vier Oberboden-Mischproben (OB) entnommen (Anlage 5 Abbildung 3).

Die Probennahme wies auf keine gestörten Bodenverhältnisse hin, eine Beprobung durch Mischproben in den Tiefen gemäß BBodSchV war insofern sachgerecht.

Es ergaben sich bei den Schwermetallen keinerlei Auffälligkeiten und auch bei den organischen Schadstoffen konnten – bis auf PAK – in den Oberbodenmischproben keine besonders auffälligen Gehalte festgestellt werden (siehe Anlage 5 Tabelle 7).

Anlage 5 Tabelle 7: Praxisbeispiel - Analysedaten - Wirkungspfad Boden-Mensch

Probe	Ergebnis Orientierende Untersuchung (Auszug, Originalangaben Labor)				
	Endtiefe	∑ PAK	Benzo[a]pyren	PCB	PCP
	m u. GOK	mg/kg TS			
Prüfwerte BBodSchV (Kinderspielflächen / Wohngebiet)		---	0,5 / 1	0,4	50
OB01/1	0,0-0,1	6,1	0,542	0,009	< 0,1
OB01/2	0,1-0,3	5,7	0,701	0,009	< 0,1
OB02/1	0,0-0,1	2,3	0,228	0,012	< 0,1
OB02/2	0,1-0,3	2,5	0,204	0,018	< 0,1
OB03/1	0,0-0,1	6,4	0,487	0,051	< 0,1
OB03/2	0,1-0,3	11	0,561	0,100	< 0,1
OB04/1	0,0-0,1	8,5	1,364	0,018	< 0,1
OB04/2	0,1-0,3	7,2	0,504	0,021	< 0,1

Überschreitung des Prüfwertes der BBodSchV (Kinderspielflächen)

Auf Grund der Nähe zu den Prüfwerten wurden die folgenden sechs Nachanalysen aus der gleichen Grundgesamtheit beauftragt. Das Labor gibt für B(a)P aus der Matrix Boden eine typische Wiederholstandardabweichung von 5-10 % an; die laborübergreifende einfache Messunsicherheit (Vergleichsstandardabweichung) MU_{VR} beträgt für Benzo(a)pyren gemäß FBU 2024 in dem Gehaltsbereich am Prüfwert 25 %. Die Tabelle Anlage 5 Tabelle 8 gibt die für die weitere Einschätzung relevanten Ergebnisse wieder.

Es ist festzustellen, dass bis auf die Oberbodenmischprobe OB02 bei allen anderen Mischproben zumindest bei einer Tiefenstufe der B(a)P-Prüfwert des Wirkungspfades Boden-Mensch für Kinderspielflächen bei der Erstmessung überschritten ist. Das Verhältnis von B(a)P zu den übrigen PAK, wie auch der Anteil von B(a)P an der Summe der Toxizitätsäquivalente der kanzerogenen PAK aus der Gruppe der PAK₁₆ lagen im üblichen Rahmen – d. h. der Prüfwert für B(a)P kann gemäß Fußnote 3 der Tabelle 4 der Anlage 2 der BBodSchV als Repräsentant der Stoffgruppe der PAK₁₆ herangezogen werden. Die Nachanalyse zum Erhalt einer belastbareren Bewertungsbasis bestätigt weitgehend das erste Ergebnis. Die Abweichung zwischen den Doppelmessungen betragen im Mittel 8,2 % (Rechnung hier nicht dargestellt) und liegt damit in dem vom Labor für das Verfahren erwarteten Bereich einer Wiederholstandardabweichung. Es lassen sich aus diesen Daten keine Hinweise auf erhebliche Gehaltsunterschiede (Fundamentalvariabilität) in den Mischproben erkennen.

Anlage 5 Tabelle 8: Praxisbeispiel - Ergebnisse der Nachuntersuchung und Berücksichtigung der laborübergreifenden Messunsicherheit nach Maßgabe des Eckpunktepapiers

Probe	Ergebnis Nachuntersuchung					MU _{VR} (BaP: 25%)	MW - MU _{VR} und Run- dung
	Endtiefe	Benzo [a]pyren	B(a)P Nach- analyse	Mittel- wert (MW)	Gerundeter Mittelwert		
	m u. GOK	mg/kg TS					
OB01/1	0,0-0,1	0,542	0,625	0,584	0,58	0,146	0,44
OB01/2	0,1-0,3	0,701	0,639	0,670	0,67	0,168	0,50
OB02/1	0,0-0,1	0,228	-	-			
OB02/2	0,1-0,3	0,204	-	-			
OB03/1	0,0-0,1	0,487	0,521	0,504	0,50	0,126	0,38
OB03/2	0,1-0,3	0,561	0,508	0,5345	0,53	0,134	0,40
OB04/1	0,0-0,1	1,364	1,445	1,405	1,4	0,351	1,1
OB04/2	0,1-0,3	0,504	0,420	0,462	0,46	0,116	0,35

- Überschreitung Prüfwert BBodSchV (Kinderspielflächen)
 > Prüfwert BBodSchV, bei Abzug von MU_{VR} und Rundung auf 2 signifikante Stellen aber
≤ Prüfwert (Kinderspielflächen)
 > Prüfwert BBodSchV auch nach Abzug von MU_{VR}

Eine auf Grund der Vornutzung mögliche Kontamination des Bodens durch abgetropfte Teeröle sollte sich in einem höheren B(a)P-Gehalt im Oberboden gegenüber der Tiefenstufe 0,1-0,3 m bemerkbar machen. Dies ist bei OB04 ansatzweise erkennbar, nicht jedoch bei OB01 und OB03. Vor der Anordnung einer Detailuntersuchung aufgrund der Verunreinigung der Teilbereiche OB01, OB03 und OB04 wurde auch eine Berücksichtigung der Messunsicherheiten einbezogen.

Die Mittelwerte wurden gemäß Anlage 3 dieses Eckpunktepapiers gerundet, wonach bei der Oberbodenmischprobe OB03 nur in der tieferen Bodenschicht eine Prüfwertüberschreitung vorliegt. Auf Grundlage gutachterlicher Empfehlungen und unter Anwendung der Eckpunkte dieses Papiers bewertete die Behörde die Ergebnisse wie folgt:

Grundstück 1 mit OB01-OB03:

Die (gerundeten) Messergebnisse überschreiten die Prüfwerte für B(a)P bei **OB01**, unter Berücksichtigung der laborübergreifenden parameterspezifischen Messunsicherheit und nachfolgender Rundung auf zwei signifikante Stellen jedoch nicht hinreichend sicher. Es bedarf daher zusätzlich einer Gesamteinschätzung der Belastbarkeit der Messdaten, um eine Detailuntersuchung anzuordnen. Für die Fläche im Randbereich der Sandkiste mit offenem Boden und erkennbar intensiver Nutzung durch Kleinkinder wird aus gutachterlicher Sicht der **Gefahrenverdacht hinreichend bestätigt**, da neben den Messunsicherheiten auch weitere Sachverhalte zu berücksichtigen sind. Bei der Ableitung des Prüfwertes für PAK wurde für die Stellvertretersubstanz B(a)P der Prüfwert um mehr als das doppelte gegenüber einem toxikologisch tolerablen Gehalt angehoben, um häufige Hintergrundbelastungen urbaner Böden mit PAK zu berücksichtigen. Von einer typischen Hintergrundbelastung kann angesichts der Gehalte

aus der Oberbodenmischprobe OB02 und aufgrund der gewerblichen Vornutzung im konkreten Fall nicht ausgegangen werden.

Die Eintragungssituation der Schadstoffe ist bei OB01 und OB03 (im Gegensatz zu OB04) nicht ganz klar, da eine gleichmäßige Belastung beider Tiefenstufen vorliegt. Der Gutachter stellt die These auf, dass OB03 ggf. doch heterogen belastet sein könnte, mit einem Trend höherer B(a)P-Gehalte im Oberboden an der Grundstücksgrenze (zu OB04). Er stützt diese These dabei auch auf Luftbilder aus der Betriebszeit der Zimmerei; **es wären bei der Beurteilung nicht nur Zahlenwerte zu interpretieren**, sondern die räumliche Verteilung der Kontamination sollte im Rahmen einer Detailuntersuchung durch eine weitergehende Sachverhaltsermittlung aufgeklärt werden, um eine abschließende Gefährdungsabschätzung zu ermöglichen, so die Empfehlung des Gutachters.

In der Zusammenschau sieht auch die zuständige Behörde in diesem Fall B(a)P-Gehalte zwischen 0,54 bis 0,70 mg/kg bei OB01 als hinreichenden Gefahrenverdacht an, sodass eine Detailerkundung – hier in Form von Untersuchungen zur Resorptionsverfügbarkeit – zu veranlassen ist. Dabei soll auch Bodenmaterial aus dem Bereich der OB03 (nach Teilflächenbildung) berücksichtigt werden, da bei einer Änderung der aktuellen Nutzung (z. B. Verlegung der Sandkiste in den Bereich der OB03 an die Grenze zu Grundstück 2) die Argumentation bezüglich der Risiken bei intensiver Nutzung vergleichbar zu OB01 wäre.

Grundstück 2 mit OB04:

Es besteht auch unter Berücksichtigung der laborübergreifenden parameterspezifischen Messunsicherheit und nachfolgender Rundung auf 2 signifikante Stellen eine hinreichend sichere Überschreitung des Prüfwertes, sowohl für Kinderspielflächen, als auch für Wohngebiete. Die Kontaminationshypothese wurde plausibel bestätigt, die Messergebnisse sind hinreichend belastbar.

Auch wenn im Garten von Grundstück 2 aktuell keine Kinder spielen, soll im Rahmen der Detailuntersuchung der resorptionsverfügbare Anteil der PAK untersucht werden. So lässt sich entscheiden, ob ein Festschreiben der aktuellen Nutzung als Beschränkungsmaßnahme angemessen ist.

Für die Durchführung der Detailuntersuchung von Grundstück 1 und Grundstück 2 wurde der Rechtsnachfolger der ehemaligen Zimmerei als Verursacher herangezogen und eine entsprechende Anordnung erlassen.